



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
COLEGIADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**



ADILSON ASSIS DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE CHÁS
VERDE E PRETO PRONTOS PARA CONSUMO**

**OURO PRETO, MG
AGOSTO – 2021**

ADILSON ASSIS DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO E ESTABILIDADE DE CHÁS VERDE E
PRETO PRONTOS PARA CONSUMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr.^a Priscila Cardoso Fidelis

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Helena

Nasser Brumano

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

O48d Oliveira, Adilson Assis De .
Desenvolvimento e estabilidade de chás verde e preto prontos para o
consumo. [manuscrito] / Adilson Assis De Oliveira. - 2021.
34 f.: il.: , tab..

Orientadora: Profa. Dra. Priscila Cardoso Fidelis.
Coorientadora: Profa. Dra. Maria Helena Nasser Brumano.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola
de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Chá - Armazenamento. 2. Chá verde - Consumo. 3. Polifenóis. 4.
Antioxidantes. I. Brumano, Maria Helena Nasser. II. Fidelis, Priscila
Cardoso . III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 664

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB/2247



FOLHA DE APROVAÇÃO

Adilson Assis de Oliveira

Desenvolvimento e estabilidade de chás Verde e Preto prontos para o consumo

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 23 de Agosto de 2021

Membros da banca

Dra. Priscila Cardoso Fidelis - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Maria Helena Nasser Brumano - Coorientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Me. Bruno Elias Pereira Nogueira da Gama (Universidade Federal de Ouro Preto)

Priscila Cardoso Fidelis, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/08/2021



Documento assinado eletronicamente por **Priscila Cardoso Fidelis, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/08/2021, às 20:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0210951** e o código CRC **5D915463**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por absolutamente tudo em minha vida!

À Universidade Federal de Ouro Preto por tantas oportunidades, pelo ensino superior público gratuito, pelo qual eu sou grato e que me deu a oportunidade de conhecer pessoas de realidades completamente diferentes e me proporcionou qualidade de ensino.

À minha professora orientadora Dr.^a Priscila Cardoso Fidelis e a coorientadora Dr.^a Maria Helena Nasser Brumano pela confiança, paciência, por estarem sempre presentes e disponíveis para me ajudar, orientando, dando conselhos e pela oportunidade de participar deste trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Alimentos que contribuíram para que a conclusão desta graduação fosse possível. Em especial, à professora Dr.^a Eleonice Moreira Santos pelas discussões enriquecedoras, pelos questionamentos, observações e grande contribuição na minha formação!

Ao Kristtiann Yuri colaborador desse trabalho, que contribuiu para realização das análises, integrando a equipe com grande dedicação e disponibilidade.

Aos técnicos Michele, Bruno, Raphael e Miliane pelas diversas contribuições no decorrer deste trabalho, por agilizarem o acesso aos laboratórios e pela amizade.

Aos meus pais, Avimar e Aparecida, minha eterna gratidão, sem eles nada seria possível. Até aqui, não mediram esforços para que eu realizasse meu sonho. Por toda educação que me deram, a fim de me tornar um ser humano melhor. Amo vocês.

À minha irmã, Aline, por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu duvidei.

Aos colegas do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos em especial a Bruna Cristina e Karen de Paula pela amizade, apoio, incentivo, confortos e discussões quando necessário, tornando minha jornada acadêmica menos árdua e sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma nessa etapa. Serei eternamente grato a cada um de vocês.

“Há pessoas que estão sempre atribuindo às circunstâncias aquilo que são. Não acredito nas circunstâncias. As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, se não as encontram, as criam.”

(George Bernard Shaw)

RESUMO

Os chás contêm grandes quantidades de compostos bioativos com propriedades antioxidantes e muitos chás prontos para beber estão sendo desenvolvidos com grande aceitação, considerando o mercado promissor para esses produtos. No entanto, o potencial bioativo desses produtos deve ser preservado durante todo o armazenamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar mudanças no conteúdo fenólico total e na capacidade antioxidante para 6 formulações de chás verdes e pretos prontos para beber, armazenados no escuro ou expostos à iluminação emitida por lâmpadas LED durante 56 dias à temperatura ambiente. A estabilidade foi avaliada a cada 14 dias, medindo conteúdo fenólico total por Folin-Ciocalteu e capacidade antioxidante pelos ensaios ABTS e FRAP. O teor fenólico total das formulações de chá verde foi maior do que aqueles formulados com chá preto. Na ausência de luz, o conteúdo fenólico total do chá verde permaneceu estável durante todo o armazenamento, mas caiu após 14 dias quando as formulações foram expostas à luz. O conteúdo fenólico total para o chá preto diminuiu após 42 e 14 dias, na ausência e na presença de luz, respectivamente. A capacidade antioxidante para o chá verde diminuiu após 14 dias, na presença de luz, porém a queda foi maior para o ensaio FRAP. Na ausência de luz, as alterações na capacidade antioxidante para o chá verde foram observadas apenas para as amostras analisadas por FRAP após 14 dias. Uma redução na capacidade antioxidante (FRAP e ABTS) ocorreu após 42 dias para ambas as amostras expostas à luz. Os resultados mostram que, para reter a maioria de seus conteúdos fenólicos totais e da capacidade antioxidante, essas bebidas de chá devem ser comercializadas em embalagens âmbar e armazenadas por até 56 dias.

Palavras-chave: Polifenóis; Capacidade antioxidante; Armazenamento; Chá pronto para beber; validade.

ABSTRACT

Teas contain large amounts of bioactive compounds with antioxidant properties and many ready-to-drink teas are being developed with great acceptance, considering the promising market for these products. However, the bioactive potential of these products should be preserved throughout storage. The objective of this work was to evaluate changes in total phenolic content and antioxidant capacity for 6 formulations of ready-to-drink green and black teas, stored in the dark or exposed to lighting emitted by LED lamps for 56 days at room temperature. Stability was evaluated every 14 days, measuring total phenolic content by Folin-Ciocalteu and antioxidant capacity by the ABTS and FRAP assays. The total phenolic content of green tea formulations was higher than those formulated with black tea. In the absence of light, the total phenolic content of green tea remained stable throughout storage, but fell after 14 days when the formulations were exposed to light. The total phenolic content for black tea decreased after 42 and 14 days, in the absence and presence of light, respectively. The antioxidant capacity for green tea decreased after 14 days in the presence of light, but the decrease was higher for the FRAP assay. In the absence of light, changes in antioxidant capacity for green tea were observed only for samples analyzed by FRAP after 14 days. A reduction in antioxidant capacity (FRAP and ABTS) occurred after 42 days for both samples exposed to light. The results show that, to retain most of their total phenolic content and antioxidant capacity, these tea drinks must be marketed in amber packaging and stored for up to 56 days.

Keywords: Polyphenols; Antioxidant capacity; Storage; Tea ready to drink; validity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulações utilizadas para o preparo de chás pronto para consumo.....	4
Tabela 2. Decaimento percentual para conteúdo fenólico e capacidade antioxidante após 56 dias de armazenamento	18

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Fenólicos totais na bebida de chá verde na ausência de luz ao longo de 56 dias de armazenamento. letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do período de armazenamento.....7
- Figura 2: Fenólicos totais na bebida de chá verde exposição à luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do período de armazenamento.....7
- Figura 3: Fenólicos totais na bebida de chá preto na ausência de luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do período de armazenamento.....9
- Figura 4: Fenólicos totais na bebida de chá preto exposição à luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do período de armazenamento.....9
- Figura 5: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na ausência de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do período de armazenamento..... 12
- Figura 6: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na presença de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento..... 12
- Figura 7: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento..... 14
- Figura 8: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na presença de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas

diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento.....	14
Figura 9: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento.....	16
Figura 10: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na presença de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento.....	16
Figura 11: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento.....	17
Figura 12: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás ao longo do tempo de armazenamento.....	17

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Materiais e métodos	3
2.1. Produtos químicos.....	3
2.2. Matéria Prima.....	3
2.3. Produção dos chás.....	3
2.4. Estudo de estabilidade.....	4
2.5. Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante.....	4
2.5.1. Análises de fenólicos totais.....	4
2.5.2. Capacidade Antioxidante (ABTS).....	5
2.5.3. Avaliação do poder redutor (FRAP).....	5
2.6. Análise estatística.....	6
3. Resultados e discussões	6
3.1. Análise de fenólicos totais.....	6
3.1.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz.....	6
3.1.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz.....	8
3.2. Capacidade Antioxidante (ABTS).....	11
3.2.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz.....	11
3.2.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz.....	13
3.3. Avaliação do poder redutor (FRAP).....	15
3.3.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz.....	15
3.3.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz.....	16
4. Conclusão	19
5. Referências bibliográficas	21

1. INTRODUÇÃO¹

O chá é uma das bebidas mais consumidas no mundo sendo os chás verde e preto, produzidos a partir de folhas de *Camellia sinensis*, largamente consumidos em países orientais e ocidentais, respectivamente (Asolini et al., 2006). Na atualidade, a *Camellia sinensis* é cultivada em mais de 30 países tropicais e subtropicais, tendo grande importância econômica e social (Lima et al., 2009).

