

WHITEPAPER

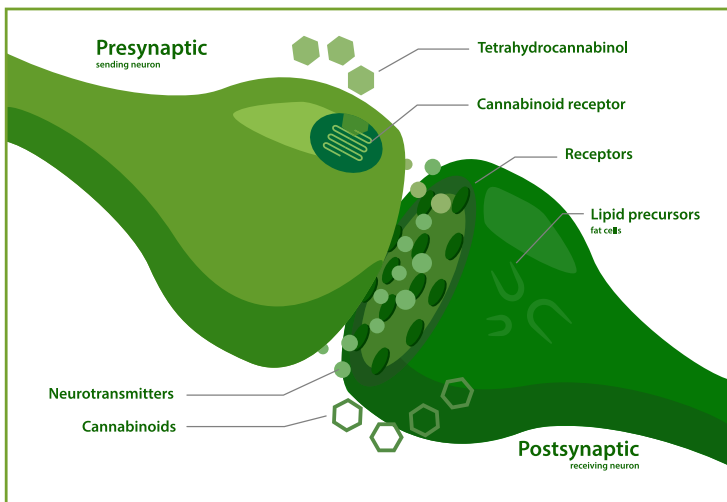
Processamento de canábis

Extração segura e eficiente de extratos de canábis

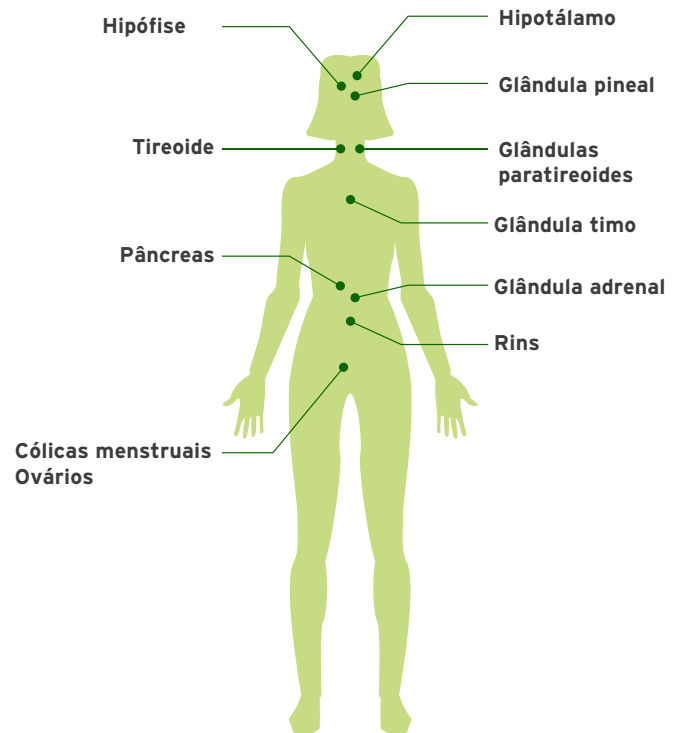
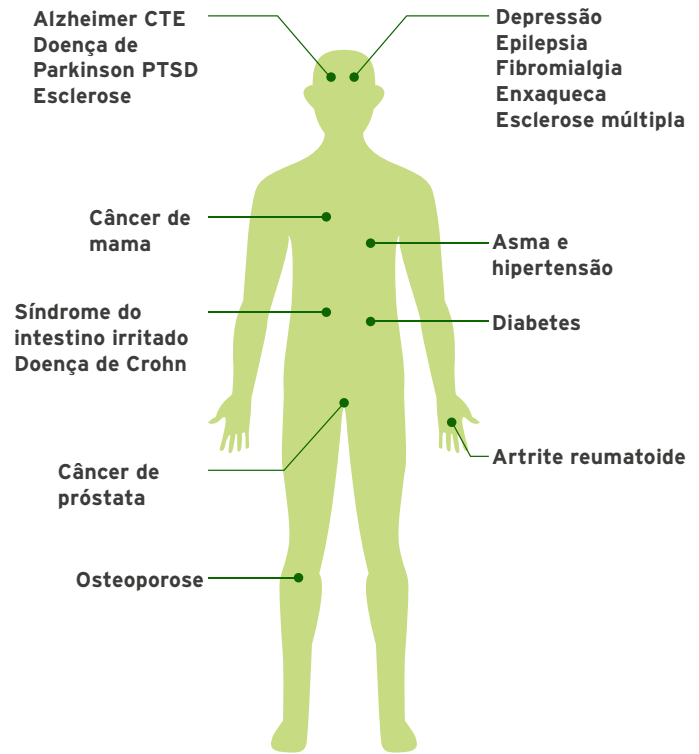
O uso e cultivo cada vez mais liberados da planta canábis em muitas partes do mundo não faz bater mais forte o coração somente daqueles que consomem canábis por seu efeito entorpecente. A planta medicinal mais antiga utilizada pela humanidade é rica em produtos metabólicos que possuem um potencial farmacológico e terapêutico. Desenvolver este potencial não é um objetivo apenas dos fabricantes de medicamentos, mas também dos fabricantes de alimentos e suplementos, bebidas e produtos de cuidados pessoais. E não é por acaso: estima-se que as vendas no mercado global de canábis representaram cerca de 50 bilhões de euros em 2023, com um crescimento de 15% ao ano até 2027 [1]. Um negócio

lucrativo, considerando também produtos de canábis de venda livre. No entanto, eles estão sujeitos a um controle rigoroso e não podem conter Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) em quantidades relevantes, ou seja, o ingrediente ao qual se atribui o efeito entorpecente da canábis. Por outro lado, surge a questão de como obter o maior rendimento possível dos componentes da canábis dos quais se espera o benefício comercial desejado. Com isso, a técnica de extração assume grande importância. Este informativo técnico aborda diferentes procedimentos que são amplamente difundidos e utilizados para a extração de canabinoides THC e CBD, além de destacar o papel da temperatura, que é muito importante para o sucesso do processo.

A canábis, planta pertencente à família do cânhamo, é a erva medicinal mais antiga conhecida, que, de acordo com os estudos mais recentes, foi domesticada pela primeira vez no leste da Ásia no início do período Neolítico [2]. A partir da China, ele viajou pelo mundo através da Índia e das primeiras civilizações avançadas do Médio Oriente. A disseminação ocorreu não apenas por causa da extração de fibras vegetais - o cânhamo pode ser usado para produzir cordas, cabos, redes, fios e filamentos [3]: Fontes históricas de 2000 anos antes do nascimento de Cristo sugerem que a canábis foi cultivada principalmente para o consumo de drogas. A fórmula entorpecente espalhou-se por diversas regiões do mundo: no século XIII para a África, no século XVI para a América Latina e no século XX para a América do Norte vindo do subcontinente indiano [2].



