

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS

**KAREN AYUMI HAYASAKA
LUIZ EDUARDO MORAES RABELO**

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE
BIXINA E NORBIXINA A PARTIR DE SEMENTES DE URUCUM (*Bixa orellana* L.)**

POÇOS DE CALDAS-MG

2025

KAREN AYUMI HAYASAKA
LUIZ EDUARDO MORAES RABELO

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE
BIXINA E NORBIXINA A PARTIR DE SEMENTES DE URUCUM (*Bixa orellana* L.)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Alessandra Regina Pepe Ambrozin.
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Rafaela Cristina Sanfelice.

POÇOS DE CALDAS -MG

2025

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas Biblioteca
Campus Poços de Caldas

Hayasaka, Karen Ayumi.

Estudo comparativo de métodos de extração sólido-líquido de bixina e norbixina a partir de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.) / Karen Ayumi Hayasaka, Luiz Eduardo Moraes Rabelo. - Poços de Caldas, MG, 2025.

32 f. : il. -

Orientador(a): Alessandra Regina Pepe Ambrozin.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, MG, 2025. Bibliografia.

1. Urucum. 2. Extração. 3. Bixina. 4. Norbixina. I. Rabelo, Luiz Eduardo Moraes. II. Ambrozin, Alessandra Regina Pepe, orient. III. Título.


KAREN AYUMI HAYASAKA
LUIZ EDUARDO MORAES RABELO

**ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO DE
BIXINA E NORBIXINA A PARTIR DE SEMENTES DE URUCUM (*Bixa orellana* L.)**


A Presidente da banca examinadora abaixo assina a aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal de Alfenas.

Aprovada em: 02 de dezembro de 2025.


Prof^ª.Dr^ª Alessandra Regina Pepe Ambrozini Assinatura:
Universidade Federal de Alfenas

Documento assinado digitalmente
 **ALESSANDRA REGINA PEPE AMBROZINI**
Data: 15/12/2025 21:55:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª.Dr^ª Erika Coaglia Trindade Ramos Assinatura:
Universidade Federal de Alfenas

Documento assinado digitalmente
 **ERIKA COAGLIA TRINDADE RAMOS**
Data: 15/12/2025 21:01:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª.Dr^ª. Maurielen Guterres Dalcin Assinatura:
Universidade Federal de Alfenas

Documento assinado digitalmente
 **MAURIELEN GUTERRES DALCIN**
Data: 15/12/2025 10:10:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agradecemos nossas orientadoras, que sem elas não podíamos estar aqui apresentando o nosso trabalho de conclusão.

A Deus que caminhou conosco em cada etapa desse processo.

Eu, Karen, agradeço antes de tudo à minha mãe, que sempre fez o impossível pra eu estar onde estou hoje, à minha família por todo o apoio independente da distância, ao Gustavo, e todas as pessoas que estiveram presentes e acompanharam em todas as etapas dessa jornada. Agradeço também à minha dupla pela cumplicidade, que não poderia ser diferente. Sou grata pela quantidade de rede de apoio que tenho na minha vida.

Eu, Luiz, agradeço à minha mãe, ao meu pai e aos meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado com incentivo e compreensão em todas as etapas dessa jornada. Estendo minha gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte deste percurso, familiares, amigos, professores e em especial, à Karen, cuja parceria, comprometimento e dedicação foram fundamentais para a concretização deste trabalho.

RESUMO

O urucum (*Bixa orellana* L.) é amplamente valorizado na indústria por suas sementes, que são fontes ricas de corantes naturais, sendo a bixina e a norbixina os principais carotenóides presentes. Além da capacidade de pigmentação, esses compostos possuem importância biológica significativa, destacando-se pela atividade antioxidante e pelo potencial de substituir corantes sintéticos associados a efeitos adversos à saúde. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes métodos de extração sólido-líquido da bixina e norbixina presentes nas sementes de urucum (*B. orellana* L.), utilizando-se etanol absoluto como solvente e comparando os rendimentos obtidos entre os procedimentos (maceração, turbolização e extração contínua por Soxhlet). Utilizaram-se massas de 10 g e 20 g das sementes de urucum e 10 e 20 ciclos para o método Soxhlet. As sementes foram previamente moídas, submetidas aos diferentes processos de extração e os extratos obtidos foram concentrados por rota-evaporação, secos e pesados para o cálculo dos rendimentos. Os resultados evidenciaram diferenças significativas entre os métodos utilizados: a maceração apresentou os menores rendimentos, variando entre aproximadamente 4,9% e 6,0%; a turbolização mostrou desempenho semelhante, atingindo valores entre 5,3% e 5,9%; enquanto o Soxhlet apresentou os melhores resultados, com rendimentos médios de 8,83% para 10 ciclos e 13,74% para 20 ciclos, demonstrando que o aumento do número de ciclos eleva substancialmente a eficiência da extração. Portanto, os resultados demonstram que o método Soxhlet, especialmente com maior número de ciclos, é o mais eficiente para a extração de pigmentos (em especial, bixina e norbixina) do urucum quando comparado à maceração e à turbolização.

Palavras-chaves: urucum; extração; soxhlet; maceração; turbolização; bixina; norbixina.

ABSTRACT

Annatto (*Bixa orellana* L.) is widely valued in industry for its seeds, which are rich sources of natural dyes, with bixin and norbixin being the main carotenoids present. In addition to their pigmentation capacity, these compounds exhibit significant biological relevance, particularly due to their antioxidant activity and their potential to replace synthetic dyes associated with adverse health effects. This study aimed to evaluate the efficiency of different solid–liquid extraction methods for obtaining bixin and norbixin from annatto seeds (*B. orellana* L.), using absolute ethanol as the solvent and comparing the yields obtained through maceration, turbomixing, and continuous extraction by Soxhlet. Seed masses of 10 g and 20 g were used, as well as 10 and 20 cycles for the Soxhlet method. The seeds were previously ground, subjected to the different extraction processes, and the extracts obtained were concentrated by rotary evaporation, dried, and weighed to calculate extraction yields. The results showed significant differences among the methods: maceration produced the lowest yields, ranging from approximately 4.9% to 6.0%; turbomixing showed similar performance, between 5.3% and 5.9%; whereas the Soxhlet method achieved the highest yields, with averages of 8.83% for 10 cycles and 13.74% for 20 cycles, demonstrating that increasing the number of cycles substantially enhances extraction efficiency. Therefore, the results demonstrate that the Soxhlet method—especially with a higher number of cycles is the most efficient for extracting pigments (particularly bixin and norbixin) from annatto when compared with maceration and turbomixing.