Os chás produzidos a partir da planta *Camellia sinensis* podem ser classificados conforme o processo de fabricação: fermentado (preto), o semi-fermentado (oolong) e não-fermentados (verde e branco). No chá verde, além das catequinas tem outros compostos orgânicos, como a cafeína e aminoácidos (Lima et al., 2009). No chá preto, as propriedades antioxidantes estão associadas à presença das teaflavinas e tearubiginas, produzidas durante o processo fermentativo e responsáveis pela sua cor e sabor (Otemuyiwa et al., 2017).

O consumo regular dessa bebida pode reduzir o risco de doenças cardiovasculares, inflamatórias, alguns tipos de câncer, diabetes e até mesmo levar a perda de peso (Pinto, 2013; Carloni et al, 2013). Essas propriedades estão ligadas à presença de compostos antioxidantes como polifenóis, principalmente flavonoides, e no caso dos chás verdes, catequinas em maior quantidade (Bazinet et al., 2010; Coppock & Dziwenka, 2016; Li et al., 2013; Xing et al., 2019).

De acordo com a legislação (Brasil, 2009), o chá pronto para consumo é a bebida obtida pela maceração, infusão ou percolação de folhas e brotos de várias espécies de chá, podendo ser adicionado de outras substâncias de origem vegetal e de açúcares. A Instrução Normativa de 2013 (Brasil, 2013), vem complementar os padrões de identidade e qualidade dos chás prontos para beber, relatando que “no preparo do chá pronto poderá ser utilizado como ingrediente característico extrato aquoso líquido ou desidratado, adicionados de fruta, de vegetal, e como ingredientes opcionais, o açúcar, vitaminas, sais minerais, fibras e outros nutrientes”.

¹ COELHO, KY; OLIVEIRA, AA de; BRUMANO, MHN.; FIDELIS, PC Estabilidade da capacidade fenólica e antioxidante total em formulações de chá preto e verde pronto para beber. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 10, pág. e219108160, 2020. DOI: 10.33448 / rsd-v9i10.8160. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8160>. Acesso em: 10 jun. 2021.

Entre os anos de 2010 e 2018, o volume de chá pronto para o consumo produzido no Brasil cresceu por volta de 74%, com um consumo *per capita* médio desses anos de 0,8 L/hab.ano. Em 2018 foram produzidos 169,7 milhões de litros da bebida, o que representa o constante crescimento da bebida, influenciado por diversos fatores, entre os quais a busca por produtos mais saudáveis (ABIR, 2020). Os chás verde e preto representam cerca de 20% e 78% do consumo mundial de chá, respectivamente (Li et al., 2013).

Os consumidores têm buscado, cada vez mais, alimentos saudáveis que tragam benefícios, além de produtos mais práticos. As bebidas prontas para o consumo são utilizadas tanto para hidratação como também para ingestão de nutrientes, e aquelas obtidas a partir de extratos de chá atendem a esses requisitos para atender ao crescente mercado de alimentos funcionais. No entanto, essas bebidas devem preservar seus compostos bioativos durante o prazo de validade.

Embora existam vários estudos de medição quantitativa de compostos bioativos e capacidade antioxidante em chás preto e verde (Nakamura et al., 2013; Paula et al., 2015; Yang & Liu, 2013) muito poucas investigações foram listadas na literatura sobre a estabilidade desses compostos ao longo do armazenamento.

Friedman et al. (2009) estudaram a degradação das catequinas em sacos de chá verde em um período de seis meses e Bazinet et al. (2010) não observaram degradação significativa das catequinas na bebida de chá verde a 4 °C, por seis meses. Kim et al. (2011) relataram que as infusões de chá verde mantêm seus níveis de catequinas estáveis por até 6 semanas, quando armazenadas na ausência de luz em temperatura de 3 °C.

Para o chá preto, Li et al. (2013) relataram grande estabilidade para catequinas em folhas de chá sólidas e saquinhos de chá, concluindo que eles podem ser armazenados por anos e de acordo com Din et al. (2014) a retenção de compostos bioativos foi alcançada nas condições de armazenamento de 5 °C para a bebida do chá, durante 90 dias. Chang et al. (2020) concluíram que a atividade antioxidante e o conteúdo fenólico total das infusões de chá preto apresentaram variação desprezível durante 15 dias nas temperaturas de armazenamento de 4,9 e 25 °C.

As bebidas comerciais à base de chá são principalmente vendidas em garrafas de tereftalato de polietileno (exposição à luz) e latas de alumínio (ausência de luz) em

temperatura ambiente e espera-se que os compostos responsáveis pelos benefícios do chá para a saúde sejam mantidos durante o prazo de validade. Assim, o objetivo principal deste estudo foi simular as condições de comercialização monitorando as alterações no teor de fenólicos totais, bem como na capacidade antioxidante a eles associada, durante o armazenamento de bebidas de chá prontas para o consumo preparadas com extratos de chá preto e verde.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Produtos químicos

Os reagentes ABTS (2,2'-azino-bis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) sal de diamônio), TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina), ácido gálico e TROLOX (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-ácido-carboxílico) foram obtidos da Sigma-Aldrich® e o reagente de Folin-Ciocateu da Dinâmica®, sendo todos os demais reagentes de grau analítico.

2.2. Matéria Prima

Sachês de chá de folhas finamente picadas de chá preto e verde, açúcar comercial, limão fresco e suco concentrado de pêssego foram comprados em mercados locais de Minas Gerais (MG, Brasil).

2.3. Produção dos chás

Sachês de chá do mesmo lote foram abertos, homogeneizados e um peso total de 21,6 g foi misturado a 3.000 mL de água fervente, seguido de leve agitação por 10 min. Em seguida, a mistura foi transferida através de um filtro de papel número 02 e resfriada à temperatura ambiente.

Diferentes formulações foram preparadas a partir de um mesmo chá, alterando o tipo de chá (verde ou preto), com ou sem adição de suco de frutas (limão ou pêssego). Todas as formulações foram adicionadas com xarope de sacarose até atingir um final de sólido solúvel total de 7° Brix e o pH ajustado para 3,6, utilizando ácido cítrico 0,1 mol.L⁻¹. A concentração final do extrato de chá nas bebidas foi de 0,57% (p/v). Ao final, foram obtidas seis formulações diferentes, sendo duas para controle, duas para sabor limão e duas para sabor pêssego, cada uma contendo extrato de chá verde ou preto. Ao final foram obtidas seis formulações diferentes de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Formulações utilizadas para o preparo de chás pronto para consumo

Form.	Chá	Suco	Quantidades		
			Extrato aquoso de chá (% v/v)	Suco (% v/v)	Açúcar (% m/v)
1	Verde	Controle	80	-	7,0
2	Verde	Limão	80	2	7,0
3	Verde	Pêssego	80	6	7,0
4	Preto	Controle	80	-	7,0
5	Preto	Limão	80	2	7,0
6	Preto	Pêssego	80	6	7,0

Após a formulação, benzoato de sódio e sorbato de potássio a 0,05% (p/v) foram adicionados às bebidas de chá seguido por pasteurização a 85 °C por 60 s. Finalmente, as bebidas foram envasadas a quente em garrafas esterilizadas.

2.4. Estudo de estabilidade

Metade de cada preparação, foi envasada em frascos de vidro âmbar, e armazenada no escuro; enquanto a outra parte, envasada em frascos de vidro transparente, foi exposta à luz LED, ambos em temperatura ambiente por 56 dias. No dia zero e a cada 14 dias, três frascos de cada formulação armazenada em diferentes condições foram testados em triplicata quanto ao conteúdo fenólico total e capacidade antioxidante por FRAP e ABTS.

2.5. Fenólicos Totais e Capacidade Antioxidante

2.5.1. Análises de fenólicos totais

O teor total de fenólicos nas infusões de chá foi determinado utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, segundo metodologia citada por Singleton e Rossi (1965). Um volume de 0,25 mL de cada tipo de chá apropriadamente diluído foi transferido para tubos de ensaio e adicionado de 1,25 mL de reagente Folin-Ciocalteu diluído em água destilada (1:10; v.v⁻¹). Após 3 min de repouso ao abrigo da luz, 1,0 mL de solução saturada de Na₂CO₃ (7,5%; m.v⁻¹) foi adicionada. A absorbância foi determinada a 760 nm usando um espectrofotômetro digital UV-Vis (Global Analyzer

modelo GTA-97, São Paulo, Brasil), com o equipamento calibrado utilizando água destilada no lugar do extrato após 1 h de repouso em ausência de luz.

O teor de fenólicos totais das amostras de chá foi calculado a partir da construção de uma curva padrão de ácido gálico nas concentrações de (43; 85; 128; 170; 213 e 255 mg.L⁻¹). Os resultados de fenólicos foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico por mL de chá (mg AGE/mL de chá).