O CBD também é usado para a dor neuropática.



Integrar CBD na vida cotidiana pode ter um efeito positivo na mente e no corpo.

Até agora, foram identificados mais de 530 compostos diferentes e quimicamente distintos, originários do metabolismo primário e secundário da planta de canábis. Isso inclui cerca de 110 canabinoides, dos quais os mais importantes atualmente incluem Δ^9 tetrahydrocannabinol (THC), canabidiol (CBD) e 140 terpenoides. Estes últimos são particularmente importantes devido às suas propriedades organolépticas, bem como ao seu potencial para a impressão digital química de vários tipos e sua interação sinérgica com os canabinoides. [7]

Além de seu efeito entorpecente, que é especialmente atribuído ao Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC), o potencial de promoção da saúde da canábis é reconhecido há muito tempo. Na China, por exemplo, era utilizada para tratar uma variedade de condições, como constipação, gota, malária, reumatismo, febre, falta de apetite, estados fleumáticos e dificuldades de fala [4]. Hoje em dia, o potencial farmacológico da canábis - basicamente, distinguem-se duas espécies, *Cannabis sativa* e *Cannabis indica* [5] - é considerado seguro. Seus efeitos terapêuticos estão comprovados em várias doenças, como dor crônica e esclerose múltipla (EM) até epilepsia e ansiedade [6]. Mas o que torna a canábis um medicamento tão útil? Longe da consideração inicial simplista de que apenas o Δ^9 -THC exerce a atividade biológica da canábis, Flavio A. Franchina, Lea M. Dubois e Jean-François Focant, do Molecular Systems, Organic and Biological

Analytical Chemistry Group, da Universidade de Liège (Liège), na Bélgica, afirmam que diversos estudos mostram a importância e a interação dos diferentes metabólitos presentes na canábis, levando à descoberta e isolamento de novos compostos ativos [7]. A canábis contém - dependendo da espécie - mais ou menos Δ^9 -THC, bem como outros metabólitos endógenos, como canabidiol (CBD), que também é um canabinoide; ao CBD são atribuídos, entre outros, efeitos anticonvulsivos, anti-inflamatórios, analgésicos, ansiolíticos e calmantes [8]. Embora alguns metabólitos de canábis tenham mostrado impactos mais fortes que outros, o equilíbrio e a interação entre todos os metabólitos são importantes para o efeito da planta de canábis. Isso não se refere apenas a aplicações médicas, mas também ao uso de canábis em alimentos e cosméticos.

Extração de princípios ativos de canábis - Passo a passo

Comercializar a canábis com sucesso não requer apenas um conhecimento aprofundado da composição química dos produtos metabólicos primários e secundários. Além disso, os componentes de canábis desejados devem ser isolados com pureza e eficiência e enriquecidos em quantidades relevantes para fins preparatórios. É necessária eficiência. Para isso, são utilizadas várias técnicas de extração cienti-

ficamente fundamentadas e estabelecidas, que já se comprovaram em uma ampla gama de aplicações. Essencialmente, há três métodos de extração à base de solventes que extraem os componentes da canábis a partir do material vegetal. Vamos analisar os processos de trabalho básicos.

Extração

Processo de separação, no qual um ou mais componentes são separados de uma mistura de substâncias composta por diversos elementos sólidos, líquidos ou gasosos por meio de um agente de extração sólido, líquido ou gasoso. A preparação de café em uma cafeteira doméstica é um exemplo comum de extração, em que ocorre um processo de filtração para separar a fase líquida aromática do pó de café extraído.

Destilação

Processo de separação térmica para extrair líquidos vaporizáveis ou separar, isolar e coletar por condensação solventes de substâncias difíceis de evaporar. Além do equipamento de destilação, nenhum outro material, como adsorventes ou solventes, é necessário; a separação dos componentes ocorre apenas através da entrada de energia térmica e da consideração da temperatura de ebulição necessária. As destilarias, por exemplo, usam a destilação para obter bebidas alcoólicas como destilados a partir de um mosto de cereais, como grãos fermentados.

Extração de líquido supercrítico

Um processo seguro, não tóxico e ecologicamente correto para extrair ou remover ingredientes de fontes vegetais é a extração com dióxido de carbono supercrítico (CO_2) a partir do material vegetal adequadamente tratado. Esta forma de extração líquida é utilizada, por exemplo, para descafeinar grãos de café, extrair nicotina do tabaco, na produção de óleos essenciais e também na extração de lúpulo para a produção de cerveja. Este processo também é usado para extrair uma resina rica em canabinoides da canábis. Aqui, o CO_2 é colocado em uma condição supercrítica por meio da alteração da pressão; as propriedades do dióxido de carbono em condição agregada supercrítica estão entre as de gás e líquido, sendo que o dióxido de carbono supercrítico é tão denso quanto um líquido, mas tem a viscosidade de um gás.

A extração dos ingredientes da canábis ocorre enquanto o dióxido de carbono supercrítico flui através de uma câmara que contém o material da canábis. Quando a pressão é finalmente reduzida, o dióxido de carbono evapora e deixa como resíduo o extrato de canábis livre de solventes (consulte a Fig. 1: Diagrama de fases do dióxido de carbono).

A propósito: Ao ajustar a temperatura e a pressão, os sistemas de CO_2 podem fornecer extratos com um perfil de terpeno completo. Aparelhos de extração sofisticados também permitem o fracionamento e a extração isolada dos componentes desejados. Se o sistema possuir uma unidade de refrigeração integrada, o dióxido de carbono usado pode ser condensado e reciclado. Além disso, o aquecimento por circulação no evaporador, com temperaturas próximas a 30 °C, garante extratos de alta pureza, ajudando a remover completamente o dióxido de carbono do extrato. Um controle de temperatura consistente e preciso de ambos os componentes é essencial para o controle seguro e confiável do processo, bem como grande precisão na separação e alto rendimento.

