Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 20/10/2022

At the author's request, the full text of this thesis / dissertation will not be available online until October 20, 2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

GABRIEL CÁSSIA FORTUNA

DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOQUÍMICO DE VARIEDADES DE LÚPULO PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES TROPICAIS SOB MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

Botucatu

2021

GABRIEL CÁSSIA FORTUNA

DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOQUÍMICO DE VARIEDADES DE LÚPULO CULTIVADAS EM CONDIÇÕES TROPICAIS EM MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Horticultura

Orientador: Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim

Botucatu

2021

F745d

Fortuna, Gabriel Cássia

Desempenho agronômico e fitoquímico de variedades de lúpulo cultivadas em condições tropicais em manejo orgânico e convencional / Gabriel Cássia Fortuna. -- Botucatu, 2022

87 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu

Orientador: Filipe Pereira Giardini Bonfim

1. Humulus lupulus L.. 2. Cultivo de lúpulo. 3. Sistemas de cultivo. 4. Variedades. 5. Compostos químicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: DESEMPENHO AGRONÔMICO E FITOQUÍMICO DE VARIEDADES DE LÚPULO PRODUZIDAS EM CONDIÇÕES TROPICAIS SOB MANEJO ORGÂNICO E CONVENCIONAL

AUTOR: GABRIEL CÁSSIA FORTUNA

ORIENTADOR: FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FILIPE PEREIRA GIARDINI BONFIM (Participaçao Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof.ª Dr.ª JORDANY APARECIDA DE OLIVEIRA GOMES (Participaçao Virtual)
Pós-Doutoranda - Centro de P&D de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Prof. Dr. CRISTIANO SOLEO DE FUNARI (Participaçao Virtual)
Bioprocessos e Biotecnologia / Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP - Botucatu

Dr.ª MÁRCIA ORTIZ MAYO MARQUES (Participaçao Virtual)
Centro de Pesquisa de Recursos Genéticos Vegetais / Instituto Agronômico de Campinas

Prof. Dr. JOSÉ BALDIN PINHEIRO (Participaçao Virtual)
Departamento de Genética / Universidade de São Paulo(USP/ESALQ) - Piracicaba/SP

Botucatu, 20 de outubro de 2021

A minha amada companheira Michelle,
As pessoas que me deram e me ensinaram a vida, meus pais Ângelo (In Memoriam)
e Maria Stela,
A minha querida irmã Jana,
Aos meus doces sobrinhos Maria Anita e Miguel Ângelo,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi desenvolvido por muitas mãos, e não teria acontecido se não fosse a paixão e dedicação de todos que ajudaram a torná-lo uma realidade.

À minha amada companheira de vida Michelle Bruna Santana Santos por toda a ajuda no campo, na redação da tese, por me dar tranquilidade e propiciar as melhores condições para que eu pudesse desenvolver esse trabalho.

Aos meus pais Ângelo Barcelos Fortuna e Maria Stela Cássia Fortuna, que me ensinaram todos os valores que levo comigo e me proporcionaram com muito trabalho as melhores condições que eu poderia ter para chegar até aqui.

A minha irmã Jana Maria Fortuna de Castro, minha referência com bons exemplos e cuidados comigo. Ao meu cunhado Filipe Ávila de Castro por construírem uma linda família ao gerarem os dois maiores presentes que tenho, meus sobrinhos Maria Anita e Miguel Ângelo, fontes de inspiração para minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Filipe Pereira Giardini Bonfim, que aceitou iniciar esse projeto me acolhendo e dando confiança e autonomia para desenvolvê-lo, seus ensinamentos deram o suporte necessário para o sucesso no trabalho, e ainda se tornou um grande amigo, com muitos churrascos e degustações de boas cervejas.

Ao Prof. Dr. Cristiano Soleo de Funari e o Dr Amauri Alves Souza pelas orientações e análises químicas feitas no LACEM, e a Prof. Dra. Márcia Ortiz Marques Mayo pelos ensinamentos fitoquímicos e análises feitas no laboratório de voláteis do IAC.

A pós-doutoranda Jordany de Oliveira Gomes pela contribuição com o desenvolvimento do trabalho, solucionando dúvidas sempre de prontidão, e por toda a sua contribuição no desenvolvimento dos artigos e nas análises fitoquímicas.

Aos meus amigos Guilherme Moleiro, Walney Pena, Olívia Pak e Caio Scardini por todo o suor derramado no campo e no laboratório, e por fazer com que o trabalho fosse cada vez mais prazeroso por estar com vocês todos os dias compartilhando da mesma paixão de trabalhar com o lúpulo. Aos estagiários pela força de trabalho e interesse de aprender que me motivava cada dia mais a ir para o campo.

Ao meu grande amigo de infância Guilherme Agostinho, começamos juntos a paixão e imersão pelo universo cervejeiro, e ele foi o grande responsável por eu ter iniciado essa pesquisa com o lúpulo e minha caminhada dentro desse segmento.