Keywords: annatto; extraction; soxhlet; maceration; turbomixing; bixin; norbixin.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Urucuzeiro.....	10
Figura 2 - Urucum.....	10
Figura 3 - Estrutura molecular da A) Z-bixina B) E-bixina C) norbixina	12
Figura 4 - Extração por maceração.....	18
Figura 5 - Extrator Soxhlet	18
Figura 6 - Extração por tubolização.....	20
Figura 7 - Equipamento de rotaevaporação	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados experimentais das extrações do urucum	27
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	URUCUM	13
3.2	BIXINA E NORBIXINA	14
3.3	EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO	16
3.4	EXTRAÇÃO POR MACERAÇÃO	17
3.5	EXTRAÇÃO POR SOXHLET	18
3.6	EXTRAÇÃO POR TURBOLIZAÇÃO	19
4	MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1	EXTRAÇÃO POR MACERAÇÃO	21
4.2	EXTRAÇÃO POR TURBOLIZAÇÃO	22
4.3	EXTRAÇÃO POR SOXHLET	22
4.4	ROTAEVAPORAÇÃO	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
6	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

O aumento do mercado consumidor, as mudanças sociológicas e o progresso tecnológico levaram a mudanças no processamento de alimentos, o que reflete também na utilização de corantes. Atualmente, os corantes naturais vêm apresentando destaque no mundo, devido aos efeitos adversos associados aos corantes sintéticos, como o potencial de causar câncer, alergias e outros problemas de saúde, levando ao interesse de se substituir estes corantes pelos naturais. Além disso, muitos corantes naturais apresentam propriedades biológicas benéficas, o que tem também incentivado a substituição dos produtos sintéticos por alternativas de origem natural. Uma fonte de corantes naturais é a semente de urucum, representando cerca de 90% dos corantes naturais utilizados no Brasil (Bitencourt *et al.*, 2018; Silva, 2020)

A partir do pericarpo das sementes de urucum (*Bixa orellana L.*) podem ser extraídos corantes naturais responsáveis pela sua pigmentação laranja-avermelhada, das quais a bixina é o principal componente e a norbixina é outro importante pigmento. Ambos pigmentos são carotenóides, mais especificamente apocarotenóides, e se destacam por suas propriedades colorantes e benefícios funcionais. São utilizados em várias indústrias, como a alimentícia, farmacêutica e cosmética. Esses pigmentos naturais não apenas conferem coloração, mas também apresentam propriedades antioxidantes que podem contribuir para a preservação de alimentos e potencializar efeitos benéficos à saúde (Kaulman; Bohn, 2014; Silva, 2007).

Além disso, o urucum destaca-se não apenas por sua capacidade de conferir coloração a alimentos e produtos industrializados, mas também por seu valor nutricional e funcional, especialmente devido às suas propriedades antioxidantes. Os principais pigmentos do urucum, como a bixina e a norbixina, atuam como compostos bioativos capazes de neutralizar radicais livres e reduzir danos oxidativos nas células. Isso contribui para a estabilidade dos alimentos – ajudando a retardar processos de oxidação e rancificação – e também pode oferecer benefícios à saúde, como potencial efeito protetor contra processos inflamatórios e envelhecimento celular (Kaulman; Bohn, 2014).

Na indústria, essas propriedades antioxidantes agregam valor ao uso do urucum, tornando-o um ingrediente natural que melhora a qualidade e durabilidade dos produtos. Já na culinária, especialmente nas regiões brasileiras onde seu uso é tradicional, o urucum não só realça a cor e a aparência dos pratos, mas também pode trazer benefícios funcionais ao consumidor, fortalecendo sua importância como um corante natural completo, sustentável e benéfico à saúde (Balakrishnan *et al.*, 2021; Kaulmann; Bohn, 2014).

O urucum (*B. orellana* L.) desempenha um papel estratégico tanto na cultura quanto na economia brasileira, sendo a fonte de um dos corantes naturais mais utilizados mundialmente. Na culinária tradicional, especialmente no Brasil, ele é amplamente conhecido como colorau, um condimento essencial que confere cor e sabor a diversos pratos típicos (Balakrishnan *et al.*, 2021).

A bixina foi o primeiro carotenóide a ser isolado de urucum em 1875, porém sua estrutura química e estereoquímica foram determinadas somente em 1961. Ao longo dos anos, os carotenóides das sementes de urucum vêm desempenhando um papel importante no desenvolvimento de produtos para usos medicinais e industriais (Ashraf *et al.*, 2023).

A bixina é um composto lipossolúvel, que quando exposta ao meio alcalino, sofre hidrólise do seu grupo éster metílico, sendo convertida em norbixina, um derivado hidrossolúvel (solúvel em água) (Aluko, 2024).

A eficiência na extração da bixina e norbixina é fundamental para garantir a qualidade e a viabilidade econômica dos processos de produção. E para isso, há diversas técnicas que podem ser utilizadas para a extração desses carotenóides, tais como a extração sólido-líquido. Cada método tem suas vantagens e desvantagens, o que impactam no rendimento.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de diferentes métodos de extração sólido-líquido da bixina e da norbixina a partir das sementes de urucum, utilizando o etanol como solvente e analisando os rendimentos. Além de contribuir para o conhecimento científico sobre a extração desses corantes naturais, a pesquisa buscou otimizar práticas que garantam a preservação das propriedades benéficas dos carotenóides, através dos maiores rendimentos obtidos.

2 OBJETIVO

Neste trabalho, avaliou-se a eficiência de três métodos de extração das sementes do urucum: a extração por meio do *Soxhlet*, a maceração simples e pôr fim a turbolização.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 URUCUM

O urucuzeiro (*Bixa orellana* L.) ou urucum é uma planta originária da América tropical, pertencente à família Bixaceae. Ele pode atingir alturas de 2 a 9 metros (Figura 1), possui frutos em forma de cápsulas espinhentas (Figura 2) que, ao amadurecerem, revelam sementes envoltas por um arilo vermelho (Fabri; Teramoto, 2015).

Figura 1 - Urucuzeiro



Fonte: Autor (2025).

Figura 2 - Urucum



Fonte: Colosimo, 2021.