2.5.2. Capacidade Antioxidante (ABTS)

A determinação da atividade antioxidante pelo ensaio do radical ABTS, foi avaliada de acordo com metodologia descrita por Re et al (1999), com modificações. Para a geração do cátion cromóforo ABTS^{•+}, foi feita uma mistura de solução de ABTS 7 m.mol.L⁻¹ e persulfato de potássio 2,45 m.mol.L⁻¹ na proporção 1:1 (v.v⁻¹) seguido de aquecimento por 15 min de banho-maria a 45 °C, mantida em repouso por até 5 dias ao abrigo da luz. A solução do cátion ABTS^{•+} foi diluída no dia da análise em álcool etílico 80% até absorvância 0,700±0,050, lida em comprimento de onda de 734 nm, com equipamento previamente calibrados com álcool etílico 80%.

Nos tubos de ensaio foi adicionado 0,06 mL das amostras dos chás apropriadamente diluídos e adicionados de 2,5 mL de solução ABTS^{•+} com leitura da absorvância realizada após 6 minutos de reação, com equipamento previamente calibrado no comprimento de onda de 734 nm.

Os valores de capacidade antioxidante foram expressos em mg equivalente de Trolox (mg Trolox/mL de chá), e foram obtidos a partir da construção de uma curva padrão de Trolox nas concentrações de (13; 25; 75; 125; 175 e 225 mg.L⁻¹).

2.5.3. Avaliação do poder redutor (FRAP)

A determinação da capacidade antioxidante dos extratos de chá pelo ensaio FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) que se baseia na redução do ferro, de acordo com metodologia descrita por BENZIE e STRAIN (1996) com pequenas modificações.

O reagente FRAP foi obtido a partir da combinação de 2,1 mL de uma solução de TPTZ (2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina) 10 mmol.L⁻¹, 2,1mL de uma solução aquosa de cloreto férrico 20 m.mol.L⁻¹ e 20,8 mL de tampão acetato 0,3 mol.L⁻¹.

Das amostras dos extratos apropriadamente diluídos, transferiu-se uma alíquota de 0,06 mL para tubos de ensaio, acrescentando-se 0,18 mL de água

destilada e 1,8 mL de reagente FRAP. Os tubos foram colocados em banho maria a 37 °C por 30 min e realizou a leitura em espectrofotômetro a 595 nm, utilizando o reagente FRAP para calibrar o espectrofotômetro.

Os valores da capacidade antioxidante foram obtidos a partir de uma curva padrão de Trolox nas concentrações de (25; 50; 100; 150; 200 e 250 mg.L⁻¹). Os resultados da capacidade antioxidante foram expressos em mg equivalente de Trolox por mL de chá (mg Trolox/mL chá).

2.6. Análise estatística

Todos os resultados foram apresentados como média \pm desvio padrão. Os dados obtidos das diferentes formulações foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de probabilidade. Todas as análises dos dados foram realizadas no software R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Análise de fenólicos totais

3.1.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz

A Figura 1 mostra os resultados para fenólicos totais no chá verde, ao longo de 56 dias de armazenamento na ausência de luz e a Figura 2 mostra os resultados para fenólicos totais no chá verde, ao longo de 56 dias na presença de luz.

Os valores fenólicos totais no dia zero foram de 1,89; 1,81 e 1,83 mg AGE.mL⁻¹, para controle, limão e pêssego, respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas para o conteúdo de fenólicos totais entre as três formulações, mostrando que a presença de suco não afetou significativamente a concentração fenólica.

Yang e Liu (2013) e Oh, Jo, Cho, Kim e Han (2013) relataram valores para fenólicos totais na infusão de chá verde de 1,16; e 0,82 mg de AGE.mL⁻¹, respectivamente, inferiores aos encontrados para formulações de chá verde. Essas diferenças podem ser decorrentes do menor tempo de infusão e temperatura de extração empregadas por esses autores, além da região geográfica. De fato, é importante considerar que outros fatores podem afetar o teor de compostos fenólicos encontrados nas infusões, como a relação massa/solvente, estágio de desenvolvimento e parte da planta utilizada e as características do solo, clima, estresses (Yang & Liu, 2013; Zhao et al., 2019).

Figura 1: Fenólicos totais na bebida de chá verde na ausência de luz ao longo de 56 dias de armazenamento. letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do período de armazenamento.

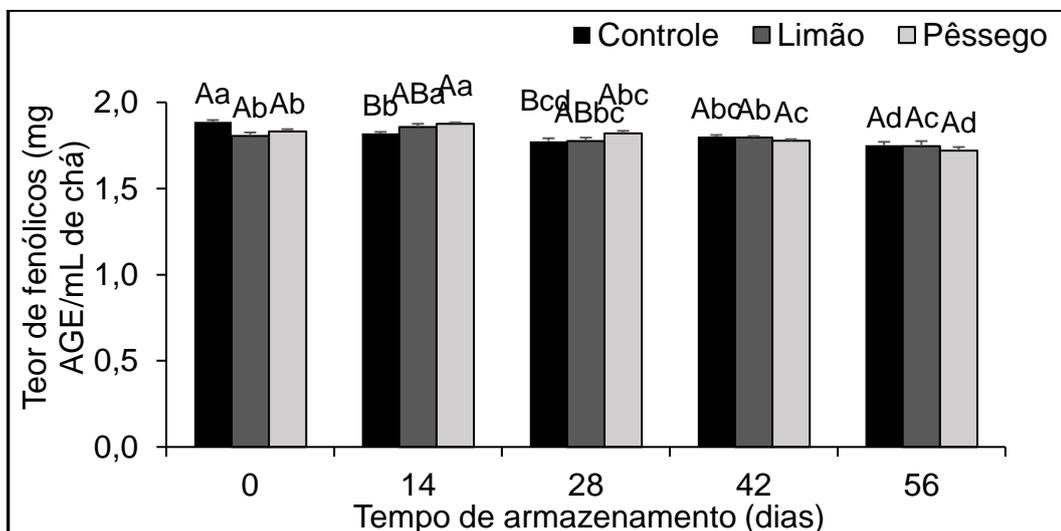
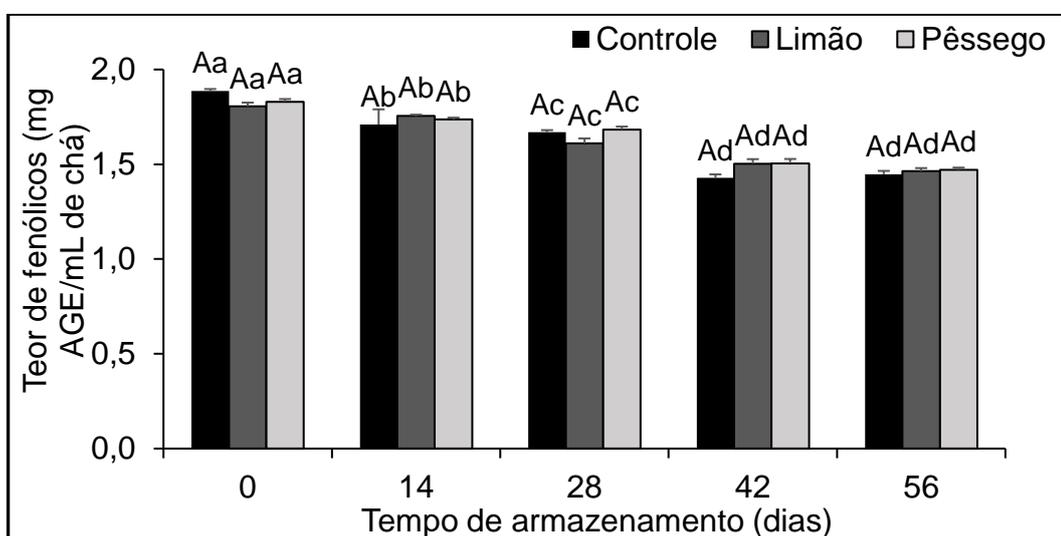


Figura 2: Fenólicos totais na bebida de chá verde exposição à luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do período de armazenamento.



Em relação à estabilidade, na ausência de luz observou-se uma diferença significativa ($p < 0,05$) para o teor de fenólicos das bebidas com 56 dias de armazenamento que correspondeu a menos de 6% dos valores iniciais. No entanto, as formulações expostas à luz registraram uma menor estabilidade, com diminuição significativa ($p < 0,05$) para o conteúdo fenólico de 21% do conteúdo fenólico em 42 e 56 dias de armazenamento.

3.1.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz

A Figura 3 mostra os resultados para fenólicos totais no chá preto ao longo de 56 dias de armazenamento na ausência de luz e a Figura 4 mostra os resultados para fenólicos totais no chá preto ao longo de 56 dias na presença de luz.

