

Tecnologia para produção do óleo de algodão

Technology for the production of cottonseed oil

Tecnología para la producción de aceite de semilla de algodón

Recebido: 02/03/2023 | Revisado: 14/03/2023 | Aceitado: 16/03/2023 | Publicado: 20/03/2023

Vicente de Paula Queiroga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1581-0802>
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CNPA, Brasil
E-mail: vicente.queiroga@embrapa.br

Nouglas Veloso Barbosa Mendes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4873-3206>
C & N Serviços Agroambientais Ltda, Brasil
Agritech Semiárido Agricultura Ltda, Brasil
E-mail: nouglasmendes@hotmail.com

Denise de Castro Lima

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-7586>
Instituto Centro de Ensino Tecnológico - CENTEC, Brasil
E-mail: dennisedecastro@gmail.com

Resumo

A verticalização do subproduto de óleo bruto de algodão poderá ser a meta de algumas empresas algodoeiras que dispõem, além das máquinas de descaroçamento e de prensa hidráulica para o enfardamento de fibra, de uma unidade de extração de óleo, mas que necessita agregar ao seu circuito produtivo agroindustrial os processos de refino para a produção de óleo comestível. Portanto, este trabalho tem por objetivo mostrar vias que possam aperfeiçoar os procedimentos de preparação das sementes de algodão, extração do óleo das amêndoas e refinamento de óleo, destacando em cada etapa dos processos envolvidos entre a chegada do algodão em rama na agroindústria até a saída dos produtos finais. Para se obter sucesso em tal empreendimento é necessário melhorar o marketing do produto (óleo refinado) pelo fato da semente de algodão possui características proteicas adequadas, que possibilita o seu uso na indústria alimentícia. Além disso, essa agregação de valor do óleo bruto de algodão irá depender da aquisição de alguns equipamentos requeridos nos processos de seu refinamento e também da qualidade inicial da semente, quando é recém-colhida e com umidade em torno de 10%, determinam a obtenção de um bom óleo.

Palavras-chave: Sementes de algodão; Amêndoas; Extração de óleo; Prensa expeller; Refinamento de óleo.

Abstract

The verticalization of the cotton crude oil by-product may be the goal of some cotton companies that have, besides the ginning and hydraulic press machines for fiber baling, an oil extraction unit, but that needs to add to their production circuit, agroindustrial refining processes for the production of edible oil. Therefore, this work aims to show ways that can improve the procedures of cottonseed preparation, almond oil extraction and oil refinement, highlighting in each stage of the processes involved from the arrival of raw cotton in the agroindustry until the output of the final products. To be successful in such an undertaking it is necessary to improve the product marketing (refined oil) because the cottonseed has adequate protein characteristics, which enables its use in the food industry. In addition, this value addition of crude cotton oil will depend on the acquisition of some equipment required in its refinement processes and also on the initial quality of the seed, when freshly harvested and with humidity around 10%, determine the obtaining of a good oil.

Keywords: Cotton seeds; Almonds; Oil extraction; Expeller press; Oil refinement.

Resumen

La verticalización del subproducto crudo del aceite de algodón puede ser el objetivo de algunas empresas algodonerías que cuentan, además de máquinas desmotadoras y prensas hidráulicas para embalar pacas de fibra, con una unidad de extracción de aceite, pero que necesita agregar a su circuito produtivo agroindustrial los procesos de refinamiento para la producción de aceite comestible. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo mostrar formas que pueden mejorar los procedimientos para preparar semillas de algodón, extraer aceite de almendras y refinar el aceite, destacando en cada etapa de los procesos involucrados desde la llegada del algodón crudo a la agroindustria hasta la salida de los productos finales. Para tener éxito en tal empresa, es necesario mejorar el marketing del producto (aceite refinado) porque la semilla de algodón tiene características proteicas adecuadas, que posibilita su uso en la industria alimentaria. Además, este valor agregado del aceite crudo de algodón dependerá de la adquisición de algunos equipos

requeridos en los procesos de su refinamiento y también de la calidad inicial de la semilla, cuando recién cosechada y con una humedad alrededor del 10%, determinar la obtención de un buen aceite.

Palabras clave: Semillas de algodón; Almendras; Extracción de aceite; Prensa de expeller; Refinamiento de aceite.

1. Introdução

A cultura do algodoeiro é orientada para produção de fibra. Além disso, no beneficiamento da fibra, obtém-se o caroço como principal subproduto, que, por ser rico em óleo, serve de matéria-prima para a indústria de óleos e gorduras. A torta e o farelo, obtidos do processamento do caroço, são utilizados como complementação de rações balanceadas. O caroço de algodão, subproduto do beneficiamento da fibra, constitui importante matéria-prima para a indústria de óleos comestíveis (Gondim-Tomaz et al., 2016).

Portanto, o óleo de algodão é um óleo industrial que pode ser usado tanto para fins alimentares quanto não alimentares. Nos Estados Unidos, desde o século XIX, até a década de 1940, foi a principal fonte de óleo alimentar vegetal, sendo então superado pelos óleos de soja e de milho. No Brasil, atualmente, a produção de óleo de algodão é apenas superada pela de óleo de soja. Há estudos que mostram que o óleo de algodão pode ser usado na alimentação humana, baixando os níveis de colesterol. O maior uso industrial dele é para a produção de biodiesel. Tanto o óleo usado como alimento quanto o usado para produção de biodiesel necessitam de etapas prévias de refino para a eliminação de componentes indesejáveis como, por exemplo, o gossipol (Morais et al., 2015).