A partir de suas sementes se extrai uma mistura de corantes, que também é chamada de urucum, e que tem grande relevância comercial. Nessa mistura, o corante majoritário é a bixina,

substância utilizada mundialmente nas indústrias alimentícia, têxtil, cosmética e farmacêutica (Fabri; Teramoto, 2015; Kaulmann; Bohn, 2014).

A *Bixa orellana* L. também conhecida como *annatto*, *orlean*, *achiote*, urucum, ou rocou, representada na figura 2, é uma planta nativa do Brasil, estando também amplamente disseminada por outras regiões tropicais das Américas Central e do Sul. Ela é extensamente utilizada na culinária brasileira como condimento e corante. O popularmente conhecido colorau é uma mistura das sementes de urucum com fubá, farinha ou óleo vegetal. Além disso, a planta possui relevância na medicina popular, sendo empregada no tratamento de diabetes, infecções cutâneas, queimaduras, febre, diarreia e asma, dentre outras enfermidades. Além de sua importância comercial, o cultivo do urucum exerce forte influência socioeconômica, promovendo geração de emprego, renda e a valorização de práticas agrícolas tradicionais. Atualmente, o mercado de urucum representa cerca de 90% do consumo nacional de corantes naturais e aproximadamente 70% do consumo mundial (Fabri; Teramoto, 2015; Sousa *et al.*, 2021).

As sementes do urucum são uma fonte rica de pigmentos alaranjados e seu uso tem sido estimulado pelos riscos associados aos corantes sintéticos. Os pigmentos do urucum se destacam, sendo uns dos poucos aceitos globalmente por agências como a Organização Mundial da Saúde (OMS). A pigmentação alaranjada do urucum é composta por uma mistura de carotenóides, sendo a bixina o componente majoritário, acompanhada por norbixina e traços de β -caroteno. Estes compostos pertencem à classe dos antioxidantes naturais, capazes de atuar como sequestradores de radicais livres e inibir reações em cadeia *in vitro* e *in vivo* (Kaulmann; Bohn, 2014; Molina-Romani *et al.*, 2023).

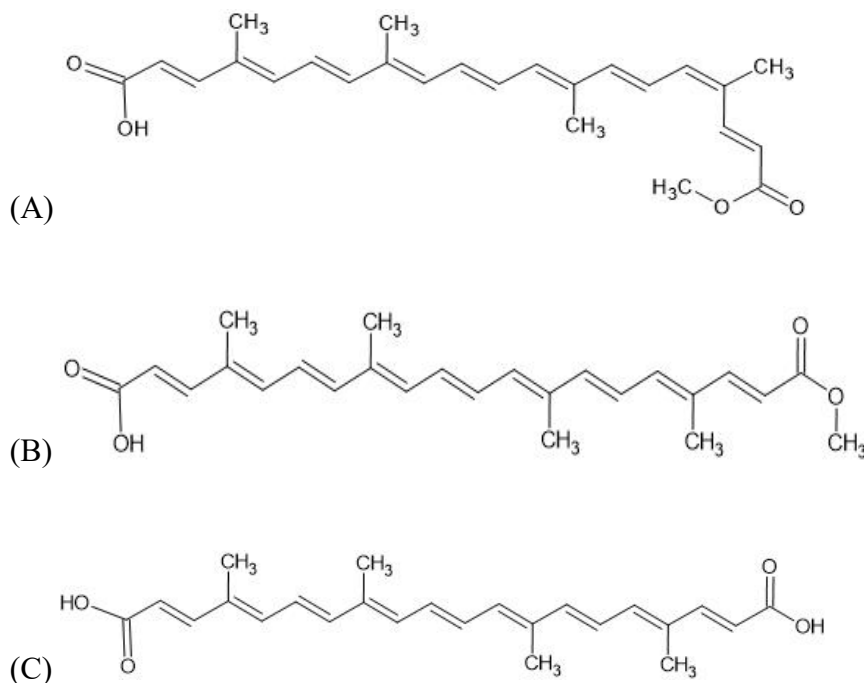
Embora compartilhem a estrutura básica dos carotenóides, as diferenças em seus grupos funcionais — como o grupo éster metílico na bixina e os grupos ácidos carboxílicos na norbixina — impactam drasticamente suas propriedades físico-químicas. Essas diferenças estruturais são a causa direta de suas distintas características de solubilidade, comportamento cromatográfico e estabilidade (Aluko, 2024).

3.2 BIXINA E NORBIXINA

O principal corante do urucum (*Bixa orellana* L.), isolado em 1875 e com sua estrutura química elucidada em 1961, é a bixina (Figura 2). Este composto pertence à classe dos apocarotenoides, formados pela degradação oxidativa de carotenóides C_{40} . Ela constitui 70-80% dos pigmentos da semente, sendo o composto majoritário. Entretanto, há também

norbixina e β -caroteno. Quimicamente, a bixina é um éster metílico lipossolúvel e insolúvel em água, que pode ser convertido, por hidrólise alcalina (saponificação) no ácido dicarboxílico denominado norbixina. Este derivado, ao formar um sal em solução alcalina, torna-se hidrossolúvel, definindo assim uma rota de extração distinta (Aluko, 2024). As estruturas moleculares da Z-bixina, E-bixina e norbixina estão detalhadas na Figura 3.

Figura - 3: Estrutura molecular da A) Z-bixina B) E-bixina C) norbixina



Fonte: Autores, 2025.

As duplas ligações da bixina e norbixina permitem que tais substâncias possuam estereoisômeros, mais especificamente diastereoisômeros do tipo Z, E, ou mais especificamente cis,trans. A forma E, também conhecida como isobixina, é termodinamicamente mais estável, sendo a configuração predominante para a maioria dos carotenóides encontrados na natureza. Apesar da bixina e da isobixina apresentarem a mesma fórmula molecular (figura 2), elas são substâncias distintas, sendo estereoisômeros do tipo diastereoisômeros. A rigidez da dupla ligação na posição 16 impede a livre rotação, conferindo a cada isômero propriedades físico-químicas únicas, como ponto de fusão e solubilidade diferenciados, o que justifica sua classificação como substâncias químicas distintas. De fato, a bixina representa uma exceção notável entre os carotenóides naturais, sendo biossintetizada e armazenada nas sementes de urucum predominantemente como o isômero 16-Z-bixina. Como

comentado, embora seja a configuração natural, esta estrutura apresenta menor estabilidade termodinâmica. Processos de extração que envolvem tratamento térmico, por exemplo, favorecem a isomerização da ligação 16-Z para a configuração E, convertendo-a em isobixina (ou 16-E-bixina), que é a forma mais estável do composto. (Aluko, 2024; Miguel, 2022).