Os valores fenólicos totais no dia zero foram de 1,30, 1,14 e 1,17 mg AGE.mL⁻¹ para controle, limão e pêssego, respectivamente. De acordo com esses valores, Rechner et al. (2002) relatou uma média de 1,14 mg AGE.mL⁻¹ para sete marcas de infusões de chá preto. Caso contrário, valores menores de 0,94 e 0,85 mg AGE.mL⁻¹ foram encontrados na literatura para infusão de chá preto (Oh et al., 2013; Yang & Liu, 2013). Isso pode ser explicado pela variação das matérias-primas (condições de cultivo e colheita) e pelas condições de processamento, influenciando as características do produto oferecido ao consumidor.

Todos os valores de conteúdo fenólico relatados foram menores para infusões de chá preto em comparação com o chá verde. Durante a produção comercial, folhas de *Camellia sinensis* sofrem diferentes graus de processamento, dando origem a vários tipos de chá com diferentes composições fenólicas. Para o chá verde predominam catequinas, especialmente galato de epigalocatequina (Bazinet et al., 2010) e catequinas polimerizadas, como teaflavinas (3-6%) e tearubiginas (10-30%) ditado no chá preto (Li et al., 2013; Yang & Liu, 2013). Yao et al. (2006) também relataram valores mais altos para teor de fenólicos totais em saquinhos de chá verde do que aqueles encontrados em saquinhos de chá preto e sugerem a possibilidade de que alguns dos produtos de oxidação, embora ainda compostos fenólicos, possam não ser detectados pelos métodos comumente usados. Dessa forma, a fermentação excessiva durante o processo de fabricação do chá preto pode reduzir a concentração fenólica.

Também é apresentado os resultados do estudo de estabilidade para o armazenamento de formulações de chás pretos na ausência (Figura 3) e na presença de luz (Figura 4). Uma diminuição significativa ($p < 0,05$) no conteúdo fenólico total para todas as formulações foi observada após 42 e 14 dias para as bebidas mantidas na ausência e presença de luz, respectivamente, levando a uma queda de 11 e 20% após 56 dias de armazenamento. Embora as porcentagens das diminuições tenham sido próximas em comparação com o conteúdo de fenólicos totais para formulações de chá verde, elas ocorreram em um período posterior do tempo, especialmente para

as bebidas expostas à luz (Figura 4). Essas observações permitem concluir que mesmo na ausência de luz, não foi possível manter todo o conteúdo fenólico inicial para as formulações de chá preto, à temperatura ambiente.

Figura 3: Fenólicos totais na bebida de chá preto na ausência de luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do período de armazenamento.

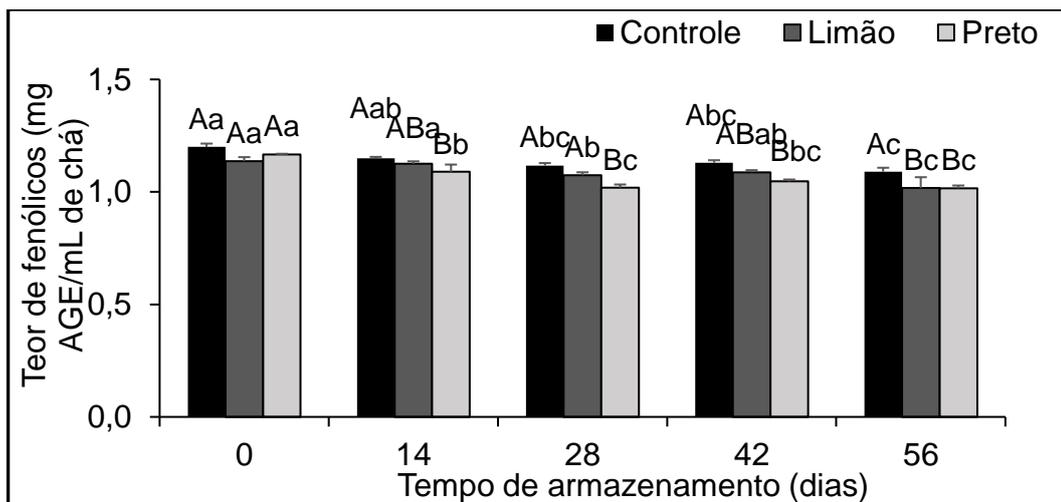
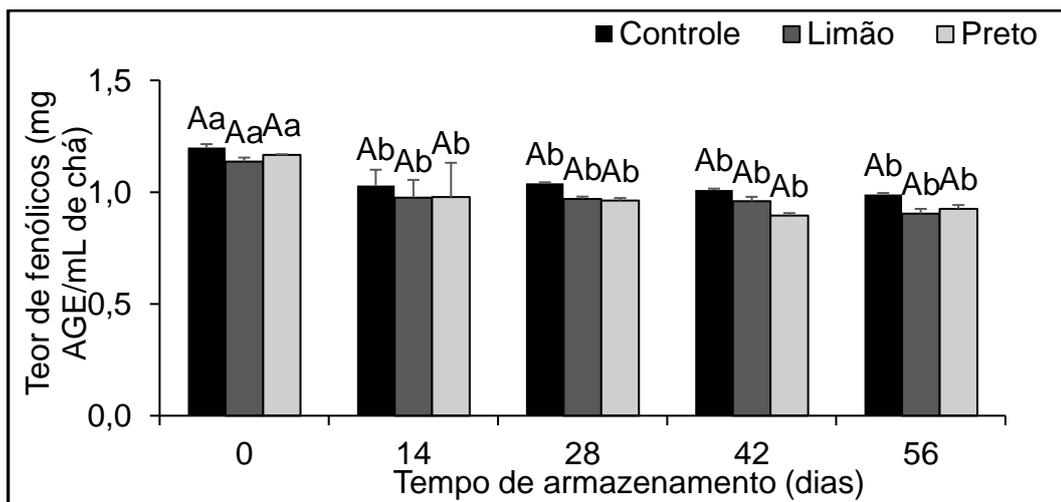


Figura 4: Fenólicos totais na bebida de chá preto exposição à luz ao longo de 56 dias de armazenamento. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do período de armazenamento.



Apesar dessa redução, ao final do armazenamento, os valores de TPC para bebidas de chá preto na presença e ausência de luz foram em torno de 1,0 mg

AGE.mL⁻¹, e as concentrações fenólicas restantes nas bebidas de chá verde foram 1,73 e 1,46 mg AGE.mL⁻¹ na presença e ausência de luz, respectivamente.

Esses valores sugerem que as bebidas de chá verde e preto podem contribuir para uma dieta saudável, uma vez que as concentrações de fenólicos totais aqui obtidas estão na mesma faixa de resultados da literatura para sucos de uvas comerciais brasileiras (0,3-3,4 mg.mL⁻¹, com valores médios entre 1,4 e 1,9 mg.mL⁻¹) (Burin et al., 2010; Sautter et al., 2005), sucos de uva integral, 1,34 mg AGE.mL⁻¹ (Lima et al., 2014) e também sucos de romã, com valores médios de 1,8 mg AGE.mL⁻¹ (Akhavan et al., 2015), todas as bebidas reconhecidas como uma boa fonte de fenólicos.

Portanto, as bebidas de chá verde e preto, mesmo ao final de 56 dias de armazenamento, ainda preservam um conteúdo fenólico substancial, especialmente se consumidas em embalagens na ausência de luz e em uma porção de 300 mL por dia, que fornece metade do consumo diário recomendado de fenólicos de chá verde (Dekant et al., 2017) e preto (Rechner et al., 2002).

Existem poucos estudos sobre a estabilidade de compostos bioativos em bebidas à base de chá. Bazinet et al. (2010) estudaram a estabilidade do armazenamento de longo prazo no conteúdo de catequina em bebidas de chá verde em garrafa de plástico HDPE. Foi observada uma diminuição em algumas catequinas (ECG e GCG) após 15 a 30 dias de armazenamento a 25 °C, mas nenhuma degradação significativa ocorreu a 4 °C durante 6 meses de armazenamento. Em outro estudo, Labbé et al. (2008) relataram que o conteúdo de catequinas em duas bebidas de chá verde exibiu grande estabilidade em 8 semanas de armazenamento a 4 °C. A estabilidade de armazenamento de infusões de chá verde foi avaliada por Kim et al. (2011), dependendo do material de embalagem utilizado (vidro, PET e bolsa autoclavável). As bebidas de chá foram armazenadas na ausência de luz a 3 °C e as catequinas mostraram-se estáveis por até 6 semanas. Chang et al. (2020) estudaram um armazenamento de curto prazo para infusões de chá preto e concluíram que o conteúdo fenólico total não mudou significativamente em 15 dias para armazenamento e temperaturas de 4,9 e 25 °C. Seus achados corroboram com os resultados obtidos neste estudo para o mesmo período de armazenamento (Figura 3).

