

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE  
NÍVEL MESTRADO**

**TAMIRES DE OLIVEIRA DUARTE DA SILVA**

**Composição Físico-Química, Perfil de Ácidos Graxos e Compostos Bioativos  
de Frutos e estabilidade do óleo de Noz-Pecã do Sul do Brasil**

**São Leopoldo**

**2024**

TAMIRES DE OLIVEIRA DUARTE DA SILVA

**Composição Físico-Química, Perfil de Ácidos Graxos e Compostos Bioativos  
de Frutos e estabilidade do óleo de Noz-Pecã do Sul do Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição e alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Orientador(a): Prof.<sup>a</sup> Dra. Jessica Fernanda Hoffmann

São Leopoldo

2024

- S586c Silva, Tamires de Oliveira Duarte da.  
Composição físico-química, perfil de ácidos graxos e compostos bioativos de frutos e estabilidade do óleo de noz-pecã do sul do Brasil / por Tamires de Oliveira Duarte da Silva. – 2024.  
63 f. : il. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde, São Leopoldo, RS, 2024.  
“Orientadora: Dra. Jessica Fernanda Hoffmann”.
1. Noz-pecã. 2. Óleo de noz-pecã. 3. Ácidos graxos polinsaturados. 4. Estabilidade oxidativa. 5. Alimentos. 6. Qualidade pós-colheita. I. Título.

CDU: 634.52

Catálogo na Publicação (CIP):  
Bibliotecário Alessandro Dietrich - CRB 10/2338

TAMIRES DE OLIVEIRA DUARTE DA SILVA

**Composição Físico-Química, Perfil de Ácidos Graxos e Compostos Bioativos  
de Frutos e estabilidade do óleo de Noz-Pecã do Sul do Brasil**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Nutrição e alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Alimentos, Nutrição e Saúde da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Aprovado em 28 de agosto de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Carlos Roberto Martins – Embrapa

---

Dr. Cristiano Dietrich Ferreira - Unisnos

---

Dra. Letícia Lenz Sfair – Unisinos

## DEDICATÓRIA

A busca pelo conhecimento sempre foi uma constante em minha vida, e isso começou em casa, desde a minha infância. Minha mãe costumava me dizer: “Estude, desenvolva-se. Conhecimento ninguém te tira, ele abre horizontes e melhora você como pessoa.” Mesmo com recursos limitados, nunca faltou incentivo. Hoje, onde quer que ela esteja, tenho certeza de que está orgulhosa das minhas conquistas. Em momentos de dificuldade, quando a desistência parecia a única opção, suas palavras e as mensagens que me deixou, “que minha filha seja feliz e realizada em sua profissão,” ressoavam em minha mente. Obrigada por tudo!

Ao meu pai, um homem íntegro que forneceu todos os recursos ao seu alcance para que eu chegasse aonde sempre desejei, com poucas palavras, mas grandes ensinamentos: “A vida não é fácil, Tamires, mas você consegue. Faz teu nome.” Essas palavras me mantiveram firme no caminho. Obrigada por me ensinar a ser resiliente.

Aos meus amigos e familiares que acreditaram em mim, mesmo quando eu mesma duvidava, em especial a Fabiana Borges, que me apoiou na indecisão e me fez acreditar no meu potencial, e à minha tia Janaína, mulher forte e dedicada, que, assim como minha mãe, me incentivou a investir em conhecimento, muito obrigada!

À minha orientadora, Jessica Hoffmann, cuja dedicação e paciência foram fundamentais. Ela sempre me guiou com maestria, ajudando-me a não me perder pelo caminho e acreditando na minha capacidade. Assim como todos os mestres que fizeram parte desta trajetória, meu sincero agradecimento.

## RESUMO

A noz-pecã é uma oleaginosa conhecida pelo seu elevado teor de ácidos graxos polinsaturados e vitamina E. No Brasil, destaca-se o cultivo e processamento desta espécie no Rio Grande do Sul, evidenciando a necessidade de aprimorar o conhecimento sobre sua composição. Este estudo teve como objetivo avaliar as características físico-químicas, perfil de ácidos graxos e compostos bioativos de diferentes cultivares de noz-pecã, além de analisar a extração do óleo por prensagem a frio e sua estabilidade oxidativa com e sem a adição de antioxidantes. Foram coletadas amostras de frutos de sete cultivares, que foram submetidas a análises de coloração, composição centesimal, acidez, índice de peróxidos, coeficiente de extração específica, além da composição de ácidos graxos, tocoferóis e compostos fenólicos. Os resultados destacaram a cultivar Elliot por seu alto teor lipídico de 74,66%. Por outro lado, a cultivar Shawnee mostrou-se mais suscetível à oxidação, apresentando elevados índices de acidez e peróxidos. Elliot também se destacou pelo maior teor de gama-tocoferol, enquanto a cultivar Success apresentou o maior teor de delta-tocoferol. As cultivares Shawnee, Elliot e Mohawk exibiram maior quantidade de ácido graxo saturado, monoinsaturado e poliinsaturado, respectivamente. Apesar das variações no perfil de ácidos graxos entre as cultivares, os ácidos graxos insaturados predominaram, sugerindo melhor qualidade nutricional, embora com maior potencial de oxidação. Amostras de óleo foram obtidas a partir de um blend de nozes-pecã por prensagem a frio e armazenadas com e sem tocoferol. Análises físico-químicas ao longo de oito meses revelaram predominância dos ácidos graxos oleico e linoleico. Esses resultados fornecem subsídios importantes para o estabelecimento de padrões de qualidade e aprimoramento de processos de produção na agroindústria brasileira deste produto promissor.

**Palavras-chave:** noz-pecã; óleo de noz-pecã; ácidos graxos polinsaturados; estabilidade oxidativa.

## ABSTRACT

Pecan is an oilseed known for its high content of polyunsaturated fatty acids and vitamin E. In Brazil, the cultivation and processing of this species stands out in Rio Grande do Sul, highlighting the need to improve knowledge about its composition. This study aimed to evaluate the physicochemical characteristics, fatty acid profile and bioactive compounds of different pecan cultivars, in addition to analyzing the extraction of oil by cold pressing and its oxidative stability with and without the addition of antioxidants. Fruit samples from seven cultivars were collected and subjected to analyses of color, centesimal composition, acidity, peroxide value, specific extraction coefficient, as well as the composition of fatty acids, tocopherols and phenolic compounds. The results highlighted the Elliot cultivar for its high lipid content of 74.66%. On the other hand, the Shawnee cultivar was more susceptible to oxidation, presenting high acidity and peroxide values. Elliot also stood out for its highest gamma-tocopherol content, while the Success cultivar had the highest delta-tocopherol content. The Shawnee, Elliot and Mohawk cultivars exhibited the highest amounts of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, respectively. Despite variations in the fatty acid profile among the cultivars, unsaturated fatty acids predominated, suggesting better nutritional quality, although with a higher oxidation potential. Oil samples were obtained from a blend of pecan nuts by cold pressing and stored with and without tocopherol. Physicochemical analyses over eight months revealed a predominance of oleic and linoleic fatty acids. These results provide important support for establishing quality standards and improving production processes in the Brazilian agroindustry of this promising product.

**Key-words:** pecan nut; pecan oil; polyunsaturated fatty acids; oxidative stability.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>1.1 Tema</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Delimitação do tema</b> .....	<b>9</b>
<b>1.3 Problema</b> .....	<b>10</b>
<b>1.4 Objetivos</b> .....	<b>10</b>
1.4.1 Objetivo geral .....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
<b>1.5 Justificativa</b> .....	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Noz-pecã</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2 Métodos de extração de óleos</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 Parâmetros de qualidade de óleos</b> .....	<b>14</b>
<b>2.5 Adição de antioxidantes em alimentos</b> .....	<b>15</b>
<b>2.6 Tocoferóis</b> .....	<b>16</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>19</b>
<b>APÊNDICE A – ARTIGO 1</b> .....	<b>25</b>
<b>APÊNDICE B – ARTIGO 2</b> .....	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A noz-pecã (*Carya illinoensis*), pertencente à família *Juglandaceae*, é uma árvore de grande porte cujos frutos crescem dentro de uma casca externa. Originária do Sul dos Estados Unidos, foi introduzida no Brasil por volta de 1910, sendo cultivada principalmente nas regiões sul e sudeste. A expectativa é que a produção aumente mais de 30 vezes nos próximos 10 anos, representando uma oportunidade significativa para a agricultura familiar agregar valor aos produtos in natura e derivados (EMBRAPA, 2021; FERREIRA et al., 2018).

O estado do Rio Grande do Sul se destaca como líder nacional na produção de noz-pecã, com aproximadamente 70% dos 9.500 hectares cultivados no Brasil. Esta predominância reflete não apenas a extensão das plantações, mas também a infraestrutura consolidada para o beneficiamento da noz-pecã, contando com seis indústrias especializadas nesse processo. Além disso, a região possui viveiros dedicados à produção de mudas, facilitando a expansão e renovação dos pomares, contribuindo assim para o crescimento contínuo dessa cultura no país (SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, 2020). Estima-se que mais de 60 cultivares sejam geridas nos pomares brasileiros, destacando-se as principais como Barton, Melhorada, Imperial, Importada, Jackson e Shawnee (MARTINS et al., 2018). Considerando a diversidade de cultivares disponíveis, é essencial entender sua composição química para avaliar adequadamente sua aplicabilidade.

A noz-pecã é classificada como um fruto seco e é reconhecida por seus benefícios cardioprotetores. Rica em lipídios (58-66%), seus principais componentes são ácidos graxos insaturados, com predominância de monoinsaturados (57%) e poliinsaturados (37%), além de conter proteínas (7%), vitaminas (tiamina, folato, riboflavina, vitamina B6) e minerais (cálcio, ferro, magnésio, fósforo e zinco) (FREITAS; NAVES, 2010; MARTINS et al., 2018; POLMANN et al., 2018). Na composição lipídica da noz-pecã, destacam-se os ácidos oleico (53,6%) e linoleico (37%), além de antioxidantes naturais como os tocoferóis (BILHARVA et al., 2018; FREITAS; NAVES, 2010; PASCOALINO, 2020).

O consumo elevado de gorduras trans e saturadas está associado ao desenvolvimento de doenças coronarianas, e a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem promovido campanhas para reduzir seu consumo (SARMENTO et al., 2020). Em um estudo feito por Domínguez-Avila (2015), mostrou que uma dieta com alto teor de

gordura e suplementada com óleo de noz-pecã reduziu os níveis de triglicerídeos em comparação a uma dieta controle com alto níveis de macronutrientes. Em jovens adultos, os níveis séricos de lipídios melhorou após 4 semanas de consumo diário de nozes pecã. Observou -se também que o consumo diário de noz-pecã após uma dieta rica em gordura saturada, reduziu os níveis de lipídios no sangue e os níveis de triglicerídeos (COGAN *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, a busca por alternativas às gorduras trans e saturadas torna-se necessária. O óleo de noz-pecã, apesar de estar em estágio inicial de estudos, tem mostrado potencial para ser utilizado em produtos alimentícios devido às suas propriedades funcionais (MORALES-DE LA PEÑA *et al.*, 2021).

Na elaboração de óleos, diversos critérios são considerados para avaliar a qualidade e segurança do produto, sendo a estabilidade oxidativa um dos mais importantes. Esta característica está diretamente relacionada com a composição de ácidos graxos insaturados. Durante a degradação do óleo, que ocorre na interação dos ácidos graxos com espécies reativas de oxigênio, pode haver perda de ácidos graxos essenciais como o linoleico e o  $\alpha$ -linolênico, além da redução de antioxidantes naturais (CASTELO-BRANCO; TORRES, 2011).

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a composição físico-química, a caracterização da fração lipídica e a identificação dos principais compostos bioativos das principais nozes-pecãs cultivadas no sul do Brasil. Adicionalmente, foi realizado o processo de extração de óleo por prensagem a frio, seguido pela avaliação da estabilidade oxidativa ao longo de um período de 8 meses, com e sem a adição de antioxidante, visando fornecer informações relevantes para aplicações nutricionais e industriais na região.

## **1.1 Tema**

Qualidade de noz-pecã

## **1.2 Delimitação do tema**

Avaliação da qualidade de cultivares de noz-pecã e da estabilidade oxidativa do óleo obtido por prensagem a frio adicionado ou não de antioxidante.

### 1.3 Problema

O estado do Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores de noz-pecã no Brasil, e o óleo derivado deste fruto possui um valor agregado significativo. Portanto, é essencial realizar a caracterização das cultivares visando selecionar genótipos com melhor qualidade industrial para o processamento do óleo, além de avaliar a durabilidade deste produto após o processamento.

Nesse sentido, a pergunta central que buscamos responder é: as diferentes cultivares de noz-pecã apresentam potenciais distintos em relação à composição lipídica? Além disso, é crucial investigar se a utilização de antioxidantes é necessária para melhorar a estabilidade oxidativa do óleo durante o armazenamento.

Essas questões são fundamentais para não apenas entender a variabilidade entre as cultivares em termos de perfil lipídico, mas também para garantir a qualidade e a segurança do produto final, especialmente em um contexto de crescente interesse pelo óleo de noz-pecã como alternativa às gorduras saturadas e trans.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo geral

Realizar a caracterização físico-química e de compostos bioativos de cultivares de noz-pecã e avaliar a estabilidade oxidativa durante o armazenamento de óleo de noz-pecã obtido por prensagem a frio.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- a) Verificar a composição físico-química de cultivares de noz-pecã cultivadas no sul do Brasil;
- b) Caracterizar a fração lipídica de cultivares de noz-pecã cultivadas no sul do Brasil;
- c) Verificar os principais compostos bioativos presentes em noz-pecã cultivadas no sul do Brasil.
- d) Obter óleo de noz-pecã por prensagem a frio;

- e) Avaliar a estabilidade oxidativa dos óleos no decorrer do período de 08 meses;
- f) Comparar a estabilidade oxidativa de óleo de noz-pecã com e sem a adição de antioxidante.

### **1.5 Justificativa**

O governo do estado do Rio Grande do Sul lançou o Programa Estadual de Desenvolvimento da Pecanicultura – Pró-Pecã, com o objetivo de fomentar o cultivo de noz-pecã para promover o aumento de empregos e renda no meio rural, além de estabelecer práticas sustentáveis e modernas na agricultura. Este programa tem contribuído significativamente para consolidar a pecanicultura no estado, estimulando também pesquisas e desenvolvimento no setor (SECRETARIA DA AGRICULTURA, 2019).

Dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Pecanicultura mostram que tanto grandes quanto pequenos produtores possuem potencial para exportação. Em 2022, pequenos produtores associados exportaram 100 toneladas de nozes-pecã (IBPECAN, 2022). Além das nozes in natura, produtos derivados como o óleo de noz-pecã têm potencial para agregar valor devido aos seus atributos sensoriais e funcionais. No entanto, é crucial investigar a qualidade e a estabilidade do óleo durante o armazenamento, a fim de determinar as melhores condições para esses produtos.

Essas iniciativas não apenas fortalecem o setor pecaniculor no Rio Grande do Sul, mas também posicionam o estado como um protagonista no mercado nacional e internacional de noz-pecã, promovendo desenvolvimento econômico e sustentável na região.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

### 2.1 Noz-pecã

A noz-pecã é o fruto da noqueira pecã (*Carya illinoensis*), cultivada em regiões de clima temperado. Esta árvore é conhecida por seu porte robusto e longa produtividade. Nos Estados Unidos, o cultivo da noz-pecã prosperou devido ao clima subtropical com temperaturas amenas. No Brasil, a espécie foi introduzida por volta de 1810, mas apenas 100 anos depois começou a ser explorada comercialmente (BILHARVA et al., 2018; HAMANN et al., 2018). Atualmente, o cultivo da noz-pecã é predominantemente concentrado no estado do Rio Grande do Sul, que possui extensa área destinada ao cultivo e processamento desse fruto (HAMANN et al., 2018; ROVANI; WOLLMANN, 2017).