Analogamente, a estereoquímica da norbixina pode apresentar-se na configuração E (figura 2). A predominância de um isômero sobre o outro no extrato final correlaciona-se diretamente com as condições operacionais empregadas. (Aluko, 2024).

A bixina é um pigmento utilizado como corante natural em margarinas, queijos, manteigas e outros produtos oleosos. A norbixina é o principal carotenóide de preparações hidrossolúveis de corante natural, sendo utilizada na fabricação de iogurtes, cervejas, refrigerantes e sorvetes (Balakrishnan *et al.*, 2021).

A bixina pode ser extraída de diferentes formas, utilizando-se solventes como acetona, etanol, clorofórmio, hexano e acetato de etila, que, por serem mais apolares, promovem uma extração mais efetiva. Contudo, o uso de solventes orgânicos representa um custo adicional ao processo, além de exigir etapas sequenciais de remoção do solvente (Balakrishnan *et al.*, 2021).

3.3 EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO

A extração sólido-líquido é um processo no qual um ou mais solutos são dissolvidos seletivamente de uma matriz sólida por meio de um solvente líquido. Durante o processo, o solvente entra em contato com o substrato sólido, promovendo a transferência dos compostos desejados (solutos) para o solvente extrator. Ao final, o procedimento resulta em dois produtos: o resíduo, que é o substrato esgotado (ou seja, o material sólido de onde os compostos foram extraídos), e o extrato fluido, que é o solvente contendo os compostos extraídos (Vieira, 2015).

Essa técnica é amplamente utilizada em diversas áreas, como na indústria alimentícia, farmacêutica e na extração de substâncias de plantas, entre outras. No entanto, as técnicas tradicionais de extração sólido-líquido frequentemente exigem longos tempos de processamento e podem apresentar baixa eficiência na extração dos compostos desejados. Além disso, muitos dos compostos de interesse, especialmente os de origem natural, podem ser termolábeis (sensíveis ao calor) e, por isso, necessitam de condições de extração mais suaves para evitar sua degradação (Vieira, 2015).

3.4 EXTRAÇÃO POR MACERAÇÃO

A maceração é uma das técnicas de extração mais empregadas na química de produtos naturais. Ela consiste em submeter o material vegetal, geralmente moído, à imersão em um solvente extrator. Esse sistema é, então, mantido em repouso ou submetido à agitação durante um período determinado (minutos ou horas). A escolha do solvente depende do tipo de composto que se deseja extrair da planta. Quando se quer extrair uma classe específica de compostos de natureza ácida ou básica, pode-se utilizar um solvente quimicamente ativo. Por exemplo, para extrair flavonoides, que possuem caráter ácido, utiliza-se uma solução básica como solvente. Também é possível usar solventes quimicamente inertes, cuja escolha depende da polaridade dos compostos que se deseja extrair. Solventes apolares são usados para extrair compostos apolares, enquanto solventes polares são mais adequados para compostos polares (Kotovicz, 2014; Tomasi, 2021).

Essa extração destaca-se como um método de extração de baixo custo operacional, principalmente por sua simplicidade e por não exigir equipamentos sofisticados. Sua principal desvantagem, no entanto, reside no longo tempo de processo. Isso ocorre porque, sendo uma técnica frequentemente realizada à temperatura ambiente (a frio), a transferência de massa do soluto para o solvente é lenta. Embora o processo possa ser otimizado com o uso de aquecimento (digestão), esta abordagem requer cautela: o aumento da temperatura deve ser controlado para não causar a degradação de compostos termossensíveis, como os carotenóides (Kotovicz, 2014).

Para a extração do urucum, a maceração apresenta a vantagem de poder ser realizada à temperatura ambiente, preservando a integridade dos compostos termossensíveis. Entretanto, a principal limitação deste método é a baixa eficiência na transferência de massa, o que resulta em processos lentos e, muitas vezes, em rendimentos inferiores quando comparados a métodos que utilizam calor ou energia mecânica intensa (Kotovicz, 2014; Tomasi, 2021).

Figura 4 – Extração por Maceração

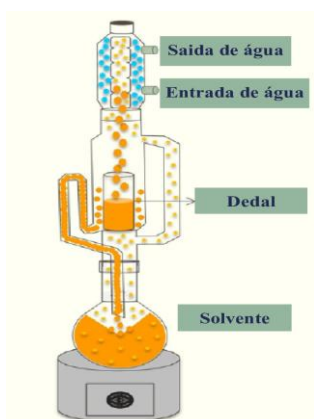


Fonte: Autores, (2024).

3.5 EXTRAÇÃO POR SOXHLET

A primeira vidraria, posteriormente chamada de aparelho Soxhlet, foi desenvolvida por Franz von Soxhlet, em 1879. O Soxhlet consiste em um sistema fechado, onde ocorre a exposição sucessiva e intermitente da amostra a um solvente puro, permitindo a extração contínua dos compostos de interesse. Essa técnica possui um conjunto de materiais e vidrarias, compostos de um balão de destilação, o aparelho Soxhlet e um condensador (Figura 3). A amostra é inserida no aparelho Soxhlet e o solvente extrator no balão de destilação (Gusso *et al.*, 2012).

Figura 5 - Extrator Soxhlet.



Fonte: Andriolo *et al.* (2021).

O funcionamento do extrator de *Soxhlet* ocorre da seguinte maneira: na câmara central do aparelho, coloca-se o substrato a ser extraído, que é envolvido por um material poroso, como papel de filtro. No balão inferior, é colocado o solvente extrator. O sistema é então aquecido até que o solvente entre em ebulição. O vapor do solvente sobe pelo braço lateral, entra em contato com o condensador, é resfriado e se condensa e, em seguida, goteja sobre o substrato. Durante esse processo, o solvente em contato com o material sólido vai extraíndo os compostos de interesse. À medida que o solvente se acumula na câmara central, ele atinge uma altura determinada (do sifão), momento em que o solvente, junto com as substâncias extraídas, desce novamente para o balão inferior por sifonação, reiniciando o ciclo. Esse processo contínuo permite uma extração eficiente, utilizando uma quantidade menor de solvente, já que ele é constantemente reciclado e reutilizado no procedimento (Gusso *et al.*, 2012; Tomasi, 2021).