Quimicamente, os óleos vegetais (ou gorduras animais) consistem de moléculas de triacilglicerídeos, as quais são constituídas de três ácidos graxos de cadeia longa ligados na forma de ésteres a uma molécula de glicerol. Esses ácidos graxos variam na extensão da cadeia carbônica, no número, orientação e posição das ligações duplas (Beltrão & Oliveira, 2008). O mesmo sucede com o óleo de algodão que é extraído da semente inteira ou amêndoa da semente descascada do algodão, o qual contém uma mistura de ácidos graxos saturados e insaturados, (Santos, 2010), majoritariamente os ácidos palmítico, oleico e linoleico. Entretanto, os principais componentes do óleo de algodão são: ácido linoleico (46,7% - 58,2%) e palmítico (21,4% - 26,4%) em maior porcentagem, seguidos por ácido oleico (14,7% - 21,7%) e esteárico (2,1% - 3,3%), de acordo com o Codex Alimentarius (Fao & Who, 2015).

Mas, quando se trata de avaliar a qualidade do semi-refinado, esse óleo tem um leve sabor de castanha, com coloração dourada claro ao amarelo avermelhado, que pode variar de acordo com o grau de refinamento. É importante destacar que a utilização do caroço de algodão na produção de óleo alimentício só foi possível depois que se conseguiu sua desodorização, alcançando assim o seu grau final de refinamento (Campestre, 2011). O destino comercial desse óleo de algodão com o grau semi-refinado ou refinado poderá ser as indústrias alimentícia, farmacêutica e de cosméticos.

Com base no exposto, este trabalho objetiva mostrar vias que possam facilitar a transição da cadeia produtiva do algodão, mediante os processos de refinamento, para agregar valor ao produto do processamento da amêndoa do algodão, principalmente aperfeiçoando os procedimentos do circuito de extração de óleo do algodão agroecológico produzido na região do Semiárido brasileiro.

2. Metodologia

O presente estudo baseia-se em uma revisão narrativa (Rother, 2007), sobre a Tecnologia para a produção do óleo de algodão. A revisão narrativa constitui temática mais aberta e critérios mais subjetivos, basicamente, é uma análise da literatura publicada em livros, em artigos de revista impressas e/ou eletrônicas, na interpretação e na análise crítica pessoal do autor (Rother, 2007; Cordeiro et al., 2007). A revisão foi realizada por meio de pesquisas de referências bibliográficas nas diferentes bases de indexação (Portal de periódicos da CAPES, Google acadêmico e Scielo), e, ainda, nas referências dos estudos

selecionados para compor este artigo, buscando sempre temas relacionados com a cultura estudada. Os artigos científicos foram buscados por meio da pesquisa das palavras-chave “sementes de algodão”, “amêndoas”, “extração de óleo”, “prensa expeller”, “refinamento de óleo”. Reunido o material bibliográfico foram feitas as leituras para que se chegasse na composição deste artigo.

Procurou-se expor neste trabalho informações sobre as tecnologias empregadas para o procedimento de extração do óleo de algodão, os quais são caracterizados por diferentes processos ao longo de sua linha de produção de óleo, principalmente no que se refere ao momento de recebimento da matéria-prima (algodão em rama) na usina algodoeira até a colocação dos rótulos nas garrafas, visando padronizar os serviços ou os métodos realizados pelas unidades extratoras de óleo instaladas em algumas cidades do Nordeste brasileiro.

3. Resultados e Discussão

3.1 Beneficiamento do algodão em rama

O processo de beneficiamento se inicia com a pesagem e caracterização dos algodões ensacados (capacidade de peso entre 45 a 60 Kg) na recepção da algodoeira. Uma vez na usina, os algodões ensacados são abertos e desmanchados. Em seguida, são puxados manualmente por um enxadeco de três dentes, de maneira uniforme e em pequena quantidade, para alimentar os tubos de sucção pneumáticos que os vão conduzir às máquinas descaroçadoras (Silva, Albuquerque, Mendonça, & Kim, 2006). No percurso pela tubulação, o algodão em rama passa, inicialmente, pelo catador de pesado de separação gravimétrica para eliminar corpos estranhos pesados (pedras, ramos, capulhos não abertos, etc.) provenientes da colheita manual ou mecanizada. Com relação a operação de secagem do algodão em rama no secador em torre é opcional na região Semiárida, em razão de raramente ocorrer alguma precipitação atípica no período de verão (outubro e novembro).

Continuando o beneficiamento (Figura 1), o algodão em rama é conduzido ao processo de limpeza nos batedores de rolos inclinados (primeiro limpador) que batem e espadanam o algodão para que as impurezas se desprendam com maior facilidade no equipamento extrator (segundo limpador). Após sua limpeza, o algodão é conduzido por gravidade aos descaroçadores, os quais realizam a separação da fibra (rendimento entre 38 - 41%) das sementes (62 - 59%) por meio da ação de serras circulares e das “costelas” sobre as massas de algodão. Além das impurezas, a umidade interfere na qualidade do algodão durante o beneficiamento, tendo influência na forma como o descaroçador age nas sementes e na fibra. O ideal seria utilizar o algodão em rama com 10% de umidade. Em geral, sementes menos úmidas são mais fáceis de serem processadas (Gordon et al., 2010; Lacape et al. 2005). Os diferentes fabricantes oferecem máquinas com velocidades de rotação variando entre 550 rpm (Lummus®) até o limite de 780 rpm (Piratininga®), ficando a marca Continental em torno de 715 rpm. Estes descaroçadores de serras trabalham numa velocidade bem superior as máquinas de rolo (350 rpm).

Figura 1 - Descaroador de 224 serras (dois conjuntos de rolos por máquina, sendo cada rolo de 112 serras) marca Hadwicke- Etter, compressor de alta densidade de fabricação americana. Algodoeira Godefroy de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.



Fonte: Alejandro Godefroy (2017).

Por outro lado, a confecção dos fardos de fibra (entre 210 e 230 Kg; Figura 2) poderá ser efetuada por meio de prensa hidráulica da marca Hadwicke- Etter, acionada por uma unidade hidráulica composta de um pistão de 12 polegadas, instalados na parte inferior do conjunto, sendo prensados os fardos por uma bomba mecânica.