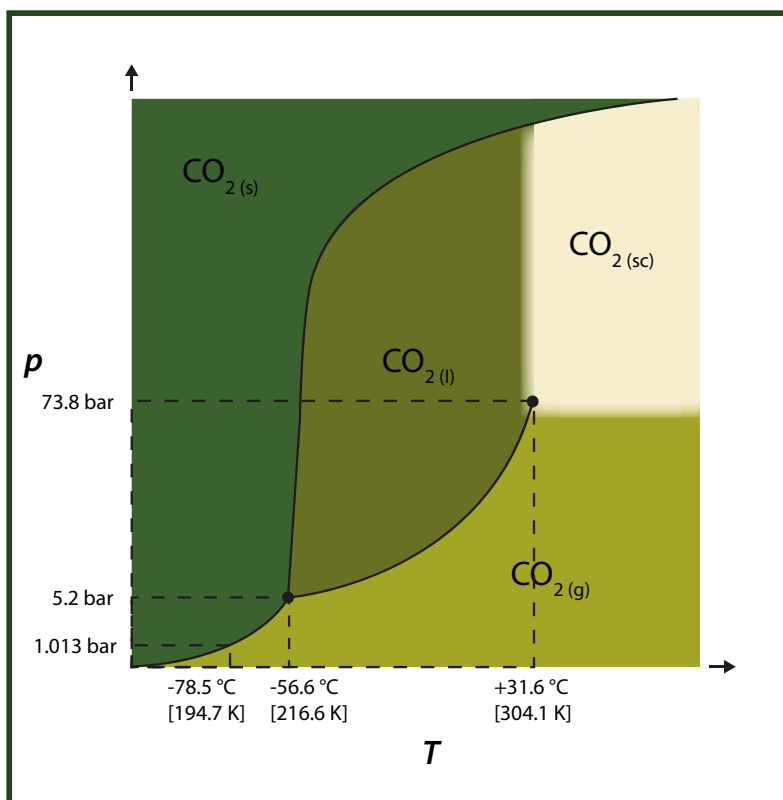


Fig. 1: Diagrama de fases do dióxido de carbono

Extração com hidrocarbonetos líquidos

Um processo comum de extração de ingredientes vegetais ocorre com o uso de hidrocarbonetos líquidos de baixo peso molecular, como butano ou propano, semelhantes aos utilizados em isqueiros domésticos. O hidrocarboneto líquido é primeiro conduzido e filtrado através de uma camada de material de cannabis e obtém-se um extrato de solvente que contém os ingredientes vegetais desejados e é livre de componentes prejudiciais da matriz. Para o procedimento seguinte é necessária uma redução de pressão, que faz com que o hidrocarboneto líquido evapore e permaneça um extrato rico em canabinoides isento de solventes.

A extração com hidrocarbonetos líquidos requer precauções de segurança especiais devido à alta inflamabilidade do composto utilizado. Temperaturas baixas são necessárias para manter o hidrocarboneto pressurizado em estado líquido. As unidades de controle de temperatura de recirculação (TCUs), que permitem o resfriamento a -60 °C (-76 °F) e abaixo, facilitam o controle do processo. Ao mesmo tempo, é necessária uma distribuição de calor o mais homogênea possível para evaporar completamente o hidrocarboneto utilizado e obter um extrato livre de solventes. A capacidade de resfriamento e aquecimento das TCUs deve atender à potência necessária para o tamanho da aplicação.

Destilação a vácuo

Destilação sob pressão reduzida: Ao colocar uma mistura líquida sob vácuo, o ponto de fervura do líquido a ser separado é reduzido; os equilíbrios térmicos são alterados, o que tem um efeito benéfico no desempenho da separação. No entanto, o vácuo também reduz a densidade do vapor e a taxa de destilação, o que significa que há menos moléculas por unidade de espaço. Isso afeta a velocidade de destilação; se possível, busca-se destilar em condições atmosféricas, porque é mais rápido. Por outro lado, a carga térmica dos componentes sensíveis à temperatura é reduzida sob vácuo, o que, por sua vez, tem um efeito favorável no resultado da destilação. E a velocidade do processo também pode ser influenciada positivamente se os tempos de aquecimento forem reduzidos.

Descarboxilação

Reação química na qual uma molécula de dióxido de carbono é decomposta, muitas vezes catalisada a temperaturas mais altas ou enzimaticamente. O efeito do calor facilita e promove a extração dos canabinoides THC e CBD, que estão presentes na planta de canábis em grande parte como ácidos carbônicos farmacologicamente inativos (THC-A e CBD-A). Na descarboxilação, uma molécula de dióxido de carbono é decomposta sob a ação do calor e ambos os compostos são convertidos em suas formas fenólicas ativas (THC e CBD). Para isso, o material vegetal seco é triturado e aquecido por um determinado tempo a 100 até 150 °C. Para extratos, o processo de descarboxilação ocorre por winterização, aquecendo o extrato de óleo resultante (100 a 160 °C)

Winterização

Processo de estabilização de óleos comestíveis por cristalização e filtração de componentes de gordura floculados, como ceras e glicerídeos de alta fusão, a uma temperatura de até 5 °C. A winterização pode ser usada para separar substâncias que não se diferenciam ou que se diferenciam apenas de forma limitada devido a pontos de fervura semelhantes, com base em seus pontos de fusão, ou seja, através da transição de fase, de forma líquida para sólida em vez de líquida para gasosa.

Extração com etanol

O álcool é capaz de atravessar facilmente as paredes e membranas celulares vegetais e dissolver as substâncias contidas nas células de maneira delicada. Essa propriedade também é útil para a extração de canabinoides da planta de canábis, usando etanol de grau alimentício ou USP (Farmacopeia dos Estados Unidos) como solvente. A extração com álcool permite uma grande variedade em relação aos recipientes e reatores usados. No entanto, o tempo de permanência do material vegetal no álcool e a temperatura são decisivos para o processo de extração. Geralmente, o etanol é resfriado a -20 °C (-4 °F) e bombeado para um recipiente com canábis. Se for utilizado um recipiente revestido para resfriar o etanol, uma TCU de baixa temperatura atuará como fonte de resfriamento. Após o término do tempo de imersão, a solução é filtrada ou o material vegetal é removido como um sachê de chá de uma xícara.

O extrato resultante é concentrado pela remoção do etanol na forma de um óleo. Para esta etapa, normalmente utiliza-se um evaporador rotativo, um evaporador de filme de queda ou um sistema descontínuo de destilação a vácuo.