As principais desvantagens desse método incluem o longo tempo necessário para a extração e o alto custo energético associado ao aquecimento contínuo. Por outro lado, trata-se de uma técnica altamente eficiente quando comparada a outros métodos de extração sólido-líquido, sendo amplamente utilizada em estudos laboratoriais devido à sua robustez e reprodutibilidade (Gusso *et al.*, 2012).

3.6 EXTRAÇÃO POR TURBOLIZAÇÃO

A técnica de turbolização consiste em um método de extração mecânica a frio, caracterizado pela ocorrência simultânea de agitação intensa e redução significativa do tamanho das partículas do material vegetal. O processo ocorre por meio de lâminas de alta rotação, normalmente operando entre 2.000 e 5.000 rpm, as quais promovem fortes forças de cisalhamento capazes de dispersar o sólido no solvente e romper as células vegetais. Essa redução favorece a solubilidade dos compostos ativos no solvente extrator, diminuindo o tempo total de extração (Tomasi, 2021).

Dessa forma, a turbolização possibilita extrair moléculas de interesse de maneira mais rápida e eficiente, proporcionando um uso fácil em pequenas e médias escalas de trabalho, e reduzindo o tempo de extração (para alguns minutos) em comparação a outros métodos convencionais (Simões *et al.*, 2010).

Para o urucum, a turbolização é particularmente vantajosa por ser um processo rápido e que pode ser realizado a frio, minimizando a degradação dos carotenoides e garantindo extratos com perfil químico mais próximo ao da planta *in natura* (Tomasi, 2021).

Figura 6 – Extração por turbolização



Fonte: Autores, (2024).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para dar início à parte experimental do estudo, foi realizado um planejamento prévio visando determinar a quantidade ideal de sementes de *Bixa orellana* (urucum) necessária para a condução das extrações. Durante essa etapa, foram considerados possíveis erros experimentais, perda do material e repetições dos testes para garantir a eficiência dos resultados. Com base nessa estimativa, estabeleceu-se o uso de aproximadamente 300 g de sementes de urucum para a execução de todas as etapas do trabalho.

As sementes de urucum utilizadas neste estudo foram compradas durante o primeiro semestre de 2024 no Mercado Municipal de Poços de Caldas-MG, apresentando coloração vermelho-alaranjada intensa, típica do pigmento natural da bixina. Inicialmente, as sementes foram moídas, por meio de um liquidificador convencional e armazenadas em sacos plásticos para posteriores análises e procedimentos. Toda a pesquisa foi realizada no Laboratório Multiusuário 2 da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL/MG), *Campus* avançado Poços de Caldas.

Em todos os experimentos, utilizou-se o mesmo solvente, álcool etílico absoluto (CAS: [64-17-5], da marca êxodo científica), que foi recuperado por rotaevaporação após cada experimento e reutilizado nos experimentos seguintes. Para medir o solvente em todos os experimentos, utilizou-se uma proveta de 250mL (erro:±2 mL).

Para todas as medidas de massa, foi utilizada uma balança analítica *Shimadzu* (ATY224), com erro de ±1 mg. Foram empregados três procedimentos distintos de extração dos pigmentos do urucum: maceração, turbolização e extração contínua por *Soxhlet*.

4.1 EXTRAÇÃO POR MACERAÇÃO

Os materiais utilizados foram: 1 Béquer de 500 mL; Papel de filtro; 3 Erlenmeyers de 500 mL; 3 balões de fundo redondo de 500 mL; 1 Proveta de 250 mL; 1 Funil de vidro; 3 Chapas magnéticas; 3 Vidros de relógio. A extração por maceração foi realizada utilizando-se 10 g e 20 g das sementes de urucum moídas e 200 mL de álcool etílico como solvente (relação sólido:líquido de 1:20 e 1:10 m/v).

Utilizando um béquer de 500 mL, mediu-se aproximadamente 10 g e 20 g da amostra e com o auxílio de um papel de filtro esta amostra foi inserida em um Erlenmeyer de 500 mL. Em seguida, utilizando uma proveta, mediu-se 200 mL de etanol e, com o auxílio de um funil de vidro, transferiu-se o etanol para o Erlenmeyer.

A mistura foi mantida sob agitação constante, durante 15 minutos à temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C). Um vidro de relógio foi usado para tampar o frasco com a mistura para se evitar perdas do solvente por evaporação durante o processo. Após esse período, a solução foi filtrada em papel de filtro e o extrato obtido armazenado em um balão de fundo redondo. A massa vegetal restante desse processo foi descartada. O experimento foi realizado em triplicata e a solução foi submetida a rotaevaporação para obtenção do extrato e recuperação do solvente para os próximos testes.

4.2 EXTRAÇÃO POR TURBOLIZAÇÃO

Os materiais utilizados foram: 1 Béquer de 500 mL; Papel de filtro; 3 balões de fundo redondo de 500 mL; 1 Proveta de 250 mL; 1 Funil de vidro; 1 Liquidificador convencional (da marca Mondial). A extração por turbolização foi realizada utilizando-se 10 g e 20 g das sementes de urucum e 200 mL de álcool etílico como solvente (relação sólido:líquido de 1:20 e 1:10 m/v).

Utilizando um béquer de 500 mL, mediu-se aproximadamente 10 g e 20 g da amostra e esta amostra foi inserida no liquidificador convencional. Em seguida, utilizando uma proveta, mediu-se 200 mL de etanol e transferiu-se o etanol para o liquidificador.

A mistura foi mantida sob intensa agitação na velocidade máxima do liquidificador, durante 4 minutos à temperatura ambiente (aproximadamente 20 °C), favorecendo a ruptura celular e a solubilização dos compostos desejados. Após esse período, a solução foi filtrada em papel de filtro e o extrato obtido foi armazenado em um balão de fundo redondo. A massa vegetal restante desse processo e o papel de filtro foram descartadas. O experimento foi realizado em triplicata e assim como na maceração, a solução foi submetida a rotaevaporação para obtenção do extrato e recuperação do solvente para os próximos testes.