Din et al. (2014) investigaram o efeito do armazenamento no conteúdo fenólico de bebidas carbonatadas de chá preto com diferentes concentrações de extrato de

chá envasado em um PET de plástico e armazenado a 5 °C. Observou-se diminuição do TPC ao longo dos 90 dias de armazenamento, para todos os tratamentos. Esses autores relataram valores de 1,30 mg AGE.mL⁻¹ no primeiro dia de armazenamento e 1,06 mg AGE.mL⁻¹ após 60 dias, para bebidas contendo 0,6% de extrato. Esses valores de conteúdo total de fenólicos podem ser rigorosamente comparados às formulações de chá preto desenvolvidas neste estudo com 0,57% de extrato de chá e nos levam a crer que, se as condições de refrigeração fossem adotadas, os valores dos conteúdos fenólicos permaneceriam estáveis ao final do armazenamento.

3.2. Capacidade Antioxidante (ABTS)

3.2.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz

A Figura 5 apresenta os resultados da capacidade antioxidante para as bebidas de chá verde mantidas na ausência a luz e a Figura 6 apresenta os resultados da capacidade antioxidante para as bebidas de chá verde mantidas na exposição à luz.

No início do armazenamento, os valores da capacidade antioxidante equivalente de Trolox eram 1,65, 1,70 e 1,72 mg Trolox.mL⁻¹ para formulações controle, limão e pêssego, respectivamente. Esses valores diminuíram significativamente em 14 dias para ambas as condições. As reduções médias foram de 14 e 22% ao longo de 56 dias de armazenamento para as bebidas, e os valores finais correspondentes para capacidade antioxidante foram 1,45 e 1,34 mg Trolox.mL⁻¹ sob ausência e exposição à luz, respectivamente. A ingestão de uma porção de infusão vegetal poderia liberar o equivalente a até 375,4 mg de Trolox, sendo esta quantidade uma boa fonte de antioxidantes para a dieta humana (Jiménez-Zamora et al., 2016). Portanto, esses valores finais para as bebidas de chá verde ainda mantêm sua capacidade biológica potencial.

Figura 5: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na ausência de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do período de armazenamento.

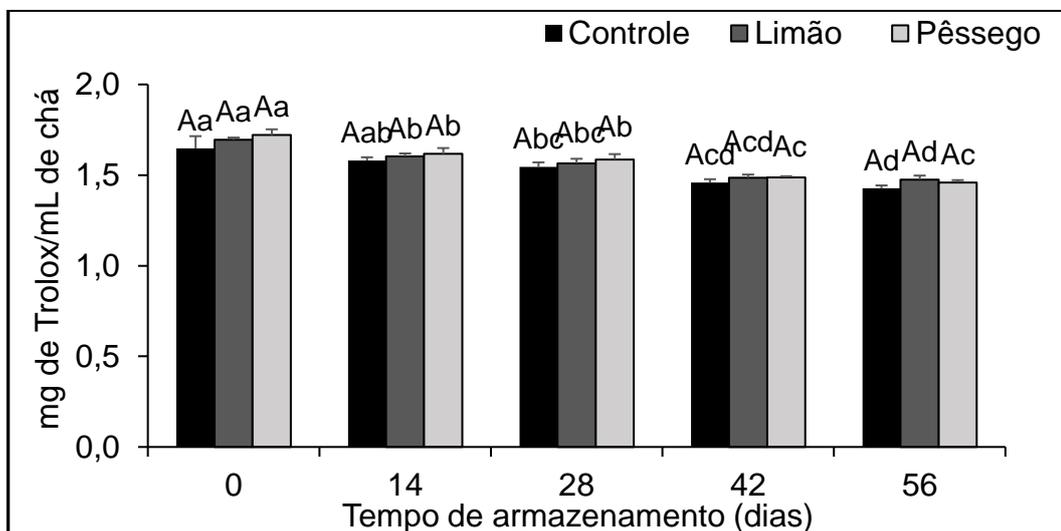
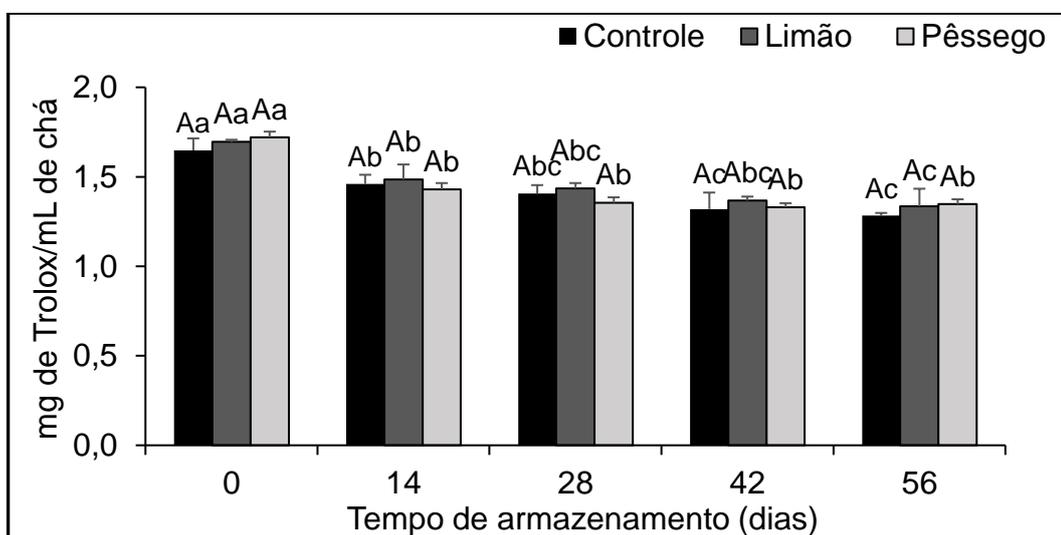


Figura 6: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na presença de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.



Interessante notar que, ao final do armazenamento, os decréscimos nos percentuais para os teores fenólicos foram em torno de 6% na ausência de luz e para as formulações expostas à luz foi observada uma queda de 21% (Figuras 1 e 2). As reduções percentuais são próximas às observadas para a capacidade antioxidante (14 e 22%) medida pelo método ABTS, o que sugere que as reduções no conteúdo

total de fenólicos foram acompanhadas pelas mesmas proporções de perda na captura do radical livre ABTS apresentado pelo chá pronto para beber.

Não foi observado comportamento diferente na degradação da capacidade antioxidante entre as formulações de chás com adição de sucos de frutas e o chá natural, ao contrário do estudo de Nekvapil et al. (2012) onde a adição de sucos de frutas como limão e pêsego implicou em impacto positivo na capacidade antioxidante de bebidas contendo extratos de chá branco, preto e verde.

Os dados com mudanças na capacidade antioxidante dos chás durante o armazenamento em temperatura ambiente são escassos. A capacidade antioxidante de infusões aquosas de chá verde foi investigada por Kim et al. (2011), durante 12 semanas de armazenamento no escuro a 3 °C. A capacidade antioxidante diminuiu em 18, 14 e 30% em vidro, PET e bolsa autoclavável, respectivamente. Os autores sugerem que as diferenças foram causadas por diferentes permeabilidades ao oxigênio e luz dos materiais de embalagem. Nekvapil et al. (2012) relataram que o armazenamento refrigerado a 4 °C de bebidas de chá em garrafas PET garante uma diminuição mais lenta da capacidade antioxidante em chás branco, preto e verde, em comparação com temperaturas amenas (22 °C).

3.2.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz

A Figura 5 apresenta os resultados da capacidade antioxidante para as bebidas de chá verde mantidas na ausência a luz e a Figura 6 apresenta os resultados da capacidade antioxidante para as bebidas de chá verde mantidas na exposição à luz.

Para chás pretos de diferentes sabores, os valores da capacidade antioxidante equivalente de Trolox foram 1,10 1,14 e 1,13 mg Trolox.mL⁻¹ de bebida e esses valores são inferiores às formulações de chás verdes. Ambos os fenólicos e capacidade antioxidante para o chá preto foram menores em comparação com o chá verde. Essas observações concordam com os estudos de Lantano et al. (2015) e Hazra et al. (2017).

Figura 7: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.

