

Estudo do trub quente, resíduo da produção de cerveja com lúpulo Cascade

Study of hot trub, residue from beer production with Cascade hops

RESUMO

Naiara Leticia Gatz
naiaragatz@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Lilian Tatiani Dusman Tonin
liliandusman@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, Paraná, Brasil

Durante o processo de produção de cerveja é gerado como segundo resíduo sólido o *trub* quente, proveniente da decantação forçada do mosto, fonte de compostos bioativos provenientes do malte e lúpulo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do solvente na extração de fenólicos totais, flavonoides, antocianinas e atividade antioxidante deste resíduo, obtido a partir do uso do lúpulo Cascade. Os testes de quantificação dos compostos foi realizada por métodos colorimétricos e a atividade antioxidante foi determinada pelos métodos de sequestro dos radicais livres DPPH, ABTS e habilidade quelante de ferro (II). Observou-se a influência do solvente extrator, sendo o solvente etanol/água 70:30 o mais eficiente na extração de fenóis totais e metanol/água 95:5 para flavonoides. Altos teores de antocianinas ($9,48 \pm 0,29$ mg 100 g⁻¹) e de flavonoides amarelos ($231,47 \pm 0,38$ mg 100 g⁻¹) foram quantificados. Os extratos que apresentaram maior potencial antioxidante foram, pelo método DPPH o etanol/água 70:30, ABTS o metanol/água 95:5 e metanol/água 70:30 e habilidade quelante metanol/água 70:30. Os resultados demonstram a presença de compostos bioativos antioxidante no resíduo, sugerindo sua aplicação nas indústrias de alimentos, cosméticos e medicamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidantes. Extração por solventes. Compostos bioativos. Resíduos.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



ABSTRACT

During the beer production process, the hot trub is generated as a second solid waste, from forced must decantation, a source of bioactive compounds from malt and hops. The objective of this work was to evaluate the influence of the solvent in the extraction of total phenolics, flavonoids, anthocyanins and antioxidant activity of this residue, obtained from the use of the Cascade hops. The quantification tests of the compounds were performed by colorimetric methods and the antioxidant activity was determined by the methods of scavenging free radicals DPPH, ABTS and iron (II) chelating ability. The influence of the extracting solvent was observed, with the solvent ethanol/water 70:30 being the most efficient in the extraction of total phenols and methanol/water 95:5 for flavonoids. High levels of anthocyanins (9.48 ± 0.29 mg 100 g⁻¹) and yellow flavonoids (231.47 ± 0.38 mg 100 g⁻¹) were quantified. The extracts that showed the greatest antioxidant potential were, by the method DPPH the ethanol/water 70:30, ABTS the ethanol/water 95:5 and methanol/water 70:30 and chelating ability methanol/watr 70:30. The results demonstrate the presence of bioactive antioxidant compounds in the residue, suggesting its application in the food, cosmetics and medicine industries.

KEYWORDS: Antioxidants. Solvent extraction. Bioactive compounds. Waste.

INTRODUÇÃO

O consumo de produtos de origem natural, como frutas, vegetais e seus derivados (sucos, vinho, chás e cerveja), ricos em compostos fenólicos, tem sido relacionado com a prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, incluindo o câncer (SCALBERT et al., 2005). Compostos com atividade antioxidante são definidos como substâncias que, estando presente em concentrações menores que as do substrato oxidável, têm a capacidade de atrasar ou inibir a oxidação deste. Estes compostos podem agir neutralizando a ação dos radicais livres no organismo e/ou quelando íons metálicos, por exemplo. Os radicais livres atacam moléculas biológicas, levando a doenças degenerativas, câncer, inflamação, aterosclerose e envelhecimento precoce (HALLIWELL; WHITEMAN, 2004). Estudos comprovam que os antioxidantes, provenientes de produtos naturais e seus subprodutos, principalmente os compostos fenólicos, podem ser usados também na preservação de alimentos, em cosméticos e para fins medicinais (SCHIEBER; STINTZING; CARLE, 2001; PATEL, 2014).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de cerveja (KOMAR, 2017). Sua produção gera três tipos de resíduos, sendo aproximadamente 24 milhões de Kg de bagaço de malte, 420 Kg de *trub* quente e 3,2 milhões de kg de levedura anualmente (CALLEMIEN; COLLIN, 2010).