4.3 EXTRAÇÃO POR SOXHLET

Os materiais utilizados foram: 1 Béquer de 500 mL; Espátula de metal; 3 Extratores Soxhlet; Cacos de porcelana; 3 Mantas de aquecimento; 3 Condensadores de bolas; 3 balões de fundo redondo de 500 mL; 1 Proveta de 250 mL; Papel de filtro. A extração contínua por Soxhlet foi conduzida inicialmente utilizando um béquer de 500 mL para pesar 10 g das sementes de urucum. Essa amostra foi transferida com o auxílio de uma espátula de metal para

um envelope de papel de filtro pré-preparado do tamanho adequado, o qual foi selado com grampo de metal, e foi, então, introduzido no aparelho, utilizando-se a espátula.

Foi montado, então, o sistema Soxhlet (como ilustrado na Figura 3), que consiste em um balão de fundo redondo com o solvente, um aparelho soxhlet já carregado com o envelope contendo a amostra sólida moída, uma manta de aquecimento elétrica, um condensador de bolas ligados a duas mangueiras de borracha com corrente de entrada e saída de água, duas garras e um suporte universal.

A manta elétrica foi acionada e o sistema foi aquecido gradualmente até que se observou que o solvente presente no balão atingisse seu ponto de ebulição (no caso do etanol, aproximadamente 78 °C). O vapor gerado sobe pelo tubo lateral até o condensador, onde é resfriado e transformado novamente em líquido. Esse solvente condensado goteja continuamente sobre a amostra vegetal, penetrando no material e dissolvendo os compostos de interesse. A temperatura se manteve constante e foi permitido realizar 10 ciclos de evaporação-condensação-sifonamento.

Ao concluir os 10 ciclos, o sistema foi desligado imediatamente e deixado em repouso para resfriar até temperatura ambiente. Após o resfriamento o aparato foi desmontado e todo o solvente restante que se encontrava na câmara dos Soxhlet foi despejado junto com o restante da solução extraída no balão de fundo redondo.

O envelope contendo a amostra foi retirado de dentro do Soxhlet com auxílio de uma espátula de metal e descartado. A solução contendo as substâncias extraídas no balão foi tampada e armazenada para ser rotaevaporada em uma data posterior.

O experimento foi realizado em triplicata simultaneamente e, foi repetido uma segunda vez em triplicata, utilizando-se os mesmos padrões e mesma montagem, porém foram realizados 20 ciclos de extração.

4.4 ROTAEVAPORAÇÃO

No final de cada rodada de teste, por maceração, turbolização e Soxhlet, as soluções obtidas foram submetidas a um processo de evaporação e concentração em rotaevaporador, com o objetivo de obter os extratos e recuperar o solvente etanol absoluto para reutilização em testes posteriores. O procedimento descrito foi utilizado da mesma maneira para os tratamentos de todos os testes descritos anteriormente.

O sistema de refrigeração do condensador foi previamente abastecido com água gelada utilizando um trocador de calor de isopor contendo gelo. Em seguida, a bomba peristáltica foi

acionada para garantir a circulação da água refrigerada através do condensador, garantindo-se que a tubulação estivesse completamente cheia de água para evitar a formação de bolhas de ar e garantindo o funcionamento térmico do sistema.

O banho-maria do rotaevaporador (Figura 5) foi ajustado para uma temperatura de 50 °C, valor adequado para a evaporação controlada do etanol sem provocar degradação térmica dos composto carotenóides sensíveis ao calor. Um segundo balão de fundo redondo vazio é colocado no equipamento para coletar o solvente evaporado e condensado durante o processo.

Figura 7 - Equipamento de rotaevaporação.



Fonte: Autores (2024).

O balão contendo a amostra é inserido no suporte do equipamento e fixado com a presilha plástica. Em seguida, a bomba de vácuo foi acionada, reduzindo a pressão interna, e, conseqüentemente, o ponto de ebulição do etanol. A agitação do balão é ligada, de modo que uma fina camada de líquido da solução permanecesse nas paredes internas, ampliando a área de evaporação.

O processo foi mantido rodando até que a maior parte do solvente fosse evaporado e recolhido no balão coletor, restando dentro do balão inicial um extrato de urucum concentrado, com aspecto viscoso e de coloração vermelho-alaranjada intensa. A operação foi interrompida antes da secagem completa para facilitar sua remoção do balão.

Após o término da evaporação, o aparelho é desligado em sequência, a rotação, a bomba de vácuo e bomba de água, assim o balão contendo o extrato pode ser removido, deixando-o resfriar à temperatura ambiente.

Em seguida, um frasco de vidro é identificado e pesado vazio. Uma lavagem final com acetona pura foi realizada para remover resíduos presentes nas paredes do balão. Após o

resfriamento do balão, o extrato concentrado foi transferido com o auxílio de uma pipeta ao frasco.

Todas as amostras provenientes dos diferentes métodos realizados de extração foram tratadas dessa maneira. Após a transferência, os frascos contendo as amostras foram colocados em um dessecador contendo sílica azul para a remoção final dos solventes.

Por fim, uma secagem final foi realizada na capela de exaustão com convecção forçada para eliminar qualquer resquício de solvente. Os frascos foram novamente pesados e as massas finais dos extratos concentrados foram registradas, permitindo o cálculo do rendimento de extração.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao término de cada experimento de extração, os extratos obtidos foram transferidos para frascos de vidro etiquetados e identificados. Durante cada experimento, estes frascos foram pesados individualmente (m_v) antes da adição do extrato e novamente após a adição foram pesados (m_t), possibilitando a determinação precisa da massa do extrato (m_e), segundo a equação (1).

$$m_e = m_t - m_v \quad (1)$$

Com base na massa inicial das sementes utilizadas no processo (m_0), foi calculado o rendimento (R) de cada método de extração e também o desvio padrão (σ), utilizando as equações (2) e (3), respectivamente.

$$R = \frac{m_e}{m_0} \times 100 \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Em que m_0 representa cada valor individual medido, \bar{x} é a média das observações e n o número de repetições. Em seguida, os frascos foram então fechados e armazenados em local apropriado, protegidos da luz e do calor. Os resultados obtidos das massas e do rendimento dos extratos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Massas e rendimento dos extratos de urucum obtidos por diferentes extrações sólido-líquido.