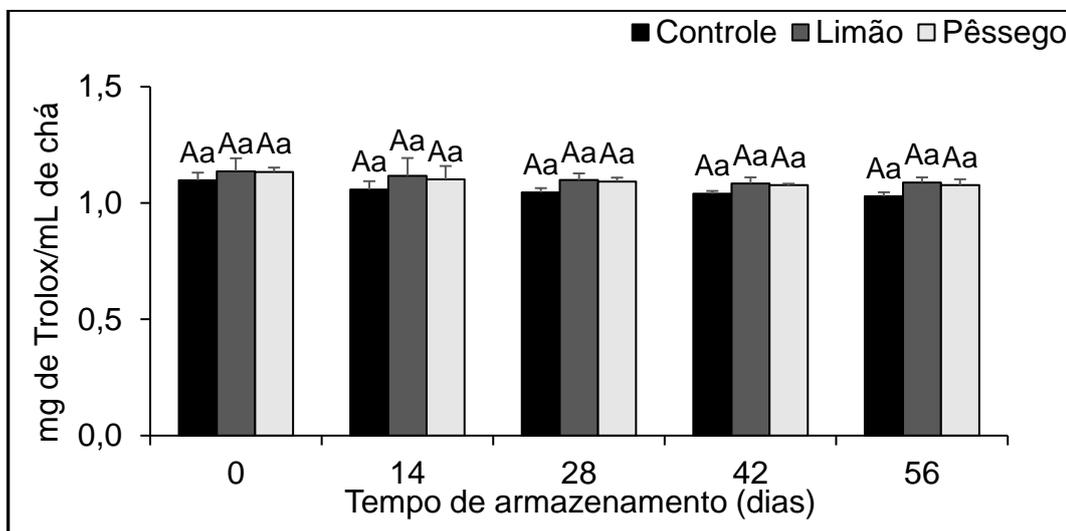
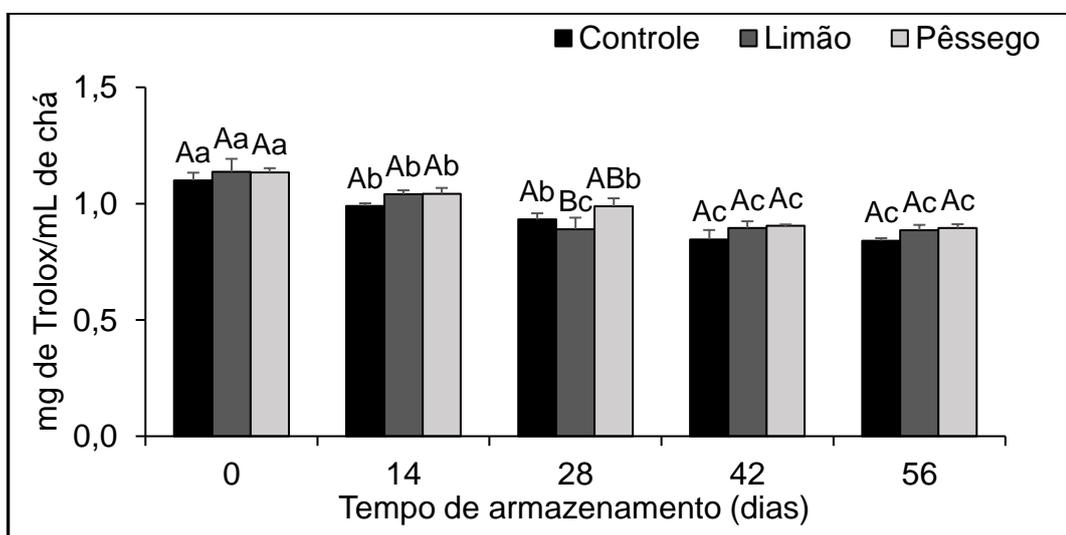


Figura 8: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na presença de luz medida pelo método ABTS. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.



As tendências gerais das mudanças de capacidade antioxidante para chás pretos durante o armazenamento foram um pouco as mesmas para conteúdo total de fenólicos (Figuras 3 e 4). Após 56 dias no escuro a capacidade antioxidante diminuiu apenas 5%, enquanto na luz foram observadas reduções respectivas de 16 e 22% após 28 e 56 dias de armazenamento. O mesmo comportamento foi observado para

a diminuição do conteúdo total de fenólicos das bebidas de chá preto quando expostas à luz. No final do armazenamento, os valores da capacidade antioxidante equivalente de Trolox eram 0,87 mg Trolox.mL⁻¹, na presença de luz e 1,06 mg de Trolox.mL⁻¹ quando protegido da luz.

Din et al. (2014) observaram que a atividade sequestrante de radicais livres DPPH das bebidas de chá preto diminuiu durante o período de armazenamento de 90 dias e foi acompanhada por uma redução nos percentuais de teaflavinas e tearubiginas. Para infusões de chás pretos, Chang et al. (2020) não encontraram diferença perceptível na atividade scavenging (DPPH) entre as temperaturas de armazenamento de 4,9 e 25 °C. Os autores atribuíram esses resultados ao período de armazenamento relativamente curto de 15 dias.

3.3. Avaliação do poder redutor (FRAP)

3.3.1. Bebidas à base de chá verde na ausência e presença de luz

As Figuras 9 e 10 exibem os resultados obtidos para capacidade antioxidante das bebidas à base de chá verde usando a metodologia FRAP. Inicialmente, os valores da capacidade antioxidante equivalente de Trolox para formulações de chá verde eram 1,38, 1,40 e 1,43 mg de Trolox.mL⁻¹ de bebida. Conforme o armazenamento prosseguia, na ausência de luz, a capacidade antioxidante reduziu 26% em 56 dias. Na presença de luz, uma redução acentuada de 44% foi observada em 28 dias para a capacidade antioxidante e 81% após 56 dias do período de armazenamento. Os valores da capacidade antioxidante equivalente de Trolox caíram para 1,04 mg Trolox.mL⁻¹ na ausência de luz e a 0,27 mg de Trolox.mL⁻¹ sob exposição à luz. Interessante ressaltar que os níveis de fenólicos para chás verdes expostos à luz não diminuíram na mesma proporção (reduções de apenas 21%) em comparação com o declínio da capacidade antioxidante no final do período de armazenamento (Figura 2).

Figura 9: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.

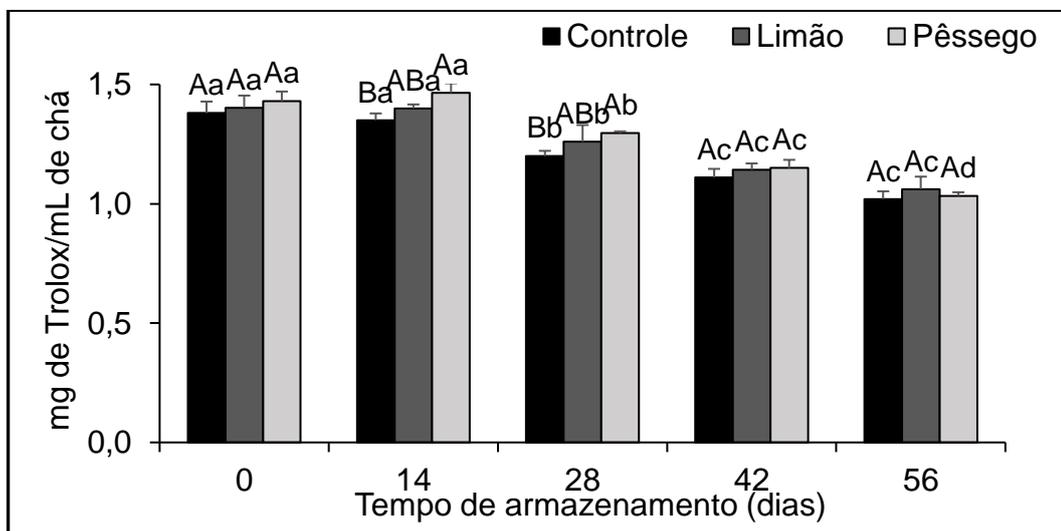
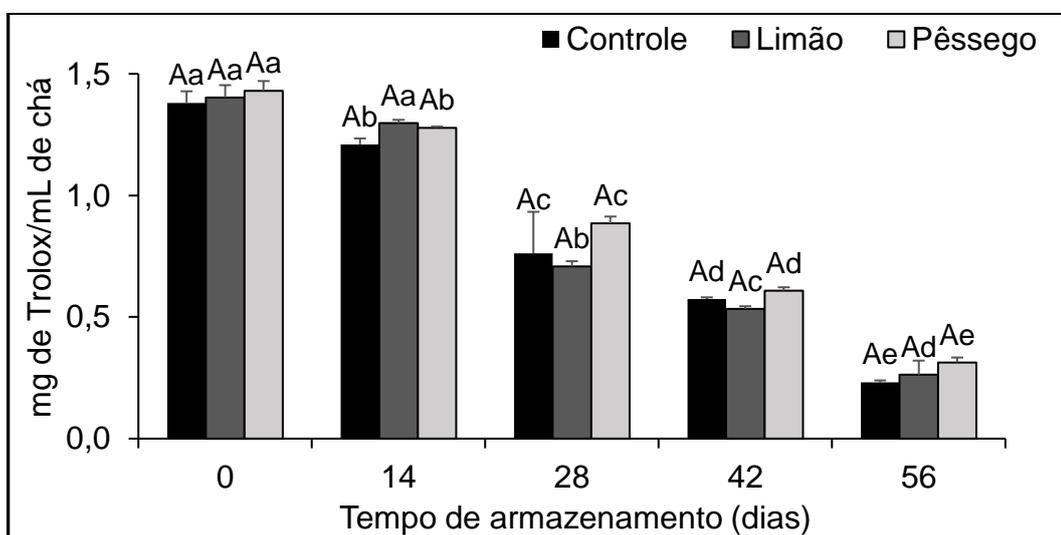


Figura 10: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá verde na presença de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.