A noz-pecã é classificada como um fruto oleaginoso devido ao alto teor de gordura, que varia entre 60% e 75%. Além disso, contém aproximadamente 4-11% de carboidratos, 10% de fibra e 8% de proteínas (POLMANN et al., 2018; REIS RIBEIRO et al., 2020). A maior parte das gorduras presentes são ácidos graxos insaturados, com destaque para o ácido oleico (ômega 9 - C18:1 n9) e o ácido linoleico (ômega 6 - C18:2 n6), que juntos representam cerca de 90% das gorduras totais (BILHARVA et al., 2018; REIS RIBEIRO et al., 2020).

Além das gorduras, a noz-pecã contém compostos antioxidantes que proporcionam benefícios à saúde, como tocoferóis, compostos fenólicos, flavonoides e taninos (RÁBAGO-PANDURO et al., 2020). Um estudo realizado por Jia et al. (2018) identificou um total de 40 variedades de compostos fenólicos, sendo a maioria derivada do ácido elágico, formado pela condensação de dois ácidos gálicos.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu, por meio da Portaria nº 635 de 05 de Agosto de 2022, parâmetros de qualidade para a noz-pecã comercializada in natura. Estes incluem ausência de odores, mofo, rancificação e pragas em qualquer fase do desenvolvimento da semente (MAPA, 2022).

Dentre os produtos derivados da noz-pecã, o óleo tem ganhado destaque. O óleo de noz-pecã extraído por fluídos pressurizados (dióxido de carbono – CO<sup>2</sup> e gás liquefeito de petróleo – GLP) apresentou teores de 58,81% a 64,70% de ácido graxo oleico (ômega 9) e 28,31% a 31,20% de ácido graxo linoleico (ômega 6) (JAMILA DOS SANTOS et al., 2020). Já a extração por prensagem obteve um rendimento médio de

50% e teores de 62,5% de ácido graxo oleico e 27% de ácido graxo linoleico (PRADO et al., 2013).

## **2.2 Métodos de extração de óleos**

Um dos métodos mais antigos e tradicionais para a extração de óleo é a prensagem mecânica, que remonta à antiguidade, quando se utilizava processos rudimentares onde os grãos eram esmagados por uma roda de pedra acionada por tração animal. Atualmente, as máquinas de prensagem são compostas por parafusos de rosca sem fim, que comprimem o material para extrair o óleo. Nestes mecanismos modernos, é possível regular a pressão aplicada sobre os produtos. Ao final deste processo, obtém-se dois produtos: a parte sólida, chamada de torta, e o óleo. O óleo resultante da primeira etapa de prensagem é categorizado como extravirgem, o que confere a ele uma qualidade superior em comparação aos óleos obtidos por outros métodos. Isso se deve à baixa temperatura empregada no processo, que permite que os compostos derivados dos triacilgliceróis sejam preservados sem aumentar o teor de acidez. Este método de extração, utilizando prensagem mecânica, é conhecido por manter as propriedades originais dos óleos vegetais de forma mais integral, pois não envolve o uso de solventes ou altas temperaturas que poderiam comprometer a qualidade do produto. Assim, o óleo extravirgem obtido por este processo conserva melhor as características nutricionais e sensoriais da matéria-prima original, garantindo um produto de alta qualidade (LEMES, 2018; MANDARINO; ROESSING, 2001; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

Outro método comum é a extração por solvente, em que o solvente mais utilizado é o hexano. Neste processo, os grãos são triturados e o óleo é solubilizado pelo solvente através de contato direto com as células vegetais ou por difusão, onde o óleo atravessa as paredes celulares para o meio líquido. Metanol, éteres e clorofórmio são outros solventes que podem ser empregados. A desvantagem deste método inclui o custo elevado, a alta inflamabilidade e a toxicidade para consumo humano, enquanto as vantagens incluem o baixo ponto de ebulição, o que reduz a decomposição do óleo (KLUCZKOVSKI et al., 2021; RAMALHO; SUAREZ, 2013).

### 2.3 Parâmetros de qualidade de óleos

A definição de óleos vegetais para consumo humano, segundo a Resolução RDC nº481 de 15 de março de 2021, é:

Produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos, podendo conter pequenas quantidades de outros lipídios tais como fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura.

Em 2021, o Ministério da Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), publicou a Instrução Normativa nº 87, de 15 de março de 2021, que estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas para produção de óleos e gorduras, além de determinar as designações, a composição de ácidos graxos, valores máximos de acidez e índices de peróxidos aceitáveis para essa categoria (ANVISA, 2021).

Entre as espécies vegetais autorizadas para produção de óleos no Brasil está a semente da Noz *Juglans regia* L., embora não seja cultivada no país. Os parâmetros de qualidade definidos para o óleo desta semente incluem percentual de composição de ácidos graxos, acidez e índice de peróxidos (ANVISA, 2021). Esses parâmetros são fundamentais para garantir a qualidade dos produtos e a estabilidade oxidativa dos mesmos. O perfil de ácidos graxos é particularmente importante na redução dos riscos de doenças cardiovasculares. Estudos indicam que a suplementação com ácidos graxos poliinsaturados pode reduzir o risco de isquemias em pacientes com hipertrigliceridemia e hipercolesterolemia, além de melhorar a resistência à insulina em gestantes e reduzir os níveis de glicose em crianças com síndrome metabólica (FREITAS NETA et al., 2021).

A oxidação lipídica é uma reação que altera significativamente as propriedades de um óleo. Esse processo envolve reações químicas complexas que modificam as características nutricionais e sensoriais dos óleos e gorduras. Os principais fatores que influenciam essas reações são temperatura, luz e compostos pró-oxidativos (JORGE, 2009).

O índice de acidez indica a quantidade de ácidos graxos livres presentes em um óleo, formados principalmente pela hidrólise de triglicerídeos por lipases presentes nas sementes oleaginosas ou por processos de rancificação hidrolítica não enzimática em altas temperaturas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; OSAWA; GONÇALVES,

2006). Instrução Normativa nº 87, de 15 de março de 2021, como parâmetro de qualidade, orienta que o índice de ácidos do óleo deve ser de até 4,0 mg KOH/g,.

A autooxidação, processo de rancidez oxidativa, tem como produto inicial os peróxidos, que resultam do contato do óleo com o oxigênio e são responsáveis pelo odor rançoso de produtos oxidados (JORGE, 2009). Portanto, o índice de peróxidos é um importante indicador da qualidade oxidativa de óleos e gorduras e deve ser monitorado. Conforme a Instrução Normativa nº 87, de 15 de março de 2021, o parâmetro de referência para o índice de peróxidos em óleos é de 15 meq/kg (ANVISA, 2021).

Esses parâmetros de qualidade são fundamentais para estudar a estabilidade oxidativa, que determina o tempo de prateleira dos óleos e gorduras. A presença de ácidos graxos polinsaturados exerce uma influência significativa nesse processo, uma vez que os radicais livres presentes reagem com o oxigênio molecular, formando peróxidos. Antioxidantes naturais, como os tocoferóis, desempenham um papel crucial na inibição da degradação oxidativa e podem ser adicionados tanto de forma natural quanto artificial para prolongar a vida útil dos óleos (MASUCHI et al., 2008),

## **2.5 Adição de antioxidantes em alimentos**

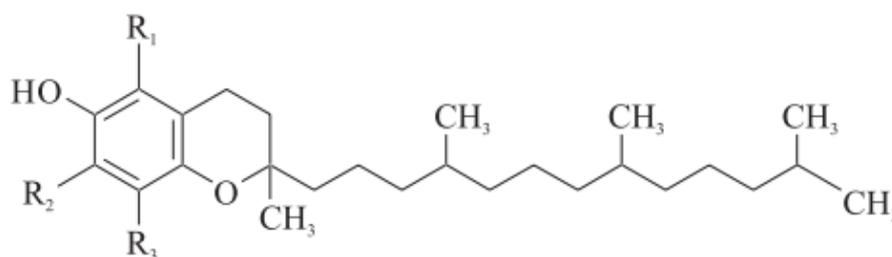
Com o intuito de aumentar o tempo de duração de produtos industrializados, assim como torná-los mais palatáveis e atrativos ao consumo humano, a indústria alimentícia utiliza de diversos aditivos naturais e artificiais (HONORATO; BATISTA; PIRES, 2013). Os antioxidantes possuem a função de inibir ou retardar a ação oxidativa dos alimentos. Esses compostos, se utilizados de forma excessiva podem atuar como pró-oxidantes. Os principais antioxidantes utilizados na indústria são: Butil hidroxianisol, BHA (INS 320), Butil hidroxitolueno, BHT (INS 321), Galatos (INS 310 e INS 312), terc-butil-hidroquinonaque TBHQ (INS 319), que são artificiais. Dentre os naturais, os mais utilizados são Tocoferol (INS 307) e Ácido ascórbico (INS 300). Há também os carotenoides, que pela legislação brasileira é considerando também um corante (INS 160a e INS 160g). Dentre os antioxidantes listados acima, somente os tocoferóis são autorizados para utilização em azeites e óleos prensados a frio (BRASIL, 2010; DE SOUZA *et al.*, 2019; HONORATO; BATISTA; PIRES, 2013; MATEOS-APARICIO, 2018).

Alguns estudos já indicam o potencial da utilização de antioxidantes naturais em substituição de antioxidantes sintéticos para aditivos em alimentos, porém ainda há necessidade de maiores esclarecimentos sobre quantidades adequadas para ingestão, para que estes compostos não agir de forma pró-oxidativa (VIANA DA SILVA *et al.*, 2021).

## 2.6 Tocoferóis

Tocoferol é um composto lipossolúvel, também denominado Vitamina E e pode possuir até oito tipo de variações, sendo elas alfa, beta, gama e delta tocoferóis e alfa, beta, gama e delta tocotrienóis. Os tocoferóis são antioxidantes naturais, presentes em diversos alimentos, são encontrados principalmente em alimentos de origem vegetal com altos teores de gorduras, como amêndoas, semente de girassol, canola, óleo de soja (BATISTA; COSTA; PINHEIRO-SANT'ANA, 2007; LINS, 2006).

Figura 1: Estrutura química Tocoferol



$\alpha$  - tocoferol:  $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\beta$  - tocoferol:  $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$ ;  $R_2 = \text{H}$

$\gamma$  - tocoferol:  $R_1 = \text{H}$ ;  $R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

$\delta$  - tocoferol:  $R_1 = R_2 = \text{H}$ ;  $R_3 = \text{CH}_3$

Fonte: Ramalho e Jorge(2006a)

A vitamina E atua nas membranas plasmáticas neutralizando as ações de estresse oxidativo que ocorrem nas células. Os tocoferóis e os tocotrienóis quebram as reações de peroxidação lipídica, neutralizando os radicais peroxil evitando assim, danos celulares pelas reações de estresse oxidativo (CARRASQUEIRA; TUNA, [s. d.]; GONZALES, [s. d.]).

Um estudo realizado por Ramalho (2006b), avaliou a atividade antioxidante de óleo de soja, após a adição de extratos de alecrim comparado com a adição de alfa tocoferol. Foi utilizado de 300 a 1000mg/kg de extrato de alecrim e 100 a 700mg/kg de alfa-tocoferol. Por fim, as amostras com alfa-tocoferol, com 97% de pureza, apresentaram maior estabilidade oxidativa em relação ao extrato de alecrim (RAMALHO; JORGE, 2006b).

A legislação brasileira, através da RDC 740, de 9 de agosto de 2022 que autoriza o uso de aditivos alimentares, regulamenta a utilização de Tocoferol como antioxidante (D-alfa-tocoferol) limitada a 300mg/L para óleos e gorduras comestíveis (BRASIL, 2022).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O material e métodos estão descritos no artigo que está no apêndice A e B, formatado de acordo com as normas da Revista Scientia Horticulturae e Inovação e Sustentabilidade em Saúde, Nutrição e Alimentos respectivamente, para artigo científico.

## REFERÊNCIAS

- ABE, Lucile Tiemi; LAJOLO, Franco Maria; GENOVESE, Maria Inés. **Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts.** *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, [s. l.], v. 30, n. SUPPL. 1, p. 254–259, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612010000500038>
- ALBA, José Maria Filippini *et al.* **Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã para a Região Sul do Brasil.** Embrapa, [s. l.], p. 65p, 2020.
- ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão.** *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007.
- ANVISA, Ministério da Saúde -. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021.** Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Brasília - DF: RDC nº 255, de 10 de dezembro de 2018, 2021.
- AZADMARD-DAMIRCH, S *et al.* **Nuts Composition and their Health Benefits S.** *World Academy of Science, Engineering and Technology*, [s. l.], v. 33, n. January 2009, p. 547–551, 2011.
- BATISTA, Ellen Cristina Da Silva; COSTA, André Gustavo Vasconcelos; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. **Adding vitamin E to foods: Implications for the foods and for human health.** *Revista de Nutricao*, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 525–535, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-52732007000500008>
- BOTTARI, Nathieli Bianchin *et al.* **Antimicrobial activity and phytochemical characterization of *Carya illinoensis*.** *Microbial Pathogenesis*, [s. l.], v. 104, p. 190–195, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.01.037>
- BOUALI, I. *et al.* **Chemical composition and thermal properties of Tunisian pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] oils.** *Grasas y Aceites*, [s. l.], v. 73, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/GYA.0436211>
- BOUALI, Intidhar *et al.* **Inter-cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia.** *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 183–196, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00188-8>
- BRASIL. **RDC nº 281, de 29 de abril de 2019.** Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos., Brasília - DF: 2022. p. 1–5.
- BRASIL, Ministério da Saúde. **RDC Nº 45, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2010.** Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas

Práticas de Fabricação (BPF) A. Brasília - DF: 2010.

CARRASQUEIRA, F; TUNA, M. **Micronutrimiento antioxidante**. 14 f. [s. d.]. - Universidade do Porto, Porto, Portugal, [s. d.].

CASTELO-BRANCO, Vanessa Naciuk; TORRES, Alexandre Guedes. **Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: Determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos**. Revista de Nutricao, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 173–187, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000100017>

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. [S. l.]: Editora da Unicamp, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788526814721>

COGAN, Betsy *et al.* **Pecan-enriched diet improves cholesterol profiles and enhances postprandial microvascular reactivity in older adults**. Nutrition Research, [s. l.], v. 111, p. 44–58, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.01.001>

COSTA, Tainara; JORGE, Neuza. **Compostos Bioativos Benéficos Presentes em Castanhas e Nozes Ácido cis-linoléico (n-6) Ácido alfa-linoléico (n-3)  $\alpha$ -tocoferol  $\beta$ -tocoferol  $\gamma$ -tocoferol  $\delta$ -tocoferol OH COOH (A) (B) Ácido p-hidroxibenzóico: R 1 = R 2 = H Ácido vanílico: R 1 = CH 3 O, R2 = H Á**. Journal Health Sciences, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 195–203, 2011.

DE SOUZA, Betina Aguiar *et al.* **Aditivos Alimentares: Aspectos Tecnológicos E Impactos Na Saúde Humana**. Revista Contexto & Saúde, [s. l.], v. 19, n. 36, p. 5–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2019.36.5-13>

DOMÍNGUEZ-AVILA, Jesús A. *et al.* **The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets**. Food Chemistry, [s. l.], v. 168, p. 529–537, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.092>

FERNANDES, Gabriel D. *et al.* **Chemical Characterization of Major and Minor Compounds of Nut Oils: Almond, Hazelnut, and Pecan Nut**. Journal of Chemistry, [s. l.], v. 2017, p. 1–11, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/2609549>

FERRARI, Virginia *et al.* **Influence of Cultivar on Nutritional Composition and Nutraceutical Potential of Pecan Growing in Uruguay**. Frontiers in Nutrition, [s. l.], v. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.868054>

FLORESCORDOVA, Maria *et al.* **Phytochemical composition and antioxidant capacity in Mexican pecan nut**. Emirates Journal of Food and Agriculture, [s. l.], p. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9755/ejfa.EJFA-2016-08-1075>

FRONZA, Diniz *et al.* **Pecan cultivation: general aspects**. *Ciência Rural*, [s. l.], v. 48, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>

GARDEA, A. A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; YAHIA, E. M. **Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.)**. [S. l.]: Woodhead Publishing Limited, 2011. v. 4 Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9780857092618.143>

GONG, Yi *et al.* **Chemical and nutritive characteristics of tree nut oils available in the U.S. market**. *European Journal of Lipid Science and Technology*, [s. l.], v. 119, n. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600520>

GONZALES, Fabio Gonçalves. **Vitamina E**. [s. l.], Disponível em: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>

HONORATO, Thatyan Campos; BATISTA, Elga; PIRES, Tatiana. **Aditivos alimentares : aplicações e toxicologia Food additives : applications and toxicology**. [s. l.], p. 1–11, 2013.