(continua)

Método de Extração	Código amostra	Massa de Urucum (g) = m_0	Massa do frasco (g)	Massa extraída (g)	Média rendimento % (\pm DP)
	M1 - 10 g	10,0025	13,4674	0,4289	
	M2 - 10 g	10,0000	13,6234	0,5554	4,90 (\pm 0,6)
Maceração	M3 - 10 g	10,0023	13,3300	0,4875	

Tabela 1 - Massas e rendimento dos extratos de urucum obtidos por diferentes extrações sólido-líquido.

					(conclusão)
	M4 - 20 g	20,0070	13,6448	1,1073	6,06 ($\pm 0,5$)
	M5 - 20 g	20,0051	12,8423	1,2721	6,06 ($\pm 0,5$)
	M6 - 20 g	20,0020	13,3370	1,2603	
Turbolização	T1 - 10 g	10,0096	13,0080	0,5524	
	T2 - 10 g	10,0065	12,9860	0,4842	5,29 ($\pm 0,4$)
	T3 - 10 g	10,0067	13,0378	0,5532	
	T4 - 20 g	20,0012	13,5731	1,2679	
	T5 - 20 g	20,0003	12,9432	1,1281	5,95 ($\pm 0,40$)
	T6 - 20 g	20,0017	13,4877	1,1298	
Soxhlet	S1 - 10 ciclos	10,0013	12,5870	0,9476	
	S2 - 10 ciclos	10,0052	12,6453	0,8120	8,83 ($\pm 0,7$)
	S3 - 10 ciclos	10,0086	12,5299	0,8902	
	S4 - 20 ciclos	10,0013	12,5874	1,3865	
	S5 - 20 ciclos	10,0018	12,6875	1,0907	13,74 ($\pm 2,8$)
	S6 - 20 ciclos	10,0011	12,5377	1,6463	

Fonte: Autores (2025).

Os valores obtidos foram analisados para determinar a eficiência de cada método de extração sólido-líquido testado. Essa abordagem permitiu identificar qual técnica apresentou maior rendimento em relação à massa inicial das sementes, considerando que os extratos obtidos eram ricos em bixina e norbixina.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram diferenças na eficiência dos três métodos de extração, maceração, turbolização e extração por Soxhlet. Entre eles, o método contínuo utilizando o equipamento Soxhlet apresentou maior rendimento de extração, enquanto as extrações por maceração e turbolização atingiram rendimentos próximos a 4,5-6,5%. Por outro lado, o método Soxhlet alcançou valores superiores, chegando a mais que o dobro da eficiência média dos outros métodos.

A extração contínua por Soxhlet utilizando 20 ciclos e 10 g de urucum apresentou o melhor desempenho, alcançando um rendimento médio de $13,74 \pm 2,8\%$. Este valor expressivo

indica que o aumento do número de ciclos exerce influência direta na eficiência do processo, favorecendo uma extração mais completa dos pigmentos.

O Soxhlet com 10 ciclos também demonstrou rendimento satisfatório, com média de $8,83 \pm 0,7\%$, embora ainda inferior ao obtido com 20 ciclos. Essa diferença reforça que, embora o método de Soxhlet seja eficaz devido à sua extração contínua, seu desempenho pode ser significativamente apropriado mediante a otimização de parâmetros operacionais, especialmente o número de reciclos.

Em comparação ao Soxhlet, os métodos de turbolização e maceração apresentaram rendimentos menores. A turbolização com 20 g de material proporcionou valores ligeiramente superiores aos obtidos com 10 g, revelando que o aumento da massa de sementes pode favorecer a extração. A maceração, por sua vez, registrou os menores rendimentos entre todos os métodos, resultado esperado para um processo essencialmente estático, dependente da difusão natural e realizado a frio.

Essa tendência é coerente com dados do trabalho de Gonçalves *et al.* (2010). A extração por Soxhlet aplicada a sementes de urucum apresentou maiores teores de pigmentos quando comparada à maceração e à extração mecânica. Enquanto os métodos estáticos alcançaram rendimentos modestos, equivalentes a 13–17% de teores de bixina no extrato, o método Soxhlet apresentou valores significativamente superiores, chegando a teores de bixina próximos de 77%, demonstrando uma extração muito mais eficiente. Embora esses valores sejam expressos em termos de concentração de pigmento no extrato e não como rendimento global (m/m), a tendência de maior eficiência do Soxhlet permanece idêntica (Gonçalves *et al.*, 2010).

Em outros trabalhos, é apresentado que as extrações contínuas ou assistidas por calor atingem rendimentos globais entre 8% e 15%, faixa que coincide diretamente com os valores obtidos neste trabalho (8,83–13,74%). Já métodos suaves, como maceração, são citados como apresentando rendimentos reduzidos, geralmente entre 2% e 6%, valores praticamente idênticos aos encontrados neste estudo (4,5–6,5%) (Gonçalves *et al.*, 2010).

A escolha de um método de extração adequado é essencial para garantir a obtenção eficiente dos compostos presentes no urucum. A bixina e norbixina possuem ampla aplicação nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, sendo valorizadas por suas propriedades antioxidantes e por seu potencial como barreiras fotoprotetoras (Kaulmann e Bohn, 2014).

6 CONCLUSÃO

A avaliação da eficiência de diferentes métodos de extração sólido-líquido do urucum para a obtenção de extratos ricos em bixina e norbixina demonstrou que a escolha da técnica exerce influência direta sobre o rendimento final dos extratos. Entre os procedimentos estudados, o método *Soxhlet* com 20 ciclos apresentou o maior rendimento, destacando-se como o mais eficiente devido à extração contínua, com solvente renovado. Por outro lado, a maceração de 10 g de sementes resultou no menor rendimento, evidenciando limitações relacionadas à ausência de agitação mecânica e menor ruptura das estruturas celulares bem como a menor solubilização das substâncias em menor temperatura.

De forma geral, os resultados obtidos neste trabalho confirmam a superioridade do método Soxhlet em relação a maceração e à turbolização, uma vez que apresentou rendimentos significativamente maiores. Além disso, observou-se que o aumento do número de ciclos no Soxhlet elevou expressivamente a eficiência do processo, alinhando-se ao que é amplamente relatado na literatura para extrações contínuas.

Como trabalho futuro, sugere-se aprofundar a aplicação dos extratos de urucum em biofilmes poliméricos voltados para embalagens alimentícias. A incorporação de bixina e norbixina em matrizes biodegradáveis pode conferir propriedades antioxidantes e proteção contra degradação, contribuindo para o aumento da vida útil dos alimentos. Além disso, o uso desse corante natural em biopolímeros apresenta potencial para o desenvolvimento de embalagens ativas e sustentáveis, alinhadas às necessidades da indústria de alimentos e às demandas ambientais atuais.