O *trub* quente é o segundo resíduo sólido obtido no processo de produção da cerveja, através o *whirlpool*, que consiste na precipitação do material em suspensão por meio da centrifugação forçada (MATHIAS; DE MELLO; SÉRVULO, 2014). É gerado após a etapa de fervura do mosto e adição do lúpulo, e consiste em compostos insolúveis e produtos de condensação de polifenóis do lúpulo, proteínas do mosto e produtos de isomerização de ácidos do lúpulo, já que aproximadamente 85% do lúpulo adicionado à cerveja é descartado (COSTA, 2017).

O crescimento do mercado cervejeiro vem acompanhado do aumento dos resíduos gerados durante o processo, uma vez que o descarte inadequado pode causar impactos significativos ao meio ambiente, apresentando-se como um mercado em potencial a ser explorado. Assim, os subprodutos da cervejaria poderiam ser reintroduzidos no mercado como fonte de compostos bioativos a serem incluídos nos alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do solvente na extração de fenólicos totais, flavonoides e atividade antioxidante do resíduo *trub* quente gerado durante a produção de uma cerveja artesanal com o lúpulo Cascade, buscando-se determinar se este resíduo é fonte de compostos bioativos antioxidantes que podem ter uma futura aplicação industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras. A cerveja artesanal foi preparada pela professora Lilian Tatiani Dusman Tonin no período de maio a agosto de 2019, em duplicata. Foram utilizados os maltes: 4,0 Kg Malte Pilsen e 0,30 g Malte Chateau Melano; e o lúpulo Cascade: 30,0 g no tempo 60 min e 15,0 g no tempo 10 min.

Secagem do resíduo *trub* Cascade. A secagem do resíduo foi realizada em estufa de circulação de ar (marca SOLAB, modelo 102/480) na temperatura de 40°C até seu peso permanecer constante. Após a secagem, o produto desidratado foi triturado e armazenado em geladeira para a realização das análises.

Preparo dos extratos. Os extratos foram preparados em duplicata com 1,0000 g do resíduo desidratado com 50,0 mL dos solventes MeOH:H₂O 70:30 (v/v), MeOH:H₂O 95:5 (v/v), EtOH:H₂O 70:30 (v/v), durante 4 horas sob agitação magnética ao abrigo da luz (C = 20 g/L). Foram filtrados a partir da filtração simples, armazenados sob refrigeração e ao abrigo da luz.

Determinação de Antocianinas e flavonoides amarelos. A análise de antocianinas e flavonoides amarelos foram determinados através da metodologia de Francis (1982). O resíduo desidratado (1,0000g) foi extraído com 30mL de uma solução etanol 95% e HCl 1,5M (85:15) por agitação magnética durante 5 minutos. A solução foi transferida para um balão de 50,0mL tendo seu volume completado com o solvente extrator e armazenado por 16 horas. Após a filtração simples, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) com o comprimento de onda de 535 nm para antocianinas e 374 nm para flavonoides amarelos. Os resultados foram calculados em mg por 100 g⁻¹ de resíduo através das equações 1 e 2.

$$\text{Antocianinas totais} = ((\text{Fator de diluição} * \text{Abs}))/98,2 \quad (1)$$

$$\text{Flavonoides amarelos} = ((\text{Fator de diluição} * \text{Abs}))/76,6 \quad (2)$$

Determinação de compostos fenólicos totais. Os compostos fenólicos totais dos extratos do resíduo foram quantificados através da metodologia de Minussi et al. (2003), utilizando-se o reagente Folin-Ciocalteu. Em um tubo de ensaio foram adicionados 250 µL de extrato, 250 µL do reagente Folin-Ciocalteu, diluído em água destilada até a proporção 1:1, 500 µL uma solução saturada de carbonato de sódio (35,0 g de Na₂CO₃ em 100 mL de água destilada) e 4,0 mL de água destilada. Os tubos foram agitados e ficaram em repouso por 25 minutos, sendo centrifugados em seguida por 10 minutos a 3000 rpm. A leitura das amostras foi realizada no espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) com absorbância de 725 nm. O branco das análises foi preparado substituindo o extrato por 250 µL do solvente extrator. Uma curva padrão de ácido gálico foi construída nas concentrações de 25, 50, 100, 150 e 200 mg L⁻¹ ($y = 0,005x + 0,004$; $R^2 = 0,999$), sendo os resultados expressos em mg EAG 100 g⁻¹ de amostra, onde EAG é o Equivalente em Ácido Gálico.