INC - INTERNATIONAL NUT&DRIEDFRUIT. **Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2022/2023**. [s. l.], p. 1–79, 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos**. IV Ediçãoed. São Paulo: [s. n.], 2008.

KAMAL-ELDIN, Afaf; MOREAU, Robert A. **Tree Nut Oils**. *In: GOURMET AND HEALTH-PROMOTING SPECIALTY OILS*. [S. l.]: AOCS Press, 2009. p. 127–149. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-97-4.50009-7>

LINS, Roseana Telles. **Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia**. [s. l.], 2006.

MACEDO, Valéria *et al.* **Assessment of used frying oils and fats in bars, restaurants and snack bars**. *Rev Inst Adolfo Lutz*, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 91–98, 2010.

MAESTRI, Damián *et al.* **Tree Nut Oils: Chemical Profiles, Extraction, Stability, and Quality Concerns**. *European Journal of Lipid Science and Technology*, [s. l.], v. 122, n. 6, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900450>

MAESTRI, Damián; BODOIRA, Romina. **Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, [s. l.], v. 68, n. 4, p. 927–942, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07160>

MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Cultivar Web**. [S. l.], 2023. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php).

MARTINS, Carlos Roberto *et al.* **Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [s. l.], v. 443, p. 65–81, 2017.

MATEOS-APARICIO, I. **Aditivos Antioxidantes.** *In:* DEXTRA (org.). **Aditivos Alimentarios.** Madrid: [s. n.], 2018. p. 77–96.

MCKAY, Diane *et al.* **A Pecan-Rich Diet Improves Cardiometabolic Risk Factors in Overweight and Obese Adults: A Randomized Controlled Trial.** *Nutrients*, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 339, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10030339>

MOITA, Antonio Williams. **Análise de Variância Para Dados de Tonalidade de Cor: Um Caso de Dados Circulares.** [s. l.], p. 64, 2004. Disponível em: [519.5355%0A'](https://doi.org/10.5355/0A)

NECKEL, Laura *et al.* **ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE NOZ PECÃ DO MUNICÍPIO DE IJUÍ- RS 1 PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF PECAN NUT OF IJUÍ-RS.** [s. l.], 2007.

OETTERER, Marília; ARCE, Maria Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** 1º Ed.ed. São Paulo -SP: [s. n.], 2006.

ORO, Tatiana. **Composição nutricional, compostos bioativos e vida de prateleira de noz e óleo prensado a frio de noz-peça [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch].** [s. l.], 2007.

ORTIZ-QUEZADA, Ana G.; LOMBARDINI, Leonardo; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. **Antioxidants in Pecan Nut Cultivars [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch].** *In:* NUTS AND SEEDS IN HEALTH AND DISEASE PREVENTION. [S. l.]: Elsevier, 2011. p. 881–889. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10104-5>

POLMANN, G *et al.* **Determinação Da Composição Nutricional De Noz Pecã E Do Teor De Fibra Bruta Por Meio De Diferentes Métodos De Preparo Da Amostra.** 6º Simpósio de Segurança Alimentar, [s. l.], p. 1–6, 2018.

PRADO, Ana Cristina Pinheiro do *et al.* **Relationship between antioxidant properties and chemical composition of the oil and the shell of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch].** *Industrial Crops and Products*, [s. l.], v. 45, p. 64–73, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.042>

RAMALHO, Valéria; JORGE, Neuza. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos.** *Química Nova*, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 755–760, 2006a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000400023>

RAMALHO, Valéria; JORGE, Neuza. **Atividade antioxidante do lpha-tocoferol e do extrato de alecrim em óleo de soja purificado.** [S. l.: s. n.], 2006b.

REIS RIBEIRO, Stephanie *et al.* **Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil.** Food Research International, [s. l.], v. 136, n. August, p. 109596, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109596>

RIBEIRO CROSA, Claudia Farela *et al.* **Tecnologia De Produção De Noz-Pecã No Sul Do Brasil.** Revista Científica Rural, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 249–262, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3170>

RIVERA-RANGEL, L. R. *et al.* **Comparison of Oil Content and Fatty Acids Profile of Western Schley, Wichita, and Native Pecan Nuts Cultured in Chihuahua, Mexico.** Journal of Lipids, [s. l.], v. 2018, p. 1–6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/4781345>

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Balço Hídrico Do Cultivo Da Nogueira Pecã Nos Anos Padrão Habitual, Chuvoso E Seco Para O Rio Grande Do Sul.** Revista Brasileira de Climatologia, [s. l.], v. 25, p. 679–701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.65543>

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Potencialidades do uso do zoneamento de risco climático para o cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, [s. l.], v. 22, p. 2556–2561, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2460>

SANTOS, Isabel da Cunha *et al.* **Acidez, índice de iodo e coeficiente de extinção específica em azeites de oliva produzidas no sul do Brasil.** XXVII congresso de iniciação científica, [s. l.], v. 01, p. 1–23, 2018.

SIEBENEICHLER, Tatiane Jéssica *et al.* **Composition and impact of pre- and post-harvest treatments/factors in pecan nuts quality.** Trends in Food Science & Technology, [s. l.], v. 131, p. 46–60, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.010>

UFG. **Fitoquímicos :Pigmentos dos alimentos e sua importância.** [S. l.: s. n.], 2012.

USDA-AMS. **United States standards for grades of shelled almonds.** [s. l.], v. 1997, n. March, p. 7, 1997. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/standards/almonndsh.pdf>

VIANA DA SILVA, Marcondes *et al.* **Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview.** Food Reviews International, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 349–372, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>

VILLARREAL-LOZOYA, Jose E.; LOMBARDINI, Leonardo; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. **Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars.** Food Chemistry, [s. l.], v. 102, n. 4, p. 1241–1249, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.024>

YILMAZ, Rabia *et al.* **Determination of Nut Characteristics and Biochemical Components of Some Pecan Nut Cultivars.** *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, [s. /], v. 31, n. 4, p. 906–914, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.899879>

## APÊNDICE A – ARTIGO 1

Artigo formatado de acordo com as normas da revista *Cultivares Scientia Horticulturae*.

### **Compostos bioativos e características físico-químicas de cultivares de noz-pecã cultivadas no sul do Brasil**

Tamires de Oliveira Duarte<sup>1</sup>; Stefany Cristina Foscarini<sup>1</sup>, Cristiano Dietrich Ferreira<sup>1</sup>, Ivan Ricardo Carvalho<sup>2</sup>; Rosane Lopes Crizel<sup>3</sup>, Antonio Davi Vaz Lima<sup>4</sup>; Carlos Roberto Martins<sup>5</sup>; Jessica Fernanda Hoffmann<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos - Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil. [jessicahoffmann@unisinobr](mailto:jessicahoffmann@unisinobr) (ORCID 0000-0002-9185-3820), [tefanyfoscariny@outlook.com](mailto:tefanyfoscariny@outlook.com) (ORCID 0000-0003-3864-1391), [tamiduarte29@gmail.com](mailto:tamiduarte29@gmail.com) (ORCID 0000-0003-0900-0018), [cristianodietrich@unisinobr](mailto:cristianodietrich@unisinobr) (ORCID 0000-0002-8852-2414)

<sup>(2)</sup> Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. [carvalho.irc@gmail.com](mailto:carvalho.irc@gmail.com) (ORCID 0000-0001-7947-4900)

<sup>(3)</sup> Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. [rosanecrizel@gmail.com](mailto:rosanecrizel@gmail.com) (ORCID 0000-0002-7736-5820); [tatianejs1@hotmail.com](mailto:tatianejs1@hotmail.com) (ORCID 0000-0002-5340-3415);

<sup>(4)</sup> Doutorando em Fruticultura, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. [antoniodv.lima@gmail.com](mailto:antoniodv.lima@gmail.com) (ORCID 0000-0002-6458-9235)

<sup>(5)</sup> Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. [carlos.r.martins@embrapa.br](mailto:carlos.r.martins@embrapa.br) (ORCID 0000-0001-8833-1629)

**Resumo:** A noz-pecã é uma oleaginosa, muito conhecida pela quantidade de ácidos graxos polinsaturados em sua composição. Nos últimos anos o cultivo de noz-pecã vem aumentando no estado do Rio Grande do Sul e com isso percebeu-se a necessidade de qualificar o conhecimento sobre a composição deste alimento. O objetivo deste estudo foi avaliar as características físico-químicas, perfil de ácidos graxos e compostos bioativos de cultivares de noz-pecã cultivadas no sul do Rio Grande do Sul. Para a realização deste experimento, foram coletadas amostras de frutos de sete cultivares de nozeira-pecã onde realizou-se análises de coloração, composição centesimal, teores de óleo, acidez, índice de peróxidos, coeficiente de extração específica, composição de ácidos graxos, tocoferóis e compostos fenólicos, analisados estatisticamente pelo teste de Tukey. Os resultados demonstraram um destaque da cultivar Elliot na quantidade de lipídios com 74,66%. A cultivar Shawnee

apresentou maiores níveis de oxidação, representados pelo alto teor de acidez e peróxidos da amostra. A cultivar Elliot foi a que teve maior índice de gama-tocoferol e a cultivar Success que apresentou maior índice de delta-tocoferol. As cultivares Shawnee, Elliot e Mohawk apresentaram maiores quantidade de ácido graxo saturado, ácidos graxos monoinsaturados e ácido graxo polinsaturados, respectivamente. Além disso, os principais compostos fenólicos identificados e quantificados nas amostras de nozes pecã foram os Ácido gálico, Procianidina tipo B, (+)-Catequina, Galato de metila, Ácido elágico pentose, Ácido elágico e Ácido elágico pentose metilado. Embora haja variação no perfil de ácidos graxos entre cultivares, os ácidos graxos insaturados foram predominantes, indicando melhor qualidade nutricional, mas também maior potencial de oxidação:

**Palavras-chave:** *Carya illinoensis*; nozes; óleo de pecã; qualidade pós-colheita; ácidos graxos; nutracêuticos.

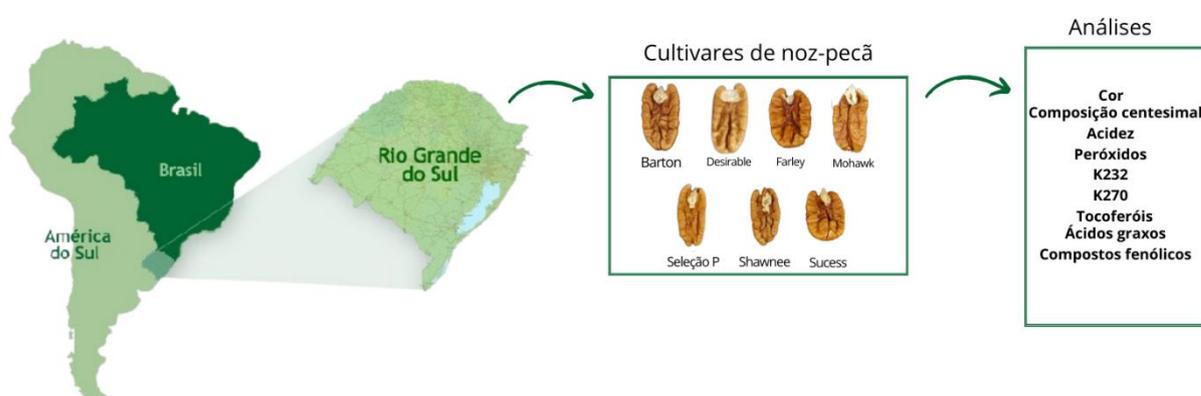
### **Bioactive compounds and physicochemical characteristics of pecan cultivars grown in southern Brazil**

**Abstract:** Pecan nuts are oilseeds, well known for the amount of polyunsaturated fatty acids in their composition. In recent years, pecan cultivation has increased in the state of Rio Grande do Sul, and with this, the need to qualify the knowledge about the composition of this food was realized. The objective of this study was to evaluate the physicochemical characteristics, fatty acid profile and bioactive compounds of pecan cultivars grown in the south of Rio Grande do Sul. To carry out this experiment, fruit samples were collected from seven cultivars and a selection of pecan trees, where analyses of color, centesimal composition, oil content, acidity, peroxide value, specific extraction coefficient, composition of fatty acids, tocopherols and phenolic compounds were performed, statistically analyzed by the Tukey test. The results showed that the Elliot cultivar stood out in the amount of lipids with 74.66%. The Shawnee cultivar showed higher oxidation levels, represented by the high acidity and peroxide content of the sample. The Elliot cultivar had the highest gamma-tocopherol index and the Success cultivar had the highest delta-tocopherol index. The Shawnee, Elliot and Mohawk cultivars showed higher amounts of saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids, respectively. In

addition, the main phenolic compounds identified and quantified in the pecan nut samples were gallic acid, procyanidin type B, (+)-catechin, methyl gallate, pentose ellagic acid, ellagic acid and methylated pentose ellagic acid. Although there is variation in the fatty acid profile between cultivars, unsaturated fatty acids were predominant, indicating better nutritional quality, but also greater oxidation potential.

**Keywords:** *Carya illinoensis*; nuts; luminosity; quality, post-harvest; fatty acids.

## RESUMO GRÁFICO



## INTRODUÇÃO

O cultivo de noz-pecã (*Carya illinoensis*) no Brasil está concentrado principalmente nos estados da região sul do país, com destaque para o estado do Rio Grande do Sul que apresenta maior área de cultivo. Em 2022/2023 a safra mundial chegou a 154.266 toneladas de produção, sendo México e EUA os países líderes em cultivo de noz-pecã, o Brasil ficou em 4º lugar com o registro de 1.400 toneladas produzidas (INC, 2023).

Há registro no Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) de 42 cultivares de nozes pecã cultivadas no Brasil (MAPA, 2023). Em torno de 17 cultivares são cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, dentre elas, destacam-se Barton, Melhorada, Imperial, Importada, Jackson e Shawnee (CROSA *et al.*, 2020).

O crescimento constante da produção e do consumo cada vez mais generalizado de noz-pecã, se deve ao destaque entre s alimentos naturais, por seus efeitos benéficos para a saúde, já que possui compostos fenólicos, ácidos graxos mono e polinsaturados, fitoesteróis, tocoferóis e micronutrientes, que os atribuem à redução do risco de contrair doenças (Fronza *et al.*, 2018). Porém, seu alto teor de ácidos graxos polinsaturados podem sofrer oxidação ao longo do tempo, dando lugar ao desenvolvimento de odores e sabores desagradáveis (Adkinson *et al.*, 2021).

O consumo diário de noz-pecã confere benefícios a saúde, visto que sua composição de polinsaturados e fitoquímicos contribui para a redução dos níveis de insulina no sangue, portanto confere proteção aos indivíduos com risco de desenvolver Diabetes Mellitus e doenças cardiovasculares (MCKAY *et al.*, 2018)

O conhecimento da composição nutricional da noz-pecã valoriza o cultivo pela agricultura familiar da região e traz novas alternativas para a utilização e comercialização da amêndoa, assim como a valorização e incentivo para a agricultura local (MARTINS *et al.*, 2017).

As condições climáticas são fatores importantes a serem considerados ao cultivar a noz-pecã. A temperatura média anual deve ser de 18,3°C, e são necessárias de 250 a 300 horas de frio, umidade relativa do ar de até 80% em dias consecutivos. O excesso de precipitação e o risco de estiagem também são fatores a serem observados, sendo o adequado 1200mm de precipitação anual

(ALBA *et al.*, 2020; ROVANI; WOLLMANN, 2017, 2019). Tendo em vista esses aspectos, ao ser analisado o zoneamento climático do estado Rio Grande do Sul – Brasil, percebeu-se aspectos favoráveis para cultivo da noz-pecã nesta região do país (ALBA *et al.*, 2020; ROVANI; WOLLMANN, 2017, 2019).

