



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA



GABRIEL HENRIQUE CABRAL BARTHASSON

CHÁ PRETO: PRODUÇÃO E APLICAÇÕES – UMA REVISÃO

Uberlândia

2023

GABRIEL HENRIQUE CABRAL BARTHASSON

CHÁ PRETO: PRODUÇÃO E APLICAÇÕES – UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Danylo de Oliveira
Silva

Uberlândia

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

B284
2023 Barthasson, Gabriel Henrique Cabral, 1997-
 Chá Preto [recurso eletrônico] : Produção e Aplicações
 - Uma Revisão / Gabriel Henrique Cabral Barthasson. -
 2023.

 Orientador: Danylo de Oliveira Silva.
 Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
 Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em
 Engenharia Química.

 Modo de acesso: Internet.

 Inclui bibliografia.

 1. Engenharia química. I. Silva, Danylo de Oliveira,
 1981-, (Orient.). II. Universidade Federal de
 Uberlândia. Graduação em Engenharia Química. III.
 Título.

CDU: 66.0

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

GABRIEL HENRIQUE CABRAL BARTHASSON

CHÁ PRETO: PRODUÇÃO E APLICAÇÕES – UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Danylo de Oliveira
Silva

Uberlândia, 2023

Banca examinadora:

Prof. Dr. Danylo de Oliveira Silva (orientador) – FEQUI/UFU

Prof.^a Dr.^a Larissa Nayhara Soares Santana Falleiros – FEQUI/UFU

Prof.^a Dr.^a Michelle Andriati Sentanin – FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial minha mãe Graciela, pelo apoio incondicional e incentivo em momentos difíceis, de desânimo e cansaço.

Aos meus amigos Daniel, George e Thales, por mais de uma década de companheirismo e pelo apoio e auxílio sempre que precisei.

Aos amigos e colegas que fiz durante a graduação pela companhia, ajuda e amizade que deram mais leveza ao ambiente da faculdade.

Ao professor Danylo, pela oportunidade de realizar um trabalho num assunto de interesse pessoal e pela orientação e confiança nesse período.

Às professoras Larissa e Michelle, membros da banca de avaliação, pelas contribuições no trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram e torceram por essa conquista.

A estrada em frente vai seguindo
Deixando a porta onde começa
Agora longe já vai indo
Devo seguir, nada me impeça;
Por seus percalços vão meus pés,
Até a junção com a grande estrada
De muitas sendas através
O que vem depois? Não sei mais nada.

(J. R. R. Tolkien, *O senhor dos anéis*)

RESUMO

Os chás feitos a partir das folhas de *Camellia sinensis* são as bebidas mais consumidas no mundo depois da água, possuindo grande impacto econômico, social e cultural em diversos países. O chá preto, variedade mais comum, é o ponto de interesse de pesquisa em diversas áreas do conhecimento, como saúde, controle e automação, agricultura e indústria alimentícia. A crescente demanda por chá levou ao aumento da produção e, conseqüentemente, à mecanização e industrialização da cadeia de produção. Ainda assim, o método artesanal ainda é utilizado para produção de chás de maior qualidade. No Brasil, a produção e consumo de chá ainda é pequena se comparada a outros países, mas vem crescendo ao longo dos últimos anos e se mostra uma área promissora. O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão geral sobre o chá no mundo, em especial a variedade chá preto, levando em conta sua história, aspectos sociais e econômicos, produção e aplicações em outras áreas do conhecimento.

Palavras-chave: *Camellia sinensis*, indústria do chá, pesquisa e aplicação, chá no Brasil.

ABSTRACT

Teas made from the leaves of *Camellia sinensis* are the most consumed beverage in the world after water, having a great economic, social, and cultural impact in many countries. Black tea, the most common variety, is the point of research interest in several areas, such as health, control and automation, agriculture, and the food industry. The growing demand for tea has led to an increase in production and, consequently, to the mechanization and industrialization of the production chain. Even so, the artisanal method is still used to produce higher quality teas. In Brazil, the production and consumption of tea are still small if compared to other countries, but it has been growing over the past years and looks like a promising area. The objective of this work is to perform a general review of tea in the world, especially the black tea variety, considering its history, social and economic aspects, production, and applications in other areas of knowledge.

Keywords: *Camellia sinensis*, tea industry, research and application, tea in Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas da produção dos diferentes tipos de chá.	10
Figura 2 – (a) Diferença de tamanho entre <i>C. sinensis</i> var. <i>assamica</i> , à esquerda, e <i>C. sinensis</i> var. <i>sinensis</i> , à direita. (b) Comparação entre o tamanho das folhas.....	12
Figura 3 – Produção de chá no mundo	13
Figura 4 – Exportação de chá no mundo	14
Figura 5 – Etapas da produção de chá preto no método ortodoxo e no método CTC.	19
Figura 6 – Estufa aberta para a realização da etapa de murcha.....	21
Figura 7 – Estufa fechada para a realização da etapa de murcha.	21
Figura 8 – Máquina de maceração de chá utilizada no método ortodoxo.	22
Figura 9 – <i>Rotorvane</i>	23
Figura 10 – Esquema de funcionamento de um <i>rotorvane</i>	23
Figura 11 – Unidades CTC em série.	24
Figura 12 – Esquema de funcionamento de uma máquina CTC.....	24
Figura 13 – Secador FBD.....	26
Figura 14 – Secador ECP.	26
Figura 15 – Separador utilizado na produção de chá preto.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química média da folha de <i>Camellia sinensis</i>	15
Tabela 2 – Composição química média do chá preto	18

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	<i>CAMELLIA SINENSIS</i> E TIPOS DE CHÁ.....	12
2.1	<i>Camellia sinensis</i>.....	12
2.2	Tipos de chá.....	15
2.3	Chá preto	17
3	PRODUÇÃO DO CHÁ PRETO	19
3.1	Colheita.....	19
3.2	Murcha	20
3.3	Rolagem ou maceração.....	21
3.3.1	Método ortodoxo	22
3.3.2	<i>Cut, tear and curl</i> – CTC	22
3.4	Oxidação.....	25
3.5	Secagem	25
3.6	Separação e empacotamento	27
4	PESQUISAS E APLICAÇÕES.....	28
4.1	Saúde	28
4.2	Controle e automação	29
4.3	Agricultura e indústria alimentícia	30
5	O CHÁ NO BRASIL E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	32
6	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

Segundo Brasileiro (2013), revisão bibliográfica é um método de pesquisa e produção de trabalhos científicos que analisa publicações de uma determinada área de conhecimento, possibilitando o mapeamento e avaliação da diversidade de trabalhos sobre o assunto. Mesmo sem a coleta de dados *in natura*, a revisão não é apenas uma transcrição de ideias. Para realizar uma pesquisa de revisão bibliográfica, o autor pode optar pelas narrativas convencionais, como o estado da arte e a revisão empírica, ou por métodos mais rigorosos, como a revisão sistemática e a revisão bibliométrica.

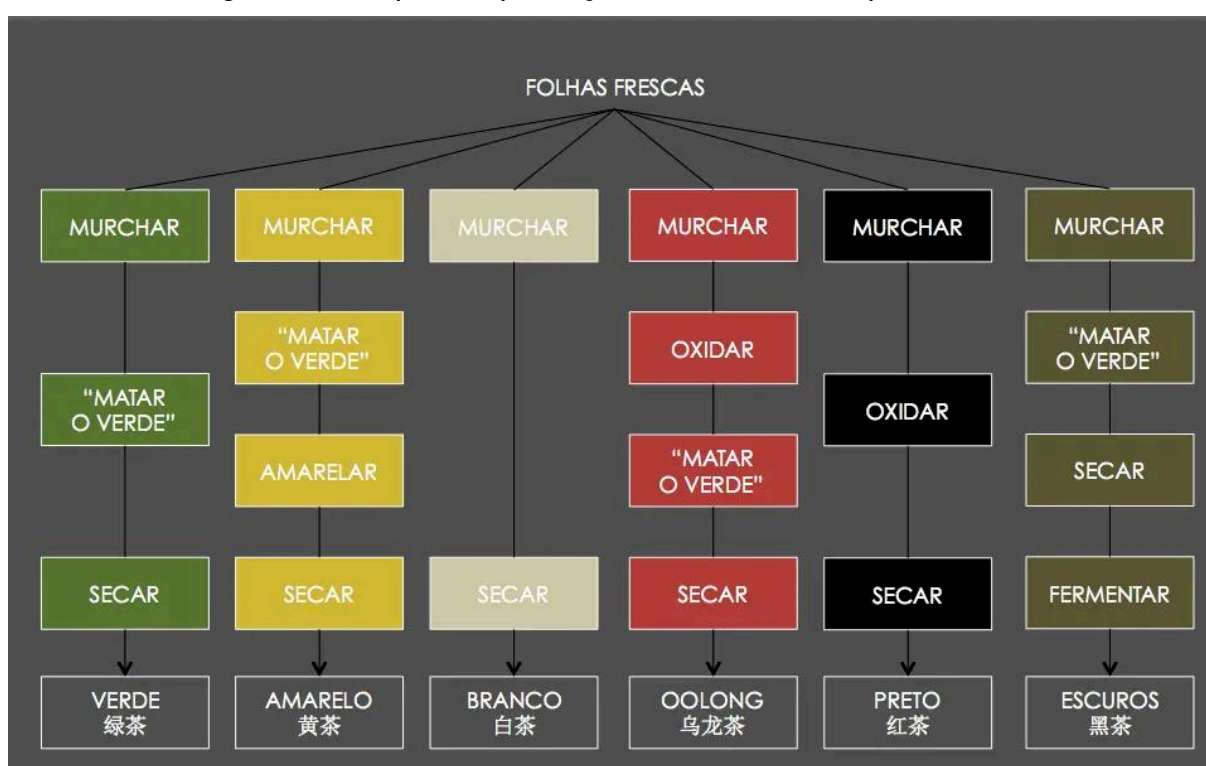
A revisão bibliométrica segue uma abordagem qualitativa dos trabalhos analisados, ajudando a mapear o campo científico através da agregação e análise métrica de dados bibliográficos produzidos pelos autores, utilizando-se bancos de dados de informações para se fazer o levantamento. Esse tipo de pesquisa utiliza métodos estatísticos para avaliar os aspectos da linguagem, o processo de citação e o grau de colaboração entre os pesquisadores da área. Pode-se identificar também o surgimento de tendências, o crescimento do conhecimento em determinado campo e a aparição de novos temas. Entretanto, esse tipo de análise não substitui a interpretação crítica dos dados obtidos pelo pesquisador (VANTI, 2002).