3.3.2. Bebidas à base de chá preto na ausência e presença de luz

As Figuras 11 e 12 exibem os resultados obtidos para a capacidade antioxidante das bebidas à base de chá preto usando a metodologia FRAP. As amostras contendo formulação de chás pretos exibiram valores de capacidade antioxidante de 0,77; 0,74 e 0,75 mg Trolox.mL⁻¹ de bebida (Figuras 11 e 12), e esses valores também são inferiores aos encontrados para bebidas de chás verdes, conforme observado por

Lantano et al. (2015). O armazenamento dessas amostras revelou uma diminuição respectiva de 13 e 37% após 14 e 56 dias na sua capacidade antioxidante em condições de escuridão. Quando exposto à luz, foi observada uma deterioração de 29% em 14 dias e 47% após 56 dias.

Figura 11: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.

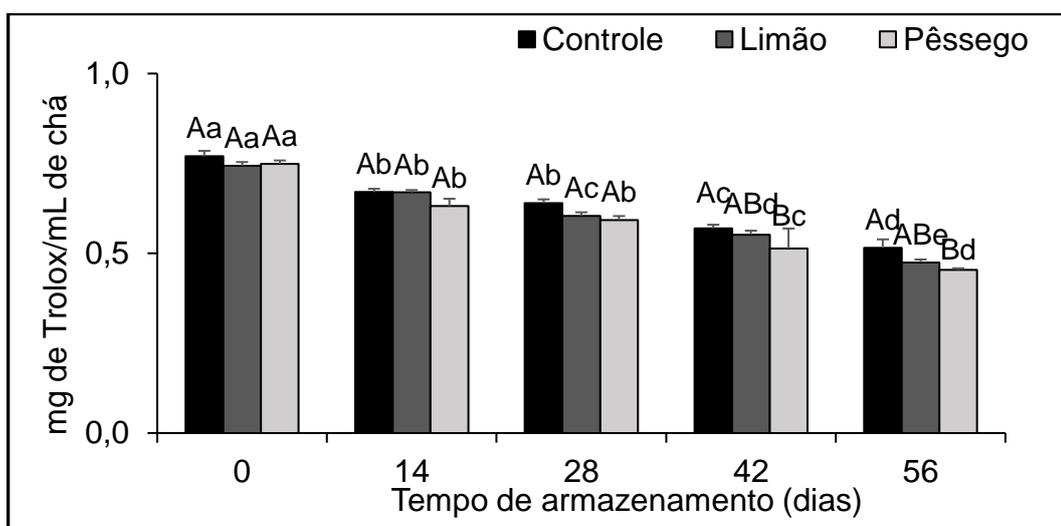
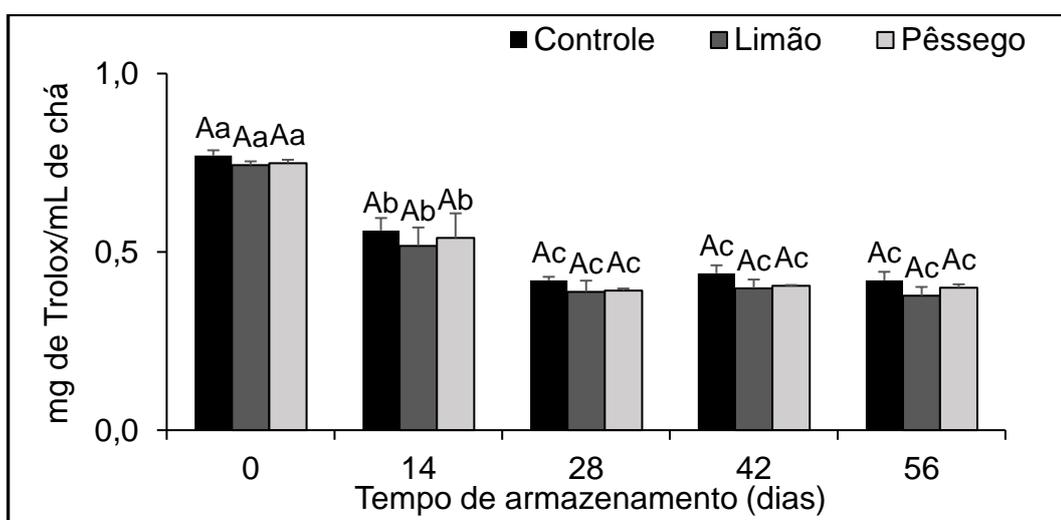


Figura 12: Efeito do tempo de armazenamento sobre a capacidade antioxidante de bebidas de chá preto na ausência de luz medida pelo método FRAP. Letras maiúsculas e minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os chás e ao longo do tempo de armazenamento.



Nekvapil et al. (2012) empregaram um método de fotoquimioluminescência (PCL) para capturar radicais superóxidos e encontraram uma diminuição mais

significativa na capacidade antioxidante para bebidas contendo extrato de chá verde e preto durante os primeiros 4 dias de armazenamento a 4 °C, na ausência de luz.

Até onde sabemos, esta é a primeira pesquisa que compara formulações de bebidas de chás verde e preto na ausência e exposição à luz LED. As maiores reduções observadas na capacidade antioxidante para as formulações de chá verde expostas à luz pelos métodos ABTS e FRAP, principalmente o último, são informações relevantes para a comercialização dessas bebidas.

A Tabela 2 resume os resultados da diminuição do conteúdo fenólico e capacidade antioxidante medidas pelas metodologias ABTS e FRAP no final do tempo de armazenamento.

Tabela 2. Decaimento percentual para conteúdo fenólico e capacidade antioxidante após 56 dias de armazenamento

Condições	Conteúdo fenólico		ABTS		FRAP	
	Verde	Preto	Verde	Preto	Verde	Preto
Ausência de luz	6%	11%	14%	5%	26%	37%
Presença de luz	21%	20%	22%	22%	81%	47%

Para as formulações de chá verde e preto, as reduções nos conteúdos fenólicos ao final do tempo de armazenamento foram proporcionalmente acompanhadas por diminuições na capacidade antioxidante avaliada por ABTS tanto para condições de escuro quanto de luz. Quando protegidos da luz houve tendência de manutenção dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante pelo ABTS, uma vez que os decaimentos foram menores que 15%, ao final de 56 dias de armazenamento (Figura 5). Esses resultados sugerem que os compostos fenólicos presentes nessas formulações de chá podem estar associados à manutenção da capacidade antirradical de capturar o radical livre ABTS durante o período de armazenamento. Porém, na presença de luz, os restantes 79% dos compostos fenólicos totais, não puderam garantir a capacidade das bebidas de chá verde em manter o poder antioxidante da redução férrica ao final do período de armazenamento, uma vez que o teor fenólico reduziu apenas 21%, enquanto a capacidade antioxidante

diminuiu 81% em relação ao tempo inicial após 56 dias de armazenamento, usando o método FRAP (Figura 10).

Outro achado interessante diz respeito às diferenças apresentadas pelos chás verde e preto na redução de sua capacidade antioxidante pelos dois métodos através do armazenamento. Enquanto um declínio perceptível na capacidade antioxidante (aproximadamente 80%) foi observado pelo poder de redução férrico para o chá verde, apenas 47% da redução foi observada para o chá preto, na presença de luz.

Na verdade, apesar das porcentagens residuais de conteúdo fenólico serem as mesmas para as formulações de chá preto e verde no final do armazenamento (cerca de 20%), as amostras de chá verde perderam 80% de sua capacidade de doar um elétron para reduzir complexos de TPTZ-Fe⁺³ enquanto apenas 22% de sua capacidade de neutralizar os radicais livres gerados a partir de ABTS diminuiu. Assim, os compostos antioxidantes presentes nas formulações de chá verde exibiram diferentes capacidades redutoras na presença de luz.

A análise da capacidade antioxidante aplicada a matrizes alimentares pode apresentar resultados diferentes dependendo do método utilizado. O ensaio FRAP é diferente dos outros, pois não há radicais livres envolvidos, mas a redução do ferro férrico (Fe³⁺) ao ferro ferroso (Fe²⁺) é monitorado. Assim, os resultados deste estudo evidenciaram a importância da avaliação da capacidade antioxidante por mais de um método, uma vez que os compostos antioxidantes presentes nas formulações de chás, principalmente sob incidência de luz, mostraram uma capacidade distinta de reduzir as moléculas alvo existentes no meio reacional para cada ensaio.

4. CONCLUSÃO

Em geral, o armazenamento não teve impacto nas concentrações fenólicas para formulações de chás verdes e pretas prontas para beber, mantidas na ausência de luz, e uma retenção de 94% e 89% do total de fenólicos totais foi observada respectivamente para preto e verde chás durante o armazenamento de 56 dias em temperatura ambiente.

Ocorreram reduções nos compostos fenólicos e na capacidade antioxidante nas bebidas expostas à luz LED. No entanto, para bebidas de chá verde, a capacidade antioxidante medidos pelo FRAP foram os mais afetados pela luz. Enquanto as amostras de chá verde tiveram uma perda de 26% na capacidade de capturar radicais ABTS, sua capacidade de reduzir o TPTZ-Fe⁺³ diminuiu 81% no final do

armazenamento. Esses resultados evidenciaram a diferença na capacidade dos compostos antioxidantes das bebidas à base de chá para responder diferentes condições de armazenamento.