A caracterização de cores de um alimento é utilizada como parâmetro de qualidade. A United States Department of Agriculture (USDA) divulgou os parâmetros de qualidade de noz-pecã, incluindo padrão de cores, que devem estar classificadas como “claro” ou “âmbar claro” para padronização de qualidade. Para a cor “claro, significa que a amêndoa é predominantemente da cor dourada ou mais clara e com apenas 25% da superfície mais escura. Para a cor “âmbar claro” deve ter mais de 25% da superfície da cor castanho claro e até 25% da superfície de cor escura. (USDA-AMS, 1997). No entanto, essa é uma classificação visual, onde pode haver muita influência do analista e das condições da análise. Nesse sentido, é importante a padronização da cor em escala numérica.

Para uma melhor avaliação da cor avalia-se pela tonalidade que é representada pelo indicador  $^{\circ}\text{HUE}$ , é gerada pelas cinco cores primárias e cinco cores intermediárias, para efeitos de classificação estão dispostas em um disco dividido em 100 partes iguais. Sendo assim, quanto menor o valor a tonalidade será mais clara e quanto maior valor maior será tonalidade (MOITA, 2004)

As nozes pecã, são ricas em ácidos graxos, principalmente ácidos graxos insaturados, além disso possuem quantidades significativas de proteínas, fibras, vitaminas e minerais, principalmente, vitamina A, B e E, ácido fólico, cálcio, magnésio, potássio e zinco (COSTA; JORGE, 2011; ORTIZ-QUEZADA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2011).

Os principais fitoquímicos encontrados em nozes pecã são, ácido elágico, ácido gálico e catequina, esses compostos são naturalmente produzidos pelas plantas e auxiliam na proteção contra fungos e bactérias, e ao consumo humano auxiliam no controle do estresse oxidativo pois possuem potencial antioxidante (BOTTARI *et al.*, 2017; UFG, 2012).

A qualidade da noz-pecã pode ser afetada por fatores associados ao manejo do pomar e da pós colheita Sabe-se que um dos fatores que afetam a composição das frutas é a cultivar. Devido ao alto conteúdo do óleo, especialmente ácidos graxos insaturados, o principal problema no

armazenamento de nozes é a oxidação dos lipídeos (REIS RIBEIRO *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a composição físico-química, o perfil de ácidos-graxos e verificar os principais compostos bioativos presentes em amêndoas de noz-pecã cultivadas no sul do Brasil.

## **Material e Métodos**

### **Obtenção e preparo das amostras**

Os frutos de noqueira-pecã foram obtidos em um pomar comercial localizado no município de Canguçu no estado do Rio Grande do Sul. O pomar foi instalado em 2009 sob um espaçamento de 9x7 m entre plantas, o que para a cultura é considerado adensado. As nozes foram colhidas em abril de 2021 no ponto de colheita considerado ideal para a cultura. Foram coletadas amostras das cultivares Barton, Desirable, Elliot, Farley, Mohawk, Shawnee e Success, também se avaliou a seleção P (procedência de seleção de um viveiro). As nozes foram secas em estufa com ar forçado a 40°C até atingirem uma umidade menor que 8%. Após a secagem as nozes foram armazenadas em caixas de isopor e enviadas para o Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde (Itt Nutrifor) para realização das análises nutricionais e de qualidade dos frutos. Para as análises, as cascas das nozes foram removidas e descartadas. As nozes descascadas foram trituradas em um processador de alimentos por 1 minutos, sendo armazenadas a -20°C até o momento das análises.

### **Análises físico-químicas**

#### **Cor**

A coloração das nozes foi determinada utilizando colorímetro (Minolta Chromometer Modelo CR 300) no padrão CIE-L\*a\*b\*. O equipamento fornece os valores a, b e L. Valores L\* representam luminosidade (L\*=0 é preto e L\*=100 é claridade total) e a\* e b\* foram utilizados no cálculo do ângulo Hue [ $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ ]. Foram medidos os parâmetros de cor em 10 frutos inteiros de cada cultivar.

## **Composição centesimal**

A determinação da composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos por diferença) foi realizada de acordo com a AOAC (2000). Os resultados foram expressos em porcentagem.

## **Análise do óleo**

### **Extração do óleo**

O óleo de noz-pecã foi extraído de acordo com o método de Bligh-Dyer. Este método consiste na extração a frio do óleo. Neste processo utiliza-se clorofórmio, metanol e água para formação de um sistema bifásico (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### **Teor de acidez**

O óleo de noz-pecã foi dissolvido em solução de éter etílico: álcool etílico (2:1, v/v) na proporção de óleo: solvente de 1:10 (p/v), e foram adicionados 3 gotas de solução de fenolftaleína 1% (m/v) e a mistura foi titulada com solução de KOH (0,1 N), segundo metodologia da AOCS (1992). Os resultados foram expressos em mg de KOH/g.

### **Índice de peróxidos**

Cinco gramas de óleo foram dissolvidos em 30 mL de solução de ácido acético: clorofórmio (3:2, v/v), agitou-se a mistura e adicionou-se 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio e o frasco foi mantido no escuro por um minuto. Em seguida adicionou-se 30 mL de água destilada e 0,5 mL de solução de amido (1%), e titulou-se com tiosulfato de sódio (0,1 N) até a perda da coloração azulada, segundo metodologia da AOCS (1992). Os resultados foram expressos em meqO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> amostra.

### **Determinação do coeficiente de extinção específica a 232 e 270 nm**

Em balão volumétrico de 10 mL foram pesados 100 mg de óleo (limpo e filtrado) e dissolvidos em isoctano. A absorvância da solução foi medida usando-se um espectrofotômetro a 232 e 270 nm. As absorvâncias foram usadas para determinar os coeficientes de extinção específicos (K232 e K270), empregando-se o método proposto pela American Oil Chemists Society's (FIRESTONE, 2001).

### **Composição de ácidos graxos**

A composição de ácidos graxos das amostras de óleo de noz-pecã foi determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS), seguindo o método descrito pelo COI (2017). Para a reação de transesterificação, 0,1 gramas de amostra, 2 mL de hexano e 0,2 mL de hidróxido de potássio metanólico (2M) foram misturados sob agitação vigorosa por 30 s. A camada superior contendo ésteres metílicos foi coletada e injetada no cromatógrafo a gás. Utilizou-se um GC-MS Shimadzu QP2010 Ultra com autoinjeter AOC-20i e biblioteca de espectro de massas NIST 2011. Injetou-se 1µL de amostra com temperatura do injetor a 200°C, no modo split. Utilizou-se hélio como gás carreador com fluxo de 1.78 mL min<sup>-1</sup> e velocidade linear como modo de controle de fluxo. A coluna capilar utilizada foi SP 2380 (60mx0.25mm 0.20µm) O gradiente de temperatura foi mantido a 78 ° C durante 6,5 min, aumentado a uma taxa de 60 °C min<sup>-1</sup> até 180 ° C durante 13,44 min, depois aumentou a uma taxa de 35 °C min<sup>-1</sup> até 280 ° C e permaneceu assim por 5,5 min. As temperaturas da fonte de íons e da interface foram ajustadas em 200°C, e a faixa de varredura de massas foi de m/z 35 a 500 e 0,3 escaneamentos por segundo. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção dos padrões de referência, e os resultados foram expressos como percentagem relativa de ácidos graxos.

### **Tocoferóis**

Foram pesados 150 mg de óleo em balão volumétrico de 5mL e o volume completado com isopropanol grau HPLC. O extrato foi levemente agitado e transferido para microtubos, de centrifuga. Em seguida, o extrato foi centrifugado a 8600 x g por 6 minutos. O sobrenadante foi coletado e filtrado através de membrana de nylon 0,22 µm (AllCrom, St. Louis, Mo, EUA) e injetadas em

cromatógrafo a líquido. O teor de tocoferóis foi determinado em cromatógrafo a líquido Shimadzu equipado com sistema detector de fluorescência e coluna de fase reversa CLC-ODS (3.9cm x 150 mm x 4 µm). As análises foram realizadas nas seguintes condições cromatográficas: volume de injeção de 10 µL, fluxo 1 mL min<sup>-1</sup> e comprimento de ondas de excitação de 290nm e emissão 330 nm. A fase móvel inicial foi constituída por acetonitrila:metanol:isopropanol 50:40:10 (v/v/v) por 10 minutos; alterando-se linearmente para acetonitrila:metanol:isopropanol (30:65:5, v/v/v) até atingir 12 minutos; e retornando linearmente para a fase móvel inicial até 15 minutos de análise. A identificação e quantificação de tocoferóis foram realizadas usando curvas de calibração externas α, γ e δ-tocoferol e os resultados foram expressos como mg 100g<sup>-1</sup>.

## **Compostos fenólicos**

### **Extração**

Foram pesados 5 g de nozes desengorduradas e misturadas com 50 mL de metanol 80%. A mistura permaneceu em banho ultrassônico por 30 min, sendo posteriormente centrifugadas (5000 rpm/10min). O sobrenadante foi coletado e o perfil de compostos fenólicos foram avaliados por LC-MS.

### **Identificação e quantificação de compostos fenólicos individuais**

A identificação dos compostos fenólicos foi realizada em UHPLC da marca Shimadzu (Quioto, Japão) equipado com bombas quaternárias (LC-30AD), degaseificador on-line (DGU-20A3R), injetor automático (SIL-30AC) programado para injeção de 20 µL e detector DAD (Shimadzu, SPD-M20A) conectado em série a um espectrômetro de massas com fonte de ionização por eletrospray (ESI) e analisador do tipo quadrupolo-tempo de voo (QTOF) (Impact HD, Bruker Daltonics, Bremen, Alemanha).

Os compostos fenólicos foram separados utilizando uma coluna Shimpack XR-ODS III (50 mm X 2,1 mm, 1,6 µm), utilizando água acidificada (0,1% de ácido fórmico) e metanol acidificado (0,1% de ácido fórmico), com fluxo de 0,3 mL/min a 30°C. O gradiente de eluição foi 0-5 min, 0-90%B, 5-7 min, 90%B, 7.10

min, 5%B. Essa condição foi mantida por 5 minutos para estabilização da pressão. O volume de injeção foi de 5 µL.

As condições para a aquisição dos espectros de massas foram: faixa de varredura de  $m/z$  100 a 1500, modo de ionização negativo, voltagem do capilar: 3000 V, temperatura e fluxo do gás secante: 310 °C e 8 L min<sup>-1</sup>, pressão do gás nebulizador: 30 psi, MS2: modo automático com a energia de fragmentação variando de 35 a 50 eV. A identificação dos ácidos fenólicos foi realizada através da comparação do perfil do espectro UV-vis, massa acurada e as características de fragmentação. Essas informações foram comparadas com os padrões analíticos disponíveis e com bases de dados online (FooDB, Metlin). A quantificação foi realizada com padrões analíticos disponíveis.

### **Análise estatística**

Os resultados foram apresentados como média, seguido de desvio padrão. A análise de variância foi realizada e quando significativa o teste Tukey ( $P < 0,05$ ) foi aplicado para avaliar a diferença entre as cultivares.

## **Resultados e discussão**

### **Propriedades físico-químicas**

Os resultados do perfil colorimétrico das diferentes cultivares de nozes apresentados na tabela 1 mostram que para a variável luminosidade (L), a cultivar mais escura foi Barton (L=46,9) e a mais clara foi a cultivar Shawnee (L=52,2). Existe uma preferência mercadológica por nozes com cores mais claras. Algumas cultivares possuem características genéticas de produzirem nozes mais claras ou escuras, que podem ser influenciadas pelas condições de clima e solo (MOITA, 2004).

Para o parâmetro  $a^*$ , que representa variação do verde ao vermelho, a seleção P (9,0) e Mohawk (9,0) apresentaram maior valor  $a^*$  e a cultivar Desirable (6,9) apresentou o menor valor. Para o parâmetro  $b^*$  que mede do amarelo ao azul, a cultivar Shawnee (18,6) apresentou maior valor e a cultivar Barton (13,8) apresentou menor valor.

O Chroma foi maior na Seleção P (20,2) e menor na cultivar Barton (15,3), representando cores vívidas para valores maiores cores mais cinzas para valores menores.

Para a coloração das amêndoas ( $^{\circ}$ HUe) verificou-se maiores valores na cultivar Shawnee e menores na cultivar Mohawk com valores de 67,1 e 60,0 respectivamente. Segundo Hellwig et al. (2022) quanto mais próximo o valor de 90, maior será a qualidade e mais amarelos serão as nozes, e quanto mais próximo o valor de zero, mais vermelhos. Quanto mais vermelhos as amêndoas, mais próximos da oxidação eles estão, este parâmetro da cor é um critério utilizado pela indústria para avaliar a qualidade da amêndoa.

**Tabela 1.** Parâmetros de cor de sete cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

Cultivar	L	a	b	Chroma	HUe	Paleta de cor
Barton	46,9 ± 2,5 <sup>d</sup>	6,7 ± 0,6 <sup>d</sup>	13,8 ± 1,1 <sup>d</sup>	15,3 ± 1,2 <sup>b</sup>	64,0 ± 1,7 <sup>abc</sup>	
Derisable	48,3 ± 2,9 <sup>bcd</sup>	6,9 ± 0,8 <sup>d</sup>	14,6 ± 3,2 <sup>bcd</sup>	16,2 ± 3,1 <sup>b</sup>	64,4 ± 4,1 <sup>abc</sup>	
Elliot	51,3 ± 1,5 <sup>ab</sup>	8,1 ± 0,5 <sup>abc</sup>	18,3 ± 1,1 <sup>ab</sup>	20,0 ± 0,9 <sup>a</sup>	65,9 ± 2,3 <sup>ab</sup>	
Farley	47,4 ± 1,2 <sup>cd</sup>	7,7 ± 0,7 <sup>cd</sup>	14,3 ± 1,8 <sup>cd</sup>	16,2 ± 1,9 <sup>b</sup>	61,7 ± 1,1 <sup>bc</sup>	
Mohawk	49,4 ± 1,8 <sup>abcd</sup>	9,0 ± 0,3 <sup>a</sup>	15,7 ± 1,8 <sup>abcd</sup>	18,1 ± 1,6 <sup>ab</sup>	60,0 ± 2,4 <sup>c</sup>	
Seleção P	50,9 ± 2,5 <sup>abc</sup>	9,0 ± 0,9 <sup>ab</sup>	18,1 ± 3,4 <sup>abc</sup>	20,2 ± 3,4 <sup>a</sup>	63,3 ± 3,2 <sup>abc</sup>	
Shawnee	52,2 ± 2,3 <sup>a</sup>	7,8 ± 0,7 <sup>bcd</sup>	18,6 ± 2,0 <sup>a</sup>	20,1 ± 1,9 <sup>a</sup>	67,1 ± 2,4 <sup>a</sup>	
Success	48,1 ± 0,8 <sup>bcd</sup>	8,2 ± 0,3 <sup>abc</sup>	15,0 ± 0,8 <sup>abcd</sup>	17,1 ± 0,7 <sup>ab</sup>	61,4 ± 1,3 <sup>bc</sup>	

Média±desvio padrão (n=3), seguido por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Na tabela 2 estão apresentados os resultados da composição centesimal das diferentes cultivares de nozes. O maior teor de umidade foi observado na cultivar Sucess (8,33%), já a cultivar Barton obteve menores teores com 2,95%, abaixo do que foi encontrado por (FERRARI *et al.*, 2022) com uma variação entre 3-6%, sendo um fator importante para a conservação da amêndoa, visto o potencial para crescimento de fungos em meios com maiores teores de umidade. Quanto ao teor de proteínas destaca-se as cultivares Success, seguida pela seleção P, com 9,61% e 8,95%, respectivamente. Na composição de lipídeos a cultivar Elliot foi a que apresentou maiores quantidades sendo em média, 77,08

g/100g . A cultivar Farley apresentou 1,75% de cinzas, já Elliot foi a que apresentou menor teor com 1,61.