Ao Programa de Pós-Graduação, a FCA-UNESP e seus professores e funcionários

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto de pesquisa (Processo n° 2019/27066-8)

RESUMO

O lúpulo é uma planta com vários compostos químicos já conhecidos e usados por diversas indústrias como a farmacêutica e cosmética, porém o seu uso é quase que exclusivamente voltado para o mercado cervejeiro. Os compostos químicos de interesse no lúpulo como os ácidos amargos e compostos voláteis estão nas glândulas lupulínicas presentes nos cones (inflorescência). Além dos fatores genéticos e idade da planta, as condições ambientais e de manejo irão influenciar na produção de cones e teores destes compostos bioativos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agronômico e fitoquímico de cinco variedades de lúpulo cultivadas sob manejo orgânico e convencional. O experimento foi implantado no “Pomar Didático”, da FCA da UNESP – Botucatu, em novembro de 2018, sendo avaliado nesse trabalho apenas o 2° ano de produção. Foi adotado o delineamento de blocos casualizados, com 4 blocos em esquema de parcelas subdivididas 2x5, tendo como fator principal os sistemas de cultivo, e como fator secundário as variedades. Os parâmetros morfológicos produtivos avaliados após a colheita foram o peso fresco de cones, altura de inserção dos primeiros cones, comprimento dos entrenós, comprimento dos ramos laterais, comprimento dos cones e dias do início da brotação até a colheita. Também foram avaliados os parâmetros de qualidade em relação aos alfas e beta ácidos, óleo essencial e teor de xanthohumol. O sistema de manejo orgânico obteve maior produção de cones frescos em relação ao convencional. A variedade mais produtiva foi a Columbus, e a menos produtiva foi a Hallertau Mittelfrüeh. O comprimento médio dos cones foi maior nas variedades Cascade, Chinook e Nugget. O ciclo da planta foi mais precoce no sistema convencional para Cascade e Nugget, e para a Hallertau Mittelfrüeh no sistema orgânico. Para o monoterpeno mirceno, a Hallertau Mittelfrüeh obteve um teor maior no sistema orgânico (62%), assim como o sesquiterpeno trans-cariofileno (37%), que foi maior na variedade Columbus. Já o teor de farneseno foi maior na Hallertau Mittelfrüeh cultivada em sistema convencional. Os resultados demostram que o manejo pode influenciar na produtividade e nas características de aroma do lúpulo, e as diferenças nos parâmetros produtivos e de qualidade entre as variedades demonstram a diferença entre os materiais genéticos estudados.

Palavras-chave: *Humulus lupulus* L.; variedades; sistema orgânico; sistema convencional; compostos químicos.

ABSTRACT

Hops is a plant with several chemical compounds already known and used by various industries such as pharmaceuticals and cosmetics, but its use is almost exclusively aimed at the beer market. The chemical compounds of interest in hops such as bitter acids and volatile compounds are found in the lupulin glands present in the cones (inflorescence). In addition to genetic factors and plant age, depending on environmental and management conditions influence the bioactive compound contents. Therefore, the objective of this work was to evaluate the agronomic and phytochemical performance of five hop varieties grown under organic and conventional management. The experiment was implemented in the "Didactic Orchard", of the FCA of UNESP - Botucatu, in November 2018, only the 2nd year of production was evaluated in this work. A randomized block design was adopted, with 4 blocks in a 2x5 subdivided plot scheme, with the cultivation systems as the main factor and the varieties as the secondary factor. The productive morphological parameters obtained after harvest were fresh weight of cones, height of insertion of the first cones, length of internodes, length of lateral branches, length of cones and days from beginning of sprouting to harvest. Quality parameters regarding alpha and beta acids, essential oil and xanthohumol content were also considered. The organic management system obtained greater production of fresco cones compared to the conventional one. The most productive variety for Columbus, and the least productive for Hallertau Mittelfrüeh. The average length of the cones was greater in Cascade, Chinook and Nugget varieties. The plant cycle was earlier in the conventional system in Cascade and Nugget, and for a Hallertau Mittelfrüeh in the organic system. For the myrcene monoterpene, a Hallertau Mittelfrüeh obtained a higher content in the organic system, as well as the trans-caryophyllene sesquiterpene, which was higher in the Columbus variety. The farnesene content was higher in Hallertau Mittelfrüeh cultivated in a conventional system. The results show that management can influence the yield and flavor characteristics of hops, and the differences in yield and quality parameters between varieties demonstrate the difference between the genetic materials studied.

Keywords: *Humulus lupulus* L.; varieties; organic system; conventional system; chemical compounds.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
2 REVISÃO DE LITERATURA 17
2.1 Lúpulo (*Humulus lupulus* L., Cannabaceae), variedades estudadas e importância econômica 17
2.2 Compostos químicos do lúpulo 22
2.2.1 Ácidos amargos 23
2.2.2 Óleo essencial 26
2.2.3 Xanthohumol 29
2.3 Cultivo de Lúpulo Orgânico 31
3 MATERIAL E MÉTODOS 35
3.1 Caracterização da área experimental 35
3.2 Implantação e condições de cultivo 38
3.2.1 Cultivo convencional 39
3.2.2 Cultivo orgânico 40
3.2.3 Tratos culturais 40
3.3 Delineamento experimental e tratamentos 41
3.4 Parâmetros morfológicos produtivos 41
3.5 Análise dos ácidos amargos e xanthohumol 43
3.6 Teor e perfil químico de óleo essencial 44
3.7 Análise estatística 45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 46
4.1 Características químicas e biológicas do solo 46
4.2 Produção e características morfológicas produtivas 51
4.3 Maturidade tecnológica 57
4.4 Caracterização do perfil químico 58
5 CONCLUSÕES 75
REFERÊNCIAS 77

1 INTRODUÇÃO

Com produção anual de aproximadamente 14 bilhões de litros de cerveja, o Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (MAPA, 2017). Em 2020 foram registradas 1.383 cervejarias no país (MAPA, 2020), e o número de estabelecimentos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) entre 2008 e 2018 aumentou em oito vezes, passando de menos de 100 para 889 (MARCUSSO; MULLER, 2018).

