

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos



TESE

**Estratégias ômicas na compreensão da maturação de morango e da conservação
pós-colheita de noz pecã**

Tatiane Jéssica Siebeneichler
Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos
Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Pelotas, 2024

Tatiane Jéssica Siebeneichler

Estratégias ômicas na compreensão da maturação de morango e da conservação pós-colheita de noz pecã

Documento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof^ª. Dra. Vanessa Galli

Coorientadores: Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi – PPGCTA – UFPel
Prof. Dr. Frederico Schmitt Kremer – Biotecnologia–UFPel

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

S571e Siebeneichler, Tatiane Jéssica

Estratégias ômicas na compreensão da maturação de morango e da conservação pós-colheita de noz pecã [recurso eletrônico] / Tatiane Jéssica Siebeneichler ; Vanessa Galli, orientadora ; Cesar Valmor Rombaldi, Frederico Schmitt Kremer, coorientadores. — Pelotas, 2024.
175 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Ácido abscísico. 2. Bioinformática. 3. RNAs não codificantes. 4. *Carya illinoensis*. 5. Conservação. I. Galli, Vanessa, orient. II. Rombaldi, Cesar Valmor, coorient. III. Kremer, Frederico Schmitt, coorient. IV. Título.

CDD 634.526

Tatiane Jéssica Siebeneichler

Estratégias ômicas na compreensão da maturação de morango e da conservação pós-colheita de noz pecã

Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 20/02/2024.

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Vanessa Galli (Orientadora). Doutora em Biologia Celular e Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi (Coorientador). Doutor em Biologie Moléculaire Végétale pela Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.

Prof. Dr. Frederico Schmitt Kremer – Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas.

Prof. Dr. Ricardo Antonio Ayub. Doutor em Biologie Moléculaire Végétale pela Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse.

Dedico este trabalho à minha família

Agradecimentos

A Deus, pela dádiva da vida, por iluminar meu caminho com oportunidades e pessoas que me permitiram alcançar este momento, e também pelos desafios, que me fortaleceram e me fizeram crescer.

À minha família: meus pais, Leonice e Astor; minha irmã, Daiane; meu sobrinho, Valentim; e meu cunhado, Maicon, por sempre me incentivarem a perseguir meus sonhos, oferecendo seu apoio incondicional e torcendo por cada conquista.

Ao meu marido, Rudimar, meu grande companheiro e apoiador, pelo amor, carinho e confiança que me deu em todos os momentos. Obrigada por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidava, e por me dar todo suporte necessário.

Ao meu filho, Bernardo, o maior presente da minha vida. Com apenas três meses, você já me mostrou que sou mais forte, amorosa e capaz do que jamais imaginei. Seu olhar ilumina meu caminho.

À minha orientadora, Vanessa Galli, e ao meu co-orientador, Cesar Rombaldi, por todo o conhecimento, confiança e inspiração. Suas orientações não foram apenas profissionais, mas verdadeiros ensinamentos de vida. Obrigada por acreditarem em mim e por serem exemplo de dedicação.

Ao meu co-orientador, Frederico, por expandir meus horizontes com a bioinformática. Agradeço pela paciência, atenção, disponibilidade e pelas trocas descontraídas que tornaram essa jornada mais leve e prazerosa.

À minha amiga, Rosane Crizel, sempre disposta a ajudar e fundamental para a concretização deste trabalho. Obrigada por compartilhar tantas alegrias e estar ao meu lado nos momentos difíceis. Tenho certeza de que nossa amizade será eterna.

Ao meu amigo, Christian, pelo apoio constante e pela ajuda com os desafios da bioinformática. Sua generosidade e companheirismo foram essenciais ao longo dessa trajetória.

À professora e amiga, Jéssica Hoffmann, pela parceria nos estudos sobre nozes-pecã e pelas trocas sobre a maternidade. Sua presença foi um valioso apoio, tanto acadêmico quanto pessoal.

Aos colegas e amigos do Grupo de Pesquisa em Genômica Vegetal, OmixLab, Lacem e Lab BioNano, pelo companheirismo e suporte durante toda essa caminhada.

Por fim, aos órgãos de fomento, CAPES, FAPERGS e CNPq, por fornecerem o apoio financeiro indispensável à realização deste projeto.

“Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente, mas o que melhor se adapta às mudanças.” — Charles Darwin

Resumo

Siebeneichler, Tatiane Jéssica. **Estratégias ômicas na compreensão da maturação de morango e da conservação pós-colheita de noz pecã.** 2024. 175 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

Este trabalho foi dividido em sete estudos. Com o primeiro estudo objetivou-se avaliar o conteúdo de metabólitos relacionados aos metabolismos de ABA (ácido abscísico), fenilpropanóides e ácido L-ascórbico (AsA) durante os estádios de amadurecimento de morango. Os resultados demonstraram que durante o amadurecimento o ABA induz o acúmulo de antocianinas, através da ativação de genes biossintéticos chave como *FaPAL*, *FaC4H*, *FaANS* e *FaUFGT*; esse aumento no teor de ABA é dependente tanto do aumento das taxas de síntese pelo *FaNCED1* quanto da redução das taxas de degradação pelo *FaCYP707A1* e, até certo ponto, da redução da expressão, e atividade de BGs. Além disso, o ABA influencia significativamente o teor de AsA, através da indução da expressão de *FaGLDH*. No segundo e terceiro estudo objetivou-se realizar revisões de literatura para aprofundar o conhecimento sobre as temáticas de compostos fenilpropanóides durante o amadurecimento do morango e papéis dos RNAs circulares (circRNA) e miRNAs no amadurecimento de frutos. No quarto estudo utilizou-se ferramentas de bioinformática para a identificação de circRNA nos estádios de desenvolvimento de morangos e em resposta à aplicação de ABA. Através das análises de bioinformática, foi possível identificar 2625 circRNAs em receptáculo de morango, entre os quais 33 circRNAs mostraram ser responsivos à aplicação de ABA. A análise funcional mostrou que esses circRNAs podem estar envolvidos na via de sinalização de ABA, através do fator de transcrição ABI5. No quinto estudo objetivou-se revisar uma visão abrangente e atualizada dos avanços no processamento, armazenamento e preservação da qualidade da noz pecã, listando fatores críticos em cada estágio, com o interesse de estimular pesquisas adicionais para otimizar os parâmetros de qualidade. No sexto estudo objetivou-se avaliar a composição físico-química de 26 cultivares de noz pecan cultivadas na região sul do Brasil, proporcionando insights sobre parâmetros cruciais que impactam seus valores nutricionais e potencial de armazenamento. No último estudo investigou-se a qualidade das nozes pecã cv. 'Barton' antes do armazenamento e após o armazenamento sob diferentes condições de embalagem, a vácuo e convencional. Foram observadas as mudanças na coloração das nozes, no perfil de compostos fenólicos, tocoferóis, coloração que ocorrem durante o armazenamento com implicações importantes para a estabilidade e qualidade nutricional das nozes pecan. Desta forma, através de estudos químicos, moleculares e da utilização da bioinformática, nestes estudos foram gerados conhecimentos científicos e tecnológicos de relevância para a utilização de morangos e nozes na alimentação.

Palavras-chave: ácido abscísico, bioinformática, RNAs não codificantes, *Carya illinoensis*, armazenamento, conservação.

Abstract

Siebeneichler, Tatiane Jéssica. **Omics strategies in understanding strawberry ripening and postharvest conservation of pecan nut.** 2024. 175 f. Thesis (PhD degree in Food Science and Technology) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

This work was divided into seven studies. The first study aimed to evaluate the content of metabolites related to the metabolism of ABA (abscisic acid), phenylpropanoids and L-ascorbic acid (AsA) during the stages of strawberry ripening. The results showed that during ripening ABA induces the accumulation of anthocyanins, through the activation of key biosynthetic genes such as *FaPAL*, *FaC4H*, *FaANS* and *FaUFGT*; this increase in ABA content is dependent on both an increase in synthesis rates by *FaNCED1* and a reduction in degradation rates by *FaCYP707A1* and, to some extent, a reduction in the expression and activity of BGs. In addition, ABA significantly influences AsA content by inducing the expression of *FaGLDH*. The aim of the second and third studies was to review the literature in order to deepen our knowledge on the topics of phenylpropanoid compounds during strawberry ripening and the roles of circRNAs and miRNAs in fruit ripening. In the fourth study, bioinformatics tools were used to identify circRNA in the developmental stages of strawberries and in response to ABA application. Through bioinformatics analysis, it was possible to identify 2625 circRNAs in strawberry receptacle, among which 33 circRNAs were shown to be responsive to ABA application. Functional analysis showed that these circRNAs may be involved in the ABA signaling pathway, through the ABI5 transcription factor. The fifth study aimed to review a comprehensive and up-to-date overview of advances in pecan processing, storage and quality preservation, listing critical factors at each stage, in the interest of stimulating further research to optimize quality parameters. The sixth study aimed to evaluate the physicochemical composition of 26 pecan cultivars grown in the southern region of Brazil, providing insights into crucial parameters that impact their nutritional values and storage potential. The last study investigated the quality of 'Barton' pecans before and after storage under different packaging conditions, vacuum and conventional. The changes in the color of the nuts, the profile of phenolic compounds, tocopherols, and coloration that occur during storage were observed, with important implications for the stability and nutritional quality of pecans. Thus, through chemical and molecular studies and the use of bioinformatics, these studies have generated scientific and technological knowledge of relevance to the use of strawberries and pecan nuts in food.

Keywords: abscisic acid, bioinformatics, non-coding RNAs, *Carya illinoensis*, storage, conservation.