**Tabela 2.** Composição centesimal de oito cultivares e uma seleção de nogueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

Cultivar	Umidade (%)	Proteínas* (%)	Lipídeos* (%)	Cinzas* (%)	Carboidratos* (%)
Barton	2,95±0,06 <sup>g</sup>	6,87±0,07 <sup>d</sup>	59,70±0,5 <sup>e</sup>	1,66±0,04 <sup>c</sup>	31,77±0,7 <sup>a</sup>
Derisable	3,34±0,04 <sup>e</sup>	8,08±0,10 <sup>c</sup>	73,16±0,3 <sup>c</sup>	1,52±0,03 <sup>d</sup>	17,24±0,4 <sup>c</sup>
Elliot	3,15±0,04 <sup>f</sup>	6,12±0,09 <sup>f</sup>	77,08±0,4 <sup>a</sup>	1,61±0,02 <sup>c</sup>	15,18±0,6 <sup>d</sup>
Farley	5,50±0,01 <sup>b</sup>	6,75±0,03 <sup>d</sup>	74,65±0,8 <sup>c</sup>	1,75±0,01 <sup>a</sup>	16,86±0,8 <sup>c</sup>
Mohawk	4,02±0,04 <sup>d</sup>	6,17±0,01 <sup>e</sup>	74,23±0,7 <sup>c</sup>	1,63±0,01 <sup>c</sup>	17,98±0,7 <sup>c</sup>
Seleção P	5,62±0,03 <sup>b</sup>	8,95±0,13 <sup>b</sup>	76,21±0,6 <sup>b</sup>	1,72±0,04 <sup>b</sup>	13,12±0,7 <sup>e</sup>
Shawnee	4,13±0,02 <sup>c</sup>	6,95±0,07 <sup>d</sup>	69,49±0,5 <sup>d</sup>	1,72±0,03 <sup>b</sup>	21,84±0,5 <sup>b</sup>
Success	8,33±0,01 <sup>a</sup>	9,61±0,09 <sup>a</sup>	76,00±0,1 <sup>b</sup>	1,72±0,05 <sup>b</sup>	12,66±0,3 <sup>e</sup>

Média±desvio padrão (n=3), seguido por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). \* Resultados em base seca.

O teor de carboidratos apresentou uma variação entre as cultivares. O destaque foi a cultivar Barton, que apresentou maior teor de carboidratos com 31,77 g/100g, enquanto os menores teores foi a cultivar Success com 12,66 g/100g . Em um estudo realizado por (POLMANN *et al.*, 2018), com a cultivar Barton da cidade de Cachoeira do Sul apresentou 24,33g/100g de carboidratos. Em nozes pecã cultivadas no Uruguai, a quantidade de carboidrato variou de 10,28% a 18,99% (FERRARI *et al.*, 2022).

Já para proteínas, o estudo com a cultivar Barton de Cachoeira do Sul, obteve em média 8,58g/100g (POLMANN *et al.*, 2018). Neste estudo obteve-se 6,67g/100g de proteína da cultivar Barton. Porém outras cultivares apresentaram valores aproximados com o estudo feito por (POLMANN *et al.*, 2018), sendo a cultivar Sucess e seleção P, com 8,76g/100g e 8,45g/100g, respectivamente. Já a análise feita por (NECKEL *et al.*, 2007), com a cultivar Barton produzidas em Ijuí-RS, encontrou valores superiores, sendo em média 9,5g/100g de proteínas.

Em análises de outras cultivares da Turquia foi encontrado em média 9,2% de proteínas (YILMAZ *et al.*, 2021).

Os teores de lipídeos encontrados nas cultivares Desirable, Farley, Mohawk e seleção P corroboram o encontrado por (ABE; LAJOLO; GENOVESE, 2010; POLMANN *et al.*, 2018), com 71,10 g/100g de amostra. Semelhante a esse resultado foram os de nozes cultivadas na Turquia, com 70,31% de gorduras totais (YILMAZ *et al.*, 2021). Ainda, em amostras do ano de 2016 também cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, de modo geral a quantidade de gorduras totais foram menores do que o encontrados nestes estudos, sendo em média 65,11% (REIS RIBEIRO *et al.*, 2020).

No estudo realizado por Souza, (2018) a quantidade de cinzas foi superior ao encontrado neste estudo, sendo 2,69%, contudo em seu estudo não foi especificado as cultivares analisadas. De uma forma geral, os teores de proteínas, lipídios, carboidratos e cinzas podem ser influenciadas pelas condições genéticas e de cultivo, como local fertilidade do solo, adubação e disponibilidade de água.

### **Propriedades químicas do óleo**

O teor de acidez variou de 0,62 mg KOH/g (cultivar Mohawk) a 0,46 mg KOH/g (seleção P). A acidez ocorre a partir da hidrólise de triacilgliceróis, indicando a decomposição do óleo pela presença de ácidos graxos livres (CECCHI, 2003). Apenas a cultivar Mohawk apresentou teores de acidez acima do estabelecido pela legislação brasileira para óleos, que é de 0,6 mg KOH/g (IN 87 de março de 2021) (ANVISA, 2021).

O índice de peróxidos variou de 9,96 mEQ/kg (cultivar Shawnee) a 3,96 mEQ/kg (cultivar Sucess). Já em um estudo realizado por Maestri *et al.* (2020) encontrou valores menores para o índice de peróxidos com valores entre 0,91 e 0,82 mEQ/kg. O índice de peróxidos indica a oxidação e degradação de triglicerídeos, sendo que esta degradação pode ocorrer pela ação de temperatura, luz e oxigênio e outros compostos orgânicos (MACEDO *et al.*, 2010). Os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira (IN 87 de março de 2021) são de níveis até 10meq/kg. Nas cultivares analisadas, todas ficaram dentro dos parâmetros estabelecidos (ANVISA, 2021).

Os coeficientes de extinção específica  $K_{232}$  representa a oxidação de ácidos graxos poliinsaturados já  $K_{270}$  indica a formação de aldeídos e cetonas a partir de oxidação secundária dos ácidos graxos (OETTERER; ARCE; SPOTO, 2006; SANTOS *et al.*, 2018). Os resultados para coeficiente de extinção específica  $K_{232}$  e  $K_{270}$  não apresentaram diferença significativa entre as cultivares analisadas, apresentando valores inferiores a 0,03.

**Tabela 3.** Teor de acidez, índice de peróxidos e coeficiente de extinção específica ( $K_{232}$  e  $K_{270}$ ) de oito cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

Cultivar	Acidez (KOH/g)	(mg Peróxidos (mEQ/kg)	$K_{232}$	$K_{270}$
Barton	0,50 ± 0,00 <sup>ab</sup>	5,90 <sup>c</sup>	0,01 ± 0,01 <sup>NS</sup>	0,01 ± 0,01 <sup>NS</sup>
Derisable	0,56 ± 0,04 <sup>ab</sup>	8,17 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Elliot	0,57 ± 0,01 <sup>ab</sup>	5,93 <sup>c</sup>	0,01 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Farley	0,54 ± 0,03 <sup>ab</sup>	7,97 <sup>b</sup>	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Mohawk	0,62 ± 0,02 <sup>a</sup>	9,89 <sup>a</sup>	0,02 ± 0,00	0,01 ± 0,01
Seleção P	0,46 ± 0,02 <sup>b</sup>	9,90 <sup>a</sup>	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Shawnee	0,58 ± 0,01 <sup>ab</sup>	9,96 <sup>a</sup>	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,00
Success	0,52 ± 0,07 <sup>ab</sup>	3,96 <sup>d</sup>	0,02 ± 0,02	0,02 ± 0,02

Resultados apresentados como média±desvio-padrão (n=3). Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Na tabela 4 estão apresentados os resultados do teor de tocoferóis do óleo de noz-pecã. Não foi identificado alfa tocoferol em nenhum dos óleos das diferentes cultivares. O teor de Delta tocoferol variou de 3,37 mg/100g (Cultivar Success) a 3,20 mg/100g (Cultivar Mohawk). O teor de Gama-tocoferol variou de 31,83 mg/100g (Cultivar Elliot) a 18,19 mg/100g (Cultivar Mohawk). Os teores de gama tocoferol foram predominantes, apresentando aproximadamente 7 vezes a mais que a quantidade de delta tocoferol. Predominância do gama-tocoferol em relação à outras formas de tocoferol em óleo de noz-pecã foram reportadas por (BOUALI, I. *et al.*, 2022).

Os tocoferóis (vitamina E) possuem ação antioxidante e tem papel fundamental na estabilização dos radicais livres. Além de concederem benefícios

para a saúde humana, sua ação envolve a inibição da lipoperoxidação sendo assim reduz a ação oxidante em óleos e gorduras em alimentos, impedindo a degradação de gorduras essenciais ao consumo humano. A vitamina E - tocoferol natural é composto por substâncias diferentes, sendo que pelo menos 4 delas derivam de tocol ( alfa tocoferol, beta tocoferol, delta tocoferol e gama tocoferol), apresentam uma cadeia lateral e o que as diferenciam são as quantidades de grupo metil .

**Tabela 4.** Teor de tocoferóis (mg/100g), de oito cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

Cultivar	Alfa	Delta	Gama ( $\gamma$ )
Barton	ND	3,33 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	24,95 $\pm$ 1,60 <sup>b</sup>
Derisable	ND	3,26 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	20,66 $\pm$ 1,63 <sup>bc</sup>
Elliot	ND	3,26 $\pm$ 0,04 <sup>ab</sup>	31,83 $\pm$ 1,19 <sup>a</sup>
Farley	ND	3,23 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	25,05 $\pm$ 1,80 <sup>b</sup>
Mohawk	ND	3,20 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	18,19 $\pm$ 0,16 <sup>c</sup>
Seleção P	ND	3,27 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>	21,15 $\pm$ 1,20 <sup>bc</sup>
Shawnee	ND	3,30 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	21,71 $\pm$ 2,75 <sup>bc</sup>
Success	ND	3,37 $\pm$ 0,00 <sup>a</sup>	25,95 $\pm$ 0,28 <sup>ab</sup>

Resultados apresentados como média $\pm$ desvio-padrão (n=3). Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). ND = Não detectado.

Na tabela 5 estão apresentados os resultados do perfil de ácidos graxos do óleo de noz-pecã. De modo geral, predominaram os ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs), seguido pelos poliinsaturados (PUFAs). A cultivar Mohawk (53,53%) apresentou maiores quantidades de MUFAs seguindo pela Barton. Dentre os PUFAs, destacam-se o ácido graxo oleico (ômega 9), na cultivar Mohawk e Barton, com 53,21% e 52,78%, respectivamente. Para o ácido graxo linoleico – ômega 6 e o ômega 3 a variedade Elliot apresentou maiores quantidades, com 33,94% e 2,39% respectivamente. Os ácidos graxos saturados (SFA), as cultivares Barton e Mohawk foram as que apresentaram menores quantidades, com 13,77% e 13,73% respectivamente, já a seleção P foi a que obteve maior quantidade com 14,99%.

Nas análises feita por Reis Ribeiro *et al.*, 2020, as proporções corroboram os encontrados neste estudo, sendo MUFAs predominante nas amostras, porém as quantidades são superiores, em média 69% de ácidos graxos monoinsaturados. Para os PUFAs este estudo apresentou maiores teores em comparação ao realizado por Reis Ribeiro *et al.*, 2020. Já em nozes cultivadas no México, predominou a presença de PUFAs com 68,65%, seguido pelo MUFAs 23,92% e SFA com 6,05% (RIVERA-RANGEL *et al.*, 2018). Em nozes cultivadas na Turquia, predominou os ácidos graxos Oleico (C 18:1) em média 67,51%, seguido pelos ácido graxo linoleico (C 18:2) com 22,81% e ácido graxo linolênico (C 18:3) com 0,77% (YILMAZ *et al.*, 2021).

Em um estudo realizado por Fernandes et al. (2017) que avaliou óleo de noz-pecã, amêndoas e avelã, extraído por prensagem, encontrou menores quantidades de ácidos graxos polinsaturados em comparação a este estudo. Com concentração de ácido graxo palmítico (6,4–7,6 %), ácido graxo esteárico (2,2 – 2,8%), ácido graxo oleico (Omega 9) (49,6-62,1%), ácido graxo linoleico (ômega 6) (27,2 – 37,7%) e ácido graxo linolênico (ômega 3) (1,4 – 1,9%). Já neste estudo foi encontrado, ácido graxo palmítico (8,8 – 9,59%), ácido graxo esteárico (4,27 – 5,59%), ácido graxo oleico (Ômega 9) (48,9-53,2%), ácido graxo linoleico (ômega 6) (30,8 – 33,9%) e ácido graxo linolênico (ômega 3) (1,8 – 2,39%).

**Tabela 5.** Perfil de ácidos Graxos (%) de oito cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

		Barton	Desirable	Elliot	Farley	Mohawk	Seleção P	Shawnee	Sucess
<b>Saturados</b>		13,77±0,25 <sup>c</sup>	14,54±0,07 <sup>b</sup>	14,33±0,12 <sup>bc</sup>	14,51±0,10 <sup>b</sup>	13,73 ±0,11 <sup>c</sup>	14,99±0,50 <sup>ab</sup>	15,50±0,07 <sup>a</sup>	14,64±0,31 <sup>b</sup>
<b>Monoinsaturados (MUFAs)</b>		53,13±0,21 <sup>a</sup>	51,887±0,21 <sup>b</sup>	49,33±0,26 <sup>d</sup>	52,04 ±0,03 <sup>b</sup>	53,53±0,02 <sup>a</sup>	52,20±0,13 <sup>b</sup>	50,43±0,26 <sup>c</sup>	50,51±0,15 <sup>c</sup>
<b>Polinsaturados (PUFAs)</b>		33,09±0,04 <sup>de</sup>	33,58±0,13 <sup>cd</sup>	36,34 ±0,14 <sup>a</sup>	33,43±0,12 <sup>cde</sup>	32,73±,08 <sup>e</sup>	32,80±0,368	34,07±0,33 <sup>c</sup>	34,84±0,46 <sup>b</sup>
. Mirístico	C14:0	0,043±0,00 <sup>b</sup>	0,050±0,01 <sup>ab</sup>	0,043±0,01 <sup>b</sup>	0,045±0,00 <sup>ab</sup>	0,00±0 <sup>c</sup>	0,048±0,00 <sup>ab</sup>	0,054±0,00 <sup>a</sup>	0,044±0,00 <sup>ab</sup>
Palmítico	C16:0	8,96±0,09 <sup>de</sup>	9,36±0,05 <sup>abc</sup>	8,80±0,08 <sup>e</sup>	8,86±0,05 <sup>de</sup>	9,27±0,06 <sup>bc</sup>	9,11±0,21 <sup>cd</sup>	9,59±0,03 <sup>a</sup>	9,41±0,13 <sup>ab</sup>
Esteárico	C18:0	4,57±0,16 <sup>cd</sup>	4,91±0,02 <sup>bc</sup>	5,26±0,03 <sup>ab</sup>	5,36±0,05 <sup>a</sup>	4,27±0,04 <sup>d</sup>	5,59±0,28 <sup>a</sup>	5,61±0,04	4,98±0,18 <sup>b</sup>
Oleico (ômega-9)	C18:1	52,78±0,22 <sup>a</sup>	51,58±0,21 <sup>b</sup>	48,96±0,27 <sup>d</sup>	51,70±0,01 <sup>b</sup>	53,21±0,03 <sup>a</sup>	51,91±0,14 <sup>b</sup>	50,08±0,26 <sup>c</sup>	50,22±0,15 <sup>c</sup>
Linoleico (ômega 6)	C18:2	31,06±0,08 <sup>d</sup>	31,45±0,14 <sup>cd</sup>	33,94±0,06 <sup>a</sup>	31,46±0,13 <sup>cd</sup>	30,85±0,10 <sup>d</sup>	30,91±0,47 <sup>d</sup>	31,90±0,32 <sup>bc</sup>	32,64±0,43 <sup>b</sup>
Linolênico (ômega 3)	C18:3	2,03±0,04 <sup>cd</sup>	2,12±0,00 <sup>bc</sup>	2,39±0,08 <sup>a</sup>	1,97±0,01 <sup>de</sup>	1,88±0,01 <sup>e</sup>	1,89±0,10	2,16±0,02 <sup>bc</sup>	2,20±0,04 <sup>b</sup>
Araquídico	C20:0	0,18±0,01 <sup>c</sup>	0,20±0,00 <sup>b</sup>	0,21±0,00 <sup>b</sup>	0,23±0,00 <sup>a</sup>	0,18±0,00 <sup>c</sup>	0,23±0,01 <sup>a</sup>	0,24±0,00 <sup>a</sup>	0,19±0,01 <sup>bc</sup>
Eicosanoico	C20:1	0,34±0,01 <sup>ab</sup>	0,29±0,00 <sup>e</sup>	0,36±0,00 <sup>a</sup>	0,34±0,01 <sup>bc</sup>	0,31±0,01	0,29±0,01 <sup>e</sup>	0,34±0,00 <sup>b</sup>	0,29±0,01 <sup>de</sup>

Resultados apresentados como média±desvio-padrão (n=3). Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

## Compostos fenólicos

Foram identificados 7 compostos fenólicos comuns a todas as variedades dentre eles o ácido gálico, procianidina tipo B, (+)-catequina, galato de metila, Ácido elágico pentose, Ácido elágico e Ácido elágico pentose metilado.