Já a revisão sistemática, também chamada de síntese de pesquisa, reúne estudos relevantes sobre um tema com o objetivo de realizar uma revisão crítica, imparcial e abrangente do assunto. Para a realização de uma pesquisa desse tipo deve-se formular uma questão a ser respondida pelo trabalho e uma estratégia de busca, inclusão e exclusão de fontes na base de dados (COUTINHO; TEIXEIRA, 2022).

Revisões bibliográficas, de todos os tipos e métodos, são de extrema importância para a consolidação de um tema de estudo, reunindo trabalhos de diversos autores em um único trabalho, procurando diminuir ao máximo o número de vieses ao explorar vários pontos de vista. Neste trabalho, utilizar-se-ão tais métodos de pesquisa aqui definidos para fazer uma síntese sobre a segunda bebida mais popular do mundo, atrás apenas da água: o chá preto (POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

Chá é o nome que se dá à bebida feita pela infusão de folhas de *Camellia sinensis*, apesar de ser comumente associado com qualquer bebida feita pela infusão de uma planta em água quente (CHÁ..., 2022). Existem seis tipos diferentes de chá: branco, verde, amarelo, *oolong*, preto e pós-fermentado ou escuro, todos originários da mesma planta, mas passando por etapas diferentes no processamento, como indicado na Figura 1. O foco central deste trabalho será apenas o chá preto, que é a variante mais preparada e consumida, correspondendo a cerca de 78% da produção de *C. sinensis* no mundo (HAZRA *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2009).

Figura 1 – Etapas da produção dos diferentes tipos de chá.



Fonte: Campos (2018).

O chá é uma das bebidas mais antigas do mundo, com registros datando desde 2700 A.C., possuindo grande relevância cultural em países como Índia e China, de onde a planta é originária, bem como no Reino Unido, que espalhou a cultura do chá pelo mundo (ELLIS; COULTON; MAUGER, 2015). O Sudeste Asiático é a região com maior produção de chá, correspondendo a 77% do total mundial, mas também existem plantações na África e na América do Sul. No Brasil, a maior parte da produção é oriunda das comunidades de imigrantes e descendentes asiáticos (LIMA *et al.*, 2009; POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

Além das questões sociais e econômicas do chá, seu consumo também faz parte da medicina tradicional chinesa. Desde a última década, pesquisas vêm comprovando os efeitos do chá preto na redução e prevenção de doenças cardiovasculares e diabetes (BERESNIAK *et al.*, 2012).

O crescimento do consumo ao longo dos anos ocasionou a mecanização e industrialização da produção de chá preto no mundo. De acordo com Zhang *et al.* (2018), a automação do processo, apesar de aumentar a produção e gerar mais recursos econômicos, trouxe alterações na qualidade do chá, podendo haver no produto traços de metais pesados advindos das máquinas. Dito isso, um controle rigoroso de qualidade, com desenvolvimento de novas técnicas e implantação de sensores também vem sendo implementado (GHARIBZAHEDI *et al.*, 2022; RAVICHANDRAN; PARTHIBAN, 1998).

Nesse sentido, esta revisão tem como objetivo geral a realização de um estudo descritivo sobre o chá preto, apresentando dados sobre história, produção e estudos em diferentes áreas como agricultura, medicina, engenharia e automação. De forma a facilitar tanto a escrita quanto a leitura, este trabalho foi dividido em capítulos interconectados, ou seja, um capítulo não tem fim em si mesmo.

No Capítulo 2 apresentam-se informações sobre a planta *Camellia sinensis* e suas variantes e os tipos de chá produzidos a partir dela. A seguir, no Capítulo 3 discute-se a produção de chá preto e a industrialização dos processos. No Capítulo 4 tem-se a exposição de alguns estudos e aplicações do chá em várias áreas do conhecimento. Subsequentemente, no Capítulo 5 discute-se o futuro do chá e sua produção no Brasil. Por fim, conclui-se o trabalho no Capítulo 6.

2 CAMELLIA SINENSIS E TIPOS DE CHÁ

2.1 *Camellia sinensis*

Planta-do-chá, chá-da-índia ou simplesmente chá são denominações comuns para a *Camellia sinensis*, árvore perene da família *Theaceae* que pode chegar a 16 metros de altura, mas geralmente é podada e mantida na forma de arbustos, entre 1,2 e 1,5 metros, para aumentar a longevidade e facilitar a colheita. Natural do Leste e Sudeste Asiático, e do Subcontinente Indiano, o cultivo do chá é restrito a algumas áreas do globo devido às condições climáticas específicas necessárias: clima tropical ou semitropical com mínimo de 1250 milímetros de precipitação anual, solo ácido e altitudes de até 2000 metros (DUKE, 1983; FAO, 2015).

De acordo com Bartholomew e Min (2004), são reconhecidas quatro variedades diferentes de *Camellia sinensis*, entre as quais utiliza-se na produção de chá principalmente os tipos *C. sinensis* var. *sinensis*, de folhas pequenas e originária do sul da China, e *C. sinensis* var. *assamica*, de folhas largas e originária da região de Assam na Índia. Uma comparação entre esses dois tipos é mostrada na Figura 2.

Figura 2 – (a) Diferença de tamanho entre *C. sinensis* var. *assamica*, à esquerda, e *C. sinensis* var. *sinensis*, à direita. (b) Comparação entre o tamanho das folhas.



(a)

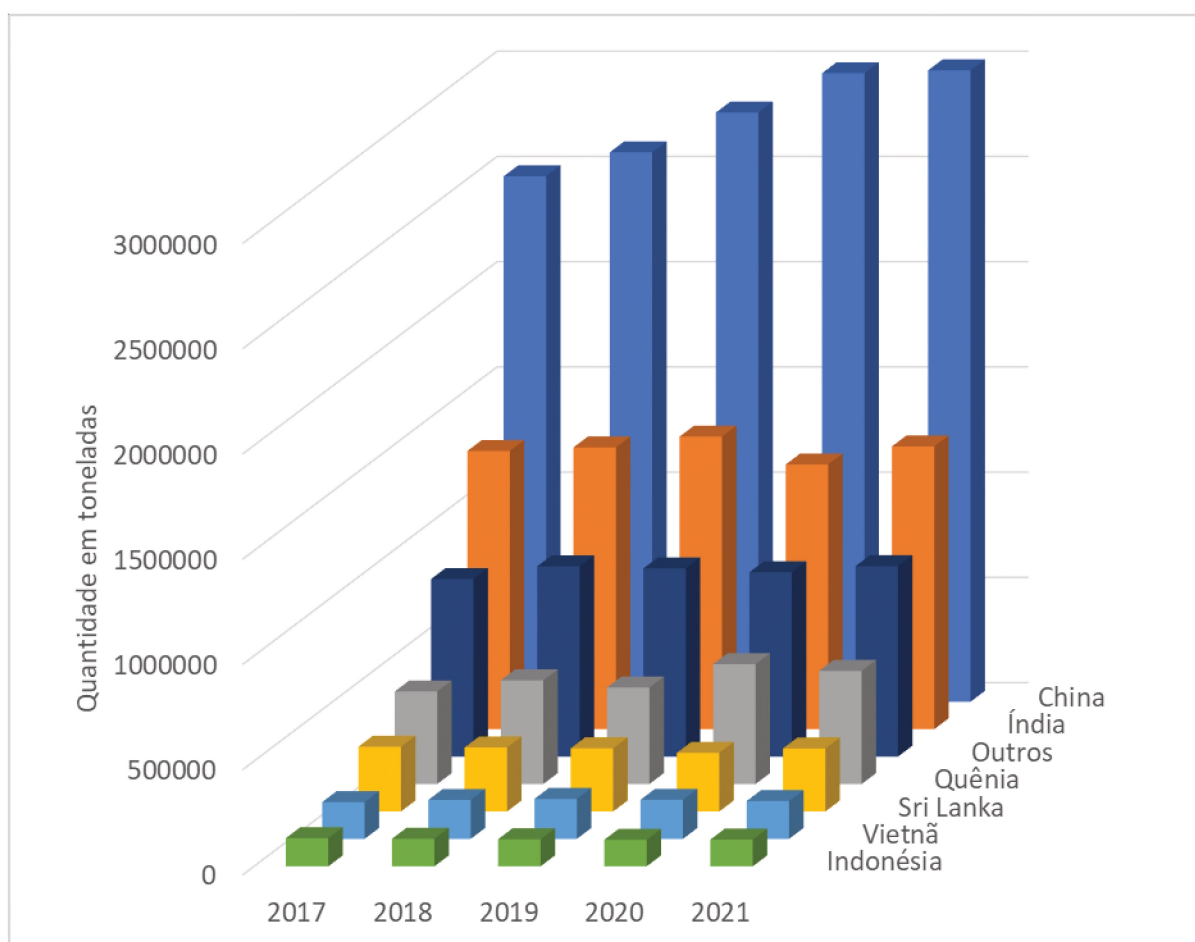


(b)

Fonte: Bartholomew e Min (2004); Trehane Nursery (2019).

O cultivo do chá ocorre, de maneira maior ou menor, em praticamente toda a zona tropical do planeta. Os maiores produtores estão localizados na Ásia, entre eles China, Índia, Sri Lanka, Vietnã e Indonésia. Na África, a produção é liderada por Quênia, Malawi, Ruanda e Tanzânia e na América do Sul, Argentina e Brasil produzem a maior quantidade (POU; PAUL; MALAKAR, 2019). Segundo o Conselho do Chá da Índia (*Tea Board India*) (2022), os cinco países asiáticos aqui citados mais o Quênia correspondem juntos à 77% de toda a produção e 80% de toda a exportação de chá no mundo, sendo China a maior produtora e Quênia o maior exportador. Os números de produção e exportação no mundo entre 2017 e 2021 são mostrados, respectivamente, na Figura 3 e na Figura 4.