Figura 2 - Prensa hidráulica de fibra de algodão de duas caixas e um pistão, marca Hadwicke- Etter de produção americana. Algodoeira Godefroy de Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.



Fonte: Alejandro Godefroy (2017).

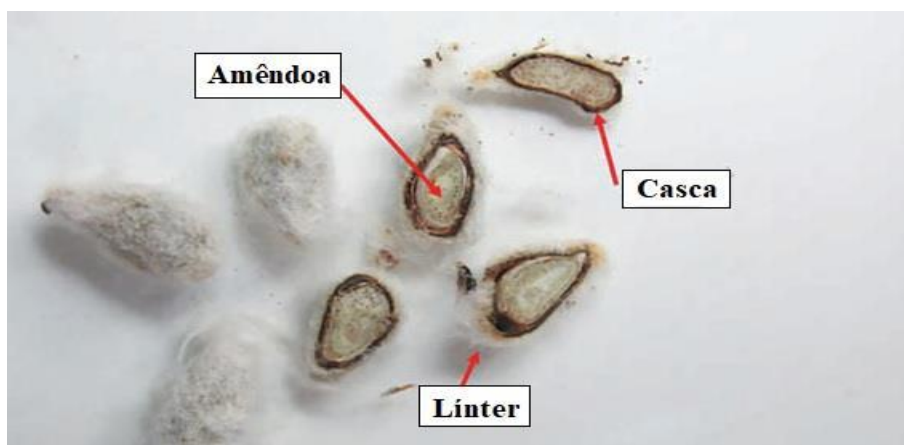
3.2 Preparação da semente ou caroço de algodão

A grande produção de algodão deixa um grande volume de caroços, cujo destino é a produção de óleo comestível. No processo de industrialização do caroço de algodão, obtém-se o línter, o óleo e a torta. O línter, que é constituído por fibras curtas (3 a 12 mm), não é retirado no processo de beneficiamento do algodão, onde as fibras são separadas das sementes. É constituído praticamente de celulose, tendo ainda, em pequenas quantidades, pectinas, constituintes minerais, lipídeos (óleo e

ceras) e resinas. Entre as várias aplicações do linter, destacam-se o algodão hidrófilo, tecidos cirúrgicos, pólvora seca e misturas com lã para a fabricação de tecidos (Beltrão, 2000).

A composição das diferentes partes da semente ou caroço do algodão apresenta, em média, os seguintes valores: 12,5% de linter, 15,2% de óleo bruto, 46,7% de torta (resíduo da extração do óleo), 20,7% de casca (Figura 3) e 4,9% de resíduos, produzidos no processo industrial. Em relação a sua composição química apresenta de 6 a 12% de umidade, 3 a 4% de cinzas (resíduo mineral), 16 a 26% de proteínas, 24 a 31% de carboidratos, 14 a 25% de óleo e de 14 a 21% de material fibroso (Beltrão, 2000).

Figura 3 - As diferentes partes que compõem o caroço de algodão.



Fonte: Jean Louis Belot (2015).

O óleo de algodão representa de 14% a 26% da massa do caroço, dependendo da cultivar plantada. É composto principalmente por ácidos insaturados (ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico) e outros compostos, sendo normalmente obtido por prensagem a quente, embora também seja possível obtê-lo por extração via solventes (hexano). A composição em ácidos graxos do óleo de algodão, segundo “Standard for Named Vegetable Oils” Codex Stan 210 (Fao & Who, 2015) pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais ácidos graxos presentes no óleo de algodão.

Ácido graxo (Fórmula)		Porcentagem (%)
C12:	Láurico	0 - 0,2
C14:	Mirístico	0,6 - 1,0
C16:0	Palmítico	21,4 - 26,4
C16:1	Palmitoléico	0 - 1,2
C18:0	Estearico	2,1 - 3,3
C18:1	Oléico	14,7 - 21,7
C18:2	Linoléico	46,7 - 58,2
C18:3	Linolênico	0 - 0,4
C20:0	Araquídico	0,2 - 0,5

Fonte: Standard for Named Vegetable Oils Codex Stan 210 (2015).

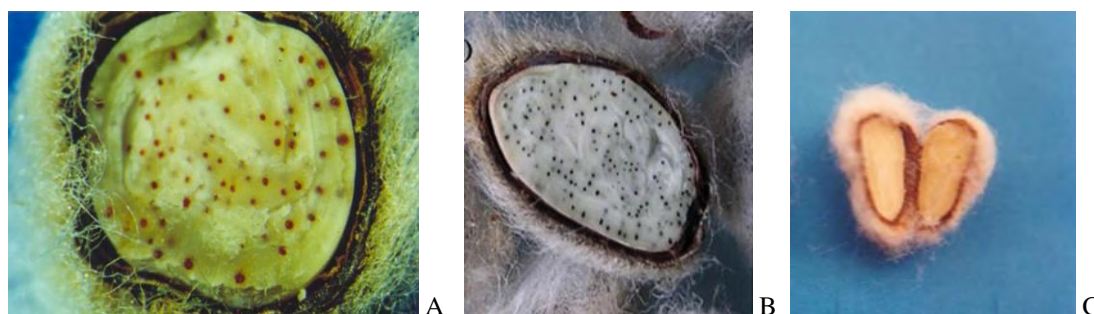
Como componentes minoritários, destacam-se os fitosteróis e os tocoferóis. Ainda de acordo com a legislação Codex Stan 210 (Fao & Who, 2015), beta-sitosterol e campesterol são os principais fitosteróis presentes no óleo de algodão. No caso

dos tocoferóis, alfa e gama-tocoferol são os principais isômeros. Fitosteróis e tocoferóis também podem ser utilizados como marcadores da legitimidade do óleo de algodão.