Quantificação de flavonoides totais. Para a quantificação dos flavonoides foi utilizada a metodologia de Funari e Ferro (2006). As amostras foram preparadas adicionando-se a um tubo de ensaio 500 µL de extrato, 250 µL de solução 5% de cloreto de alumínio e 4,25 mL de MeOH. A mistura foi agitada e permaneceu a temperatura ambiente por 30 min. Após esse tempo realizou-se a leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) no comprimento de onda de 420 nm. Uma curva padrão de rutina nas concentrações de 10, 20, 40, 80, 100 e 200 mg L⁻¹ foi construída ($y = 0,005x - 0,021$; $R^2 = 0,995$) e os resultados foram expressos em mg de rutina 100 g⁻¹ de amostra.

Determinação da atividade antioxidante pelo método de sequestro do radical livre DPPH. Para determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH, adicionou-se em uma cubeta 1,0 mL de extrato (C = 20 g L⁻¹) e 2,0 mL de da

solução do radical DPPH (0,12 mM em MeOH). Após 30 minutos de incubação a absorbância foi lida em espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) a 517 nm (BRAND-WILLIAMS; CUVÉLIER; BERSSET, 1995). A atividade antioxidante foi expressa como porcentagem de inibição em relação ao controle, de acordo com a Equação 3, onde (Aa) representa a absorbância da amostra, (Ab) representa a absorbância do branco da amostra (1,0 mL de extrato e 2,0 mL de MeOH) e (Ac) representa a absorbância do controle (1,0 mL de MeOH e 2,0 mL de da solução do radical DPPH). Foi utilizado como padrão o BHT (butil-hidroxi-tolueno) e ácido ascórbico a uma concentração de 0,1 g L⁻¹. As análises foram realizadas em triplicata.

$$\%AA = [Ac - (Aa - Ab)] \cdot Ac^{-1} \quad (3)$$

Determinação da Atividade antioxidante pelo método ABTS⁺. A atividade antioxidante pelo método ABTS foi determinada segundo a metodologia de Rufino et al. (2007). Preparou-se as soluções de ABTS (192 mg em 50 mL de água destilada) e persulfato de potássio (378,4 mg em 10 mL de água destilada). Misturou-se 5,0 mL da solução de ABTS e 88 µL da solução de persulfato de potássio e após 16 h, diluiu-se com aproximadamente 70 mL de etanol, até atingir-se uma absorbância de aproximadamente 0,900 ± 0,050 em 734 nm, referente ao cátion radicalar ABTS⁺. Para a determinação da atividade antioxidante dos extratos, foram adicionados a uma cubeta 30 µL do extrato (C = 20 g L⁻¹) e 3,0 mL de solução de ABTS⁺. Após 6 minutos foi realizada a leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) a 734 nm. A atividade antioxidante foi expressa como porcentagem de inibição em relação ao controle, de acordo com a Equação 3, onde (Aa) representa a absorbância da amostra, (Ab) representa a absorbância do branco da amostra (30 µL de extrato e 3,0 mL de EtOH) e (Ac) representa a absorbância do controle (30 µL de EtOH e 3,0 mL de da solução do radical ABTS). Foi utilizado como padrão o BHT e ácido ascórbico a uma concentração de 0,1 g L⁻¹. As análises foram realizadas em triplicata.

Determinação da Habilidade Quelante do íon Ferro (II). Para a determinação da habilidade quelante, foram adicionados a um tubo de ensaio, 3,7 mL do extrato (C = 20 g L⁻¹) e 0,1 mL de FeCl₂ · 4H₂O (0,004 g em 10 mL água deionizada). Foi preparado um controle negativo (Acont), substituindo-se o extrato por MeOH e um controle positivo com 3,7 mL de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) (0,015 g L⁻¹). A primeira leitura (A₀) foi realizada espectrofotômetro (Agilent Technologies, modelo Cary 60 UV-VIS) a 562 nm. Adicionou-se então a esta mistura, 0,2 mL de ferrozina (0,025 g em 10 mL de água deionizada) e depois de 10 minutos a leitura foi realizada novamente no mesmo comprimento de onda (A₁). As análises foram realizadas em triplicata. O cálculo da porcentagem da habilidade quelante do extrato foi realizado a partir da Equação 4 (HABEYCH et al., 2016).

$$\% \text{Habilidade quelante} = [A_{\text{cont}} - (A_1 - A_0)] \cdot A_{\text{cont}}^{-1} \quad (4)$$

Análise estatística. Os resultados apresentados foram obtidos através da média das repetições ± desvio padrão e foram analisados estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05), com comparações múltiplas. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software Stat Soft. Inc. (2007).