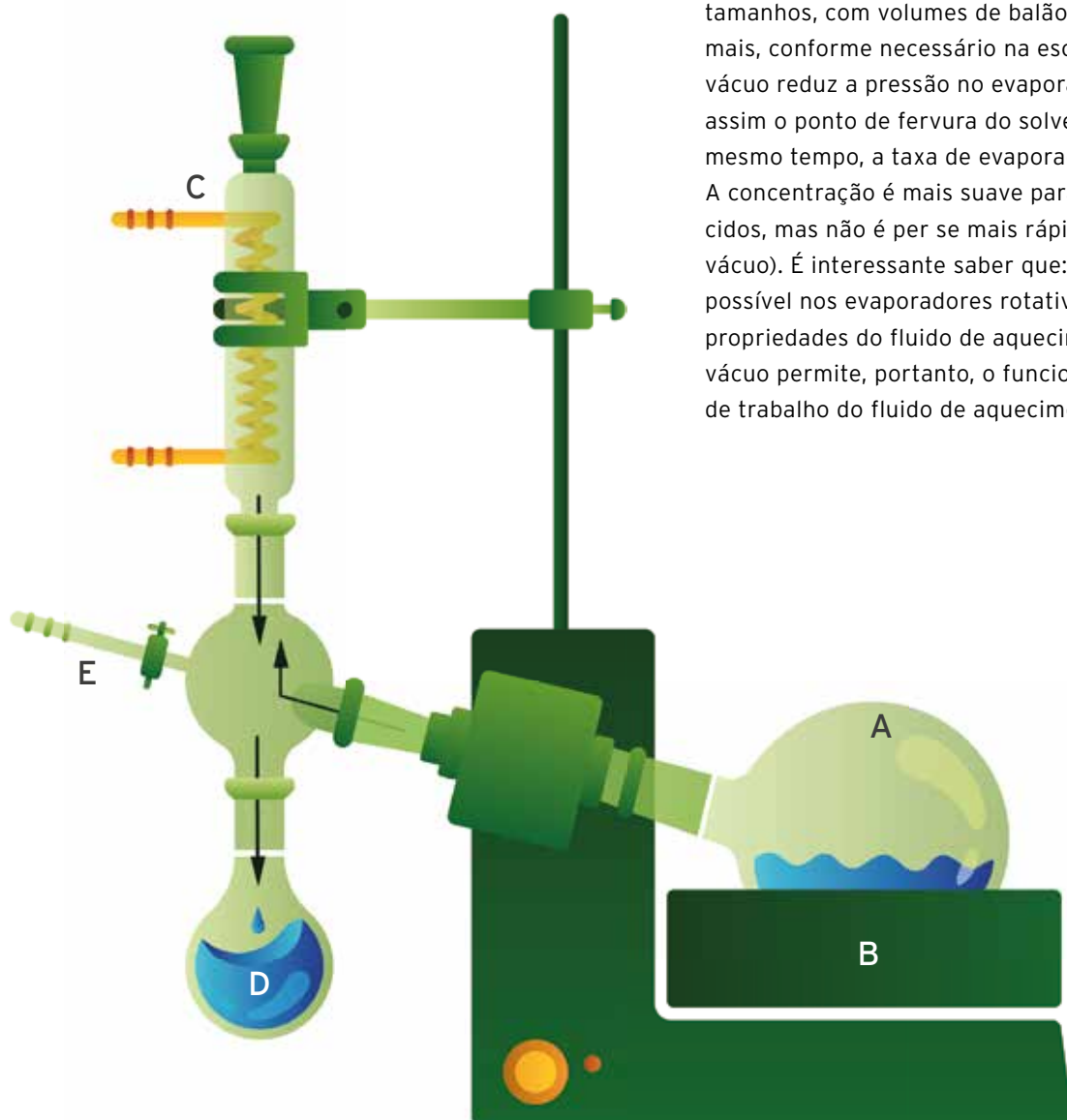
Purificação dos extratos de cânábis

Todos os métodos de extração descritos produzem um óleo assim que o solvente utilizado é removido. Este óleo contém, além de terpenos, THC, CBD e outros metabólitos da cânábis, ceras vegetais, lipídios e possivelmente também clorofila, que podem se degradar assim que o óleo é colocado em etanol e armazenado em temperaturas abaixo do ponto de congelamento. A filtração

permite remover componentes indesejados e prejudiciais da matriz. Dependendo da respectiva aplicação, é necessária uma purificação adicional do extrato (winterização), assim como uma concentração para obter um isolado de alta pureza, que também é adequado para aplicação médica. Geralmente é utilizado um evaporador rotativo para isso.

Evaporador rotativo

Desde sua invenção em 1950, o evaporador rotativo tem sido uma ferramenta valiosa para a obtenção de isolados de alta pureza. Os evaporadores rotativos permitem a remoção controlada de solventes sob vácuo. Os evaporadores rotativos estão disponíveis em diferentes tamanhos, com volumes de balão de cinco a 20 litros ou mais, conforme necessário na escala piloto. Uma bomba de vácuo reduz a pressão no evaporador rotativo, reduzindo assim o ponto de fervura do solvente a ser removido: Ao mesmo tempo, a taxa de evaporação é reduzida sob vácuo. A concentração é mais suave para os canabinoides enriquecidos, mas não é per se mais rápida (consulte Destilação a vácuo). É interessante saber que: A temperatura máxima possível nos evaporadores rotativos é limitada pelas propriedades do fluido de aquecimento (água/óleo). O vácuo permite, portanto, o funcionamento dentro da janela de trabalho do fluido de aquecimento.



Sequência do processo de evaporação durante a evaporação rotativa.

E é assim que o processo de evaporação funciona:

Normalmente, o balão de destilação (A) é preenchido até a metade com extrato de solvente. O banho de água (B) é aquecido a 30 a 40°C. A temperatura do condensador (C), regulada por um chiller, é ajustada para -10 a 0 °C (redução da taxa de decomposição térmica dos canabinoides). Assim que o banho de água e o resfriador atingem os valores nominais, o balão de destilação é colocado em rotação a 150 a 200 rpm e o líquido é puxado para a parede interna do balão de vidro como uma fina película. Isso aumenta a superfície da solução, aumentando a taxa de evaporação do solvente. A aplicação de vácuo adequado ao sistema (E) reduz o ponto de fervura. O vácuo deve ser ajustado para que a temperatura do vapor de etanol seja de 15 a 20 °C. Ele condensa e se acumula no balão de destilado (D). A reprodutibilidade pode ser otimizada com poucos ajustes. Sequência do processo de evaporação rotativa (consulte a fig. à esquerda)

Aliás:

Aumentar a taxa de evaporação reduzindo o vácuo e/ou aumentando a temperatura do banho de água pode resultar em uma sobrecarga do condensador, pois a taxa de evaporação excede a capacidade de condensação do chiller. Nesse caso, o vapor de etanol flui através do condensador para a bomba de vácuo, o que, dependendo do equipamento, pode não causar consequências, mas também pode resultar em uma falha total da bomba. Para aumentar o rendimento, os evaporadores rotativos podem ser ampliados de acordo com o caso, e equipados, por exemplo, com controle automático de vácuo e acessórios de enchimento (manual e automático).



Refrigerador de imersão JULABO FT900.