O alto teor de antioxidantes naturais, presente na composição química do óleo de algodão, confere a ele maior estabilidade a oxidação e a deterioração, em comparação a outros óleos vegetais e gorduras animais. O óleo de algodão é um óleo industrial que pode ser usado tanto para fins alimentares quanto não alimentares.

Tanto o óleo usado como alimento quanto o usado para produção de biodiesel necessitam de etapas prévias de refino para a eliminação de componentes indesejáveis como, por exemplo, o gossipol. Por este motivo, o caroço de algodão “*in natura*” não deve ser utilizado como alimento para animais monogástricos, principalmente aves e suínos, pois é tóxico, devido à presença do gossipol (complexo de substâncias - pelo menos 15% são de natureza fenólica, alcalóide) que ocorre nas sementes e em outras partes da planta do algodão, nas glândulas internas. Seu teor varia entre 0,5 e 1,0%, formado por aldeídos e terpenos, biossintetizado por plantas do gênero *Gossypium* da família Malvaceae, de baixo peso molecular, apresenta características muito ácidas e reage com bases fortes (Bell, 1967; Carvalho, 1996; Shaver & Lukefahr, 1969). Na semente, o gossipol fica localizado internamente na amêndoa, nas partes escuras (Figuras 4).

Figura 4 - Corte transversal de semente de algodão, com as glândulas internas de gossipol (A) e (B) e sem glândulas (C).



Fonte: EMBRAPA (2008) e Cotimes (2004).

Para o óleo de algodão ser usado no cozimento de alimentos (frituras em geral), esse óleo bruto por prensagem é submetido inicialmente ao processo de refinação, visando reduzir o índice de acidez, que pode variar de 0,5% a 1,0% no óleo bruto, (acidez depende das condições de armazenamento, colheita e umidade), para o tipo refinado de até 0,5 g/100g (Grimaldi, 2017). Ao mesmo tempo, substâncias indesejáveis não glicerídicas que acompanham o óleo bruto também são reduzidas durante o refino, tais como: carotenos, mucilagens, carboidratos, fosfatídeos, fragmentos protéicos, pigmentos, esteróides e, principalmente, ácidos graxos livres. Essas substâncias escurecem o óleo bruto, dão sabor e aroma fortes e, uma vez aquecido, produzem fumaça, espuma e favorece a oxidação (Mandarino & Roessing, 2001).

3.2.1 Deslintadores

Antes da extração do óleo, as sementes de algodão passam por deslintadores mecânicos (Figura 5), para a eliminação parcial do línter. Com base no número de cortes processados no deslintamento da semente, o línter é chamado de primeiro corte, de segundo corte e de terceiro corte. O de primeiro corte, que apresenta fibras mais longas, é usado para a fabricação de algodão hidrófilo (absorvente) e tecidos cirúrgicos. O línter de segundo corte é usado para a fabricação de celulose, bem como o línter de terceiro corte. O uso do línter permite a produção da celulose química de elevado conteúdo de β -celulose, de alta viscosidade. No final do processo, cerca de 21% do produto original são removidos, pois contêm resíduos de casca de sementes e outras impurezas. Em geral, em média, pode-se obter cerca de 50 kg de línter por tonelada de sementes (Beltrão, 2000).

Figura 5 - Deslintador mecânico de sementes de algodão herbáceo que consegue eliminar parcialmente o línter.



Fonte: Alejandro Godefroy (2014).

3.2.2 Máquina de descascar

Dependendo da cultivar, os caroços de algodão podem apresentar os valores de teor de óleo variando entre 14 - 26% (Beltrão, 2000). Mas, quando se utiliza a máquina descascadora de caroço de algodão de alta capacidade de produção é possível remover a sua casca (Figura 6), visando assim a extração do óleo diretamente de sua amêndoa. Portanto, a casca deve ser eliminada no descascador antes da prensagem de extração do óleo para evita a retenção de óleo na torta junto com a casca.

Figura 6 - Descascador usado para obtenção de amêndoas pela eliminação da casca ou tegumento de sementes de algodão da usina algoeira Godefroy em Santa Cruz de la Sierra, Bolívia.



Fonte: Alejandro Godefroy (2017).

Na parte inferior da máquina descascadora, fica uma esteira de furos inclinada que transporta por gravidade as amêndoas até o final de sua extensão, para então alimentar uma rosca sem fim conectada à outra moega de alimentação da máquina trituradora.

A amêndoa que é separada da casca conta com equivalentes de 0 a 40% de proteínas e de 35 a 40% de lipídios. Enquanto a casca tem em média 8,7% de água, 2,6% de cinza, 3,5% de proteína bruta, mais de 45% de carboidratos e,

somente, em torno de 1% de lipídeos (Beltrão, 2000). Além disso, a casca tem de 3 a 8% de línter e fibras com tamanho inferior a 3 mm. É altamente digestível e pode ser usada pura ou misturada com outros produtos na composição de rações, não necessitando de moagem, tendo de 44 a 48% de fibra bruta. Essa casca pode ainda ser usada como adubo e combustível.

3.2.3 Triturador de amêndoas

A amêndoa é transportada por uma esteira rotativa para alimentar um moinho triturador, tipo martelo, modelo MTE-10 do fabricante Ecirtec (2018) totalmente construído em aço inoxidável, destinado a triturar o produto em processamento e facilitar as operações de cozimento e de extração do óleo na prensa mecânica de pressão contínua. Após a passagem no equipamento triturador, as amêndoas trituradas adquirem a forma de uma pasta fina, por meio da passagem em vários laminadores. De imediato, o material pastoso é transportado para alimentar a moega do cozinhador.