Esse mercado vem gerando um faturamento de R$ 77 bilhões, equivalente a 2% do PIB nacional, e 117 mil hectares de área cultivada com matéria-prima (cereais maltados) para a produção da bebida (SINDCERV, 2017). Além dos cereais maltados, o lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é o principal ingrediente da cerveja, sendo a indústria cervejeira responsável por 98% do uso mundial da planta (MOIR, 2000).

O Brasil destaca-se como maior importador de lúpulo da América do Sul (FAO STAT, 2015). As importações de lúpulo no ano de 2020 custaram aproximadamente US$ 57 milhões de dólares, sendo importados 3,24 mil toneladas de lúpulo (COMEXSTAT, 2020). A total dependência do mercado externo de lúpulo torna a produção da cerveja artesanal mais onerosa e de qualidade reduzida, em decorrência do transporte e tempo de armazenamento do lúpulo (CEOLA, 2020). Portanto, a produção local de lúpulo e a expansão do mercado cervejeiro aumentaram o interesse por lúpulos dotados de perfis fitoquímicos peculiares e para novas zonas de cultivo, produzindo lúpulo com características sensoriais próprias de cada região (MONGELLI *et al*., 2016).

O interesse comercial pelo lúpulo se dá essencialmente pelas inflorescências femininas, também chamadas de cones, onde estão presentes as estruturas sintetizadoras e armazenadoras de lupulina (MARCOS *et al.*, 2011). Essas estruturas secretoras, conhecidas como glândulas de lupulina, contêm grandes quantidades de resinas, compostos fenólicos e óleos essenciais (FARAG e WESSJOHANN, 2013), substâncias essas responsáveis pelo aroma e amargor da cerveja além de terem propriedades medicinais anti-inflamatórias, antibacterianas, antioxidantes e outras bioatividades (KONDO, 2004; COWAN, 1999; SAKAMOTO e KONINGS, 2003). A resina encontrada nos cones é constituída por alfa e beta ácidos, que conferem a cerveja o amargor. Os óleos essenciais são compostos químicos responsáveis pelo aroma (RODRIGUES, MORAIS e CASTRO, 2015). Os polifenóis contribuem para a

coloração, além de promover estabilidade coloidal da espuma através da complexação com proteínas, atuando também no aumento da imunidade e na saúde de maneira geral por possuírem ação antioxidante (BOULTON, 2013).

Fatores climáticos como horas de insolação, temperatura, disponibilidade hídrica e os fenótipos expressos por cada variedade em diferentes condições ambientais irão influenciar na formação de teores distintos de compostos ativos, que é um dos parâmetros mais importantes para a indústria cervejeira na avaliação da qualidade das flores de lúpulo (PAVLOVIČ, 2010).

Keukeleire *et al*. (2007) sugerem em seus estudos que algumas variedades de lúpulo podem apresentar melhor desempenho do que outras em condições de cultivo orgânico e que as respostas na produção de metabolitos secundários parecem ser ocasionadas em função de níveis de estresse ocorridos na planta em função da grande interação de fatores bióticos e abióticos deste sistema.

Como o cultivo de lúpulo ainda é muito recente no Brasil, com os primeiros campos comerciais implantados em 2018 e uma cadeia de produção ainda incipiente, o lúpulo brasileiro ainda não consegue atender nem 1% da grande demanda interna do mercado, porém se mostra altamente promissor com os primeiros resultados obtidos a campo e o futuro crescimento da cadeia produtiva.

Portanto tornam-se necessárias pesquisas de manejo para o estabelecimento de protocolos de cultivo de lúpulo dentro das nossas condições climáticas, de solo e de escala de produção, assim como avaliar o desempenho agronômico e fitoquímico de diferentes variedades nessas condições locais, tendo em vista que a composição química e teor dos óleos essenciais e resinas, compostos estes de grande valor comercial para indústria cervejeira e farmacêutica, são influenciados tanto por fatores genéticos, quanto manejo e condições ambientais dos locais de cultivo (LAFONTAINE *et al*., 2018). Essa pesquisa é a primeira no país avaliando como diferentes sistemas de manejo podem afetar a produção e qualidade do lúpulo.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a adaptação agronômica de cinco variedades de lúpulo e a influência do manejo orgânico e convencional na composição química dos ácidos amargos e óleo essencial dessas variedades, a fim de trazer informações que possam gerar subsídios para o cultivo de lúpulo com padrão comercial em regiões com clima semelhante às do local do estudo.

5 CONCLUSÕES

O sistema de manejo orgânico proporcionou maior produção fresca de cones e aumento do teor de alguns compostos terpênicos do óleo essencial como o mirceno e o cariofileno, e o sistema convencional influenciou no aumento do sesquiterpeno farneseno.

A variedade mais produtiva foi a Columbus e a menos produtiva foi a Hallertau Mittelfrüeh.

As variedades se diferiram quanto ao comprimento e produção fresca de cones, maturidade tecnológica, teor e composição química do óleo essencial.

Os sistemas de manejo influenciaram na produção de cones, maturidade tecnológica e composição química do óleo essencial.

Os teores dos ácidos amargos e xanthohumol não sofreram efeito dos sistemas de manejo e das variedades.

As diferenças entre os sistemas de manejo indicam que a fertilização e o controle fitossanitário podem alterar a produção e a composição química do óleo essencial do lúpulo.