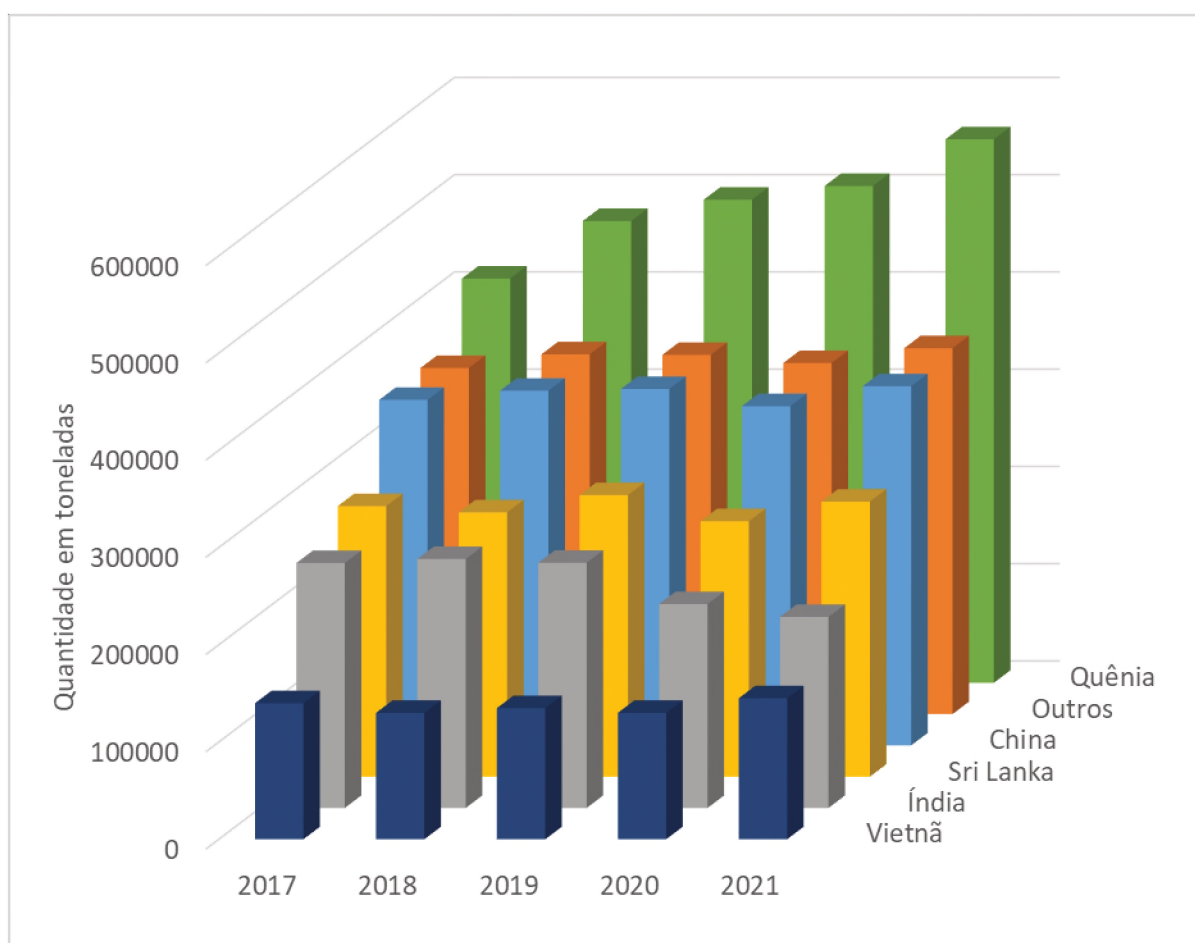
Figura 3 – Produção de chá no mundo.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do *Tea Board India* (2022).¹

¹ Disponível em https://www.teaboard.gov.in/pdf/Global_Tea_Website_pdf8152.pdf. Acesso em 25/10/2022.

Figura 4 – Exportação de chá no mundo.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do *Tea Board India* (2022).²

Segundo a Krishna Kanta Handiqui State Open University - KKHSOU (2019), as folhas de *Camellia sinensis* possuem mais de 700 componentes químicos, mas dentre esses os mais importantes, comercial e biologicamente, são a cafeína e os polifenóis.

Os polifenóis são um grupo de compostos das classes dos flavonóis, flavonoides e ácidos fenólicos (gálico, cumárico e cafeico) produzidos pela própria planta como mecanismo de defesa e são responsáveis por dar ao chá o característico sabor adstringente. Dentre os compostos desse grupo, os presentes em maior quantidade no chá são: catequina (C), epicatequina (EC), galato de epicatequina (GEC), galocatequina (GC), epigalocatequina (EGC) e galato de epigalocatequina (GEGC) (GRAHAM, 1992).

² Disponível em https://www.teaboard.gov.in/pdf/Global_Tea_Website_pdf8152.pdf. Acesso em 25/10/2022.

A cafeína é um alcaloide da classe das xantinas que possui efeito estimulante em seres humanos, aumentando temporariamente a capacidade cognitiva através da liberação de dopamina associada ao aumento da capacidade respiratória e pressão arterial, facilitando o transporte de oxigênio. É um dos compostos que auxilia na formação dos aromas e sabores do chá, além de dar a sensação de satisfação ao ingerir a bebida (CADONÁ *et al.*, 2019). Além dos polifenóis e da cafeína, outros compostos que estão presentes na folha da *Camellia sinensis* são: proteínas e aminoácidos, vitaminas, minerais, carboidratos, lipídios e enzimas. A composição média desses compostos é mostrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química média da folha de *Camellia sinensis*.

Componente	% em base seca	Componente	% em base seca
Polifenóis totais	25 a 30	Aminoácidos	4 a 5
C	1 a 2	Ácidos orgânicos	0,5 a 0,6
EC	1 a 3	Monossacarídeos	4 a 5
EGC	3 a 6	Polissacarídeos	14 a 22
GC	3 a 4	Celulose	4 a 7
GEC	3 a 6	Pectinas	5 a 6
GEGC	8 a 12	Ligninas	5 a 6
Flavonois	3 a 4	Proteínas	14 a 17
Leucoantocianinas	2 a 3	Lipídeos	3 a 5
Ácidos fenólicos	3 a 4	Clorofila	0,5 a 0,6
Cafeína	3 a 4	Minerais	5 a 6
Teobromina	0,2	Compostos Voláteis	0,01 a 0,02
Teofilina	0,2		

Fonte: KKHSOU (2019).

2.2 Tipos de chá

No Capítulo 1, foi dito que existem seis tipos, ou famílias, de chá reconhecidos: branco, amarelo, verde, *oolong*, preto e escuro ou pós-fermentado. Todos são feitos a partir de folhas de *Camellia sinensis*, diferindo apenas nas etapas de processamento que as folhas passam até se tornarem o produto final (CAMPOS, 2018).

O chá branco é feito principalmente de brotos e folhas mais jovens, com pouco teor de clorofila, e tem processamento mínimo, passando apenas pelas etapas de

murcha, comum a todos os tipos de chá, e secagem das folhas. O chá branco é produzido em pequenas quantidades e não é muito conhecido fora da China, além de ser geralmente mais caro que os outros tipos de chá (HILAL; ENGELHARDT, 2007).

O chá verde é o tipo de chá com o menor teor de oxidação. As folhas destinadas ao preparo do chá verde passam por uma etapa de murcha mais curta que os outros tipos, e logo são submetidas a fontes de calor para desnaturar as enzimas presentes na planta e frear o processo de oxidação. Segundo Graham (1992), no Japão, esse processo de fixação, conhecido também como “matar o verde”, geralmente é feito com vapor, enquanto na China prefere-se torrar levemente as folhas em panelas ou sobre fogo. Por fim as folhas são secas e preparadas para o consumo.

O chá amarelo é feito da mesma forma que o chá verde da colheita até a etapa de fixação, onde as enzimas são desnaturadas para evitar-se a oxidação das folhas. A diferença entre esses tipos de chá é na etapa de secagem, as folhas do chá amarelo são empilhadas e mantidas em ambiente levemente úmido e aquecido, dessa forma ocorre a oxidação da clorofila por meios não-enzimáticos, que resulta na cor amarelada das folhas ao invés da coloração mais escura presente nos chás *oolong* e preto (XU *et al.*, 2018).

Chás do tipo *oolong* são parcialmente oxidados, estando, assim, entre o chá verde, que tem oxidação mínima das folhas, e o chá preto, totalmente oxidado (que é o foco deste trabalho e será abordado com maior detalhamento no item a seguir). De maneira similar ao processamento descrito para os outros tipos, as folhas para preparo de chá *oolong* também passam pela etapa de colheita e murcha, mas diferentemente do chá verde não são submetidas imediatamente a fontes de calor, sendo armazenadas em estufas por um período para que ocorra o processo de oxidação. Quando esse teor de oxidação chega ao nível desejado, entre 20% e 70%, as folhas passam pelo processo de “matar o verde” e são envidadas para a secagem (NEEDHAM, 2000).

Chás escuros, ou pós-fermentados, são tipos especiais de chá produzidos em regiões específicas da China e do Japão através da fermentação microbiana de chás verdes ou *oolong*. Existem diversas classificações diferentes para os chás escuros, entre os quais o mais conhecido é o *pu-erh*, fabricado na província de Yunnan na China. Chás escuros podem ser comparados a vinhos em relação ao aspecto de

envelhecimento e ação microbiana para melhorar o sabor e aroma. Com o avanço da tecnologia, novas formas de produção para esse chá foram desenvolvidas, incluindo o chamado amadurecimento, processo em que as folhas ficam num ambiente com temperatura mais alta, cerca de 50 °C, e alta umidade, acelerando assim a fermentação (LV *et al.*, 2013).

2.3 Chá preto

O chá preto é o tipo de chá preparado com folhas totalmente oxidadas de *Camellia sinensis*. O processo de produção é similar ao dos outros tipos de chá, começando pela colheita dos brotos, depois passando pelas etapas de murcha e maceração³ das folhas. Entretanto, as folhas são deixadas em estufas com temperatura e umidade controlada até ser totalmente oxidado pelas enzimas presentes, antes de seguir para a etapa de secagem (HAZRA *et al.*, 2019). Tais etapas, assim como as diferenças entre o processo artesanal e o processo mecanizado, serão discutidas com mais profundidade no próximo capítulo.