3.3 Extração do óleo

Os processos de extração de óleo variam de acordo com a matéria-prima processada. Os dois métodos genéricos empregados na extração de óleos vegetais são a prensagem mecânica e a extração por solvente, ou ainda, uma combinação de ambos. Algumas matérias-primas, como as amêndoas moídas de algodão costumam utilizar um cozimento prévio seguida da prensagem contínua visando a obtenção de rendimentos mais elevados. A extração por solvente pode recuperar até 95% do óleo, resultado extremamente favorável, comparado com os 80 a 90% que seriam obtidos via prensagem hidráulica ou prensa-parafuso. Este segundo processo de extração tem sido mais utilizado no passado pelas usinas algodoeiras do Nordeste. Portanto, com a descarga do material feita na moega, às amêndoas trituradas vão sendo descarregadas numa segunda rosca sem fim, através de um elevador, e transportadas para abastecer pela parte superior o conjunto de prensas do tipo expellers.

Este tipo de prensa consta de um alimentador contínuo que recebe o material previamente preparado para ser extraído, entregando-o automaticamente ao aquecedor. O alimentador é montado no topo do aquecedor, do lado oposto ao mecanismo de acionamento da prensa. Devido à sua constituição fibrosa, bem porosa e bastante rica em sólidos, a amêndoa triturada deve ser submetida a um rápido aquecimento antes da extração.

Na extração do óleo, utilizam-se prensas de parafusos. Nesta altura a amêndoa de algodão contém mais ou menos 1/3 de seu peso em óleo. Na pré-prensa (Expeller) extrai 20% de óleo (do total de 33%) é retirado da amêndoa. Dá-se o nome de óleo prensa. Enquanto a torta que sai do Expeller vai para extração (processo de solvente), onde mais 13% do óleo é retirado. Chama-se óleo solvente quando emprega este último processo (Passos, 1977).

3.3.1 Cozinhador e prensagem

Fazendo parte do pré-tratamento da matéria-prima no processo de extração do óleo, as amêndoas trituradas são submetidas rapidamente à temperatura de 70 a 105 °C em aparelho apropriado chamado de condicionador ou cozinhador (staker) embutido na parte superior da prensa mecânica de pressão contínua ou expeller (Figura 7).

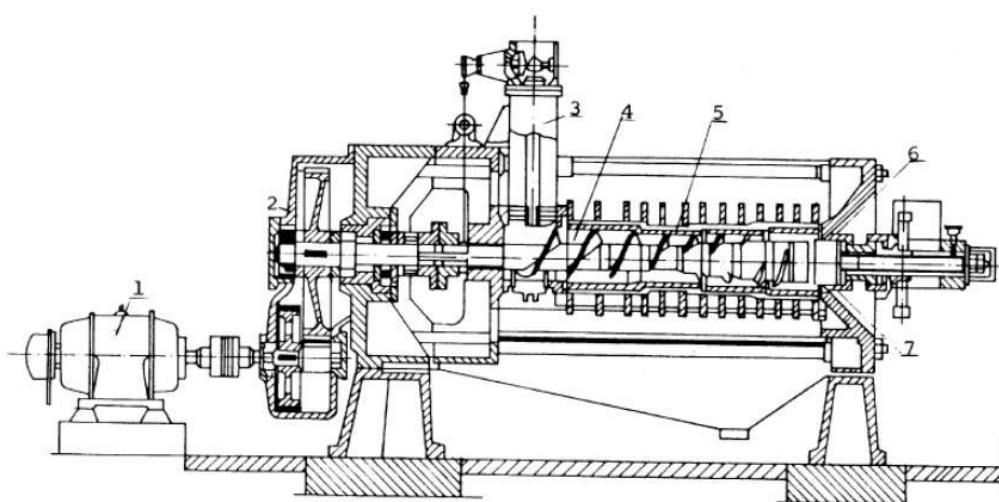
Figura 7 - Conjunto de máquinas com cozinhador montado sobre a prensa expeller para extração de óleo de amêndoas trituradas de algodão instaladas em compartimento separado dos demais equipamentos da usina algodoeira. São Mamede, PB.



Fonte: Vicente de Paula Queiroga (2014).

Este sistema de aquecimento é provido de pratos, cujo vapor quente circula entre as paredes laterais e na parte inferior do cozinhador com duplo estágio. No seu interior, as amêndoas vão descendo de prato em prato, perdem umidade e são aquecidas para reduzir a viscosidade e facilitar o seu esmagamento na câmara de compressão sob pressão efetuado pela prensa mecânica contínua do tipo expellers (Figura 8). O produto resultante é o óleo bruto extraído da amêndoa triturada.

Figura 8 - Modelo esquemático que compõe a prensa contínua ‘Expeller’: 1- Motor elétrico, 2- Redutor, Entrada da massa da amêndoa triturada condicionada, 4- Rosca helicoidal, 5- Cesto, 6- Cone de saída, 7- saída da torta gorda.



Fonte: Moretto; Fett (1998).

O corpo cilíndrico ou extrator da prensa fica situado no plano inferior ao aquecedor, na abertura de descarga. O extrator da prensa consiste de uma câmara cilíndrica horizontal, formada de inúmeras barras de aço, que são colocadas uma ao lado da outra e mantidas nessa posição, com anéis de aço.

Para que seja possível extrair o óleo é necessário que haja uma ruptura da membrana das células o que irá provocar a saída dos glóbulos (Moretto & Fett, 1998). Tal ruptura no caso da prensa mecânica é dada pelo esmagamento das amêndoas trituradas sob pressão contínua por meio de eixo helicoidal, girando a matéria prima dentro de um cilindro tubular para ser comprimida no final do eixo. Esta condição é importante, pois para se conseguir um bom rendimento em óleo é preciso elevar a pressão lentamente, de modo a dar tempo para o escoamento do óleo. Além disso, o cilindro é dotado de orifícios de saída de óleo em suas paredes laterais.