As mudanças encontradas para as variedades em alguns parâmetros morfológicos produtivos e fitoquímicos mostram que há diferenças entre alguns materiais genéticos estudados.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R.P. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. **Allured Publishing Corporation**, Carol Stream, IL, 2007.

ALMAGUER, C. *et al*. *Humulus lupulus* - a story that begs to be told. A review. **Journal of the Institute of Brewing**, London, GB, v. 120, n. 4, p. 289–314, 2014.

AMERICAN ORGANIC HOP GROWER ASSOCIATION (AOHGA). **Organic hop market report**, maio,2011. Disponível em: http://usorganichops.com/AOHGA/index/Entries/2011/5/31_Organic_Hop_Market_Report_%28May_2011%29.html Acesso em: 15 jan. 2021.

ANGHINONI, I.; SCHLINDWEIN, J. A.; NICOLODI, M. Amostragem do solo no sistema plantio direto. *In*: CURSO DE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 5., 2002, Guarapuava. **Resumos** […] Passo Fundo: Aldeia Norte, 2002. p. 97-105.

APG II. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society,** London, v. 141, p. 399-436, 2003.

BAMFORTH, C. **Brewing materials and processes**: A practical approach to beer excellence. 1. ed. Cambridge: Academic Press, 2016.

BARTH, H. J. 1950–2005: Hop trade – Events and trends in the hop market in Germany and the USA from 1950 to the present day. **Hopfen Rundschau International**. p. 66–77, 2005.

BEATSON, R. *et al*. **Compendium of hop diseases and pests**. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society, 2009.

BLAND, J. S. *et al.* Isohumulones from hops (*Humulus lupulus*) and their potential role in medical nutrition therapy. **Pharma Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 46-52, 2015.

BOT, A.; BENITES, J. The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food production. **FAO Soils Bulletin**, n. 80, p. 94, 2005.

BOULTON, C. **Encyclopedia of Brewing**. 1. ed. [s.l.] John Wiley & Sons, 2013.

BROOKS, S. N. *et al*. Registration of Cascade hop (Registration No. 1). **Crop Science**, v. 12, p. 394, 1972.

Burgess, A.H. **Hops, botany, cultivation and utilization**. Nova Iorque: Interscience Publishers Inc., 1964.

ČEH, B.; ZMRZLAK M. **HMELJ**: od sadike do storžkov. Žalec: Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, 2012.

CEOLA, D. **Aspectos do Lúpulo no Brasil**. Paraná: Beer School, 2020. Disponível em: http://beerschool.com.br/2020/03/23/aspectos-do-lupulo-no-brasil/. Acesso em: 23 jun. 2020.

CLAESSEN, M. E. C. Manual de métodos de análise de solo. Embrapa Solos-Documentos (INFOTECA-E), Rio de Janeiro, 212 p., 1997. 2. ed. rev. atual.

COMEXSTAT. *In*: Dados estatísticos do comércio exterior brasileiro. Disponível em: http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home. Acesso em: 20 fev. 2021.

COWAN, M. Plant Products as Antimicrobial Agents. **Clinical Microbiology Reviews**. v. 12, n. 4, p. 564-582, 1999.

CUNHA A.R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Irriga**, v.14, p. 1-11, 2009.

DE KEUKELEIRE, D. Fundamentals of beer and hop chemistry. **Química nova**, São Paulo, SP, v. 23, p. 108-112, 2000.

DE KEUKELEIRE, J. *et al.* Relevance of Organic Farming and Effect of Climatological Conditions on the Formation of r-Acids, â-Acids, Desmethylxanthohumol, and Xanthohumol in Hop (*Humulus lupulus* L.) **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 55, p. 61-66, 2007.

DICK, R. P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. *In*: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 107-124.

DIECKMANN, R.H.; PALAMAND, S.R. Autooxidation of some constituents of hops. I. The monoterpene hydrocarbon myrcene. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.22, p. 498–503, 1974.

DODDS, K. **Hops:** A Guide for New Growers. 1. ed. New South Wales: NSW Department of Primary Industries, 2017.

DORAN, J.W. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, WI, v.44, p.765-771. 1980.

DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ, S. Química do lúpulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 42, p. 900-919, 2019.

EYRES, G. T.; MARRIOTT, P. J.; DUFOUR, J. P. Comparison of odor-active compounds in the spicy fraction of hop (*Humulus lupulus* L.) essential oil from four different varieties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 55, n.15, p. 6252–6261, 2007.

EYRES, G.; DUFOUR, J.P. Hop essential oil: Analysis, chemical composition and odor characteristics. *In*: Preedy, V.R. (ed), **Beer in Health and Disease Prevention**, London, UK: Academic Press, 2009. p. 239-254.

FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de cultivares de lúpulo na região do planalto Sul Catarinense**. 2020. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Lages, 2020.

FAO. *In*: FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. Disponível em: https://www.fao.org/statistics/en/. Acesso em: 20 set. 2019.

FAO. *In*: FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Itália, 2015. Disponível em: https://www.fao.org/statistics/en/. Acesso em: 8 ago. 2019.

FARAG, M. A.; WESSJOHANN, L. A. Cytotoxic effect of commercial *Humulus lupulus* L. (hop) preparations: In comparison to its metabolomic fingerprint. **Journal of Advanced Research**, Cairo, v. 4, p. 417-421, 2013.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, A. C.; PEDRO, L. G.; BARROSO, J. G. Plantas aromáticas e medicinais – Óleos essenciais e voláteis. **Revista da Homeopatia,** São Paulo, SP, v. 114, p. 29-33, 2014.