O teor de compostos fenólicos das oito cultivares de noz pecã esta apresentado na Tabela 8. O ácido elágico foi composto mais abundante em todas cultivares, variando de Foram observadas variações no Ácido elágico de 0,59 mg/100g (Cultivar Barton) a 2,22 mg/100g (Cultivar Seleção P). Para o composto ácido elágico pentose destaca-se a cultiva Success com 0,64 mg/100g, Barton foi a que obteve menores quantidades com 0,27mg/100g

A presença de ácido gálico, ácido elágico, catequina e epicatequina em noz pecã foi relatada em nozes cultivadas no Texas (VILLARREAL-LOZOYA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007) e na Tunísia (BOUALI *et al.*, 2020), corroborando com os achados deste estudo. Estes resultados nos confirmam a presença de taninos em nozes pecã, visto que ácido gálico e ácido elágico são derivados de taninos hidrolisáveis, e catequinas de taninos condensáveis (ANGELO; JORGE, 2007; VILLARREAL-LOZOYA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2007).

A composição fenólica das nozes é influenciada por diferentes fatores, incluindo a origem geográfica da cultivar, ano de colheita, solo e fatores ambientais FLORESCORDOVA *et al.*, 2017; SIEBENEICHLER *et al.*, 2023).

A presença de altos teores de compostos fenólicos contribuem para os benefícios das nozes para a saúde. Os compostos fenólicos são conhecidos por apresentarem uma variedade de atividades biológicas incluindo atividade antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-mutagénicas e anticancerígenas (MAESTRI; BODOIRA, 2020). Além disso, altos teores fenólicos, além de proporcionarem maior capacidade antioxidante, também contribuem para o sabor das nozes, uma vez que muitos fenólicos apresentam sabor amargo e adstringente (SIEBENEICHLER *et al.*, 2023).

**Tabela 6.** Perfil qualitativo dos compostos fenólicos de sete cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

RT (min)	Identificação	Fórmula Molecular (M-H)	Massa experimental	Massa teórica	Íon fragmento (intensidade)	eV	Erro (ppm)	msigma
1,95	Ácido gálico	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> O <sub>5</sub>	169,0138	169,0138	-		2,8	7
2,74	Procianidina tipo B	C <sub>30</sub> H <sub>25</sub> O <sub>12</sub>	577,1351	577,1346	289.0717 (100); 125.0247 (86.3); 407.0766 (63.2); 425.0851 (3.9)	37,3	0	41,5
3,05	(+)-Catequina	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> O <sub>6</sub>	289,0716	289,0718	109.0296 (100); 1 25.0243 (67.9); 245.0812 (37.8); 205.0516 (30); 179.0330 (19.2)	-	5,2	39,2
3,14	alato de metila	C <sub>8</sub> H <sub>7</sub> O <sub>5</sub>	183,0303	183,0312	183,0276	19,2	4,9	53,2
4,32	Ácido elágico pentose	C <sub>19</sub> H <sub>13</sub> O <sub>12</sub>	433,0409	433,0412	300.99 (100); 299.99 (69.8)	31,7	0,7	32
4,50	Ácido elágico	C <sub>14</sub> H <sub>5</sub> O <sub>8</sub>	300,9998	300,999	300,99	25,1	-2,7	30,2
4,57	Ácido elágico pentose metilado	C <sub>20</sub> H <sub>15</sub> O <sub>12</sub>	447,0569	447,0564	315.0152 (100); 299.9896 (24.9)	32,4	-1,2	112,3

**Tabela 7.** Teor de compostos fenólicos individuais (mg/100g) de sete cultivares e uma seleção de noqueira-pecã, produzidas no município de Canguçu-RS.

Cultivar	Ácido elágico	Ácido elágico pentose	Ácido elágico pentose metilado	Ácido gálico	Catequina	Galato de metila	Procianidina tipo B
Barton	0,59±0,03 d	0,27±0,01 c	0,16±0,00	0,17±0,01b	0,06±0,00 f	0,18±0,01 d	ND
Derisable	1,02±0,04 c	0,35±0,01 bc	0,17±0,00	0,20±0,00ab	0,09±0,01 f	0,20±0,01 cd	ND
Elliot	1,27±0,09 c	0,48±0,04 ab	0,28±0,02	0,22±0,01ab	0,64±0,02 a	0,18±0,00 d	0,92±0,23 a
Farley	2,11±0,15 a	0,63±0,07 a	0,25±0,03	0,21±0,02ab	0,31±0,02 cd	0,26±0,02 bc	0,04±0,04 bc
Mohawk	1,81±0,07 b	0,54±0,06 a	0,29±0,07	0,20±0,04ab	0,25±0,03 de	0,25±0,02 bc	ND
Seleção P	2,22±0,10 a	0,62±0,11 a	0,28±0,01	0,23±0,01ab	0,33±0,02 c	0,29±0,00 ab	0,11±0,06 bc
Shawnee	1,73±0,10 b	0,62±0,06 a	0,16±0,00	0,20±0,00 ab	0,55±0,04 b	0,33±0,01 a	0,27±0,05 b
Success	2,19±0,08 a	0,64±0,08 a	0,22±0,03	0,22±0,04 a	0,19±0,04 e	0,30±0,04 ab	ND

Resultados apresentados como média±desvio-padrão (n=3). Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

## CONCLUSÃO

As Nozes-pecã cultivadas no estado do Rio Grande do Sul, possuem predominantemente ácidos graxos mono e polinsaturados, além disso se destacam pelo alto conteúdo de compostos fenólicos. Dentre as cultivares analisadas, a cultivar Elliott apresenta maior conteúdo de lipídios e maior teor de gama-tocoferol. A cultivar Success apresenta maior teor de proteínas, e maiores teores de delta-tocoferol. A cultivar Barton apresenta coloração mais escura, maiores teores de carboidratos, e maiores quantidades de ácido elágico. A cultivar Mohawk apresenta maior teor de acidez, estando acima do permitido na legislação para produtos oleaginosos. As cultivares Shawnee, Elliot e Mohawk apresentaram maiores quantidade de ácido graxo saturado, ácidos graxos monoinsaturados e ácido graxo polinsaturados, respectivamente. A seleção P apresenta menores teores acidez e menores teores de ácidos graxos saturados. A catequina foi o composto fenólico que apresentou a maior variação de quantidade nas cultivares e seleção avaliados.

## Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [n. projeto 312706/2020-0] pela concessão de bolsa de pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) [nº projeto 21/2551-0000701-0] pelo financiamento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABE, Lucile Tiemi; LAJOLO, Franco Maria; GENOVESE, Maria Inés. **Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts**. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, [s. l.], v. 30, n. SUPPL. 1, p. 254–259, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612010000500038>
- ALBA, José Maria Filippini *et al.* **Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã para a Região Sul do Brasil**. Embrapa, [s. l.], p. 65p, 2020.
- ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão**. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007.
- ANVISA, Ministério da Saúde -. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021**. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Brasília - DF: RDC nº 255, de 10 de dezembro de 2018, 2021.

AZADMARD-DAMIRCH, S *et al.* **Nuts Composition and their Health Benefits S.** World Academy of Science, Engineering and Technology, [s. l.], v. 33, n. January 2009, p. 547–551, 2011.

BATISTA, Ellencristina Da Silva; COSTA, André Gustavo Vasconcelos; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. **Adding vitamin E to foods: Implications for the foods and for human health.** Revista de Nutricao, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 525–535, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-52732007000500008>

BOTTARI, Nathieli Bianchin *et al.* **Antimicrobial activity and phytochemical characterization of *Carya illinoensis*.** Microbial Pathogenesis, [s. l.], v. 104, p. 190–195, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.01.037>

BOUALI, I. *et al.* **Chemical composition and thermal properties of Tunisian pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] oils.** Grasas y Aceites, [s. l.], v. 73, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/GYA.0436211>

BOUALI, Intidhar *et al.* **Inter-cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia.** Horticulture, Environment, and Biotechnology, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 183–196, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00188-8>

BRASIL. **RDC nº 281, de 29 de abril de 2019.** Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos., Brasília - DF: 2022. p. 1–5.

BRASIL, Ministério da Saúde. **RDC Nº 45, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2010.** Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF) A. Brasília - DF: 2010.

CARRASQUEIRA, F; TUNA, M. **Micronutrimiento antioxidante.** 14 f. [s. d.]. - Universidade do Porto, Porto, Portugal, [s. d.].

CASTELO-BRANCO, Vanessa Naciuk; TORRES, Alexandre Guedes. **Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: Determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos.** Revista de Nutricao, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 173–187, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000100017>

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** [S. l.]: Editora da Unicamp, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788526814721>

COGAN, Betsy *et al.* **Pecan-enriched diet improves cholesterol profiles and enhances postprandial microvascular reactivity in older adults.** Nutrition Research, [s. l.], v. 111, p. 44–58, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.01.001>

COSTA, Tainara; JORGE, Neuza. **Compostos Bioativos Benéficos Presentes em Castanhas e Nozes Ácido cis-linoléico (n-6) Ácido alfa-linoléico (n-3)  $\alpha$ -tocoferol  $\beta$ -tocoferol  $\gamma$ -tocoferol  $\delta$ -tocoferol OH COOH (A) (B) Ácido p-hidroxibenzóico: R 1 = R 2 = H Ácido vanílico: R 1 = CH 3 O, R2 = H Á.** Journal Health Sciences, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 195–203, 2011.

DE SOUZA, Betina Aguiar *et al.* **Aditivos Alimentares: Aspectos Tecnológicos E Impactos Na Saúde Humana.** Revista Contexto & Saúde, [s. l.], v. 19, n. 36, p. 5–

13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2019.36.5-13>

DOMÍNGUEZ-AVILA, Jesús A. *et al.* **The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets.** *Food Chemistry*, [s. l.], v. 168, p. 529–537, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.092>

FERNANDES, Gabriel D. *et al.* **Chemical Characterization of Major and Minor Compounds of Nut Oils: Almond, Hazelnut, and Pecan Nut.** *Journal of Chemistry*, [s. l.], v. 2017, p. 1–11, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/2609549>

FERRARI, Virginia *et al.* **Influence of Cultivar on Nutritional Composition and Nutraceutical Potential of Pecan Growing in Uruguay.** *Frontiers in Nutrition*, [s. l.], v. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.868054>

FLORESCORDOVA, Maria *et al.* **Phytochemical composition and antioxidant capacity in Mexican pecan nut.** *Emirates Journal of Food and Agriculture*, [s. l.], p. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9755/ejfa.EJFA-2016-08-1075>

FRONZA, Diniz *et al.* **Pecan cultivation: general aspects.** *Ciência Rural*, [s. l.], v. 48, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>

GARDEA, A. A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; YAHIA, E. M. **Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.).** [S. l.]: Woodhead Publishing Limited, 2011. v. 4 Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9780857092618.143>

GONG, Yi *et al.* **Chemical and nutritive characteristics of tree nut oils available in the U.S. market.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, [s. l.], v. 119, n. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600520>

GONZALES, Fabio Gonçalves. **Vitamina E.** [s. l.], Disponível em: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>

HONORATO, Thatyan Campos; BATISTA, Elga; PIRES, Tatiana. **Aditivos alimentares : aplicações e toxicologia Food additives : applications and toxicology.** [s. l.], p. 1–11, 2013.

INC - INTERNATIONAL NUT&DRIEDFRUIT. **Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2022/2023.** [s. l.], p. 1–79, 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos.** IV Ediçãoed. São Paulo: [s. n.], 2008.

KAMAL-ELDIN, Afaf; MOREAU, Robert A. **Tree Nut Oils.** *In: GOURMET AND HEALTH-PROMOTING SPECIALTY OILS.* [S. l.]: AOCS Press, 2009. p. 127–149. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-97-4.50009-7>

LINS, Roseana Telles. **Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia.** [s. l.], 2006.

MACEDO, Valéria *et al.* **Assessment of used frying oils and fats in bars, restaurants and snack bars.** *Rev Inst Adolfo Lutz*, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 91–98, 2010.

MAESTRI, Damián *et al.* **Tree Nut Oils: Chemical Profiles, Extraction, Stability, and Quality Concerns.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, [s. l.], v. 122, n. 6, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900450>



**eleven pecan cultivars produced in southern Brazil.** Food Research International, [s. l.], v. 136, n. August, p. 109596, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109596>

RIBEIRO CROSA, Claudia Farela *et al.* **Tecnologia De Produção De Noz-Pecã No Sul Do Brasil.** Revista Científica Rural, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 249–262, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3170>

RIVERA-RANGEL, L. R. *et al.* **Comparison of Oil Content and Fatty Acids Profile of Western Schley, Wichita, and Native Pecan Nuts Cultured in Chihuahua, Mexico.** Journal of Lipids, [s. l.], v. 2018, p. 1–6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/4781345>

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Balanco Hídrico Do Cultivo Da Nogueira Pecã Nos Anos Padrão Habitual, Chuvoso E Seco Para O Rio Grande Do Sul.** Revista Brasileira de Climatologia, [s. l.], v. 25, p. 679–701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.65543>

ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Potencialidades do uso do zoneamento de risco climático para o cultivo da noqueira pecã (*Carya illinoensis*) no Rio Grande do Sul.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, [s. l.], v. 22, p. 2556–2561, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2460>

SANTOS, Isabel da Cunha *et al.* **Acidez, índice de iodo e coeficiente de extinção específica em azeites de oliva produzidas no sul do Brasil.** XXVII congresso de iniciação científica, [s. l.], v. 01, p. 1–23, 2018.

SIEBENEICHLER, Tatiane Jéssica *et al.* **Composition and impact of pre- and post-harvest treatments/factors in pecan nuts quality.** Trends in Food Science & Technology, [s. l.], v. 131, p. 46–60, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.010>

UFG. **Fitoquímicos :Pigmentos dos alimentos e sua importância.** [S. l.: s. n.], 2012.