RESULTADO E DISCUSSÃO

O processo de secagem é uma operação unitária que reduz o teor de água dos produtos, minimizando a ação de micro-organismos e a ocorrência de reações químicas e bioquímicas, responsáveis pela sua degradação e perda de qualidade, sendo utilizada na sua preservação e conservação (CELESTINO, 2010).

A temperatura de secagem é um fator importante, principalmente quando se visa manter os componentes bioativos dos produtos naturais (DA SILVA et al., 2017). Neste sentido, o *trub* quente foi seco a 40 °C a fim de não degradar seus compostos. A secagem durou em torno de 48 h e com um rendimento de aproximadamente 24%.

Os compostos fenólicos com propriedades antioxidantes incluem os flavonoides. Fatores como espécie, método de cultivo, origem geográfica, solo, estágio de maturação, condições climáticas, processamento e estocagem influenciam na quantidade e tipo destes compostos presentes em produtos naturais e seus subprodutos (SILVA et al., 2012). Na extração dos compostos fenólicos e flavonoides, a escolha do solvente extrator é um fator muito importante. A água em combinação com outros solventes orgânicos contribui para criar um meio moderadamente polar, o que favorece a extração de polifenóis (LAPORNIK; PROSEK; WONDRA, 2005). De acordo com Kowalczyk et al. (2013), o emprego de solventes hidro alcoólicos favorece a extração de compostos fenólicos, o que justifica a escolha dos três solventes utilizados.

Observa-se a influência do solvente extrator na quantidade de compostos fenólicos e flavonoides do resíduo estudado (Tabela 1). O solvente EtOH:H₂O 70:30 foi o mais eficiente na extração de fenóis totais e MeOH:H₂O 95:5 para flavonoides. O melhor solvente extrator para os fenóis totais apresentou um valor superior ao solvente menos eficiente de 25,8% e para flavonoides este valor foi ainda maior, sendo de 67,4%.

Tabela 1– Resultados de fenóis totais e flavonoides totais.

Solvente (v/v)	Fenóis totais mg EAG 100 g ⁻¹	Flavonoides totais mg ERT g ⁻¹
MeOH:H ₂ O 95:5	314,12 ± 4,11 ^c	215,22 ± 2,21 ^a
MeOH:H ₂ O 70:30	386,24 ± 3,05 ^b	94,10 ± 1,80 ^b
EtOH:H ₂ O 70:30	423,27 ± 5,59 ^a	70,17 ± 2,27 ^c

Resultados expressos como média ± desvio padrão (n=6). EAG = equivalente de ácido gálico; ERT = equivalente de rutina. Fonte: Autoria própria (2020).

Nossos estudos corroboram com diversos trabalhos que têm relatado a influência do solvente extrator no teor de compostos fenólicos totais e flavonoides em diferentes tipos de produtos naturais, tais como gengibre (*Zingiber officinale*) (CAMARGO et al., 2020), tansagem (*Plantago major*) (SANTOS; TONIN; TEIXEIRA; SUZUKI, 2019), jiló (*Solanum gilo*) (DA SILVA et al., 2017), boldo (*Plectranthus barbatus*) (SILVA et al., 2016), e resíduos agroindustriais, como o resíduo da produção do vinho (TONETTI; SUZUKI; TONIN., 2016).

Dentro da classe de flavonoides estão as antocianinas, pigmentos muito instáveis a temperatura, pH e oxigênio (LOPES et al., 2007). O interesse pelas antocianinas vem aumentando devido a capacidade antioxidante, propriedade

antiinflamatória, prevenção da hiperglicemia e estimulação da secreção da insulina desta classe de compostos (MILIAUSKAS; VENSKUTONIS; VAN BEEK, 2004).