Conforme mostrado neste estudo, a fim de garantir que os chás pretos e verdes prontos para beber alcancem um longo prazo de validade no varejo, com a proteção dos compostos responsáveis pelos potenciais benefícios à saúde, sugere-se manter essas bebidas no escuro quando armazenadas à temperatura ambiente.

Esses resultados apoiam futuras propostas de desenvolvimento de chás prontos para beber, complementados com análises microbiológicas e sensoriais. Eles também podem contribuir para a escolha da embalagem a ser utilizada no marketing e alertar profissionais da área de nutrição e consumidores que esperam obter benefícios para a saúde a partir dos compostos bioativos presentes nesses chás.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIR - Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas. Panorama Brasileiro da Indústria de Bebidas não Alcoólicas. Edição 2019/2020. Raio X do Setor, Chás pronto para beber.

AKHAVAN, H., BARZEGAR, M., WEIDLICH, H., & ZIMMERMANN, B. F. (2015). Phenolic compounds and antioxidant activity of juices from ten Iranian pomegranate cultivars depend on extraction. *Journal of Chemistry*, 2015.

ASOLINI, F.C., TEDESCO, A. M., CARPES, S. T., FERRAZ, C., ALENCAR, S. M. (2006). Atividade antioxidante e antibacteriana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.9, n.3, p. 209-215.

BAZINET, L., ARAYA-FARIAS, M., DOYEN, A., TRUDEL, D., & TÊTU, B. (2010). Effect of process unit operations and long-term storage on catechin contents in EGCG-enriched tea drink. *Food Research International*, 43(6), 1692-1701. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.05.015>

BENZIE, I. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239, n. 1, p. 70-76, 1996.

BRASIL; Decreto nº 6871, 04 de junho de 2009. Diário Oficial da União, DF, 05/06/2009

BRASIL; 2013; Instrução Normativa no. 19, 19 de junho de 2013.

BURIN, V. M., FALCÃO, L. D., GONZAGA, L. V., FETT, R., ROSIER, J. P., & BORDIGNON-LUIZ, M. T. (2010). Colour, phenolic content and antioxidant activity of grape juice. *Food Science and Technology*, 30, 1027-1032.

CARLONI, P., TIANO, L., PADELLA, L., BACCHETTI, T., CUSTOMU, C., KAY, A., & DAMIANI, E. (2013). Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*, 53(2), 900-908. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.057>

- CHANG, M.-Y., LIN, Y.-Y., CHANG, Y.-C., HUANG, W.-Y., LIN, W.-S., CHEN, C.-Y., HUANG, S.-L., & LIN, Y.-S. (2020). Effects of Infusion and Storage on Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Black Tea. *Applied Sciences*, 10(8), 2685.
- COPPOCK, R. W., & DZIWENKA, M. (2016). Chapter 46 - Green Tea Extract. In R. C. Gupta (Ed.), *Nutraceuticals* (pp. 633-652). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802147-7.00046-2>
- DEKANT, W., FUJII, K., SHIBATA, E., MORITA, O., & SHIMOTOYODOME, A. (2017). Safety assessment of green tea based beverages and dried green tea extracts as nutritional supplements. *Toxicology Letters*, 277, 104-108. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2017.06.008>
- DIN, A., PARVEEN, S., KAUSAR, H., KHAN, M. R., SHABBIR, M. A., & SHEHZAD, A. (2014). Development and stability of bioactive compounds in carbonated black ice tea beverage. *Brit. J. Agric. Sci.*, 9(1), 195-204.
- FRIEDMAN, M., LEVIN, C. E., LEE, S.-U., & KOZUKUE, N. (2009). Stability of Green Tea Catechins in Commercial Tea Leaves during Storage for 6 Months. *Journal of Food Science*, 74(2), H47-H51. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.01033.x>
- HAZRA, A., SAHA, J., DASGUPTA, N., SENGUPTA, C., KUMAR, P. M., & DAS, S. (2017). Health-benefit assets of different Indian processed teas: a comparative approach. *American Journal of Plant Sciences*, 8(07), 1607.
- JIMÉNEZ-ZAMORA, A., DELGADO-ANDRADE, C., & RUFÍÁN-HENARES, J. A. (2016). Antioxidant capacity, total phenols and color profile during the storage of selected plants used for infusion. *Food Chemistry*, 199, 339-346.
- KIM, Y., WELT, B. A., & TALCOTT, S. T. (2011). The impact of packaging materials on the antioxidant phytochemical stability of aqueous infusions of green tea (*Camellia sinensis*) and yaupon holly (*Ilex vomitoria*) during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4676-4683.
- LABBÉ, D., TÊTU, B., TRUDEL, D., & BAZINET, L. (2008). Catechin stability of EGC- and EGCG-enriched tea drinks produced by a two-step extraction procedure. *Food Chemistry*, 111(1), 139-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.048>

- LANTANO, C., RINALDI, M., CAVAZZA, A., BARBANTI, D., & CORRADINI, C. (2015). Effects of alternative steeping methods on composition, antioxidant property and colour of green, black and oolong tea infusions. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 8276-8283. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1971-4>
- LI, S., LO, C.-Y., PAN, M.-H., LAI, C.-S., & HO, C.-T. (2013). Black tea: chemical analysis and stability [10.1039/C2FO30093A]. *Food & Function*, 4(1), 10-18. <https://doi.org/10.1039/C2FO30093A>
- LIMA, J.D.; MAZZAFERA, P.; MORAES, W.S.; SILVA, R.B. (2009). Chá: aspectos relacionados à qualidade e perspectivas. *Ciência Rural*, v. 39, n.4, p. 1270-1278.
- LIMA, M. D. S., SILANI, I. D. S. V., TOALDO, I. M., CORRÊA, L. C., BIASOTO, A. C. T., PEREIRA, G. E., BORDIGNON-LUIZ, M. T., & NINOW, J. L. (2014). Phenolic compounds, organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. *Food Chemistry*, 161, 94-103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.109>
- NAKAMURA, T., SILVA, F. S., da SILVA, D. X., de SOUZA, M. W., & MOYA, H. D. (2013). Determinação da atividade antioxidante e do teor total de polifenol em amostras de chá de ervas comercializadas em sachets. *ABCS Health Sciences*, 38(1).
- NEKVAPIL, T., KOPRIVA, V., BOUDNY, V., HOSTOVSKY, M., DVORAK, P., & MALOTA, L. (2012). Decrease in the antioxidant capacity in beverages containing tea extracts during storage. *The Scientific World Journal*, 2012.
- OH, J., JO, H., CHO, A. R., KIM, S.-J., & HAN, J. (2013). Antioxidant and antimicrobial activities of various leafy herbal teas. *Food Control*, 31(2), 403-409. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.10.021>
- OTEMUYIWA, I. O., WILLIAMS, M. F., ADEWUSI, S. A. (2017). Antioxidant activity of health tea infusions and effect of sugar and milk on in-vitro availability of phenolics in tea, coffee and cocoa drinks. *Nutrition & Food Science*, v. 47, n. 4, p. 458-468.
- PAULA, R. A. d. O., SANTOS, E. S., PINTO, L. F., PAULA, F. B. A., RODRIGUES, M. R., SALLES, B. C. C., & DUARTE, S. M. S. (2015). Determinação da atividade antioxidante In vitro das bebidas de café e chás verde e preto. *Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences*, 36(2).

- PINTO, M. d. S. (2013). Tea: A new perspective on health benefits. *Food Research International*, 53(2), 558-567.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.038>
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- RECHNER, A., WAGNER, E., VAN BUREN, L., VAN DE PUT, F., WISEMAN, S., & RICE-EVANS, C. (2002). Black tea represents a major source of dietary phenolics among regular tea drinkers. *Free Radical Research*, 36(10), 1127-1135.
- SAUTTER, C. K., DENARDIN, S., ALVES, A. O., MALLMANN, C. A., PENNA, N. G., & HECKTHEUER, L. H. (2005). Determinação de resveratrol em sucos de uva no Brasil. *Food Science and Technology*, 25, 437-442.
- SINGLETON, V. L., ROSSI, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic – phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
- XING, L., ZHANG, H., QI, R., TSAO, R., & MINE, Y. (2019). Recent Advances in the Understanding of the Health Benefits and Molecular Mechanisms Associated with Green Tea Polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(4), 1029-1043. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b06146>
- YANG, J., & LIU, R. H. (2013). The phenolic profiles and antioxidant activity in different types of tea. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(1), 163-171. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03173.x>
- YAO, L. H., JIANG, Y. M., CAFFIN, N., D'ARCY, B., DATTA, N., LIU, X., SINGANUSONG, R., & XU, Y. (2006). Phenolic compounds in tea from Australian supermarkets. *Food Chemistry*, 96(4), 614-620.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.009>