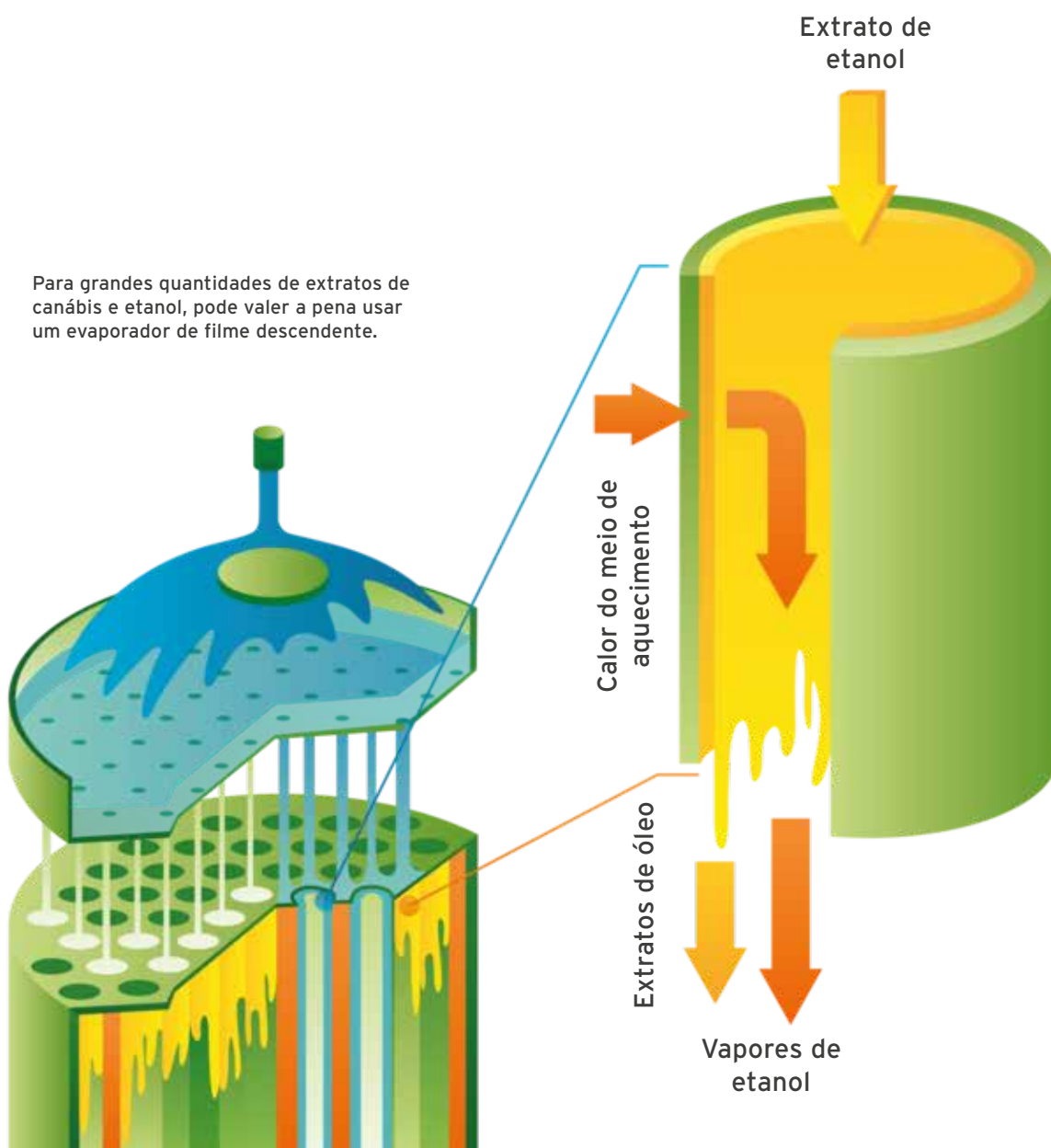


Refrigerador de imersão JULABO FT200

Além disso, a maioria das bombas de vácuo são equipadas com uma armadilha fria precedente pelo motivo acima mencionado. Nela, os componentes voláteis que atravessam o condensador principal são separados a -40°C até -90°C, para que não cheguem até a bomba. Para operar a armadilha fria é adequado, por exemplo, um refrigerador de imersão, como um Julabo FT-200 ou FT-900.

Evaporação de filme descendente

Para o processamento de grandes quantidades de extrato de cânábis-etanol, o uso de evaporadores de filme descendente pode ser rentável. Evaporadores de filme descendente são, de modo simples, trocadores de calor casco e tubos orientados verticalmente. Sob vácuo, a solução de etanol flui através de um ou mais tubos aquecidos externamente, evaporando o etanol. O vapor é coletado em um condensador ou armadilha fria, enquanto o extrato de cânábis com ebulição mais alta flui pela parede interna do tubo para um recipiente coletor. Este processo oferece uma alta capacidade de evaporação em um curto tempo de exposição térmica do extrato, ao mesmo tempo em que permite uma operação contínua. No entanto, esse dispositivo requer circuladores de aquecimento adequadamente dimensionados para facilitar o processo de evaporação, bem como um resfriador para condensar o vapor de etanol.



Geração de extratos de cânabis de alta pureza

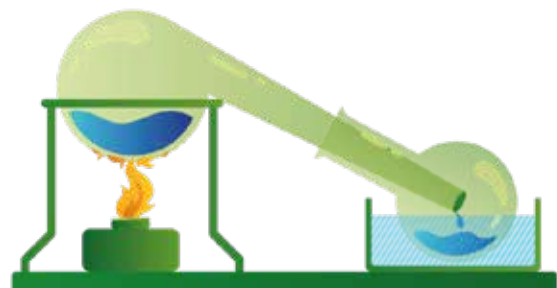
Afinal, usos médicos e outras aplicações exigem a utilização de extratos de THC e CBD de alta pureza. Além disso, o Δ^9 -tetrahydrocannabinol (THC) não pode estar presente em quantidades relevantes em produtos de venda livre que contenham cânhamo ou CBD. Portanto, uma atenção importante do controle do processo pode dada para a redução do teor de THC para eliminar o efeito psicoativo associado e obter um produto rico em CBD.

O processo de destilação é adequado para isso apenas de forma limitada: Embora os terpenos possam ser destilados relativamente bem, isso não é possível para THC (157 °C) e CBD (160-180 °C); portanto, o THC não pode ser destilado. No entanto, pode ser possível ajustar a relação entre CBD e TCH em menor medida através da seleção de material vegetal adequado (variedade, cultivo). Para remover componentes com processos técnicos, são necessários procedimentos cromatográficos adequados.