Na quantificação de antocianinas do resíduo foi obtido um valor de $9,48 \pm 0,29$ mg 100 g^{-1} e de flavonoides amarelos de $231,47 \pm 0,38$ mg 100 g^{-1} . Esses resultados demonstram valores relativamente altos para estas classes de compostos, superior inclusive a polpas de fruta estudadas por nosso grupo de pesquisa, como a polpa de noni, que apresentou teores de antocianinas de $1,39$ mg 100 g^{-1} e flavonoides amarelos de $13,01$ mg 100 g^{-1} (PALIOTO et al., 2015), e a polpa da laranjinha-de-pacu que apresentou valores de $0,65$ e $9,63$ mg 100 g^{-1} para antocianinas e flavonoides amarelos, respectivamente (TONIN et al., 2020). Os teores encontrados foram semelhantes ao do gengibre desidratado a 40°C , que apresentou valores de $10,90$ e $200,15$ mg 100 g^{-1} para antocianinas e flavonoides amarelos, respectivamente (CAMARGO et al., 2020).

Os resultados de atividade antioxidante pelos métodos de sequestro do radical livre DPPH, ABTS e Habilidade Quelante do íon Ferro (II) para os extratos do resíduo estudado e os padrões BHT, ácido ascórbico e EDTA estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2– Resultados expressos em porcentagens de atividade antioxidante (%AA) com diferentes solventes extratores.

Solvente (v/v)	DPPH	ABTS	Habilidade quelante
MeOH: H ₂ O 95:5	$70,98 \pm 0,05^c$	$31,00 \pm 0,98^b$	$70,32 \pm 0,54^c$
MeOH: H ₂ O 70:30	$71,55 \pm 0,24^c$	$30,16 \pm 0,55^b$	$96,71 \pm 0,32^a$
EtOH: H ₂ O 70:30	$74,75 \pm 0,32^b$	$25,71 \pm 0,71^c$	$88,73 \pm 0,22^b$
BHT	$99,45 \pm 0,04^a$	$98,24 \pm 0,04^a$	-
Ácido ascórbico	$99,68 \pm 0,06^a$	$97,73 \pm 0,10^a$	-
EDTA	-	-	$70,59 \pm 1,34^c$

Resultados expressos como média \pm desvio padrão (n=6). DPPH = 2,2-difenil-1-picrilhidrazil. BHT = butil-hidroxi-tolueno. Fonte: Autoria própria (2020).

O método colorimétrico de sequestro do radical livre DPPH baseia-se no decréscimo da absorbância a 517 nm da solução de DPPH, que sofre redução pelos componentes presentes no extrato e formação do composto difenil-picril-hidrazina, com mudança simultânea na coloração de violeta a amarelo (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). O solvente extrator que melhor apresentou resultado para o método DPPH foi o EtOH:H₂O 70:30. A análise dos resultados de atividade antioxidante dos padrões BHT e ácido ascórbico revelam um valor superior de sequestro do radical de 25%, demonstrando o potencial antioxidante deste resíduo.

O método de sequestro do cátion radicalar ABTS⁺ baseia-se na redução deste por compostos antioxidantes presentes no extrato e formação do ABTS, com redução da absorbância a 734 (RUFINO et al., 2007). Os melhores resultados se deram para os solventes MeOH:H₂O 95:5 e MeOH:H₂O 70:30 não apresentando diferenças significativas. Os padrões BHT e ácido ascórbico apresentaram valores de atividade antioxidante muito superiores, demonstrando a importância destacada por Alves et al. (2010) da escolha do método para avaliar o potencial de antioxidantes naturais.

O método de habilidade quelante do íon Fe^{2+} baseia-se na reação destes íons com a ferrozina, quanto mais os compostos antioxidantes quelarem os íons, menos estarão disponíveis para reagir com a ferrozina e menor será a absorbância a 562 nm (HABEYCH et al., 2016). Compostos antioxidantes que possuem esta habilidade contribuem na quelação de metais de transição, que em excesso podem levar a peroxidação lipídica com conseqüente lesão das membranas plasmáticas e a oxidação do DNA. Mesmo em baixas concentrações o íon Fe^{2+} induz a geração de radicais hidroxila, através da reação de Fenton, causando lesão ou morte celular (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 1999). Por este método o solvente $\text{MeOH}:\text{H}_2\text{O}$ 70:30 foi o que forneceu maior potencial antioxidante para o *trub* Cascade, 27% superior ao padrão EDTA.