Segundo Pou, Paul e Malakar (2019), o chá preto é a bebida não alcoólica mais consumida no mundo depois da água. Esse consumo se dá na forma de chás puros ou misturas (*blends*) entre diversas variedades de chá preto ou com outras plantas para adição de sabores à bebida.

Chás puros geralmente são nomeados a partir da região onde são produzidos, por exemplo: os chás chineses *Keemun*, *Yuunan* e *Lapsang souchong*; os chás indianos *Assam* e *Darjeeling*; o *Ceylon* do Sri Lanka e o *Rize* da Turquia. Já os *blends* podem ter nomes diversos, como: o *Earl Grey*, com óleo de tangerina; o *English Breakfast*, um *blend* rico em cafeína que parecia bem com leite e é indicado para a manhã; o *English Afternoon*, um *blend* com menor teor de cafeína consumido mais ao fim do dia; e o *Masala chai*, tradicional bebida indiana que mistura chá preto com leite, mel ou açúcar e especiarias nativas do país (REESE, 2014).

Métodos de classificação das folhas de chá podem variar, sendo a classificação por tamanho uma das mais comuns. Geralmente as folhas de chá preto são divididas em quatro categorias: folhas inteiras, folhas quebradas, pequenos fragmentos de folha

³ Os termos encontrados na literatura em língua inglesa são *rolling* e *maceration*. Neste trabalho, optou-se por utilizar o termo maceração.

(*fannings*) e pó, com essas duas últimas sendo utilizadas apenas em saquinhos de chá. Ainda que a classificação por tamanho seja importante para a separação das folhas e preparação dos chás (em geral folhas maiores necessitam de mais tempo de infusão), não deve ser considerada sozinha como indicação de qualidade da bebida, já que avalia apenas a aparência e tamanho das folhas e não leva em conta outras características do chá (FRONTIER COOP, 2022; SCHAPIRA, 1996).

A composição química do chá é de extrema importância para a qualidade pois afeta diferentes fatores como coloração, sabor e aroma. Durante o processamento do chá, reações químicas e bioquímicas ocorrem na folha, resultando na formação de novos compostos, como teaflavinas e tearubiginas. (KRISHNA KANTA HANDIQUI STATE OPEN UNIVERSITY - KKHSOU, 2019). A composição química média do chá preto, comparando o processamento pelos métodos ortodoxo e *cut, tear and curl* (CTC), é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Composição química média do chá preto.

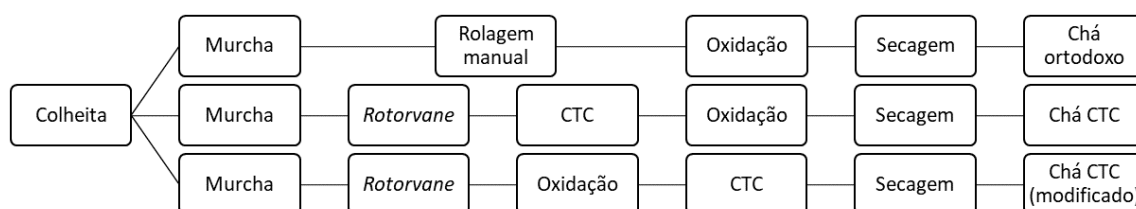
Composição	Chá Ortodoxo	Chá CTC
Sólidos solúveis (%)	39,52	41,12
Teaflavinas (%)	0,59	1,30
Tearubiginas (%)	6,5	18,00
Lipídios totais (%)	3,11	3,68
Carotenoides (µg/g)	215	176
Fibra total (%)	19,35	18,93
Fibra bruta (%)	11,70	11,12
Clorofila a (mg/g)	1,38	0,48
Clorofila b (mg/g)	0,77	0,58

Fonte: KKHSOU (2019).

3 PRODUÇÃO DO CHÁ PRETO

A produção de chá preto é, tradicionalmente, dividida em cinco etapas: colheita, murcha, rolagem ou maceração, oxidação e secagem, como mostrado na Figura 5, e que serão detalhadas na sequência. É na maceração que acontece a maior diferença entre os métodos artesanal e industrial, respectivamente, ortodoxo e CTC (*cut, tear and curl*). Alguns produtores de chá utilizam uma modificação do método CTC, oxidando as folhas antes de sua passagem pelas máquinas.

Figura 5 – Etapas da produção de chá preto no método ortodoxo e no método CTC.



Fonte: Adaptado de Pou, Paul e Malakar (2019).

3.1 Colheita

A colheita é a primeira etapa da produção do chá preto, e está diretamente ligada à qualidade do produto. Nas regiões de cultivo, ocorre duas vezes por ano, no início da primavera e no início do verão, e é tradicionalmente feita de forma manual, com o trabalhador arrancando ramos constituídos de duas folhas e um broto, assegurando-se certa homogeneidade nas folhas colhidas. Uma colheita mais grosseira, pegando folhas e ramos de qualquer parte da planta, produz maiores quantidades de chá, mas, ao mesmo tempo, diminui a qualidade do produto final (POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

Ainda que “duas folhas e um broto” tenha sido o padrão da indústria de chá por séculos, com o aumento da produção o volume de trabalho também cresceu, e muitos lugares não possuem mão de obra suficiente para realizar toda a colheita em tempo hábil, introduzindo-se assim ferramentas como tesouras e lâminas para auxiliar a colheita. Segundo Ravichandran e Parthiban (1998) e Burgess *et al.* (2006), o uso dessas ferramentas, apesar do aumento da quantidade produzida, diminuiu a qualidade das folhas colhidas, ocasionando queda na concentração de teaflavinas e

tearubiginas (compostos que dão cor avermelhada e sabor adstringente ao chá preto) e catequinas e outros polifenóis (antioxidantes presentes nas folhas do chá).

Ainda assim, a indústria do chá nos últimos anos tem entrado num modelo de “grande volume e baixo valor”, à medida que o custo laboral dos trabalhadores aumenta. Desta forma, é inevitável que muitos produtores migrem para a mecanização da colheita, mantendo o método clássico apenas para chás especiais que exijam muita qualidade das folhas (MELICAN, 2021).

3.2 Murcha

O processo de murcha é a primeira operação unitária após a colheita e ocupa o maior espaço físico nas indústrias de chá. O principal objetivo dessa etapa é reduzir a umidade das folhas e torná-las mais maleáveis para o processo de maceração. As folhas começam a murchar de forma natural logo após a colheita e, então, são movidas para grandes estufas onde o processo é acelerado com a utilização de máquinas, sendo mais comuns dois processos, o de estufas abertas e estufas fechadas.

Em estufas abertas as folhas são colocadas em prateleiras vazadas com um ventilador soprando de baixo pra cima. Dessa forma, as camadas de baixo murcham mais rapidamente, então para que o processo ocorra uniformemente, de tempo em tempo ou as folhas devem ser mexidas ou o ventilador gira em sentido contrário, fazendo o ar circular de cima pra baixo e murchando as folhas de cima mais rapidamente. Já nas estufas fechadas, as folhas também são dispostas em prateleiras vazadas, mas o fluxo de ar vem de ventiladores nas laterais da estrutura, de forma paralela às folhas. Dessa forma é possível obter um teor de umidade mais uniforme entre todas as folhas e, como o ambiente é fechado, controlar melhor variáveis como temperatura e o fluxo de ar. Exemplos de estufas abertas e fechadas são mostrados, respectivamente, na Figura 6 e na Figura 7 (POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

Estufas fechadas possuem menos chance de danificar as folhas já que não há manuseio em nenhum momento e nem interferência das condições atmosféricas; entretanto, estufas abertas ainda são mais utilizadas na indústria devido à maior facilidade de carregar e retirar as folhas e de verificar o progresso da murcha.

Figura 6 – Estufa aberta para a realização da etapa de murcha.



Fonte: Pou, Paul e Malakar (2019).

Figura 7 – Estufa fechada para a realização da etapa de murcha.



Fonte: Pou, Paul e Malakar (2019).

Além das mudanças físicas observadas, como perda de umidade e aumento de flacidez, ocorrem também algumas mudanças bioquímicas nas folhas verdes durante o processo de murcha. Parte das proteínas presentes são reduzidas a aminoácidos, que atuam no processo de formação do aroma do chá. Carboidratos são reduzidos a açúcares simples, que reagem com os aminoácidos para formar compostos que dão ao chá o sabor característico. Durante a murcha também ocorre a ativação de fenol-oxidases e catecol-oxidases, importantes agentes no processo de oxidação (TOMLINS; MASHINGAIDZE, 1997).

3.3 Rolagem ou maceração

Nessa etapa as folhas de chá têm suas paredes celulares rompidas por meio de uma ação mecânica de modo que os líquidos e enzimas de dentro das células sejam expostos ao oxigênio para que ocorra o processo de oxidação (ROBERTS,

1952). A maceração das folhas pode ser feita tanto do modo tradicional (como no método ortodoxo), quanto do modo modernizado (como no método CTC).

3.3.1 Método ortodoxo

No método ortodoxo (ou tradicional) de produção de chá, a etapa de maceração das folhas é feita de forma manual, com os trabalhadores segurando um punhado de folhas entre as mãos e fazendo movimentos circulares, ou com máquinas que imitam a maceração manual (Figura 8). O processo manual danifica menos as folhas e é utilizado mais para chás de alta qualidade ou chás de folha inteira (PANDA; MISHRA; DATTA, 2018).

Figura 8 – Máquina de maceração de chá utilizada no método ortodoxo.



Fonte: Hangzhou Chama Machinery Co., Ltd.⁴

3.3.2 *Cut, tear and curl* – CTC

O método CTC é utilizado exclusivamente na produção de chá preto e pode ser dividido em duas etapas: preparação da folha e maceração. As folhas já murchas são preparadas passando por um *rotorvane*, máquina que consiste num cilindro de metal com um funil alimentador na parte de cima. Dentro desse cilindro uma rosca sem fim empurra as folhas em direção a uma seção que possui chapas de ferro (*vanes*)

⁴Disponível em: <https://www.tea-machines.com/tea-roller-jy-6cr65b-2.html>. Acesso em 23/11/2022, 00:35.