Possibilidades de destilação a vácuo

DESTILAÇÃO DE CABEÇA

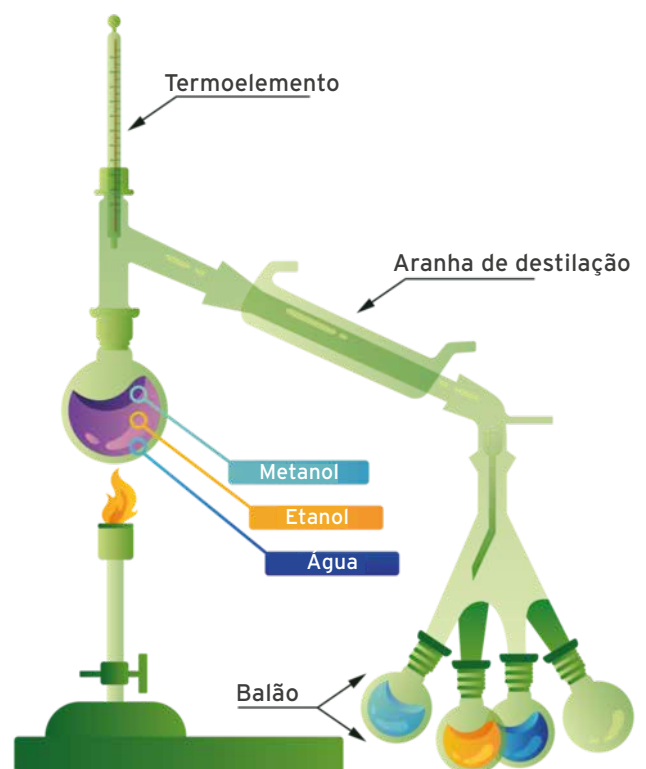
Forma simples de separação de misturas líquidas por destilação. O óleo é aquecido em um balão sob vácuo (normalmente com uma placa aquecedora de agitador magnético) com um tubo de destilação curto. Um chiller garante o resfriamento do condensador e a condensação dos vapores. Esta forma de destilação, como é usada para a separação de solventes ou, ocasionalmente, no ramo de bebidas alcoólicas, não é adequada para a extração de extratos de cânabis: O longo tempo de permanência da amostra no balão em alta temperatura e sob pressão normal pode levar à decomposição dos canabinoides.



Destilação de cabeça: Forma simples de separação de misturas líquidas por destilação.

DESTILAÇÃO FRACIONADA

Para obter melhores resultados de separação, as misturas de substâncias líquidas podem ser destiladas em frações, ou seja, os destilados são coletados em recipientes coletores individuais, de acordo com os pontos de fervura. Se a temperatura do vapor aumentar, indicando uma nova fração de composto ou mistura, a posição dos balões receptores é ajustada para isolar as diferentes frações.



Destilação fracionada: Para obter melhores resultados de separação, as misturas de substâncias líquidas também são destiladas em frações.

DESTILAÇÃO DE PELÍCULA FINA

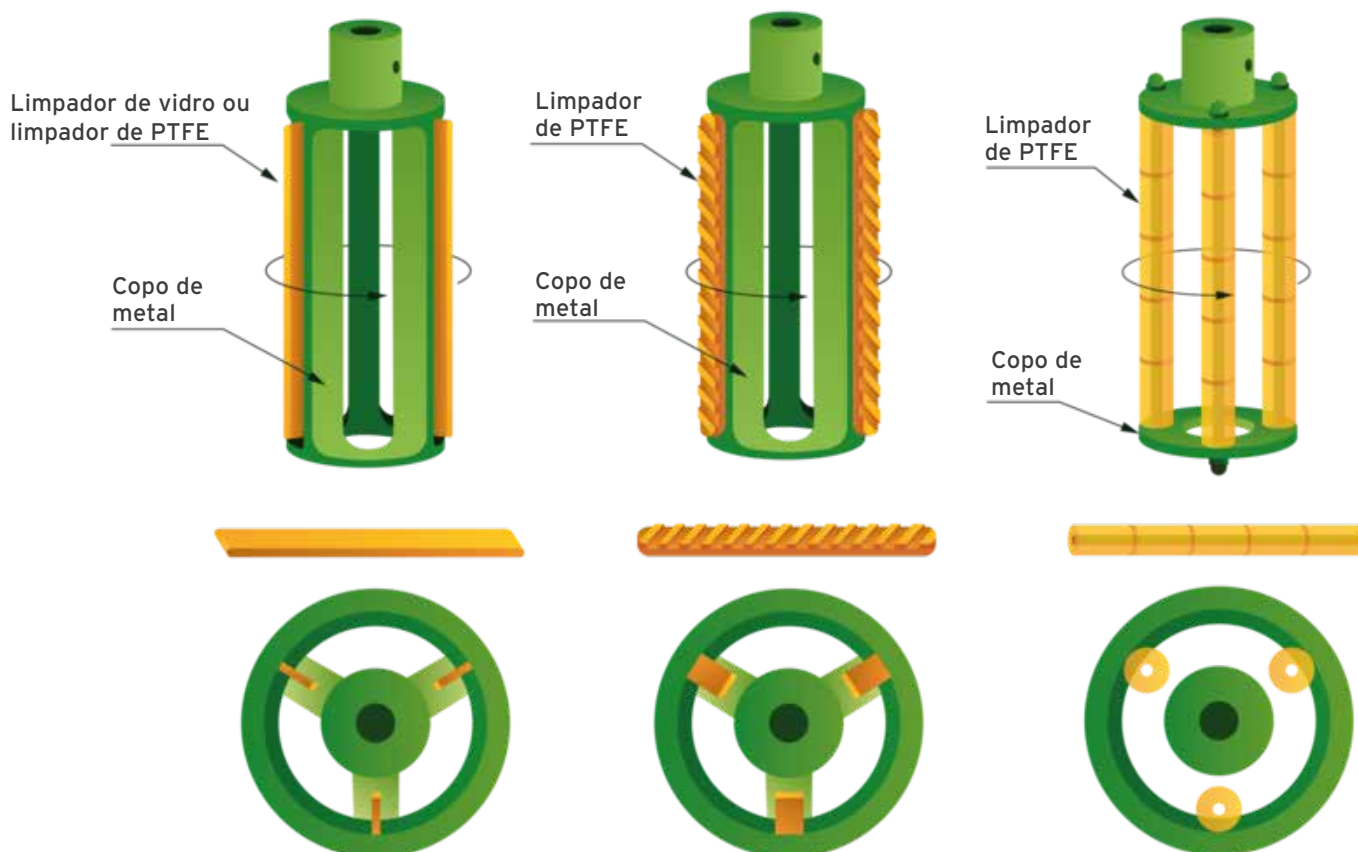
Esta variante de destilação horizontal ou vertical (película deslizante) pode ser operada em lotes ou continuamente: O óleo é adicionado na parte superior de um cilindro vertical aquecido, sob pressão atmosférica ou sob vácuo (até cerca de 1 mbar), dependendo da aplicação. Raspadores ou rolos rotativos atraem o óleo para a superfície aquecida formando uma película fina.

A condensação do vapor pode ocorrer de diferentes maneiras: por meio de um evaporador de película fina de caminho curto com condensador interno ou fisicamente separados através de um evaporador de película fina com coluna externa, prolongando assim o caminho de condensação. Recipientes coletores coletam o condensado e os resíduos de alta temperatura na base. O principal benefício desta técnica é o tempo reduzido de exposição do óleo a altas temperaturas. A possibilidade de mudança para uma operação contínua promove a produtividade. Um aquecedor de circulação controla a temperatura do recipiente de alimentação e do corpo da película deslizante que faz o revestimento externo.