A alta habilidade quelante dos resíduos pode ser explicada pela presença dos compostos fenólicos e principalmente das humulonas presentes no lúpulo, que durante a fervura do mosto sofrem um processo de isomerização originado as iso-humulonas, formando cada uma dois diastereoisômeros na forma *cis*-iso-humulona e *trans*-iso-humulona. Sua estrutura molecular beta-tricarbonil conjugada é responsável pelas suas principais propriedades, entre elas a de quelar metais como Fe^{2+} e Cu^{2+} . Além disso, relatos na literatura descrevem ainda a atividade antioxidante de sequestro do radical livre DPPH e de inibição da peroxidação lipídica das humulonas (KARABÍN et al., 2016; TAGASHIRA; WATANABE; UEMITSU, 1995; SIMPSON, 1993).

Munekata et al. (2016) identificaram 14 compostos do mesmo extrato de resíduo da suspensão da fervura do mosto cervejeiro, sendo eles flavonoides (derivado da epi-catequina, derivado da epi-galocatequina, derivado da acacetina, quercetina-3-O-glicosídeo e catequina glicosilada, prodelfinidina B3), ácidos fenólicos (ácido cafeico hexosídeo e derivado do ácido síringico) e os ácidos amargos (derivados da lupulona, cohumulona e humulona), podendo-se sugerir a presença de alguns destes compostos no *trub* quente estudado, visto o potencial antioxidante que apresentaram pelos métodos testados.

CONCLUSÃO

O potencial antioxidante do resíduo da produção de cerveja, gerado a partir da decantação dos sólidos após a fervura do mosto, foi comprovado neste estudo. Demonstrou-se ainda a influência do solvente extrator na quantidade de compostos fenólicos e flavonoides, bem como alto teor de antocianinas e flavonoides amarelos. Estudos referentes ao uso destes na aplicação em alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos devem ser realizados, bem como a caracterização de seus componentes principais.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório Multiusuário de Apoio à Pesquisa da UTFPR Câmpus Apucarana (LAMAP).

REFERÊNCIAS

ALVES, C.Q.; DAVID, J.M.; DAVID, J.P.; BAHIA, M.V.; AGUIAR, R.M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, **LWT-Food Science Technology**, v. 22, p. 25-30, 1995.

CALLEMIEN, D.; COLLIN, S. Structure, organoleptic properties, quantification methods, and stability of phenolic compounds in beer – a review. **Food Reviews International**, v. 26, p. 1-84, 2010.

CAMARGO, J. N. A.; BERTAN, A. S.; ALMEIDA, I. V. D.; VICENTINI, V. E. P.; DUSMAN, E.; TONIN, L. T. D. Antitumoral activity, antioxidant capacity and bioactive compounds of ginger (*Zingiber officinale*). **Acta Scientiarum Technology**, v. 42, p.1-11, 2020.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. 51 p.

COSTA, F. S. F. **Estudo do resíduo gerado pela indústria cervejeira artesanal, trub quente, caracterização fitoquímica e avaliação de atividades antimicrobiana e antioxidante**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

DA SILVA, C. F. G.; SUZUKI, R. M.; CANESIN, E. A.; TONIN; L. T. D. Otimização do processo de extração de compostos fenólicos do jiló (*Solanum gilo* Radi) e aplicação na estabilidade oxidativa do óleo de soja. **Revista Virtual de Química**, Apucarana, v. 9, p.729-739, 2017.

FRANCIS, F. J. **Analysis of anthocyanins**, In: Anthocyanins as food colors, New York: Academic Press, p. 181-207, 1982.

FUNARI, C. S.; FERRO, V. O. Análise de própolis, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, p. 171–178, 2006.

HABEYCH, E.; KOGELNBERG V.; SAGALOWICZ, L.; MICHEL, M.; GALAFFU, N. Strategies to limit colour changes when fortifying food products with iron, **Food Research International**, v. 88, p. 122-128, 2016.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free Radicals in Biology and Medicine**, 3ª ed, Oxford University Press: New York, 1999.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage *in vivo* and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**, v. 142, p. 231-55, 2004.

KARABÍN, M.; HUDCOVÁ, T.; JELÍNEK, L.; DOSTÁLEK, P. Biologically active compounds from hops and prospects for their use. **Comprehensive Reviews - Food Science & Food Safety**, v. 15, p. 542-567, 2016.

KOMAR, A.P. **Cinco maiores produtores de cervejas do mundo**. Disponível em: <https://blog.clubedomalte.com.br/curiosidades-cervejeiras/5-maiores-produtores-de-cerveja-do-mundo/>. Acesso em: 05 jun. 2020.