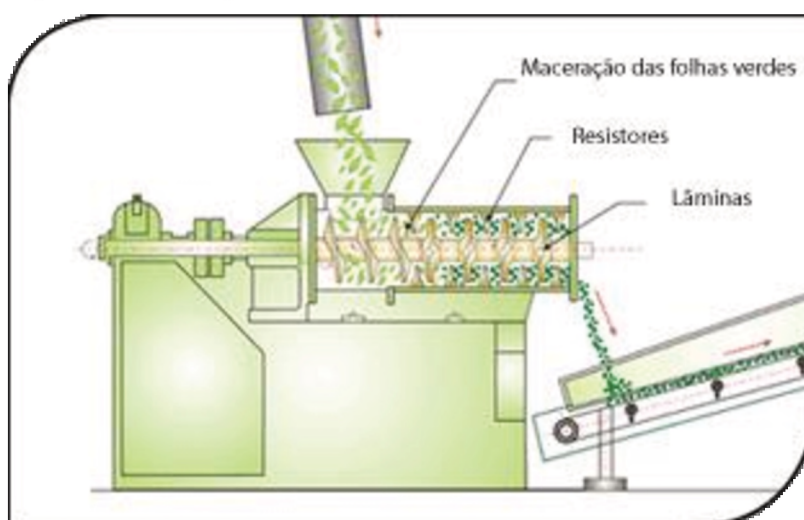
igualmente espaçadas tanto na carcaça quanto no eixo, utilizando a própria pressão das folhas alimentadas como força motriz para esmagá-las e cortá-las em tamanhos menores (LANGAT; MAYAKA; ONDIEKI, 2019). Um exemplo de *rotorvane* é mostrado na Figura 9 e um esquema de seu funcionamento, na Figura 10.

Figura 9 – *Rotorvane*.



Fonte: Zenith Forgings.⁵

Figura 10 – Esquema de funcionamento de um *rotorvane*.



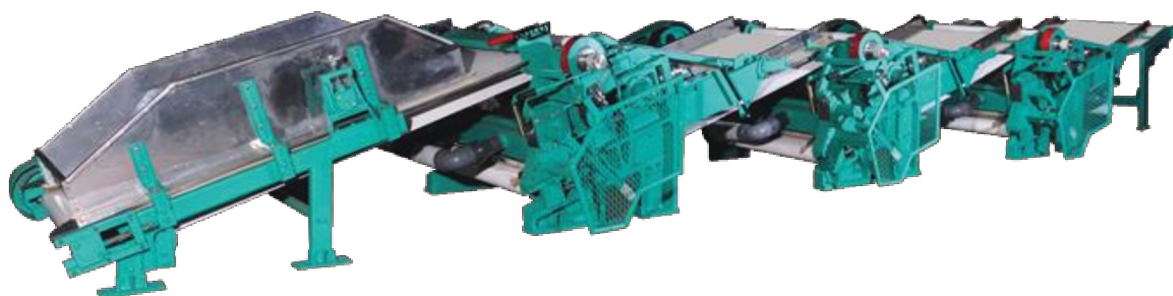
Fonte: Adaptado de Langat, Mayaka e Ondieki (2019).

Após passar pela preparação no *rotorvane* as folhas seguem para a etapa de maceração, que é realizada num equipamento comumente chamado de máquina CTC ou unidade CTC. Esse maquinário consiste em dois cilindros dentados girando em velocidades diferentes, geralmente numa proporção de 1:10, que corta, dilacera e

⁵ Disponível em: <http://www.zenithforgings.com/revovane.html>. Acesso em 29/11/2022, 23:45.

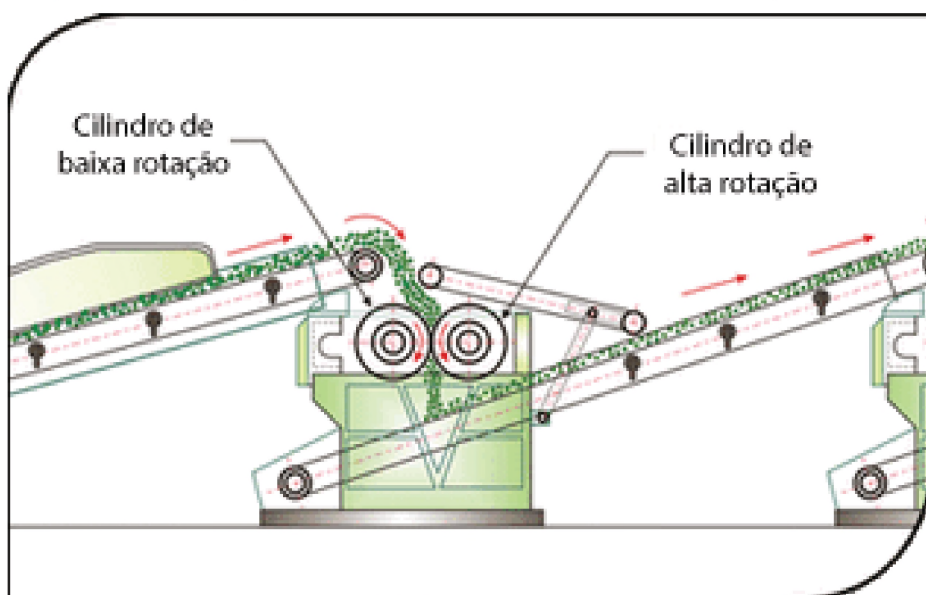
retorce as folhas que passam entre eles, daí o nome *cut, tear and curl*. Após passar por uma série de 3 a 5 máquinas CTC, as folhas seguem para a etapa de oxidação (POU; PAUL; MALAKAR, 2019). Na Figura 11 é mostrado um exemplo de máquinas CTC em série e na Figura 12, um esquema de seu funcionamento.

Figura 11 – Unidades CTC em série.



Fonte: Tea Mech India.⁶

Figura 12 – Esquema de funcionamento de uma máquina CTC.



Fonte: Adaptado de Langat, Mayaka e Ondieki (2019).

Existe também um método conhecido como CTC modificado, indicado na Figura 5, que é apenas uma alteração na ordem de processamento das folhas. Ao invés de seguir para as unidades CTC após saírem do *rotorvane*, no CTC modificado elas são primeiro oxidadas. Essa modificação no processo altera levemente as concentrações de teaflavinas e tearubiginas no produto final, o que resulta, no geral, em chás com melhor qualidade (GOGOI et al., 1994).

⁶ Disponível em: <https://teamechindia.com/vajra.html>. Acesso em: 30/11/2022, 00:15.

3.4 Oxidação

Oxidação é o processo pelo qual as substâncias químicas presentes na folha de chá já macerada são transformadas bioquimicamente por enzimas, como polifenol-oxidases presentes no citoplasma e peroxidases presentes na parede celular, na presença do oxigênio do ar. É um conjunto de reações isotérmicas que libera calor, água e dióxido de carbono, além de ser afetado por fatores como tempo, temperatura e umidade do ar (BARUAH; MAHANTA, 2003).

Nesta etapa, que pode ser considerada a mais importante na produção de chá, são produzidas as substâncias que dão ao chá suas características sensoriais como cor, sabor e aroma. Dentre estas substâncias, destacam-se as catequinas, que são compostos leves, incolores e inodoros e que, através da oxidação, se condensam em moléculas maiores e não voláteis, formando teaflavinas, responsáveis principalmente pela qualidade e frescor do chá e tearubiginas, que dão ao licor sua cor, sabor e corpo. O aroma do chá vem principalmente de substâncias voláteis formadas durante a reação, como aminoácidos e óleos essenciais (POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

3.5 Secagem

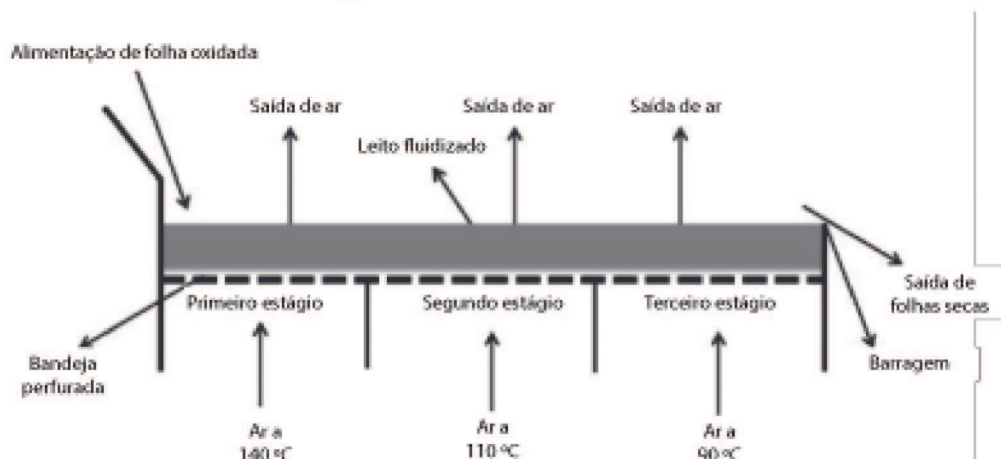
A secagem é a última etapa da produção do chá preto e tem como objetivo reduzir a umidade das folhas oxidadas até entre 3% e 4% (base úmida) de forma a impedir proliferação de microrganismos, aumentar a vida de prateleira, desnaturar as enzimas e parar a oxidação. Vários métodos e equipamentos podem ser utilizados nesse processo, mas na indústria os mais comuns são o Secador de Leito Fluidizado (*Fluidized-Bed Dryer* – FBD) e o Secador Pressurizado com Esteira Transportadora⁷ (*Endless Chain Pressured Dryer* – ECP) (POU; PAUL; MALAKAR, 2019).

O FBD consiste em uma câmara de secagem em que as folhas são dispostas numa placa perfurada e ar quente é soprado por baixo, de forma similar às estufas utilizadas na etapa de murcha, porém com uma vazão maior formando um leito fluidizado com as folhas de chá. Esse secador pode ter apenas um estágio ou vários

⁷ Tradução livre pelo autor.

com temperaturas diferentes para acelerar o processo de secagem, como mostrado na Figura 13.