A pressão inicial é pequena e deve aumentar até atingir 1050 a 1400 quilos por cm². Este aumento é obtido com relativa facilidade, uma vez que o parafuso trabalha contra uma abertura ajustável de pressão que retrai a descarga da torta no fim do extrator. A descarga da torta pode ser regulada por este orifício de retração. A torta gorda extraída na extremidade oposta à da chegada do material aquecido encerra de 6 a 13% de óleo, apresentando pequenos fragmentos duros, lisos e brilhantes, com 6 a 8 cm de espessura.

3.3.2 Armazenamento

O óleo bruto extraído da prensa expeller passa para tanques de aço inoxidável. Uma vez aquecido com vapor à temperatura de 120 °C no tanque, o óleo é bombeado para ser submetido ao processo de filtração (panos de filtro entre as placas), pois só assim se consegue uma filtração eficiente das impurezas contidas no mesmo.

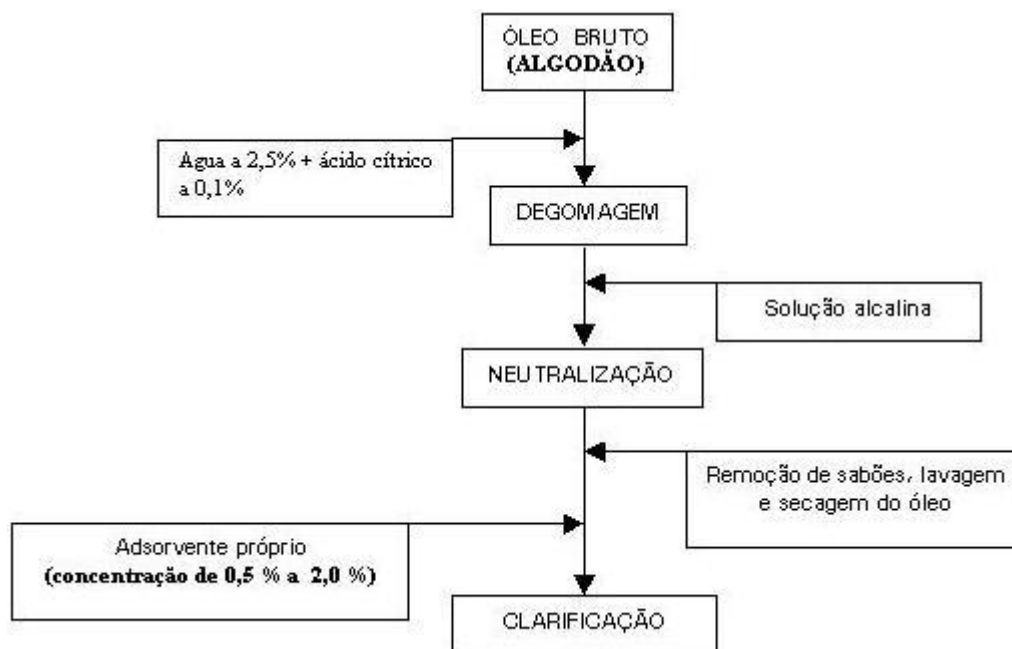
3.3.3 Filtração

Esse óleo bruto extraído pela prensa mecânica de pressão contínua arrasta partículas da matéria prima que devem ser separadas por decantação ou filtração. A filtração tem a finalidade de retirar os resíduos que estão misturados com o óleo. No tipo de equipamento empregado, o óleo passa através de uma série de filtros (10), feitos de tecido grosso. Em cada filtro, vai sendo retirada uma borra, composta pelos resíduos do óleo. No final, o óleo filtrado é bombeado para os tanques de armazenamento de grande volume e, em seguida, ocorrem os processos de refinamento do mesmo.

3.4 Refinamento do óleo

O óleo da semente de algodão é o mais antigo óleo vegetal produzido industrialmente e consumido em larga escala no Brasil. Esse óleo, em estado bruto, apresenta uma coloração bastante intensa, que quando utilizado para fins alimentícios passa por um processo de clareamento que pode ser o processo de semi-refino ou o refino, onde a diferença está na etapa de desodorização. Durante o refino, a clarificação é a etapa que deverá ser de maior importância para a determinação da qualidade e ainda estabilidade do produto final. Esse óleo bruto é submetido a algumas etapas para clarificação. Assim seus pigmentos são removidos no estágio de neutralização, por adição do hidróxido de sódio e ainda branqueamento por adsorção em sólidos, utilizados em argilas ativadas. Na Figura 9, observa-se um organograma das etapas encontradas para a obtenção do óleo semi-refinado.

Figura 9 - Organograma utilizado no processo de obtenção do óleo de algodão com grau semi-refinado.



Fonte: Ecirtec (2017).

O refino do óleo é uma prática muito fundamental para o sucesso do processo de obtenção do óleo de qualidade e é dividido em algumas etapas de tratamento que incluem: degomagem, neutralização, clarificação, winterização e desodorização para tornar o óleo comestível. A Ecirtec projeta a entrega de fábrica completa para extração de óleos vegetais, desde o preparo da matéria prima até o envase do óleo.

3.4.1 Degomagem

O primeiro passo no processo de refino de muitos óleos é a degomagem. Os óleos são degomados misturando-os com água para hidratar os fosfatídeos, os quais logo a seguir, são removidos por centrifugação. A operação de degomagem pode ainda ser melhorada adicionando ácido cítrico ou fosfórico, ou gel de sílica. A degomagem remove substâncias emulsivas, como a lecitina. Os óleos de algodão não precisam ser degomados, mas os óleos de canola e soja requerem esse processo.