FORSTER, A., *et al*. **Hops:** Their Cultivation, Composition and Usage. Nuremberg, Germany: Fachverlag Hans Carl GmbH, 2014.

FORSTER, A.; SCHMIDT, R. Characterization and classification of hop varieties. **Brauwelt International**, [S.l.], v. 134, p. 108-124, 1994.

GARDNER D. Hop flavour and aroma products. *In*: Euro-pean Brewery Convention Monograph, 22, 1994, Zoeterwoude, The Netherlands. **Symposium on Hops** […] Zoeterwoude, The Netherlands: Fachverlag Hans Carl,Nürnberg 1994. p. 114-124.

GENT, D.; SIRRINE, R.; DARBY, H. **Nutrient Management and Imbalances**. Hop Growers of America, 2019. Disponível em: https://www.usahops.org/cabinet/data/9.pdf. Acesso em: dez. 2020.

GERHAUSER, C. *et al*. Cancer chemopreventive activity of xanthohumol, a natural product derived from hop. **Molecular Cancer Therapeutics**, Philadelphia, PA, v. 1, p. 959-969. 2002.

GINGRICH, C.; HART, J.; CHRISTENSEN, N. **Fertilizer guide**: Hops***.*** Corvallis, OR: OSU-Extension Service, 1994.

GOBBO NETO, L.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários, **Química Nova**, São Paulo, SP, v.30, p.374-381, 2007.

GOIRIS, K., *et al*. The flavouring potential of hop polyphenols in beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 72, n. 2, p. 135–142, 2014.

GONZAGA, R.F. **Desenvolvimento de híbridos de lúpulo adaptados às condições tropicais**. 2021. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2020.

HALLMANN, E.; REMBIAŁKOWSKA, E. Characterization of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L) under organic and conventional growing systems, **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 92, p. 2409-2415, 2012.

HARBORNE, J. B. **Phytocheminal methods**: A guide to modern techniques of plants analysis. 2 ed. Chapman and Hall, 1984.

HARDWICK, William (Ed.). **Handbook of brewing**. CRC Press, 1994.

HAUNOLD, A.; NICKERSON, G. B.; LIKENS, S. T. Yield and Quality Potential of Hop, Humulus Lupulus L. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 41, n. 2, p. 60-63, 1983.

HAUNOLD, A.; LIKENS, S. T.; HORNER, C. E. Breeding for alpha acid production in hops. *In*: **The Breeding and Development of New Hop Varieties. Proc. Sci. Com. Int. Hop Growers Convention**. Wye College, University of London, London, England. pp. 24–45, 1976.

HOLOPAINEN, J.K. Multiple functions of inducible plant volatiles, **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 11, p. 529-533, 2004.

HOP varieties. *In*: Yakimachief. 2019. Disponível em: https://www.yakimachief.com/hop-varieties/. Acesso em: 20 jul. 2021.

HOWARD, G. A.; SLATER, C. A. Evaluation of hops – VII. Composition of the essential oil of hops, **Journal of the Institute of Brewing**, London, GB, v. 63, p. 491-506, 1957.

INUI, T. *et al*. Effect of harvest time and pruning date on aroma characteristics of hop teas and related compounds of Saaz hops. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 74, n. 4, p. 231-241, 2016.

ISKRA, A. *et al*. Influence of nitrogen fertility practices on hop cone quality. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], (In review), 2019.

JASKULA, B. *et al.* A kinetic study on the isomerization of hop α-acids. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, DC, v. 56, n. 15, p. 6408-6415, 2008.

JELIAZKOVA, E. *et al*. Sequential Elution of Essential Oil Constituents during Steam Distillation of Hops (*Humulus lupulus* L.) and Influence on Oil Yield and Antimicrobial Activity. **Journal of Oleo Science**, Japão, v. 67, n. 7, p. 871-883, 2018.

KATSIOTIS, S.T., *et al*. Comparative study of essential oils of hops from various cultivars of *Humulus lupulus* L. **Flavors and fragrances diary**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 187-191, 1989.

KAVALIER, A.R. *et al*. Phytochemical and morphological characterization of hop (*Humulus lupulus* L.) cones over five developmental stages using high performance liquid chromatography coupled to time-of-flight mass spectrometry, ultrahigh performance liquid chromatography photodiode array detection, and light microscopy techniques. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 59, n. 9, p. 4783-93, 2011.

Kenny, S. T. Identification of U.S. grown hop cultivars by hop acid and essential oil analyses. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 48, p. 3-8, 1990.

KENNY, S. T.; ZIMMERMANN, C. E. Registration of Chinook hop (Registration No. 15). **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 196-197, 1986.

KEUPPER, G.; ADAM, K.L.; WILLIAMS, P. Lúpulo: produção orgânica. *In*: Serviço Nacional de Informações sobre Agricultura Sustentável, 2005. Disponível em: https://attra.ncat.org/attrapub/summaries/summary.php?pub=87. Acesso em: 12 dez. 2020.

KING, A.J., DICKINSON, J.R. Biotransformation of hop aroma terpe-noids by ale and lager yeasts. **FEMS Yeast Research**, Oxford, v.3, p. 5362, 2003.

KISHIMOTO, T. Investigations of hop-derived odor-active compounds in beer, hop flavor and aroma. *In*: Proceedings of the 1st International Brewers Symposium, 1. 2007, Corvallis, Oregon. **International Brewers Symposia series** […] St. Paul: American Society of Brewing Chemists: Master Brewers Association of the Americas, 2009. p. 49-58.