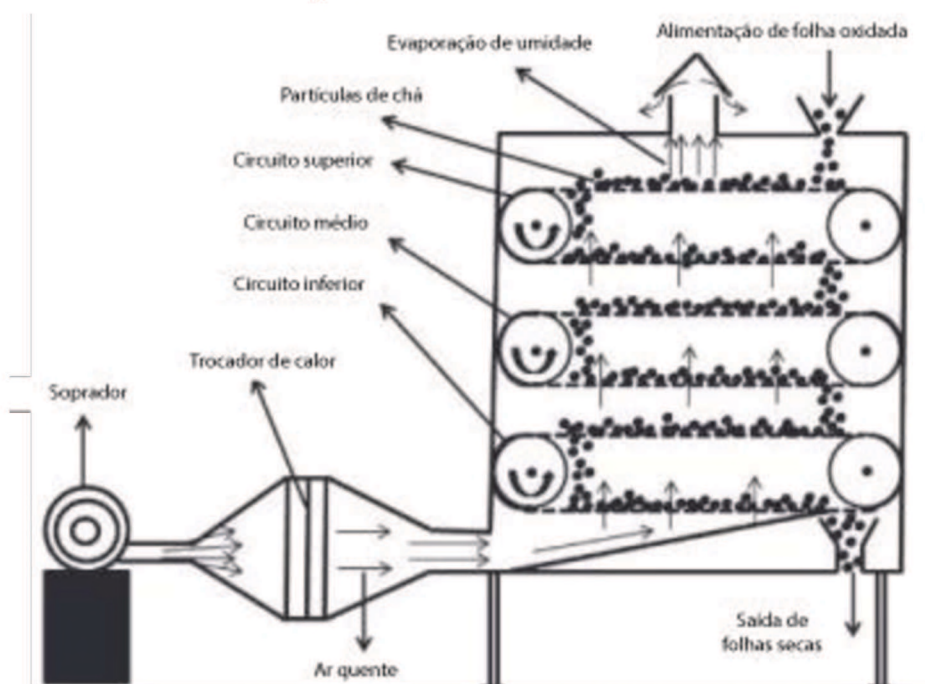
Figura 13 – Secador FBD.



Fonte: Adaptado de Pou, Paul e Malakar (2019).

Já o secador ECP consiste em uma carcaça de metal com vários níveis de esteiras vazadas, um soprador de ar quente no fundo e uma válvula de pressão no topo. As folhas são alimentadas por cima e vão descendo gradualmente pelas esteiras até chegar secas no fundo, como é mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Secador ECP.



Fonte: Adaptado de Pou, Paul e Malakar (2019).

3.6 Separação e empacotamento

Por fim, as folhas já secas passam por um equipamento que consiste numa série de peneiras, como o indicado na Figura 15, onde são separadas por tamanho e empacotadas de acordo com as classificações. Chás produzidos pelo método ortodoxo costumam ser enquadrados nas classes de folhas inteiras ou folhas quebradas, que são colocadas diretamente na embalagem final. Já os chás produzidos pelo método CTC geralmente enquadram-se na classe de folhas quebradas, *fannings* ou pó, devendo, portanto, ser colocadas em saquinhos de chá antes de embalados para distribuição e venda (KKHSOU, 2019).

Figura 15 – Separador utilizado na produção de chá preto.



Fonte: Hamilton Engineering Company.⁸

⁸ Disponível em <http://www.hamiltonengineering.in/sorting-process/>. Acesso em: 30/11/22, 22:14.

4 PESQUISAS E APLICAÇÕES

O chá e seu processo de produção abrem espaço para pesquisas em diversas áreas, como automação, eletrônica, controle de qualidade, agricultura e saúde. Na sequência, separando-se por assunto, citar-se-ão algumas dessas aplicações.

4.1 Saúde

O chá verde é usado na medicina tradicional chinesa há muito tempo, então o número de pesquisas sobre os efeitos desse tipo de chá sobre a saúde é muito maior que aquelas que focam nos efeitos do chá preto. Entretanto, como alguns componentes da folha não sofrem alterações no processo de oxidação, por exemplo a cafeína, algumas propriedades podem ser extrapoladas do chá verde para o preto (WIERZEJSKA, 2014).

Segundo Panza *et al.* (2015), no geral, o consumo moderado de chá preto e outras fontes de cafeína, como café e cacau, durante a vida parece reduzir riscos de declínio cognitivo, demência e Alzheimer na velhice, ainda que estudos não tenham encontrado uma relação entre dosagem, se a cafeína é o único responsável, ou se outros compostos bioquímicos também auxiliam nisso, e se há alguma diferença de característica em populações que consomem cafeína e as que não consomem.

Estudos mostram que o consumo de chá preto também pode ter influência numa pequena redução em chances de infarto e de doenças cardiovasculares e pode ajudar a diminuir a pressão arterial, mas não têm efeito relevante na redução de doença arterial coronariana. Entretanto, conclusões sobre os efeitos do chá preto em doenças do coração ainda são baseadas em evidências limitadas, necessitando de mais pesquisas para se obter maior certeza (HARTLEY *et al.*, 2013; SHEN *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2011).

Outras pesquisas abordaram o efeito de consumo de chá na prevenção de câncer, entre eles o de próstata (LIN *et al.*, 2014; ZHENG *et al.*, 2011); de boca (WANG *et al.*, 2014); pulmão (WANG *et al.*, 2012) e esôfago (ZHENG *et al.*, 2013). Entretanto, analisando os trabalhos, a meta-análise indica que o chá não parece ter efeito na diminuição do risco de desenvolvimento dessas doenças.

Análises sugerem que o chá auxilia na prevenção e controle de diabetes, especialmente o tipo 2, diminuindo a resistência à insulina, facilitando seu mecanismo e aliviando a resposta inflamatória do corpo, além de mostrar efeito sinérgico com alguns remédios antidiabéticos. Porém, não é possível estimar uma dose recomendada, visto que o preparo, qualidade do chá e atividade bioquímica tanto da folha quanto do corpo do paciente são fatores que influenciam nesta questão (JING *et al.*, 2009; MENG *et al.*, 2019).

Efeitos negativos na saúde também foram estudados. Traços de alumínio, chumbo, ferro e outros metais encontrados no chá, principalmente nas folhas de menor qualidade, podem ter efeitos negativos na saúde. Além disso, flúor também é encontrado em todas as folhas de chá, mas sua concentração é bem maior em folhas mais maduras. Então, a depender do método de colheita e da composição do solo, os níveis de flúor na infusão podem passar dos níveis recomendados. Altos níveis de flúor no organismo pode ocasionar em fluorose, doença que afeta principalmente os dentes, ossos e rins (RUAN; WONG, 2001; SCHWALFENBERG; GENUIS; RODUSHKIN, 2013; SOFUOGLU; KAVCAR, 2008).

4.2 Controle e automação

A mecanização e automação da produção de chá preto têm sido objeto de estudo desde a metade do século passado, como mostrado anteriormente, já que o volume de produção e o custo de mão de obra cresciam ao mesmo tempo que o valor agregado do chá diminuía, logo a utilização de máquinas para automatizar e agilizar o processamento se tornaram cada vez mais necessárias (MELICAN, 2021).

Como já mencionado, a etapa de oxidação do chá preto é considerada a mais importante na produção, pois nela são formados todos os compostos que dão sabor, aroma, cor e qualidade à infusão. Assim, várias pesquisas são feitas na tentativa de melhorar e otimizar esse processo, de modo a obter o melhor produto final possível.

Tozlu e Okumuş (2018) propuseram o uso de um nariz eletrônico (equipamento com funcionamento similar ao olfato humano, constituído de sensores que captam partículas no ar e identificam odores) para a determinação da qualidade do chá durante o processo de oxidação, pois atualmente todas as folhas são oxidadas durante um tempo fixo e têm sua qualidade determinada depois da secagem por

provedores especializados. O estudo concluiu que a utilização de sensores durante a etapa de oxidação ajuda a produzir chás de melhor qualidade e facilita também a etapa de separação e empacotamento, que é feita apenas após a determinação da qualidade do chá. Bhattacharyya *et al.* (2007), Banerjee *et al.* (2019), Sharmilan *et al.* (2020) e Gharibzahedi *et al.* (2022) também realizaram estudos similares na aplicação de sensores eletrônicos no monitoramento da qualidade do chá preto durante o processo de oxidação e obtiveram resultados parecidos, indicando melhor classificação de qualidade, diminuição do custo de mão de obra e aumento na velocidade do processo.

Outros métodos de determinação da qualidade do chá ainda no processo de oxidação foram estudados. O uso de propriedades elétricas para determinação de certas características de um produto (como umidade em grãos, maturidade de frutas e frescura de carnes e frutos do mar) é comum na indústria de alimentos. Zhu *et al.* (2019) propuseram o uso de um multímetro LCR para medir as propriedades elétricas das folhas de chá durante a oxidação e a utilização de algoritmos de *machine learning* como forma de prever a qualidade do chá, com resultado satisfatório e uma possível aplicação útil para a indústria do chá.

Além de sensores elétricos e eletrônicos (simulando olfato e paladar), a utilização de algoritmos de visão computacional mostra-se promissora na determinação de qualidade do chá. Para determinar a qualidade do produto, pode-se utilizar um sistema constituído por uma fonte de luz, câmera, placa de captura de imagem e computador com software adequado, que realiza uma análise de cor (por colorimetria ou espectrofotometria), textura (por métodos estatísticos, geométricos ou baseados em modelos), forma e tamanho das folhas de chá (GILL; KUMAR; AGARWAL, 2011).

4.3 Agricultura e indústria alimentícia

Lima *et al.* (2007) realizaram um estudo para verificar a viabilidade da utilização de resíduos da agroindústria do chá preto como substrato para desenvolvimento de mudas de tomate, pepino e alface. O resíduo bruto não decomposto proveniente da produção do chá se mostrou ineficiente neste caso, retardando a germinação das sementes, além de apresentar efeito fitotóxico devido à presença de cafeína e fenóis

no substrato. Já a utilização de resíduo decomposto não causou efeitos negativos, chegando até mesmo a acelerar a germinação dos tomates, mostrando a viabilidade de seu uso como substrato para a geração de mudas.