3.4.2 Neutralização

Do óleo neutralizado são removidos os pigmentos carotenoides e mucilagens que dão uma cor mais escura ao óleo, pois este precisa tornar-se claro, cristalino e apetecível. O uso da solução de hidróxido de sódio no processamento do óleo de algodão é fundamental, uma vez que, além de neutralizar os ácidos graxos livres presentes, ainda auxilia na clarificação do óleo de algodão.

3.4.3 Clareamento ou branqueamento

Do óleo neutralizado são removidos os pigmentos carotenoides e mucilagens que dão uma cor mais escura ao óleo, pois este precisa tornar-se claro, cristalino e apetecível. O óleo é então submetido a aquecimento e agitação, em tanques especiais, onde são adicionadas terras diatomáceas ou carvão ativo, que tem como objetivo absorver os pigmentos colorantes e mucilagens presentes e, quando da filtração, carregá-los para fora do óleo. Os óleos nessa fase quase não possuem mais cor e

apresentam valor de peróxido de aproximadamente zero. Após submeter as etapas de degomagem, neutralização e clarificação, o óleo é classificado com grau de semi-refinado.

O equipamento branqueador contínuo de construção cilíndrica vertical com agitador e diversas células, construído em aço carbono. Com camisa e ou serpentina de aquecimento por vapor e visores de nível. Está previsto para trabalhar com vácuo de 680/720 mmHg. Equipado com controle de nível automático (Ecirtec, 2018).

3.4.4 Winterização

Os óleos de algodão devem passar pelo processo de winterização (do inglês, inverno), ainda chamado de congelamento. Os óleos que serão armazenados em locais frios necessitam desse processo para evitar que se tornem turvos com o frio, o que depõe contra a qualidade de qualquer óleo comestível. Essa fase visa exclusivamente a retirada da estearina natural, uma gordura de alto ponto de fusão, porém, em pequena quantidade dissolvida no óleo, sendo praticamente imperceptível em temperatura ambiente. O processo consiste no resfriamento gradativo do óleo vegetal, em células especiais, a 5 a 6 °C, durante aproximadamente 36 horas. Dessa forma, as pequenas quantidades de estearina solidificam-se, aglutinando-se umas às outras, e formando flocos maiores no meio do óleo, os quais são possíveis de serem filtrados. Em resumo, trata-se de uma separação por cristalização.

3.4.5 Desodorização

A desodorização pode ser feita por processo contínuo ou descontínuo (por lote). Sua finalidade é remover as substâncias voláteis dos óleos e gorduras, que lhes dão sabores e odores diversos (característicos ou adquiridos), mediante processo por arraste de vapor. Entre essas substâncias encontram-se os ácidos graxos livres voláteis, os triglicérides de baixo peso molecular, impurezas, etc. As altas temperaturas e o vácuo quase absoluto usados nesse processo garantem um produto completamente estéril, apresentando sabor e odor neutros e suaves. Trata-se de um dos produtos mais puros que se pode oferecer ao consumo. Poucos produtos são tão limpos quanto o óleo refinado, clarificado e branqueado. Nessa fase, depois de pesado, o óleo ou gordura é depositado no desodorizador, aquecido à alta temperatura (230 °C) e submetido a alto vácuo (71 cmHg). No fundo do tanque desodorizador é borbulhado vapor seco, arrastando em sua trajetória para cima os ácidos graxos livres (voláteis), os triglicérides de baixo pesos moleculares, etc., e carregando-os para fora do sistema através do vapor contínuo. Esse processo dura algumas horas, após o qual o produto é resfriado a 60 °C / 70 °C e, logo depois da análise do controle de qualidade, é liberado para o acondicionamento. É nessa fase do processo que se adicionam aos óleos os elementos antioxidantes (ou outros aditivos), cujo objetivo é prolongar a vida útil do produto, evitando a formação de ranço, mesmo quando submetidos a condições adversas.

Depois desses processos de refino parcial ou total (acrescido da etapa de desodorização) (Figura 10), é possível obter um óleo semi-refinado que é utilizado principalmente em temperos, fabricação de biscoitos, margarinas e em frituras de ótima qualidade nutricional. Enquanto o óleo refinado totalmente é comestível, devido à presença de ácidos graxos e o mais conhecido e importante é chamado de ácido linoleico, que no organismo é transformado em ácido araquidônico. O óleo de algodão ainda é rico em vitamina E ou mesmo alfa tocoferol, que é um antioxidante natural, o que deverá lhe conferir uma maior vida de prateleira, apresentando um grande estado de conservação com pouca possibilidade de rancificação ou mesmo sofrendo menos alteração do que os óleos de soja.

Figura 10 - Sementes com línter de algodão, torta, (alimentação animal), óleo bruto (de cor vermelha intensa por ser rico em caroteno), óleo semi-refinado (de cor amarelo avermelhado, usado para fritura, biscoite, margarina etc, isento de gorduras trans), óleo refinado (de cor amarelo claro de uso comestível por humano).



Fonte: Arquivo da empresa de óleo Caçarola (2021).

3.5 Óleo de algodão x qualidade

Os dois principais índices de qualidade utilizados pelas indústrias são ácidos graxos livres (AGL) e índice de peróxido (IP). Receber um óleo de algodão com estes parâmetros dentro do especificado não garante a qualidade do óleo, uma vez que refletem a qualidade apenas no momento da análise.

Os dois parâmetros de qualidade considerados fundamentais no mercado de óleos vegetais são: avaliação sensorial e estabilidade oxidativa.

3.5.1 Avaliação sensorial

Reflete diretamente a qualidade do óleo no momento do recebimento, como reflexo do processo de refino realizado pela empresa. Muitas reações adversas podem acontecer durante o refino e a maioria está relacionada aos ácidos graxos poliinsaturados presentes e condições de desodorização, realizadas em equipamentos antigos e de baixa eficiência. São comuns os casos de óleos recebidos dentro das especificações das empresas, que acabam sendo utilizados no processo, mas que a percepção sensorial ruim só acaba sendo detectada no produto pronto (Grimaldi, 2017).