KISHIMOTO, Toru et al. Comparison of 4-mercapto-4-methylpentan-2-one contents in hop cultivars from different growing regions. **Journal of agricultural and food chemistry**, Washington, DC, v. 56, n. 3, p. 1051-1057, 2008.

KOHLMANN, H.; KASTNER, A. **Der Hopfen**. Hopfenverlag Wolnzach, Germany, 1975.

KONDO, K. Preventive effects of dietary beer on lifestyle-related diseases. **BioFactors**, Oxford, v. 22, p. 303-310, 2004.

KRALJ, D. Investigation of the properties of male plants in hop breeding. **Genetica**, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 49-58, 1982.

KROFTA, K. Comparison of quality parameters of Czech and foreign hop varieties. **Plant, Soil and Environment**, [S.l.], v. 49, p. 261–268, 2003.

KROFTA, K.; KUČERA, J. Mathematical model for prediction of alpha acid contents from meteorological data for ‘Saaz’ aroma variety. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 848, p. 131-139, 2009.

KROTTENTHALER, Martin. Hops. **Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets**, p. 85-104, 2009.

LAFONTAINE, S. *et al*. Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping. **Food Chemistry**, Barking, v. 278, p. 228–239, 2018.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000.

LEITE, L. F. C; GALVÃO, S. R. S. Matéria orgânica do solo: funções interações e manejo em solo tropical. *In*: ARAÚJO, A.S.F; *et al.* **Matéria orgânica e organismos do solo.** Teresina: EDUFIP, 2008. p. 19.

LEWIS, G. K.; ZIMMERMANN, C. E.; HAZENBERG, H. **Hop variety named Columbus**, 1999. Disponível em: https://patents.google.com/patent/USPP10956P/en. Acesso em: 10 fev. 2020.

LIMA, G.P.P.; VIANELLO, F. Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods. **Food Science and Technology International**, London, GB, v. 46, p. 1–13, 2011.

LOPES, A. A. C. *et al*. Interpretation of microbial soil indicators as a function of crop yield and organic carbon. **Soil Science Society of America**, [S.l.], v. 77, p. 461-472, 2013.

LOPES, A. A. C. *et al*. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, [S.l.], v. 12, p. 72-82, 2018.

MACHADO, L. C. P.; MACHADO FILHO, L. C. P. **A Dialética da agroecologia**. São Paulo: Editora Expressão Popular, 2014.

MADDEN, R.; DARBY, H. **Hops harvest moisture determination**. University of Vermont Extension Northwest Crops and Soils Program and USD, Vermont, USA 2012. Disponível em: www.uvm.edu/extension/cropsoil/ wp-content/uploads/Hop_harvest_fact_sheet.pdf. Acesso em: 19 jul. 2020.

MAHAFFEE, W.; PETHYBRIDGE, S. The genus *Humulus*. *In:* **Compendium of hop diseases and pests**. St. Paul, MN: The American Phytopathological Society, 2009. p. 15.

MAPA. *In*: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO 2017. Disponível em http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV. Acesso em: 20 de ago. 2021.

MAPA. *In*: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. ANUÁRIO DA CERVEJA 2020. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/wp-content/uploads/2021/04/anuariocerveja2.pdf. Acesso em: 22 de out. 2021.

MARCOS, J. A. M. *et al*. **Guia del cultivo del lúpulo.** [Galícia]:[s.n.], 2011.

MARCUSSO, E. F.; MÜLLER, C. V. **Anuário da Cerveja 2018**: crescimento e inovação. Ministério da Agricultura. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/anuario-da-cerveja-no-brasil-2018. Acesso em: 25 mar. 2019.

MATSUI, H. *et al*. In The influence of the age of a hop plant on the quality of hop aromas in beer. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 1010, p. 171-182, 2013.

MATSUI, H. *et al*. The influence of pruning and harvest timing on hop aroma, cone appearance, and yield. **Food chemistry**, Washington, DC, v. 202, p. 15-22, 2016.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 425- 433, 2003.

MCADAM, E.L. *et al*. Quantitative genetic parameters for yield, plant growth and chemical characteristics of the hop cone (*Humulus lupulus* L.). **BMC Genomics**, London, v. 15, p. 1-18, 2014.

MEDICI, L.O. *et al*. Automatic controller to water plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MENDES, I. C. *et al*. Bioanálise de solo: Aspectos teóricos e práticos. **Tópicos em Ciência do Solo**, [S.l.], v. 10, p. 399-462, 2019[a].

MENDES, I. C. *et al*. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. **Applied Soil Ecology,** Amsterdam, v. 139, p. 85-93, 2019[b].

MOIR, M. Hop aromatic compounds. *In*: European Brewery Convention Monograph, 22, May/June 1994, The Netherlands. **Symposium on Hops, Zoeterwoude** […] Fachverlag Hans Carl,Nürnberg, Germany, 1994. p 165 - 180.

MOIR, M. Hops - A Millennium review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 58, p. 131- 146, 2000.

MONGELLI, A. *et al*. Are *Humulus lupulus* L. ecotypes and cultivars suitable for the cultivation of aromatic hop in Italy? A phytochemical approach. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 83, p. 693–700, 2016.

MOZNY, M. *et al*. The impact of climate change on the yield and quality of Saaz hops in the Czech Republic. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, NL, v. 149, p. 913–919, 2009.