Os compostos químicos e bioativos presentes na *Camellia sinensis* também se mostram muito úteis na indústria de alimentos, principalmente no quesito de aumentar vida de prateleira e diminuir risco de contaminação. A incorporação de flavonoides extraídos do chá preto em pães e bolos melhora a aparência e coloração, inibe oxidação de gorduras e desacelera a atividade microbiana sem interferir na qualidade. Extratos de chás também são citados como bons preservativos para produtos cárneos (GONÇALVES BORTOLINI *et al.*, 2021).

5 O CHÁ NO BRASIL E PERSPECTIVAS FUTURAS

A história do chá no Brasil começa com a vinda de Dom João VI e sua corte em 1808, que introduziu o chá no Rio de Janeiro através do Jardim Botânico e logo se espalhou para Minas Gerais, São Paulo e Paraná. A produção continuou a crescer durante o século XIX, graças a estudos conduzidos por Frei Leandro do Sacramento que possibilitaram a aclimação da planta ao clima e solo do país. Entretanto, em 1888, com a abolição da escravidão, a falta de mão de obra especializada atingiu os produtores e iniciou o declínio da teicultura no Brasil, ocorrendo abandono de plantações, que deram lugar a outras atividades econômicas, como plantio de café e mineração. A cultura do chá foi reintroduzida apenas com a chegada de imigrantes japoneses a partir de 1908, com Torazo Okamoto sendo um dos grandes responsáveis por iniciar o cultivo da planta no Vale do Ribeira (CHÁ DÕ, 2021).

Entre as décadas de 1950 e 1980 teve-se o melhor período da produção do chá no Brasil, com mais de 5000 hectares de cultivo produzindo 11500 toneladas por ano em média. A região contava com mais de 600 trabalhadores espalhados por 42 indústrias e 90% da produção era destinada à exportação. Entretanto, com as crises econômicas e políticas que atingiram o país durante o fim da década de 1980 e o início da década de 1990, ocorreu novamente o declínio da indústria teicultora. A equiparação da nova moeda, o Real, ao Dólar americano para frear a inflação foi o evento que marcou o fim da era de ouro, já que a indústria era primariamente exportadora e os preços não eram mais competitivos (INFUSORINA, 2022).

Atualmente, o Vale do Ribeira vive um resgate, com a produção liderada por três famílias produtoras: os Amaya⁹, os Shimada¹⁰ e os Yamamaru¹¹. A fazenda Amaya produz chá industrialmente, enquanto os sítios Shimada e Yamamaru focam na produção artesanal. Além disso, a gigante japonesa Yamamotoyama¹², fundada em 1690 e instalada no Brasil desde 1970, possui uma filial em Pinheiros e produz chá verde utilizando tradicionais métodos japoneses (MICHELI, 2021).

⁹ Informações disponíveis em <https://chasamaya.com.br/>. Acesso em 03/11/22, 12:27.

¹⁰ Informações disponíveis em <https://sitioshimada.com.br/>. Acesso em 03/11/22, 12:27.

¹¹ Informações disponíveis em <https://miriamnikiko.wixsite.com/sitioyamamaru>. Acesso em 03/11/22, 12:27.

¹² Informações disponíveis em <http://www.yamamotoyama.com.br/>. Acesso em 03/11/22, 12:27.

O nível de produção ainda é pequeno, mas o futuro do chá no Brasil se mostra promissor. O interesse crescente da população pela bebida culminou na criação da Escola de Chá Embahú¹³ e do Instituto do Chá¹⁴ em 2013 (que oferecem cursos profissionalizantes na área de cultivo, preparo, processamento e negócios com chá), bem como na fundação em 2019 da Associação Brasileira do Chá (abChá)¹⁵, reunindo pessoas com objetivo de fomentar o mercado de chá no Brasil, contribuir para o aprimoramento da produção e organizar eventos para a divulgação de conhecimento sobre o chá no país.

Além disso, em 2016 a Escola do Chá Embahú com apoio da Infusorina criou em 2016 a Rota do Chá de Registro, um *tour* anual, geralmente na época da colheita do chá, que passa pelas fazendas e produções das famílias citadas anteriormente e mostra aos participantes um pouco do processo do chá além da história dessa bebida no nosso país. Em 2022, a sexta edição da Rota do Chá aconteceu entre os dias 03 e 06 de novembro (ROTA DO CHÁ EM REGISTRO - ESCOLA DE CHÁ® EMBAHÚ, 2022).

A Leão Alimentos & Bebidas, empresa fundada em 1901 e sob controle da Coca-Cola desde 2007, também tem realizado investimentos inéditos na indústria do chá, incluindo a renovação do portfólio com produtos para infusão a frio, visando aumentar o consumo de chás durante épocas de calor, e produtos voltados para o público infantil, com objetivo de educar o paladar e estimular o consumo de chá na população desde cedo (VALENTI, 2022).

Em vista de tudo que foi apresentado, pode-se concluir que o chá no Brasil tem ganhado cada vez mais espaço, o acesso à informação, o *e-commerce*, o investimento na indústria, a busca por um estilo de vida mais saudável e o aumento no interesse das pessoas pela bebida movimenta mais dinheiro a cada ano e faz com que o chá chegue a lugares onde não era comum anteriormente.

¹³ Informações disponíveis em <https://escoladecha.com.br/> . Acesso em 03/11/22, 13:15.

¹⁴ Informações disponíveis em <https://institutocha.com.br/> . Acesso em 03/11/22, 13:15.

¹⁵ Informações disponíveis em <https://abcha.com.br/> . Acesso em 03/11/22, 13:15.

6 CONCLUSÃO

O aumento da demanda causou a industrialização da produção ao custo da queda da qualidade geral. Chás especiais de qualidade elevada ainda continuam sendo produzidos através de métodos ortodoxos.

O chá preto possui aplicações em outras áreas do conhecimento, com vários estudos sobre seus efeitos na saúde (como prevenção de doenças cardiovasculares, diabetes e câncer), sobre a utilização de ferramentas de controle e automação (para otimização do processo e aumento da qualidade do produto final), sobre a incorporação de compostos químicos e bioativos em produtos alimentícios (como forma de aumentar a qualidade nutricional e de auxiliar na preservação) e sobre o reciclo de resíduos provenientes da produção industrial (por exemplo, como substrato para crescimento de mudas).

No Brasil, apesar de não ser uma bebida tradicional, o chá teve sua época de ouro como produto de exportação e, após um declínio da indústria causado por crises políticas e econômicas, vem se reerguendo graças ao aumento do consumo e do interesse da população pelo assunto.

REFERÊNCIAS

BANERJEE, M. B. *et al.* Black tea classification employing feature fusion of E-Nose and E-Tongue responses. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 244, p. 55–63, 2019.

BARTHOLOMEW, B.; MIN, T. 21. *Camellia sinensis*. Em: WU, Z.; RAVEN, P. H.; HONG, D. (org.). **Flora of China**. [S. l.: s. n.], 2004. v. 12, p. 373–377. *E-book*. Disponível em: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200014043. Acesso em: 24 out. 2022.

BARUAH, A. M.; MAHANTA, P. K. Fermentation Characteristics of Some Assamica Clones and Process Optimization of Black Tea Manufacturing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, n. 22, p. 6578–6588, 2003.

BERESNIAK, A. *et al.* Relationships between black tea consumption and key health indicators in the world: An ecological study. **BMJ Open**, [s. l.], v. 2, n. 6, 2012. Disponível em: Acesso em: 11 out. 2022.

BHATTACHARYYA, N. *et al.* Detection of optimum fermentation time for black tea manufacturing using electronic nose. **Sensors and Actuators, B: Chemical**, [s. l.], v. 122, n. 2, p. 627–634, 2007.

BRASILEIRO, A. M. M. **Manual de Produção de Textos Acadêmicos e Científicos**. 1ªed. São Paulo: Atlas, 2013.

BURGESS, P. J. *et al.* Evaluation of simple hand-held mechanical systems for harvesting tea (*Camellia sinensis*). **Experimental Agriculture**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 165–187, 2006.

CADONÁ, F. C. *et al.* Functional and Medicinal Properties of Caffeine-Based Common Beverages. Em: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (org.). **The Science of Beverages: Volume 8: Caffeinated and Cocoa Based Beverages**. Duxford: Woodhead Publishing, 2019. p. 1–46.

CAMPOS, J. **Processamento de chás especiais: etapas básicas e as 6 famílias | Chá Yê!**. [S. l.], 2018. Disponível em:

<https://www.chaye.com.br/processamento-de-chas-especiais-etapas-basicas-e-as-6-familias/>. Acesso em: 23 out. 2022.

CHÁ. *Em*: DICIONÁRIO ONLINE PRIBERAM DE PORTUGUÊS. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/ch%C3%A1>. Acesso em: 23 out. 2022.

CHÁ DÕ. **A história do chá no Brasil**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://chado.com.br/a-historia-do-cha-no-brasil/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

COUTINHO, M.; TEIXEIRA, D. M. **Um pouco sobre Revisão Bibliométrica e Revisão Sistemática | LAPEI**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://lapei.face.ufg.br/p/42358-um-pouco-sobre-revisao-bibliometrica-e-revisao-sistemica>. Acesso em: 10 out. 2022.

DUKE, J. A. *Camellia sinensis* (L.) Kuntze. *Em*: HANDBOOK OF ENERGY CROPS. [S. l.: s. n.], 1983. *E-book*. Disponível em: https://hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Camellia_sinensis.html. Acesso em: 23 out. 2022.

ELLIS, M.; COULTON, R.; MAUGER, M. **Empire of Tea: The Asian Leaf That Conquered The World**. 1. ed. Londres: Reaktion Books Ltd., 2015.

FAO. **World tea production and trade Current and future development**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: www.fao.org/publications. .

FRONTIER COOP. **Types and Grades of Tea**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.frontiercoop.com/community/guides/types-and-grades-tea>. Acesso em: 26 nov. 2022.

GHARIBZAHEDI, S. M. T. *et al.* Electronic Sensor Technologies in Monitoring Quality of Tea: A Review. **Biosensors**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 356, 2022.

GILL, G. S.; KUMAR, A.; AGARWAL, R. **Monitoring and grading of tea by computer vision - A review**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2011.

GOGOI, Romen *et al.* **MODIFICATION OF CTC PROCESSING FOR QUALITY IMPROVEMENT Treatment of textile effluent using cost effective technique View project Application of Biochar View project MODIFICATION OF CTC**

PROCESSING FOR QUALITY IMPROVEMENT. [S. l.: s. n.], 1994. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276280358>. .