3.5.2 Estabilidade oxidativa

Sem dúvida o parâmetro, mas citado hoje por conta especialmente da eliminação das gorduras contendo altos teores de ácidos graxos trans e também pela tendência de redução do teor de saturados nos alimentos industrializados. É muito comum encontrar lotes distintos de óleo de algodão com diferentes valores de estabilidade oxidativa, ou seja, teores reduzidos de AGL e IP não estão relacionados com o “shelf-life” do produto (Grimaldi, 2017).

4. Considerações Finais

Na maioria das áreas de produção da região Nordeste, em especial na região Semiárida, que corresponde a mais de 70% do total do Nordeste, predomina na cotonicultura o pequeno produtor, que utiliza a mão-de-obra familiar, com elevada importância social e econômica, para centenas de municípios zoneados para o cultivo do algodão.

Vale acrescentar que na referida região foram instaladas várias unidades de extração de óleo de algodão para produção de sabão, torta (resíduo de alimentação animal) e algumas usinas para atender principalmente a população mais pobre com seu óleo no preparo de alimentos. Tal produção de óleo de uso alimentício só foi possível devido a importação de equipamentos sofisticados na década de 60, até hoje usados, para os processos de refino do óleo de algodão, denominados supercentrífugas, o que viabilizou ainda mais o seu refino.

Contudo, sugerem-se pesquisas futuras sobre o tema abordado para que se alcance e difunda os conhecimentos básicos sobre a tecnologia envolvida na produção de óleo de algodão nas pequenas e médias indústrias de processamento.

Referências

- Bell, A. A. (1967). Formation of gossypol in infected or chemically irritated tissues of *Gossypium* species. *Phytopathology*, 57(1), 759-764. doi.org/10.1590/S0006-87051995000100005
- Beltrão, N. E. M. (2000, junho 28). O que fazer com a semente de algodão? *Revista Cultivar*, 17, 38 - 39.
- Beltrão, N. E. M., & Oliveira, M. I. P. (2008). *Oleaginosas e seus óleos: Vantagens e Desvantagens para Produção de Biodiesel*, Campina Grande, PB. 28p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276836/1/DOC201.pdf>
- Campestre, Ind. e Com. de óleos vegetais Ltda. *Óleos vegetais*. São Bernardo do Campo: Autor. http://www.campestre.com.br/oleos_vegetais.shtml
- Carvalho, P. P. (1996). *Manual do algodoeiro* Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 282p.
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M. D., Rentería, J. M., & Guimarães, C. A. (2007). Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*, 34(6), 428-431. doi.org/10.1590/S0100-69912007000600012
- Ecirtec, Equipamentos e Acessórios Industriais Ltda. *Refino*. Bauru: Autor. Recuperado de <http://ecirtec.com.br/equipamentos/refino/>
- Food and Agriculture Organization - FAO & World Health Organization - WHO. *Codex Stan 210-1999: standard for named vegetable oils*. Roma: Autor. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/standards/list-standards/en/>
- Gordon, S., Sluijs, M. van der, Krajewski, A., Horne, S. (2010). Ginning and fibre quality series: measuring moisture in cotton. *The Australian Cottongrower*, 31(1), 38-42. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.319537805720892>
- Gondim-Tomaz, R. M. A., Erismann, N. M., Cia, E., Kondo, J. I., Fuzatto, M. G., Carvalho, C. R. L. (2016). Teor de óleo e composição de ácidos graxos em sementes de diferentes genótipos de algodoeiro. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19(1), 1-8. doi.org/10.1590/1981-6723.7115
- Grimaldi, R. (2017). Óleo de Algodão - Composição e Refino. *Revista Óleos & Gorduras*. <https://www.editorastilo.com.br/oleos-e-gorduras/destaque-secundario-categoria-oleos-e-gorduras/oleo-de-algodao-composicao-e-refino/>
- Lacape, J. M., Nguyen, T. B., Courtois, B., Belot, J. L., Giband, M., Gourlot, J. P., Gawryziak, G., Roques S., & Hau, B. (2005). QTL analysis of cotton fiber quality using multiple *Gossypium hirsutum* × *Gossypium barbadense* backcross generations. *Crop Science*, 45(1), 123-140. doi.org/10.2135/cropsci2005.0123a
- Mandarino, J. M. G., & Roessing, A. C. (2001). *Tecnologia para a produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos*. Londrina, PR. Embrapa Soja. 40p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/462866/1/doc171.pdf>
- Morais, J. P. S., Medeiros, E., & Belot, J. L. (2015). Produção de uma fibra de qualidade - Valorização dos coprodutos do algodão. In: Belot, J. L. *Manual de boas práticas de manejo do algodoeiro em Mato Grosso*. Cuiabá, MT: IMAmt. 337p.
- Moretto, E. & Fett, R. (1998). *Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos*, Editora Varela. 150p.
- Passos, S. M. G. (1977). *Algodão*. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 424p.

Rother, E. T. (2007). Revisão sistemática X revisão narrativa. *Acta Paul. Enferm.* 20(2), 5-6. doi.org/10.1590/S0103-21002007000200001

Santos, R. C. R. (2010). *Otimização do processo de pré-tratamento do óleo de algodão para produção de biodiesel*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

Shaver, T. N., & Lukefahr, M. J. (1969). Effect of flavonoid pigments and gossypol on growth and development of the bollworm, tobacco budworm, and pink bollworm. *Journal of Economic Entomology*, 62(3), 643-646. doi.org/10.1093/jee/62.3.643

Silva, J. C., Albuquerque, M. C., Mendonca, E. A. F., & Kim, M. E. (2006). Desempenho de sementes de algodão após processamento e armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, 28(1), 79-85. doi.org/10.1590/S0101-31222006000100011