KOWALCZYK, D.; SWIECA, M.; CICHOKA, J.; GAWLIK-DZIKI, U. The phenolic content and antioxidant activity of the aqueous and hydro alcoholic extracts of hops and their pellets, **Journal of the Institute of Brewing**, v. 119, p. 103-110, 2013.

LAPORNIK, B.; PROSEK, M.; WONDRA, A. G. Comparison of extract prepared from plant by products using different solvents and extraction time, **Journal of Food Engineering**, v. 71, n. 2, p. 214-222, 2005.

LOPES, T. J.; XAVIER, M. F.; QUADRI, M. G. N.; QUADRI, M. B. Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, p. 291-297, 2007.

MATHIAS, T. R. S.; DE MELLO, P. P. M.; SÉRVULO, E. F. C. Solid wastes in brewing process: a review. **Journal of Brewing and Distilling**, v. 5, p.1-9, 2014.

MILIAUSKAS, G.; VENSKUTONIS, P. R.; VAN BEEK, T. A. Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. **Food Chemistry**, v. 85, p. 231-237, 2004.

MINUSSI, R. C.; ROSSI, M.; BOLOGNA, L.; CORDI, L.; ROTILIO, D.; PASTORE, G. M.; DURÁN, N. Phenolic compounds and total antioxidant potential of commercial wines, **Food Chemical**, v. 82, p. 409-416, 2003.

MUNEKATA, P. E. S.; FRANCO, D.; TRINDADE, M. A.; LORENZO, J. M. Characterization of phenolic composition in chestnut leaves and beer residue by LC-DAD-ESI-MS. **LWT- Food Science and Technology**, v. 68, p. 52-58, 2016.

PALIOTO, G. F.; SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V., ROCHA, C. L. M. S. C.; TONIN, L. T. D. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* Linn (noni) cultivados no Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 59-66, 2015.

PATEL, S. *Hibiscus sabdariffa*: An ideal yet under-exploited candidate for nutraceutical applications. **Biomedicine & Preventive Nutrition**, v. 4, p. 23-27, 2014.

RUFINO, M. S. M; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; JIMENEZ, J. P.; CALIXTO, F. D. S. Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, v. 127, p. 1-4, 2007.

SANTOS, K. B.; TONIN, L. T. D. Estudo da influência da temperatura de secagem e solvente extrator na capacidade antioxidante de folhas *Plantago major*. **Revista Fitos**, v. 13, p. 200-211, 2019.

SCALBERT, A.; MANACH, C.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 287-306, 2005.

SCHIEBER, A.; STINTZING, F. C.; CARLE, R. By-products of plant food processing as a source of functional compounds. **Recent developments. Trends in Food Science & Technology**, v. 12, p. 401-413, 2001.

SILVA, C. F. G.; MENDES, M. P.; ALMEIDA, V. V.; MICHELS, R. N.; SAKANAKA, L. S.; TONIN, L. T. D. Parâmetros de qualidade físico-químicos e avaliação da atividade antioxidante de folhas de *Plectranthus barbatus* Andr. (Lamiaceae) submetidas a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas medicinais**, v. 18, p.48-56, 2016.

SILVA, Q. J.; MOREIRA, A. C. C. G.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G. Compostos fenólicos e atividade antioxidante de genótipos de ciriguelas (*Spondia Purpurea* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 23, p. 73-80, 2012.

SIMPSON, W. J. J. Cambridge prize lecture. Studies on the sensitivity of lactic acid bacteria to hop bitter acids. **Journal of the Institute of Brewing**, Nutfield, v. 99, p. 405-411, 1993.

TAGASHIRA, M.; WATANABE, M.; UEMITSU, N. Antioxidative activity of hop bitter acids and their analogues. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 59, p.740-742, 1995.

TONETTI, C. R.; SUZUKI, R. M.; TONIN, L. T. D. Efeito antioxidante do extrato do resíduo da produção do vinho na estabilidade oxidativa do óleo de soja. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 7, p. 1-15, 2016.

TONIN, L. T. D.; TEIXEIRA, B. S.; SUZUKI, R. M. Capacidade antioxidante e compostos bioativos dos frutos de *Pouteria glomerata* (Laranjinha-de-pacu). **Revista Tecnológica**, v. 29, p. 291-308, 2020.