Os criotermostatos resfriam o condensador e a armadilha fria. Para obter a composição desejada dos componentes no destilado, é necessário otimizar a taxa de alimentação, o vácuo e a temperatura. A pureza e composição desejadas do destilado podem ser alcançadas através do ajuste fino do processo. A destilação de película fina é adequada para separar os terpenos da fração mais pesada, ou seja, os canabinoides e os resíduos da matriz no fundo do reservatório.

DESTILAÇÃO MOLECULAR/DE CAMINHO CURTO

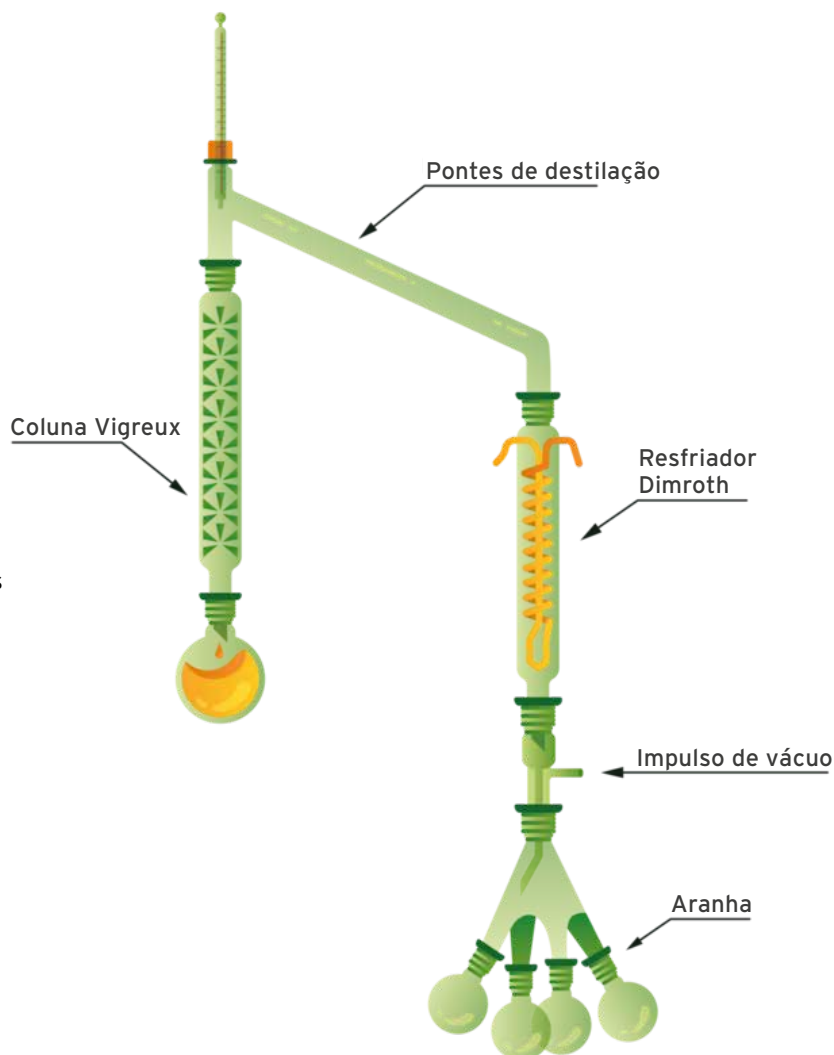
Variante da destilação de película deslizante para uso em alto vácuo (menor que 10^{-2} mbar). O evaporador e o condensador devem estar próximos um do outro, por isso a designação destilação de caminho curto. Novamente, o vácuo deve ser tão alto que o comprimento do percurso livre de uma molécula vaporizada seja maior do que a distância entre o evaporador e o condensador. Sob essas condições, o ponto de fervura pode ser reduzido ao máximo e os canabinoides no vapor podem ser separados da fração mais pesada do fundo do recipiente.



A destilação de película fina é adequada para separar o terpeno da fração mais pesada.

RETIFICAÇÃO

Destilação com uma coluna: Uma coluna pode ser usada para melhorar o desempenho de separação de um sistema de destilação. Esta torre pode ser composta por diferentes tipos de colunas (Vigreux, Oldershaw, etc.) que permitem uma separação mais precisa dos componentes. Para entender melhor: Na destilação, o equilíbrio entre a fase líquida e a fase de vapor ocorre apenas uma vez, na superfície do líquido, sendo, por assim dizer, o primeiro estágio de separação. Com a coluna (coluna de base, coluna compactada, etc.), o vapor ascendente e o líquido condensado descendente interagem várias vezes - em cada bandeja de uma coluna de pratos ou fluído ao longo de uma coluna compactada. Isso permite várias etapas de separação; por exemplo, com um lote de alto desempenho, até 100 bases, o que corresponde a 100 destilações individuais de cabeça em série. Isso significa que o comprimento da coluna de fracionamento, com suas saliências, pratos ou material de embalagem, faz com que o equilíbrio entre vapor e líquido ocorra diversas vezes, permitindo a separação dos componentes.



Retificação: A destilação com uma coluna pode melhorar o desempenho de separação de um sistema de destilação.

Sobre a temperatura

Para obter os extratos de canábis e canabinoides com a pureza e precisão de separação desejadas, é necessário um equipamento técnico adequado. O controle e regulação da temperatura do processo são essenciais para o sucesso da extração. O máximo rendimento e pureza de extração geralmente só podem ser alcançados se todos os parâmetros de processo e processamento forem ajustados com precisão. Uma conversa com fornecedores de equipamentos de controle térmico de líquidos fornece informações

sobre os processos, métodos e parâmetros e, idealmente, leva à escolha do produto certo. Importante: A temperatura deve ser considerada desde o início na avaliação dos equipamentos. Sistemas de controle térmico de líquidos de alta qualidade, com as capacidades de aquecimento e/ou resfriamento necessárias, têm um impacto positivo na produtividade, qualidade e tempo de processamento do material.

JULABO - O lugar certo para tecnologia de controle térmico perfeita

A JULABO é um dos fabricantes líderes mundiais em aparelhos de controle térmico para pesquisa, indústria e ciência. Há mais de cinco décadas os nossos produtos premium fornecem aos nossos clientes o máximo desempenho na aplicação e a temperatura exata no momento desejado. Com base técnica e coragem, impulsionamos o desenvolvimento da tecnologia de controle térmico, estimulados pela responsabilidade que temos enquanto fornecedor premium líder do mercado mundial.