USDA-AMS. **United States standards for grades of shelled almonds.** [s. l.], v. 1997, n. March, p. 7, 1997. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/standards/almonndsh.pdf>

VIANA DA SILVA, Marcondes *et al.* **Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview.** Food Reviews International, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 349–372, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>

VILLARREAL-LOZOYA, Jose E.; LOMBARDINI, Leonardo; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. **Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars.** Food Chemistry, [s. l.], v. 102, n. 4, p. 1241–1249, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.024>

YILMAZ, Rabia *et al.* **Determination of Nut Characteristics and Biochemical Components of Some Pecan Nut Cultivars.** Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 906–914, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.899879>

## APÊNDICE B – ARTIGO 2

Artigo formatado de acordo com as normas da revista Inovação e Sustentabilidade em Saúde, Nutrição e Alimentos

### **Estabilidade Oxidativa e Composição de Ácidos Graxos do Óleo de Noz-Pecã (*Carya illinoensis*) Obtido por Prensagem a Frio e Armazenado por 8 Meses**

Tamires de Oliveira Duarte<sup>1</sup>; Stefany Cristina Foscarini<sup>1</sup>, Cristiano Dietrich Ferreira<sup>1</sup>, Ivan Ricardo Carvalho<sup>2</sup>; Cristiano Geremias Hellwig<sup>3</sup>; Carlos Roberto Martins<sup>4</sup>; Jessica Fernanda Hoffmann<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Mestrado Profissional em Nutrição e Alimentos - Instituto Tecnológico em Alimentos para a Saúde, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, RS, Brazil. jessicahoffmann@unisinobr (ORCID 0000-0002-9185-3820), stefanyfoscariny@outlook.com (ORCID 0000-0003-3864-1391), tamiduarte29@gmail.com (ORCID 0000-0003-0900-0018), cristianodietrich@unisinobr (ORCID 0000-0002-8852-2414)

<sup>(2)</sup> Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Brasil. carvalho.irc@gmail.com (ORCID 0000-0001-7947-4900)

<sup>(3)</sup> Doutorado em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brazil. cristiano.hellwig@gmail.com (ORCID 0000-0002-6574-8285)

<sup>(4)</sup> Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brazil. carlos.r.martins@embrapa.br (ORCID 0000-0001-8833-1629)

## Resumo

O óleo de noz-pecã é um produto que vem ganhando destaque, especialmente pelo alto teor de ácidos graxos insaturados e vitamina E. No entanto, pouco se sabe sobre a estabilidade desse óleo durante o armazenamento. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi avaliar a estabilidade oxidativa de óleo de noz-pecã com e sem adição de antioxidante tocoferol por um período de 8 meses em temperatura ambiente. Os óleos de noz-pecã foram obtidos por prensagem a frio, divididos em quatro partes, sendo uma sem adição de antioxidante e nas outras partes foram adicionados o antioxidante tocoferol nas doses 50mg/kg, 150mg/kg e 300mg/kg. Os resultados demonstraram que a adição de 50 mg/kg de tocoferol mantém a cor ao longo do armazenamento. Para os parâmetros acidez, índice de peróxidos e perfil de ácidos graxos o antioxidante não foi efetivo para impedir as alterações durante o armazenamento. Os resultados fornecem subsídios para o desenvolvimento de padrões de qualidade e processos de produção mais eficientes para este produto promissor na agroindústria brasileira.

## Palavras-chave

Noz-pecã; estabilidade oxidativa; óleo; ácidos graxos polinsaturados;

## Aplicabilidade

O óleo de noz-pecã é versátil e pode ser utilizado na culinária como óleo de cozinha ou como ingrediente. Ele poderá adicionar um aroma e sabor característicos a uma variedade de produtos alimentícios, incluindo bolos, biscoitos, chocolates e barras energéticas. Além disso, devido ao seu conteúdo de ácidos graxos ômega-3 e ômega-6, que são conhecidos por seus benefícios para a saúde cardiovascular e cerebral, o óleo de noz-pecã também pode ser considerado como um suplemento dietético.

## Resumo gráfico



## Introdução

A noz-pecã é um fruto oleaginoso da espécie *Carya illinoensis* e pertence à família *Juglandaceae*. É originária dos Estados Unidos e foi introduzida no Brasil nos anos 70 por imigrantes americanos (FRONZA *et al.*, 2018; GARDEA; MARTÍNEZ-TÉLLEZ; YAHIA, 2011). A noz-pecã é conhecida pelo seu alto teor de ácidos graxos, sendo que, pelo menos 75% da composição é de ácidos graxos insaturados, além disso, são ótimas fontes de vitamina E. Os tocoferóis (vitamina E) estão presentes em alimentos com alto teor de gordura e possuem papel antioxidante, conferindo benefícios a saúde ao ser consumido, protegendo principalmente, de doenças crônicas (AZADMARD-DAMIRCH *et al.*, 2011; ORTIZ-QUEZADA; LOMBARDINI; CISNEROS-ZEVALLOS, 2011).

Nos EUA já existe a comercialização de óleos de noz-pecã, porém ainda não está bem estabelecido pela USDA, parâmetros de qualidade para este produto (GONG *et al.*, 2017). O óleo de noz-pecã prensado a frio tem rendimento entre 58 e 74%, e por ser um processo de extração com temperatura controlada, máximo 30°C, mantém seu frescor e é considerado “extravirgem”, além disso muitos tem adição de antioxidante para reduzir a rancificação (KAMAL-ELDIN; MOREAU, 2009).

Um estudo realizado por Oro (2007), concluiu que o óleo de noz-pecã, sem adição de antioxidantes, possui estabilidade oxidativa por um período de até 120 dias, sendo determinada assim sua validade. A estabilidade do óleo está diretamente relacionada à sua qualidade final e à capacidade de resistir à deterioração ao longo do tempo. Óleos instáveis podem sofrer oxidação lipídica, resultando em alterações sensoriais indesejáveis, como sabor rançoso e odor desagradável, além de perda de valor nutricional.

Portanto, avaliar a estabilidade do óleo de noz-pecã, seja com a adição de antioxidantes ou não, é essencial para garantir que o produto seja de alta qualidade, seguro para consumo e competitivo no mercado. Essa avaliação não só ajuda a manter os padrões de qualidade esperados, mas também orienta melhorias nos processos de produção e armazenamento do óleo de noz-pecã. O objetivo do presente estudo foi avaliar a estabilidade oxidativa de óleo de noz-pecã com e sem adição de antioxidante por um período de 8 meses em temperatura ambiente.

## Metodologia

### Obtenção e preparo das amostras

Foi utilizado um blend de nozes-pecã, que foram descascadas e selecionadas. A prensagem das nozes foram feitas em prensa mecânica, do tipo rosca sem fim. O óleo extraído foi coletado e armazenado em frascos de vidros de cor âmbar para decantação. Após 24h, o óleo foi centrifugado em duas etapas de 10 min a 4000rpm para remoção de partículas sólidas. O rendimento do óleo foi em média de 45%.

O óleo centrifugado foi dividido em quatro partes, sendo uma sem adição de antioxidante e nas outras partes foram adicionados o antioxidante tocoferol (Mixed tocopherols 95 DSM) nas doses 50mg/kg, 150mg/kg e 300mg/kg. Os óleos foram homogeneizados e transferidos para frascos âmbar e armazenados em temperatura ambiente. Os óleos foram avaliados bimestralmente durante um período de 8 meses. Neles foram avaliados: cor, teor de acidez, índice de peróxidos e perfil de ácidos graxos



Prensa



Resíduo úmido  
após prensagem



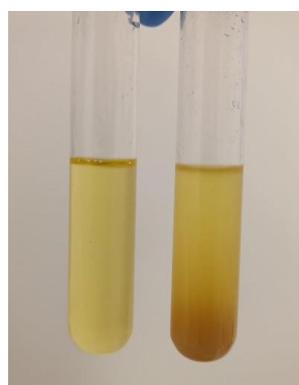
óleo



Resíduo



Óleo com resíduo



Óleo antes de  
centrifugar (d) e após  
centrifugação (e)

## **Análises físico-químicas**

### **Cor**

A coloração do óleo foi determinado utilizando colorímetro (Minolta Chromometer Modelo CR 300) no padrão CIE-L\*a\*b\*. O equipamento fornece os valores a, b e L. Valores L\* representam luminosidade (L\*=0 é preto e L\*=100 é claridade total) e a\* e b\* foram utilizados no cálculo do ângulo Hue [ $^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*)$ ]. As medições foram realizadas em triplicata.

### **Teor de acidez**

O óleo de noz-pecã foi dissolvido em solução de éter etílico: álcool etílico (2:1, v/v) na proporção de óleo: solvente de 1:10 (p/v), e foram adicionados 3 gotas de solução de fenolftaleína 1% (m/v) e a mistura foi titulada com solução de KOH (0,1 N), segundo metodologia da AOCS (1992). Os resultados foram expressos em mg de KOH/g.

### **Índice de peróxidos**

Cinco gramas de óleo foram dissolvidos em 30 mL de solução de ácido acético: clorofórmio (3: 2, v/v), agitou-se a mistura e adicionou-se 0,5 mL de solução saturada de iodeto de potássio e o frasco foi mantido no escuro por um minuto. Em seguida adicionou-se 30 mL de água destilada e 0,5 mL de solução de amido (1%), e titulou-se com tiosulfato de sódio (0,1 N) até a perda da coloração azulada, segundo metodologia da AOCS (1992). Os resultados foram expressos em  $\text{meqO}_2 \text{ kg}^{-1}$  amostra.

### **Composição de ácidos graxos**

A composição de ácidos graxos das amostras de óleo de noz-pecã foi determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GCMS), seguindo o método descrito pelo COI (2017). Para a reação de transesterificação, 0,1 gramas de amostra, 2 mL de hexano e 0,2 mL de hidróxido de potássio metanólico (2M) foram misturados sob agitação vigorosa por 30 s. A camada superior contendo ésteres metílicos foi coletada e injetada no cromatógrafo a gás. Utilizou-se um GC-MS Shimadzu QP2010 Ultra com autoinjeter AOC-20i e biblioteca de espectro de massas NIST 2011. Injetou-se 1  $\mu\text{L}$  de amostra com temperatura do injetor a 200°C, no modo split. Utilizou-se hélio como gás carreador com fluxo de 1.78 mL min<sup>-1</sup> e velocidade linear como modo de controle de fluxo. A coluna capilar utilizada foi SP 2380 (60mx0.25mm 0.20 $\mu\text{m}$ ) O gradiente de temperatura foi mantido a 78 ° C durante 6,5 min, aumentado a uma taxa de 60 ° C min<sup>-1</sup> até 180 ° C durante 13,44 min, depois aumentou a uma

taxa de 35 °C min<sup>-1</sup> até 280 ° C e permaneceu assim por 5,5 min. As temperaturas da fonte de íons e da interface foram ajustadas em 200°C, e a faixa de varredura de massas foi de m/z 35 a 500 e 0,3 escaneamentos por segundo. Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram identificados por comparação com os tempos de retenção dos padrões de referência, e os resultados foram expressos como percentagem relativa de ácidos graxos.

### Análise estatística

Os resultados foram apresentados como média, seguido de desvio padrão. A análise de variância foi realizada e quando significativa o teste Tukey (P<0,05) foi aplicado para avaliar a diferença entre as doses e os tempos de armazenamento.

### Resultados e interpretações

#### Cor

Na tabela 1 estão apresentados os resultados do perfil colorimétrico das diferentes amostras de óleo de noz-pecã. Para a luminosidade (L) no primeiro mês de análise, o óleo mais escuro foi da amostra A (L=32,66), o mais claro foi da amostra D (L=32,16), a primeira não teve adição de tocoferóis, já a última foi a que teve maior adição do antioxidante. De modo geral, a amostra que apresentou maior alteração de cor não teve adição de tocoferol.

A tonalidade é representada pelo indicador HUE, é gerada pelas cinco cores primárias e cinco cores intermediárias, para efeitos de classificação estão disposta em um disco dividido em 100 partes iguais. Sendo assim, quanto menor o valor a tonalidade será mais clara (amarela) e quanto maior valor maior será tonalidade (vermelho) (MOITA, 2004).

A amostra que apresentou tonalidade mais clara, foi a com menor teor de tocoferol adicionado (50mg/kg) e com 4 meses de armazenamento. Já a que teve sua tonalidade mais escura, foi a amostra, com maior tempo de armazenamento e sem adição de tocoferol.

**Tabela 1. Análise de cor do óleo de noz-pecã de acordo com o tempo de armazenamento**

Dose de antioxidante	Luminosidade			
	2	4	6	8
0 mg/kg	32,66 ± 0,11 Aa	33,04 ± 0,36 Aa	34,82 ± 0,30 Aa	29,86 ± 1,86 Ab
50 mg/kg	32,52 ± 0,02 ABab	33,56 ± 0,17 Aab	34,88 ± 0,01 Aab	31,86 ± 1,93 Ab
150 mg/kg	32,40 ± 0,00 Ba	33,08 ± 0,18 Aa	34,34 ± 0,69 Aa	33,32 ± 1,68 Aa
300 mg/kg	32,16 ± 0,03 Cb	33,54 ± 0,33 Aab	34,73 ± 0,39 Aa	34,56 ± 1,78 Aab
Dose de antioxidante	°Hue			
0 mg/kg	96,02 ± 0,13 Ab	94,66 ± 0,12 Ac	95,30 ± 0,38 ABbc	96,90 ± 0,46 a

50 mg/kg	95,89 ± 0,07 ABa	94,37 ± 0,19 Ab	95,81 ± 0,18 Aa	96,23 ± 0,64 a
150 mg/kg	95,68 ± 0,16 Ba	94,49 ± 0,05 Ac	95,26 ± 0,17 ABb	95,40 ± 0,15 ab
300 mg/kg	95,89 ± 0,01 ABa	94,60 ± 0,03 Ac	95,08 ± 0,11 Bb	94,71 ± 0,31 bc

Média±desvio padrão (n=3), seguido por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Letras minúsculas = comparação da mesma amostra em tempos diferentes.

Letras maiúsculas = comparação do mesmo tempo de amostras diferentes.

### Acidez e peróxidos

Na tabela 2 estão apresentados os resultados do teor de acidez e índice de peróxidos do óleo de noz-pecã.

O índice de peróxidos sinaliza o grau de deterioração de um óleo, são os primeiros compostos formados na oxidação da gordura. O oxigênio atmosférico reage com as duplas ligações dos ácidos graxos insaturados formando peróxidos e hidroperóxidos (CECCHI, 2003).

A legislação brasileira, por meio da instrução normativa nº 87 de 15 de março de 2021 determina parâmetros de composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Sendo assim, o limite de peróxidos para óleo de noz-pecã é de 15 meq/kg e de 4,0 mg KOH/g de acidez, considerando óleos extraídos por prensagem a frio.

Tendo em vista os parâmetros estabelecidos, em todas as amostras analisadas neste estudo o teor de peróxidos ficaram abaixo do parâmetro. Sendo assim, foi observado que, as amostras que tiveram adição de antioxidantes apresentaram maior quantidade de peróxidos, quanto mais tocoferol adicionado maior o nível de peróxido, no decorrer do primeiro bimestre. No decorrer dos meses, as amostras que tiveram 50mg/kg de tocoferol adicionado apresentaram maior estabilidade nos níveis de peróxidos, ou seja, os tocoferóis contribuíram para estabilidade oxidativa do óleo. Em análises de óleo de noz-pecã realizado por PRADO *et al.*, 2013 obtiveram níveis menores de peróxidos, sendo  $0,91 \pm 0,01$  no ano de 2009 e  $0,82 \pm 0,08$  mEq.kg no ano de 2010. Em um estudo realizado por (ORO, 2007), não foram feitas adição de tocoferóis nas amostras de óleo de noz-pecã e foi observado valores menores para o índice de peróxido com  $0,55 \pm 0,07$  meq O<sub>2</sub>/kg de óleo.

Os níveis de acidez indicam os estado de conservação do óleo, a hidrólise dos triacilgliceróis é acelerada pela exposição a luz ou aquecimento, resultando na presença de ácidos graxos livres (CECCHI, 2003). Além disso, o teor de gordura, composição ácida, tocoferol está relacionado com a estabilidade oxidativa do óleo (KAMAL-ELDIN; MOREAU, 2009).

Todas as amostras apresentaram um aumento no nível de acidez ao decorrer do tempo, porém diferenças significativas ocorreram após o quarto mês de análise. A amostra que apresentou maior teor de acidez (1,11 mg KOH/g), com 150 mg/kg de tocoferol adicionado e com 6 meses de armazenamento. As amostras que apresentaram menor teor de acidez, ambas com  $0,04 \pm 0,01$  mg KOH/g, após 4 meses e com 0 e 50 mg/kg de tocoferol adicionado respectivamente. De modo geral, as amostras que receberam 50mg/kg de tocoferol, tiveram baixos níveis de acidez, o que significa menor rancificação das amostras em comparação as demais. O índice de acidez encontrado por ORO, 2007, corroboram com achados neste estudo sendo  $0,13 \pm 0,01$  mg KOH/g de óleo.