MOZZON, M; FOLIGNI, R.; MANNOZZI, C. Brewing quality of hop varieties cultivated in central Italy based on multivolatile fingerprinting and bitter acid content. **Foods**, [S.l.], v. 9, n. 5, p. 541, 2020.

MURAKAMI, A. *et al*. Molecular phylogeny of wild hops, (*Humulus lupulus* L.). **Heredity**, Cary, NC, v. 97, p. 66–74, 2006.

NAGEL, J. *et al*. EST Analysis of Hop Glandular Trichomes Identifies na O-Methyltransferase That Catalyzes the Biosynthesis of Xanthohumol. **The Plant Cell**, Monona, v. 20, p. 186-200, jan. 2008.

NEPTUNE, A. M. L.; TABATABAI, M. A.; HANWAY, J. J. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus-sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Wis., v. 39, n. 1, p. 51-55, 1975.

NEVE, R. A. **Hops**. 1.ed. Bury St. Edmunds, Suffolk: Chapman and Hall, 1991.

PATZAK, J. *et al*. Assessment of the genetic diversity of wild hops (*Humulus lupulus* L.) in Europe using chemical and molecular analyses. **Biochemical Systematics and Ecology**, Oxford, v. 38, n. 2, p. 136-145, 2010.

PAVLOVIC, V. *et al.* Environment and weather influence on quality and market value of hops. **Plant, Soil and Environment**, [S.l.], v. 58, n. 4, p. 155-160, 2012.

PAVOLOVIČ, V. *et al*. Modelling of quality prediction for hops (*Humulus lupulus* L.) in relation to meteorological variables. **BALWOIS conference proceedings; Ohrid, Republic of Macedonia**, 2010, 1-10. https://balwois.com/wp-content/uploads/old_proc/ffp-1920.pdf

PEACOCK, V. E.; MCCARTY, P. Varietal identification of hops and hop pellets. **Technical quarterly Master Brewers Association of the Americas**, Madison, Wis., v. 29, p. 81-85, 1992.

PERAGINE, J. **Growing your own hops, malts, and brewing herbs**. Ocala: Atlantic, 2011.

PRADO, M. R. Nutrição de plantas. São Paulo: **UNESP**, 2008.

PRENCIPE, F. P. *et al*. Development of a new high-performance liquid chromatography method with diode array and electrospray ionization-mass spectrometry detection for the metabolite fingerprinting of bioactive compounds in *Humulus lupulus* L. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, NL, v. 1349, p. 50-59, 2014.

PROBASCO, G.; MURPHEY, J. M. The development of brewing quality characteristics in hops during maturation. Tech. Q. **Master Brewers Association**, Madison, Wis., v. 33, p. 149-159, 1996.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011.

RAUT, S. *et al*. Influence of pre-drying storage time on essential oil components in dried hops (*Humulus lupulus* L.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 101, n. 6, p. 2247-2255, 2021.

RETTBERG, N.; BIENDL, M.; GARBE, L. Hop Aroma and Hoppy Beer Flavor: Chemical Backgrounds and Analytical Tools - A Review. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 76, n. 1, p. 1-20, 2018.

RHEINHEIMER, D. dos S. *et al*. Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 363-371, 2007.

RIGR, A.; NESVADBA, V.; BERANEK, F. Evaluation of important characteristics of selected varieties of the world hop collection**. Rostlinna Vyroba**, Praha, CS, v. 43, p. 319-324, 1997.

ROBERTS, D. D.; KRONSTAD, W. E.; HAUNOLD, A. Genetic Variability and Association of Maturity, Yield, and Quality Characteristics of Female Hops 1. **Crop Science**, v. 20, n. 4, p. 523-527, 1980.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P. **O lúpulo: da cultura ao extrato**: Técnica cultural tradicional. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2015.

RÓJ, E. *et al*. Supercritical carbon dioxide hops extracts with antimicrobial properties. **Open Chemistry**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 1157–1171, 2015.

RONG, H. Z. *et al*. Quantitation of 8-prenylnaringenin, a novel phytoestrogen in hops (*Humulus lupulus* L.), hop products, and beers, by benchtop HPLC-MS using electrospray ionization. **Chromatographia**, New York, US, v. 51, p. 545-552, 2000.

ROSSINI, F. *et al*. Agronomic performance and evaluation of beer quality of twenty hop cultivars grown in central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 11, p. 180–187, 2016.

RUGGERI, R.; LORETI, P.; ROSSINI, F. Exploring the potential of hops as a dual-purpose crop in the Mediterranean environment: Shoot and cone yields of nine commercial cultivars. EUR. **Agronomy Journal**, Madison, Wis., v. 93, 11-17, 2018.

RYBAČEK, V. **Hop production**. Ed. Elsevier and Faculty of Agronomy, Agricultural University, Prague, Checz Republic. pp 78-99. 1991

SAKAMOTO, K.; KONINGS, W. Beer spoilage bacteria and hop resistance. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, NL, v. 89, p. 105–124, 2003.

SALMON, E. S.; WORMALD, H. A study of the variation in the seedlings of the wild hop (*Humulus lupulus* L.). **Journal of genetics**, Nova Delhi vol. 11, n. 3, p. 241-268, dez. 1921.

SANTOS, H. G. *et al*. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA SOLOS, 2018.

SANTOS, H.P; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, p.477-486, 2003.