A propósito: Se você estiver interessado em ver uma instalação de destilação moderna operada pela Pilodist GmbH em Meckenheim e que é perfeitamente climatizada por termostatos de laboratório JULABO, clique aqui ou acesse através do código QR.

Para não revelar demais: A Pilodist GmbH é líder mundial no fornecimento de equipamentos e sistemas de separação térmica para pesquisa, desenvolvimento e controle de qualidade. Para as diversas instalações de destilação, a JULABO, como parceiro de longa data da empresa, fornece temperaturas precisas de forma confiável para todos os processos. A JULABO realiza o controle térmico dos sistemas da Pilodist com diversos produtos, como termostatos de aquecimento, criotermostatos e refrigeradores de imersão. As seguintes aplicações são realizadas: destilação de petróleo bruto, evaporadores de película fina, instalações de destilação piloto, extração de canábis.

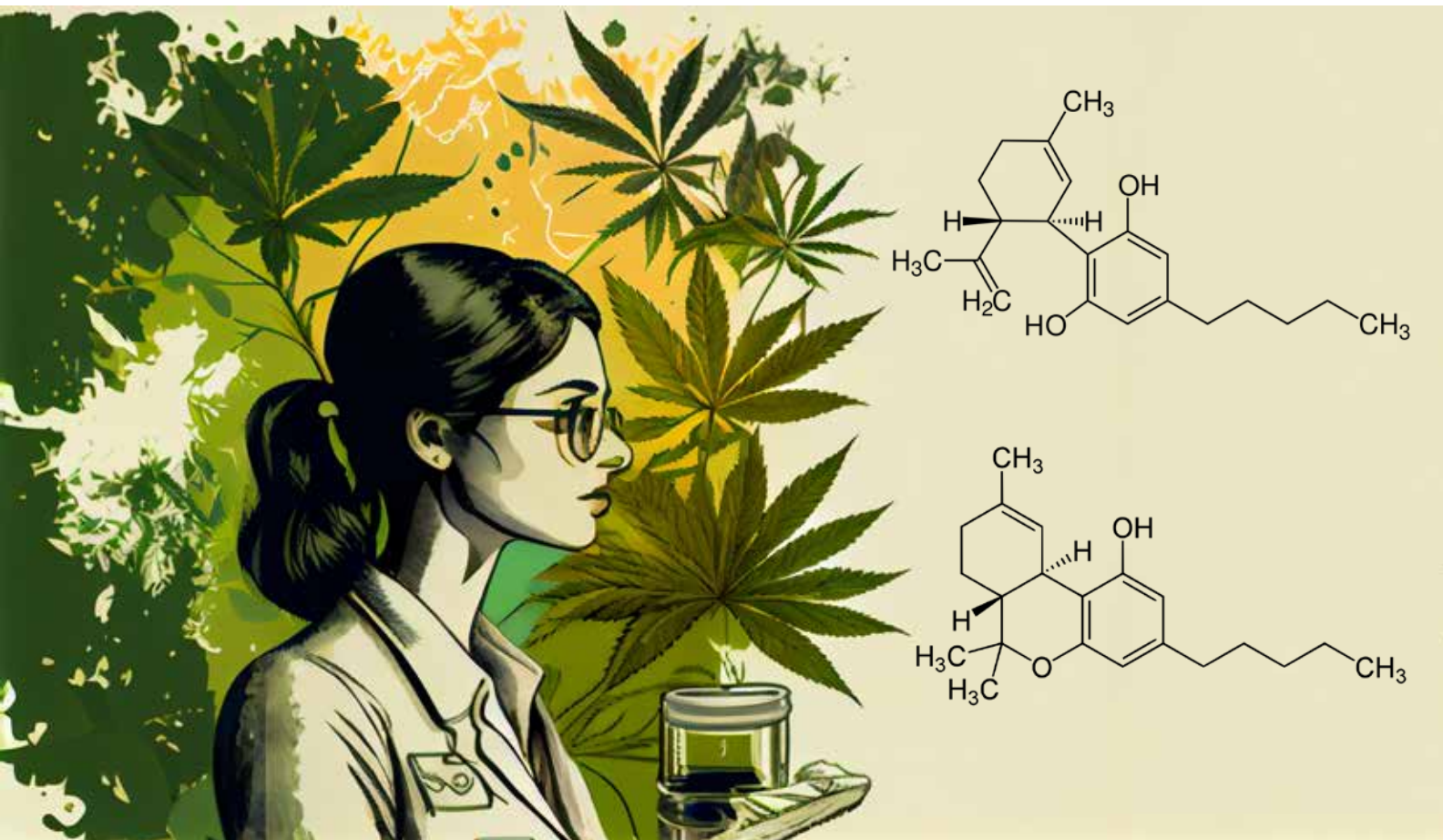


Superior
TEMPERATURE
TECHNOLOGY for a
better **Life**



Depende de você

A equipe da JULABO auxilia você em todas as questões relacionadas à extração, processamento, aquecimento e resfriamento. Clique aqui para entrar em contato com um de nossos especialistas agora.



Referências

[1] <https://de.statista.com/outlook/hmo/cannabis/weltweit#umsatz>

[2] Ren et al., Large-scale whole-genome resequencing unravels the domestication history of Cannabis sativa, Science Advances 7, 29 (2021), <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abg2286>

[3] (Indischer) Hanf - Cannabis, Kooperation Phytopharmaka, Arzneimittellexikon, <https://arzneipflanzenlexikon.info/cannabis.php>, 16.11.2021

[4] Alexandra Latour, Die Geschichte von Cannabis als Medizin, Leafly 11.06.2018, <https://www.leafly.de/die-geschichte-von-cannabis-als-medizin/>

[5] Alexandra Latour, Cannabis Sorten: Indica, Sativa und Ruderalis - Das sind die Unterschiede, Leafly (2018), <https://www.leafly.de/indica-sativa-ruderalis-cannabis-sorten/>

[6] Arno Hazekamp, Katerina Tejkalová e Stelios Papadimitriou, Cannabis: From Cultivar to Chemovar II—A Metabolomics Approach to Cannabis Classification, Cannabis und Cannabinoid Research 1 (2016) 202-215, <https://doi.org/10.1089/can.2016.0017>

[7] Falvio A. Franchina, Lea M. Dubois e Jean-François Focant, In-Depth Cannabis Multiclass Metabolite Profiling Using Sorptive Extraction and Multidimensional Gas Chromatography with Low and High-Resolution Mass Spectrometry, Analytical Chemistry 92 (2020) 10512-10520, <https://dx.doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01301>

[8] [15] Cannabidiol (CBD) Wirkung & Fakten, Krankenkassen Zentrale, <https://www.krankenkassenzentrale.de/wiki/cbd>

Ilustrações: YipYips Digitalagentur, Philipsstraße 2, 52068 Aachen, Alemanha, hi@yipyips.de, www.yipyips.de