REFERÊNCIAS

ALUKO, Ebenezer. **Ethanol-Based Extraction of Annatto (*Bixa Orellana* L.) and Characterization of the Bixin and Norbixin**. ACS Omega, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c10120>. Disponível em: Acesso em 07 set. 2025.

ANDRIOLO, Jerônimo Luiz *et al.* **Cultivo em substrato de plantas medicinais, aromáticas e condimentares**. Santa Maria, RS: Arco Editora, 2021.

ASHRAF, Asma *et al.* **The role of bixin as antioxidant, anti-inflammatory, anticancer, and skin protecting natural product extracted from *bixa orellana* l.** Fitoterapia, v. 169, p. 105612, 2023. DOI: 10.1016/j.fitote.2023.105612. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37454777/>. Acesso em: 05 out. 2025.

BALAKRISHNAN, Murugesan *et al.* Microencapsulation of bixin pigment by spray drying: Evaluation of characteristics. **LWT – Food Science and Technology**, [s.l.], v. 145, p. 111343, 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111343. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643821004965>. Acesso em: 10 out. 2025.

COLOSIMO, D. F. **Desenvolvimento, modelagem e simulação do processo de extração e purificação de bixina de sementes de urucum (*Bixa orellana* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021. Disponível em: Acesso em 07 out. 2025.

FABRI, Eliane Gomes; TERAMOTO, Juliana Rolim Salomé. Urucum: fonte de corantes naturais. **Horticultura brasileira**, [s.l.], v. 33, p. 140-140, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000100023>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271732120_Urucum_fonte_de_corantes_naturais. Acesso em: 28 out. 2025.

GONÇALVES, Camilli Albernaz *et al.* **Comparação de Técnicas de Extração para o Corante Natural da Semente do Urucum**. In: XVIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XXIV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e XIV Encontro de Iniciação à Docência, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos-SP, 2024. Disponível em: https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2024/anais/arquivos/RE_0483_0164_01.pdf. Acesso em: 16 out. 2025.

GUSSO, Ana Paula; *et al.* Comparação de diferentes métodos analíticos para quantificação de lipídios em creme de ricota. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, [s.l.], v. 67, n. 389, 2012. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/226>. Acesso em: 05 out. 2025.

KAULMANN, Anouk, BOHN, Torsten. Carotenoids, inflammation, and oxidative stress—implications of cellular signaling pathways and relation to chronic disease prevention. **Nutrition Research**, [s.l.: s.n.], 2014. Disponível em: <https://sci-hub.se/10.1016/j.nutres.2014.07.010#:~:text=Kaulmann%2C%20A.%2C%20%26%20Bohn%2C%20T.%20%282014%29.%20Carotenoids%2C%20inflammation%2C,disease%20preve>

tion.%20Nutrition%20Research%2C%2034%20%2811%29%2C%20907%E2%80%93929.
%20doi%3A10.1016%2Fj.nutres.2014.07.010. Acesso em: 24 set. 2025.

KOTOVICZ, Valesca. **Extração rápida de compostos solúveis de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) por ciclos de compressão e descompressão hidrostática.** 116 f. 2014. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/35262>. Acesso em: 04 out. 2025.

MIGUEL, Karolyna Barros; HESPANHOL, Miria. **Extração da bixina das sementes de urucum.** Anais do XI Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. 2022. Disponível em: <https://proceedings.science/enemp/enemp-2022/trabalhos/extracao-da-bixina-das-sementes-de-urucum?lang=pt-br>. Acesso em: 10 out. 2025.

MIGUEL, Karolyna Barros. **Extração e purificação de corantes obtidos da semente de urucum (*bixa orellana* L.).** 2022. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/36738/4/Extra%c3%a7%c3%a3oPurifica%c3%a7%c3%a3oCorantes.pdf>. Acesso em: 04 out. 2025.

MOLINA-ROMANI, Sonia; BONILLA-RIVERA, Pablo; ALBUQUERQUE, Ricardo Diego. A review of *bixa orellana* L. (annatto) leaves as medicinal resource: use in the population as complementary medicine, phytotherapeutic action and quality parameters. **Natural Resources for Human Health**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 277-285, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369607377_A_review_of_Bixa_orellana_L_Annatto_leaves_as_medicinal_resource_Use_in_the_population_as_complementary_medicine_phytotherapeutic_action_and_quality_parameters. Acesso em: 28 out. 2025.

SILVA, Mariana Carvalho. **Extração, caracterização e aplicação de corante natural de urucum (*bixa orellana* L.) em alimentos.** 2020. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020. Disponível em: Acesso em 07 out. 2025.

SILVA, Pollyanna Ibrahim. **Extraction methods and characterization of bixin and norbixin from annatto seeds (*Bixa orellana* L.).** 2007. 159 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos; Tecnologia de Alimentos; Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/78ad1433-b9ae-48ba-a279-499f87a2ecbe>. Acesso em: 12 set. 2025.

SIMÕES, Cláudia Maria Oliveira *et al.* **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** 6. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2010. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/377628211/Farmacognosia-Da-Planta-Ao-Medicamento>. Acesso em: 28 out. 2025.

SOUSA, Tarcilio Lima; RODRIGUES, Jairelda Sousa; ARAÚJO, Karinne Sousa. Síntese e caracterização de membrana de colágeno associado a compostos de urucum (*bixa orellana* L.) para utilização em regeneração óssea guiada. **Revista eletrônica acervo saúde**, [s. l.], v. 13, n. 7, 2021. DOI: <https://doi.org/10.25248/reas.e7908.2021>. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/7908>. Acesso em: 04 out. 2025.

TOMASI, Maria Laura Monteiro. **Aspectos relacionados ao desenvolvimento de um medicamento fitoterápico: preparação e avaliação biológica de extrato seco padronizado de erva-mate (*ilex paraguariensis* st. hil.).** 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Farmácia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223713>. Acesso em: 04 out. 2025.

VIEIRA, Glaucia Santos. **Estudo dos processos de extração de antocianinas da polpa de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) e da concentração do extrato por nanofiltração.** 2015. Tese (Doutorado ou Mestrado) — Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2015. DOI: <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2015.946028> Disponível em: <https://www.repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/946028>. Acesso em: 07 out. 2025.