SCHÖNBERGER, C.; KOSTELECKY, T. 125th Anniversary Review: The Role of Hops in Brewing. **Journal of the Institute of Brewing**, London, GB, v. 117, p. 259-267, 2011.

SENGIK, E.; ALBUQUERQUE, K. P. **Os colóides do solo**. Apostila da disciplina de solos, UEM, 2003. Disponível em: http://www.nupel.uem.br/coloides-2003.pdf. Acesso em: 22 jul. 2021.

SHAHIDI, F.; JANITHA P. K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants, **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, Fla., v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992.

SHARP D.C. *et al*. Effect of harvest maturity on the chemical composition of Cascade and Willamette hops. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, [S.l.], v. 72, p. 231–238, 2014.

SILVA, A. P. *et al*. Microbial biomass under different soil and crop managements in short- to long-term experiments performed in Brazil**. Field Crops Research**, Netherlands, v. 119, p. 20-26, 2010.

SILVA, C.T.D. **Caracterizações químicas dos primeiros cultivares de lúpulo (*Humulus lupulus L.*) produzidos no Brasil**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2019.

SINDCERV. **O setor em números**. Disponível em: https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/. Acesso em: 11 maio 2020.

SIRRINE, R. *et al*. **Estimated costs of producing hops in Michigan**, Michigan, v. 1, p. 1-6, 2015. Disponível em: https://www.canr.msu.edu/uploads/resources/pdfs/estimated_costs_of_producing_hops_in_michigan_(e3236).pdf. Acesso em: 10 maio 2020.

SKOMRA, U. *et al*. Agro-morphological differentiation between European hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars in relation to their origin. **Journal of Food Agriculture & Environment**, Helsinki, FI, v. 11, p. 1123-1128, 2013.

SOBOTIK, M. *et al*. Beschreibung des Wurzelsystems von Hopfen und Mais über Freilegung am Bodenprofil. **Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment**, Helsinki, FI, v. 69, n. 2, p. 121-130, 2018.

SOLARSKA, E. *et al*. The impact of plant protection and fertilization on content of bioactive substances in organic hops. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, [S.l.] v. 14, n. 3, 2015.

STEINHAUS, M.; WILHELM, W.; SCHIEBERLE, P. Comparison of the mostodour active volatiles in different hop varieties by application of a comparative aroma extract dilution analysis. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 226, p. 45, 2007.

STEVENS, J. F.; PAGE, J. E. Xanthohumol and related prenylflavonoids from hops and beer: to your good health!. **Phytochemistry**, New York, v. 65, n. 10, p. 1317-1330, 2004.

SYSTEMBOLAGET. Ciceron - nördiga ölsamtal. *In*: JONAS, N. O. D. O. **Ciceron snackar humle**. Systembolaget, 2020.

TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. Assay of urease activity in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, NY, v. 4, n. 4, p. 479-487, 1972.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: Weaver, R.W. *et al*. **Methods of Soil Analysis**: Part 2 Microbiological and Biochemical Properties. Madison: Soil Science Society of America. 1994. p. 778-833.

TANIGUCHI, Y. *et al*. Identification and quantification of the oxidation products derived from α-acids and βacids during storage of hops (*Humulus lupulus* L.). **Journal of agricultural and food chemistry**, Easton, Pa., v. 61, n. 12, p. 3121-3130, 2013.

VAN DEN DOOL, H. KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. **Journal Chromatography A**, New York, v. 11, p. 463-471, 1963.

VAN OPSTAELE, F. *et al*. Production of novel varietal hop aromas by supercritical fluid extraction of hop pellets—Part 2: Preparation of single variety floral, citrus, and spicy hop oil essences by density programmed supercritical fluid ex-traction. **The Journal of Supercritical Fluids**, Cincinnati, Ohio, v. 71, p. 147-161. 2012.

VARIETY manual. *In*: Hop Growers of America website. [Yakima, WA: Hop Growers of America], 2018. Disponível em: https://www.usahops.org/. Acesso em: 10 ago. 2021.

VERZELE, M. 100 years of hop chemistry and its relevance to brewing. **Journal of the Institute of Brewing**, London, GB, v. 92, n. 1, p. 32-48, 1986.

VERZELE, M.; KEUKELEIRE, D. D. **Chemistry and Analysis of Hop and Beer Bitter Acids**, v. 27, Elsevier: Amsterdam. 1991.

WEIHRAUCH, F.; MEIER, H. Marktanalyse Öko-Hopfen 2012 – Deutschland, Europa, Welt. **Angewandte Forschung und Beratung für den ökologischen Landbau no Bayern**, p. 164-168, 2012.

WITTKAMP, S., **Einfluss der Lagerdauer vor der Trocknung auf die Qualitätvon Flavour-Hopfen**. 2018. BSc thesis - Universität Kassel, Witzenhausen, 2018.

WOESE, K. *et al*. A comparison of organically and conventionally grown foods as results of a review of the relevant literature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 74, p. 281–293, 1997.

YAKIMA, C. **Hop Variety Hanbook**. Washington: Hopunion LLC, 2016.

YAN, D. D. *et al*. Chemotyping of new hop (*Humulus lupulus* L.) genotypes using comprehensive two-dimensional gas chromatography with quadrupole accurate mass time-of-flight mass spectrometry. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 1536, p. 110– 121, 2018.

ZMRZLAK, M.; KAJFEŽ-BOGATAJ, L. Phenological modeling of growth stages of the hop (*Humulus lupulus* L.). **Biometeorology**, Ljubljana, Slovenia, v. 88, p. 1-8, 1996.