GONÇALVES BORTOLINI, D. *et al.* Processing, chemical signature and food industry applications of *Camellia sinensis* teas: An overview. **Food Chemistry: X**, [s. l.], v. 12, 2021.

GRAHAM, H. N. **Green Tea Composition, Consumption, and Polyphenol Chemistry** **PREVENTIVE MEDICINE.** [S. l.: s. n.], 1992.

HARTLEY, L. *et al.* Green and black tea for the primary prevention of cardiovascular disease. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, [s. l.], v. 2013, n. 6, 2013. Disponível em: Acesso em: 30 nov. 2022.

HAZRA, A. *et al.* Tea: A worthwhile, popular beverage crop since time immemorial. *Em: AGRONOMIC CROPS: VOLUME 1: PRODUCTION TECHNOLOGIES.* [S. l.]: Springer Singapore, 2019. p. 507–531.

HILAL, Y.; ENGELHARDT, U. Characterisation of white tea – Comparison to green and black tea. **Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 414–421, 2007.

INFUSORINA. **O chá no Vale do Ribeira.** [S. l.], 2022. Disponível em: <https://infusorina.com/o-cha-no-vale-do-ribeira/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

JING, Y. *et al.* Tea Consumption and Risk of Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis of Cohort Studies. **Journal of General Internal Medicine**, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 557, 2009. Disponível em: [/pmc/articles/PMC2669862/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19181862/). Acesso em: 1 dez. 2022.

KRISHNA KANTA HANDIQUI STATE OPEN UNIVERSITY - KKHSOU. **Tea World.** [S. l.], 2019. Disponível em: <http://teaworld.kkhsou.in/teaworld-topics.php>. Acesso em: 28 nov. 2022.

LANGAT, C. K.; MAYAKA, A. N.; ONDIEKI, C. M. M. Design of High Pressure Rotorvane for Quality in Orthodox Tea Processing. **Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)**, [s. l.], v. 6, p. 2458–9403, 2019. Disponível em: www.jmest.org. Acesso em: 28 nov. 2022.

LIMA, J. D. *et al.* Chá: aspectos relacionados à qualidade e perspectivas. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 39, n. 4, p. 1270–1278, 2009.

LIMA, J. D. *et al.* Resíduos da agroindústria de chá preto como substrato para produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 1609–1613, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cr/a/X8Zdv9BcWFtJQSYzgKpwmGD/?lang=pt>. Acesso em: 1 dez. 2022.

LIN, Y. wei *et al.* Tea consumption and prostate cancer: An updated meta-analysis. **World Journal of Surgical Oncology**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 1–7, 2014. Disponível em: <https://wjso.biomedcentral.com/articles/10.1186/1477-7819-12-38>. Acesso em: 1 dez. 2022.

LV, H. *et al.* Processing and chemical constituents of Pu-erh tea: A review. **Food Research International**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 608–618, 2013.

MELICAN, N. **Where Is the Tea Industry Going with Mechanical Harvesting? | World Tea News**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.worldteanews.com/issues-trends/where-tea-industry-going-mechanical-harvesting>. Acesso em: 21 nov. 2022.

MENG, J. M. *et al.* Effects and Mechanisms of Tea for the Prevention and Management of Diabetes Mellitus and Diabetic Complications: An Updated Review. **Antioxidants**, [s. l.], v. 8, n. 6, 2019. Disponível em: [/pmc/articles/PMC6617012/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3517012/). Acesso em: 1 dez. 2022.

MICHELI, F. **Chá brasileiro: bebida ganha força no país**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.uol.com.br/nossa/reportagens-especiais/cha-brasileiro-batalha-para-se-popularizar-e-tem-rota-em-sao-paulo/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

NEEDHAM, J. Origin and processing of oolong tea. *Em: SCIENCE AND CIVILIZATION IN CHINA*. [S. l.]: Cambridge University Press, 2000. v. 6, p. 535–550.

PANDA, B. K.; MISHRA, G.; DATTA, A. K. Orthodox tea (*Camellia sinensis* L.) oxidation under the influence of compressed air: Process optimization. **Journal of Food Processing and Preservation**, [s. l.], v. 42, n. 4, 2018.

PANZA, F. *et al.* Coffee, tea, and caffeine consumption and prevention of late-life cognitive decline and dementia: a systematic review. **The journal of nutrition, health & aging**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 313–328, 2015. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25732217>.

POU, K. R. J.; PAUL, S. K.; MALAKAR, S. Industrial Processing of CTC Black Tea. *Em*: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. (org.). **The Science of Beverages: Volume 8: Caffeinated and Cocoa Based Beverages**. Duxford: Woodhead Publishing, 2019. p. 131–162.

RAVICHANDRAN, R.; PARTHIBAN, R. **The impact of mechanization of tea harvesting on the quality of south Indian CTC teas**. [S. l.]: ELSEVIER FoodChemistry, 1998.

REESE, A. **Black Tea World**. [S. l.], 2014. Disponível em: <http://www.blackteaworld.com/>. Acesso em: 16 nov. 2022.

ROBERTS, E. A. H. THE CHEMISTRY OF TEA FERMENTATION. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 3, p. 193–198, 1952.

ROTA DO CHÁ EM REGISTRO - ESCOLA DE CHÁ® EMBAHÚ. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://escoladecha.com.br/rotadocha/>. Acesso em: 2 dez. 2022.

RUAN, J.; WONG, M. H. Accumulation of Fluoride and Aluminium Related to Different Varieties of Tea Plant. **Environmental Geochemistry and Health** **2001** **23:1**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 53–63, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011082608631>. Acesso em: 1 dez. 2022.

SCHAPIRA, J. **The Book of Coffee and Tea**. 2nd. ed. New York: St. Martin's Publishing Group, 1996.

SCHWALFENBERG, G.; GENUIS, S. J.; RODUSHKIN, I. The benefits and risks of consuming brewed tea: Beware of toxic element contamination. **Journal of Toxicology**, [s. l.], v. 2013, 2013.

SHARMILAN, T. *et al.* **Electronic Nose Technologies in Monitoring Black Tea Manufacturing Process**. [S. l.]: Hindawi Limited, 2020.

SHEN, L. *et al.* Tea consumption and risk of stroke: a dose-response meta-analysis of prospective studies. **Journal of Zhejiang University SCIENCE B** **2012** **13:8**, [s. l.], v. 13, n. 8, p. 652–662, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1631/jzus.B1201001>. Acesso em: 30 nov. 2022.

SOFUOGLU, S. C.; KAVCAR, P. An exposure and risk assessment for fluoride and trace metals in black tea. **Journal of Hazardous Materials**, [s. l.], v. 158, n. 2–3, p. 392–400, 2008.

TEA BOARD INDIA. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.teaboard.gov.in/home>. Acesso em: 25 out. 2022.

TOMLINS, K. I.; MASHINGAIDZE, A. **Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas-a review** *Food Chemistry*. [S. l.: s. n.], 1997.

TOZLU, B. H.; OKUMUŞ, H. İ. A new approach to automation of black tea fermentation process with electronic nose. **Automatika**, [s. l.], v. 59, n. 3–4, p. 373–381, 2018.

TREHANE NURSERY. **Camellia sinensis - the tea plant**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://www.trehanenursery.co.uk/kb_results.asp?ID=25. Acesso em: 7 nov. 2022.

VALENTI, G. **Leão, de chás, investe R\$ 35 milhões em expansão inédita em 20 anos**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://exame.com/exame-in/leao-de-chas-investe-r-35-milhoes-em-expansao-inedita-em-20-anos/>. Acesso em: 7 dez. 2022.

VANTI, N. A. P. Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. **Ciência da Informação**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 369–379, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/ci/a/SLKfBsNL3XHPPqNn3jmqF3q/?lang=pt>. Acesso em: 10 out. 2022.

WANG, W. *et al.* Association of tea consumption and the risk of oral cancer: A meta-analysis. **Oral Oncology**, [s. l.], v. 50, n. 4, p. 276–281, 2014. Disponível em: Acesso em: 1 dez. 2022.

WANG, Z. M. *et al.* Black and green tea consumption and the risk of coronary artery disease: a meta-analysis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, [s. l.], v. 93, n. 3, p. 506–515, 2011. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajcn/article/93/3/506/4597635>. Acesso em: 30 nov. 2022.

WANG, Y. *et al.* Coffee and tea consumption and risk of lung cancer: A dose-response analysis of observational studies. **Lung Cancer**, [s. l.], v. 78, n. 2, p. 169–170, 2012. Disponível em: <http://www.lungcancerjournal.info/article/S0169500212004783/fulltext>. Acesso em: 1 dez. 2022.

WIERZEJSKA, R. Tea and health--a review of the current state of knowledge. **Przegląd epidemiologiczny**, [s. l.], v. 68, n. 3, p. 501–506, 595–599, 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25391016>.

XU, J. *et al.* **Yellow tea (Camellia sinensis L.), a promising Chinese tea: Processing, chemical constituents and health benefits**. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2018.

ZHANG, L. *et al.* Influence of manufacturing process on the contents of iron, copper, chromium, nickel and manganese elements in Crush, Tear and Curl black tea, their transfer rates and health risk assessment. **Food Control**, [s. l.], v. 89, p. 241–249, 2018.

ZHENG, J. S. *et al.* Effects of Green Tea, Black Tea, and Coffee Consumption on the Risk of Esophageal Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. <http://dx.doi.org/10.1080/01635581.2013.741762>, [s. l.], v. 65, n. 1, p. 1–16, 2013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01635581.2013.741762>. Acesso em: 1 dez. 2022.

ZHENG, J. *et al.* Green Tea and Black Tea Consumption and Prostate Cancer Risk: An Exploratory Meta-Analysis of Observational Studies. <http://dx.doi.org/10.1080/01635581.2011.570895>, [s. l.], v. 63, n. 5, p. 663–672, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01635581.2011.570895>. Acesso em: 1 dez. 2022.

ZHU, H. *et al.* Application of machine learning algorithms in quality assurance of fermentation process of black tea—based on electrical properties. **Journal of Food Engineering**, [s. l.], v. 263, p. 165–172, 2019.