**Tabela 2. Teor de acidez e índice de peróxidos do óleo de noz-pecã.**

Dose de antioxidante	Índice de peróxidos (meq/kg)			
	2	4	6	8
0 mg/kg	$9,08 \pm 0,11$ a	$3,09 \pm 0,14$ c	$3,81 \pm 0,00$ b	$3,99 \pm 0,00$ b
50 mg/kg	$10,49 \pm 0,13$ a	$5,09 \pm 0,42$ b	$3,97 \pm 0,00$ c	$3,90 \pm 0,00$ c
150 mg/kg	$10,86 \pm 0,15$ a	$11,40 \pm 5,37$ a	$1,90 \pm 0,00$ a	$3,99 \pm 0,00$ a
300 mg/kg	$14,98 \pm 0,43$ a	$4,09 \pm 2,12$ b	$3,95 \pm 0,00$ b	$4,82 \pm 0,00$ b
Dose de antioxidante	Acidez (mg KOH/g)			
0 mg/kg	$0,09 \pm 0,01$ Ab	$0,04 \pm 0,01$ Bb	$1,09 \pm 0,01$ ABa	$1,04 \pm 0,03$ Ba
50 mg/kg	$0,08 \pm 0,00$ Ab	$0,04 \pm 0,01$ Bb	$1,09 \pm 0,05$ ABa	$1,15 \pm 0,05$ Aa
150 mg/kg	$0,08 \pm 0,00$ Ac	$0,16 \pm 0,00$ Ab	$1,11 \pm 0,00$ Aa	$1,08 \pm 0,03$ ABa
300 mg/kg	$0,11 \pm 0,00$ Ac	$0,08 \pm 0,00$ Bc	$0,97 \pm 0,00$ Bb	$1,06 \pm 0,02$ ABa

Resultados apresentados como média $\pm$ desvio-padrão (n=3). Letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Letras minúsculas = comparação da mesma amostra em tempos diferentes.

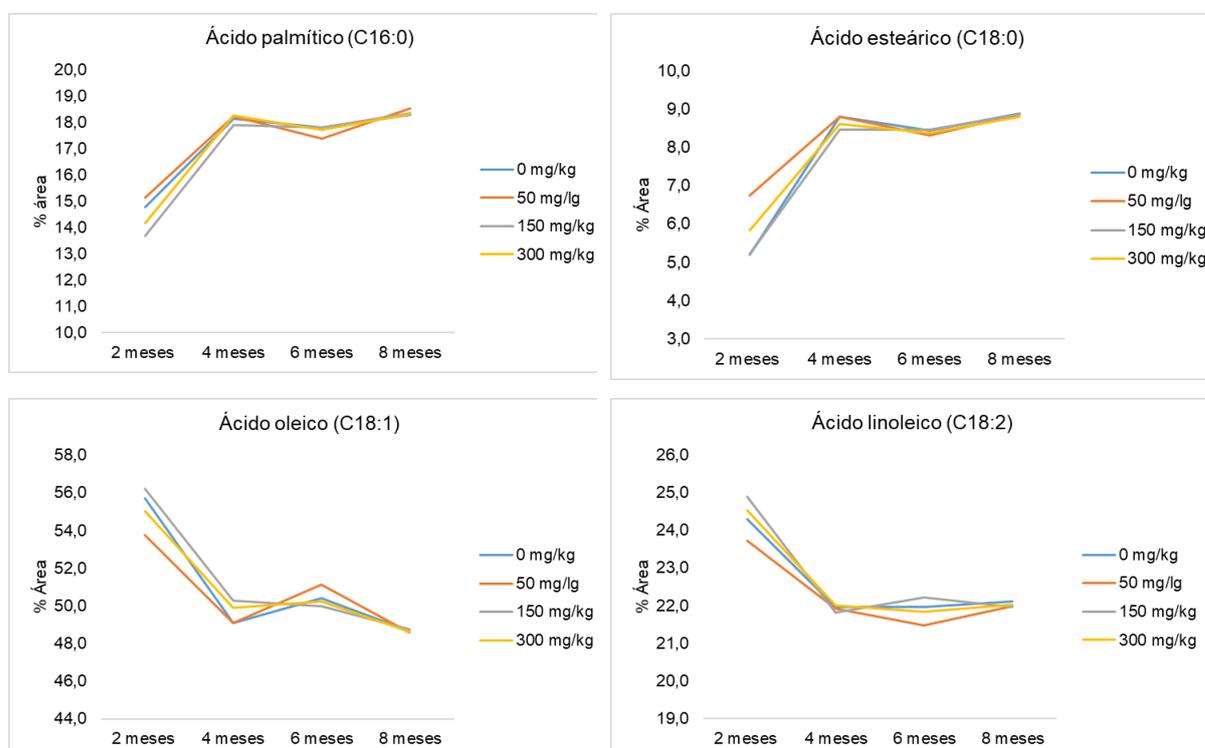
Letras maiúsculas = comparação do mesmo tempo de amostras diferentes.

### Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos majoritários no óleo de noz-pecã foram ácido palmítico (13-18%), ácido esteárico (5-9%), ácido oleico (49-56%) e ácido linoleico (21-25%) (Figura 1). Os ácidos graxos saturados, palmítico e esteárico apresentaram aumento de 14 a 18% e 5 a 9%, respectivamente, durante o armazenamento, independentemente da presença ou da dose de antioxidantes utilizadas. Por outro lado, os ácidos graxos insaturados, oleico e linoleico, apresentaram uma tendência de diminuição ao longo do tempo de armazenamento, independentemente da dose de antioxidantes. Esses ácidos graxos são suscetíveis a degradação durante o armazenamento. Não houve diferença significativa em relação a dose de antioxidante utilizada, o que significa que ele não é efetivo para evitar a degradação dos ácidos graxos

insaturados durante o armazenamento. Em um estudo realizado por Ramalho (2006), obteve estabilidade oxidativa em óleo de soja ao adicionar 600mg/kg de alfa tocoferol, doses maiores do que avaliada neste estudo, porém não foi avaliado o tempo de armazenamento. Já em outro estudo, o tempo de armazenamento que manteve a estabilidade oxidativa do óleo foi de até 60 dias, porém sem adição de antioxidante (ORO, 2007).

Figura 1 – Alterações nos ácidos graxos majoritários do óleo de noz-pecã com diferentes doses de antioxidantes.



### Considerações finais

A adição de 50 mg/kg do antioxidante tocoferol desempenhou um papel na preservação da cor do óleo, com as amostras adicionadas apresentando menor variação de luminosidade e tonalidade durante o período estudado. No entanto, é importante destacar que o aumento na concentração de tocoferol além de 50 mg/kg não resultou em benefícios adicionais significativos, sugerindo que doses mais elevadas podem não ser economicamente viáveis.

Para os parâmetros de acidez, índice de peróxidos e perfil de ácidos graxos não houve influência positiva da adição de tocoferóis durante o armazenamento.

Para estudos futuros recomenda-se testar outros antioxidantes e o efeito da embalagem na manutenção da estabilidade oxidativa do óleo de noz-pecã, bem como, acompanhamento da avaliação sensorial dos produtos.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) [n. projeto 312706/2020-0] pela concessão de bolsa de pesquisa e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) [nº projeto 21/2551-0000701-0] pelo financiamento da pesquisa.

### Referências

- ABE, Lucile Tiemi; LAJOLO, Franco Maria; GENOVESE, Maria Inés. **Comparison of phenol content and antioxidant capacity of nuts**. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, [s. l.], v. 30, n. SUPPL. 1, p. 254–259, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0101-20612010000500038>
- ALBA, José Maria Filippini *et al.* **Zoneamento Edafoclimático da Nogueira-pecã para a Região Sul do Brasil**. Embrapa, [s. l.], p. 65p, 2020.
- ANGELO, Priscila Milene; JORGE, Neuza. **Compostos fenólicos em alimentos - Uma breve revisão**. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, [s. l.], v. 66, n. 1, p. 1–9, 2007.
- ANVISA, Ministério da Saúde -. **INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 87, DE 15 DE MARÇO DE 2021**. Estabelece a lista de espécies vegetais autorizadas, as designações, a composição de ácidos graxos e os valores máximos de acidez e de índice de peróxidos para óleos e gorduras vegetais. Brasília - DF: RDC nº 255, de 10 de dezembro de 2018, 2021.
- AZADMARD-DAMIRCH, S *et al.* **Nuts Composition and their Health Benefits S**. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, [s. l.], v. 33, n. January 2009, p. 547–551, 2011.
- BATISTA, Ellen Cristina Da Silva; COSTA, André Gustavo Vasconcelos; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. **Adding vitamin E to foods: Implications for the foods and for human health**. *Revista de Nutricao*, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 525–535, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1415-52732007000500008>
- BOTTARI, Nathieli Bianchin *et al.* **Antimicrobial activity and phytochemical characterization of *Carya illinoensis***. *Microbial Pathogenesis*, [s. l.], v. 104, p. 190–195, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.01.037>
- BOUALI, I. *et al.* **Chemical composition and thermal properties of Tunisian pecan nut [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] oils**. *Grasas y Aceites*, [s. l.], v. 73, n. 3, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3989/GYA.0436211>
- BOUALI, Intidhar *et al.* **Inter-cultivar and temporal variation of phenolic compounds, antioxidant activity and carbohydrate composition of pecan (*Carya illinoensis*) kernels grown in Tunisia**. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, [s. l.], v. 61, n. 1, p. 183–196, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13580-019-00188-8>
- BRASIL. **RDC nº 281, de 29 de abril de 2019**. Autoriza o uso de aditivos alimentares e

coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos. Autoriza o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia em diversas categorias de alimentos., Brasília - DF: 2022. p. 1–5.

BRASIL, Ministério da Saúde. **RDC Nº 45, DE 3 DE NOVEMBRO DE 2010.** Dispõe sobre aditivos alimentares autorizados para uso segundo as Boas Práticas de Fabricação (BPF) A. Brasília - DF: 2010.

CARRASQUEIRA, F; TUNA, M. **Micronutrimiento antioxidante.** 14 f. [s. d.]. - Universidade do Porto, Porto, Portugal, [s. d.].

CASTELO-BRANCO, Vanessa Naciuk; TORRES, Alexandre Guedes. **Capacidade antioxidante total de óleos vegetais comestíveis: Determinantes químicos e sua relação com a qualidade dos óleos.** Revista de Nutricao, [s. l.], v. 24, n. 1, p. 173–187, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-52732011000100017>

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** [S. l.]: Editora da Unicamp, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788526814721>

COGAN, Betsy *et al.* **Pecan-enriched diet improves cholesterol profiles and enhances postprandial microvascular reactivity in older adults.** Nutrition Research, [s. l.], v. 111, p. 44–58, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2023.01.001>

COSTA, Tainara; JORGE, Neuza. **Compostos Bioativos Benéficos Presentes em Castanhas e Nozes Ácido cis-linoléico (n-6) Ácido alfa-linoléico (n-3)  $\alpha$ -tocoferol  $\beta$ -tocoferol  $\gamma$ -tocoferol  $\delta$ -tocoferol OH COOH (A) (B) Ácido p-hidroxibenzóico: R 1 = R 2 = H Ácido vanílico: R 1 = CH 3 O, R2 = H Á.** Journal Health Sciences, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 195–203, 2011.

DE SOUZA, Betina Aguiar *et al.* **Aditivos Alimentares: Aspectos Tecnológicos E Impactos Na Saúde Humana.** Revista Contexto & Saúde, [s. l.], v. 19, n. 36, p. 5–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2019.36.5-13>

DOMÍNGUEZ-AVILA, Jesús A. *et al.* **The pecan nut (*Carya illinoensis*) and its oil and polyphenolic fractions differentially modulate lipid metabolism and the antioxidant enzyme activities in rats fed high-fat diets.** Food Chemistry, [s. l.], v. 168, p. 529–537, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.07.092>

FERNANDES, Gabriel D. *et al.* **Chemical Characterization of Major and Minor Compounds of Nut Oils: Almond, Hazelnut, and Pecan Nut.** Journal of Chemistry, [s. l.], v. 2017, p. 1–11, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/2609549>

FERRARI, Virginia *et al.* **Influence of Cultivar on Nutritional Composition and Nutraceutical Potential of Pecan Growing in Uruguay.** Frontiers in Nutrition, [s. l.], v. 9, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.868054>

FLORESCORDOVA, Maria *et al.* **Phytochemical composition and antioxidant capacity in Mexican pecan nut.** Emirates Journal of Food and Agriculture, [s. l.], p. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.9755/ejfa.EJFA-2016-08-1075>

FRONZA, Diniz *et al.* **Pecan cultivation: general aspects.** Ciência Rural, [s. l.], v. 48, n. 2, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170179>

GARDEA, A. A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, M. A.; YAHIA, E. M. **Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch.).** [S. l.]: Woodhead Publishing Limited, 2011. v. 4 Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9780857092618.143>

GONG, Yi *et al.* **Chemical and nutritive characteristics of tree nut oils available in the**

- U.S. market.** European Journal of Lipid Science and Technology, [s. l.], v. 119, n. 8, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600520>
- GONZALES, Fabio Gonçalves. **Vitamina E.** [s. l.], Disponível em: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
- HONORATO, Thatyan Campos; BATISTA, Elga; PIRES, Tatiana. **Aditivos alimentares : aplicações e toxicologia Food additives : applications and toxicology.** [s. l.], p. 1–11, 2013.
- INC - INTERNATIONAL NUT&DRIEDFRUIT. **Nuts & Dried Fruits Statistical Yearbook 2022/2023.** [s. l.], p. 1–79, 2023.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos.** IV Ediçãoed. São Paulo: [s. n.], 2008.
- KAMAL-ELDIN, Afaf; MOREAU, Robert A. **Tree Nut Oils.** In: GOURMET AND HEALTH-PROMOTING SPECIALTY OILS. [S. l.]: AOCS Press, 2009. p. 127–149. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-97-4.50009-7>
- LINS, Roseana Telles. **Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia Determinação de tocoferóis e carotenóides em frutas amazônicas : Implantação de uma metodologia.** [s. l.], 2006.
- MACEDO, Valéria *et al.* **Assessment of used frying oils and fats in bars, restaurants and snack bars.** Rev Inst Adolfo Lutz, [s. l.], v. 69, n. 1, p. 91–98, 2010.
- MAESTRI, Damián *et al.* **Tree Nut Oils: Chemical Profiles, Extraction, Stability, and Quality Concerns.** European Journal of Lipid Science and Technology, [s. l.], v. 122, n. 6, p. 1–14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900450>
- MAESTRI, Damián; BODOIRA, Romina. **Phenolic Compounds from Nuts: Extraction, Chemical Profiles, and Bioactivity.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, [s. l.], v. 68, n. 4, p. 927–942, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07160>
- MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Cultivar Web.** [S. l.], 2023. Disponível em: [https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php).
- MARTINS, Carlos Roberto *et al.* **Cultura da noz-pecã para a agricultura familiar.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, [s. l.], v. 443, p. 65–81, 2017.
- MATEOS-APARICIO, I. **Aditivos Antioxidantes.** In: DEXTRA (org.). **Aditivos Alimentarios.** Madrid: [s. n.], 2018. p. 77–96.
- MCKAY, Diane *et al.* **A Pecan-Rich Diet Improves Cardiometabolic Risk Factors in Overweight and Obese Adults: A Randomized Controlled Trial.** Nutrients, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 339, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10030339>
- MOITA, Antonio Williams. **Análise de Variância Para Dados de Tonalidade de Cor: Um Caso de Dados Circulares.** [s. l.], p. 64, 2004. Disponível em: [coo 519.535%0A](https://doi.org/10.1590/0035-007504000006)
- NECKEL, Laura *et al.* **ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE NOZ PECÃ DO MUNICÍPIO DE IJUÍ- RS 1 PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF PECAN NUT OF IJUÍ-RS.** [s. l.], 2007.
- OETTERER, Marilia; ARCE, Maria Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** 1º Ed.ed. São Paulo -SP: [s. n.], 2006.
- ORO, Tatiana. **Composição nutricional, compostos bioativos e vida de prateleira de noz e óleo prensado a frio de noz-peça [Carya illinoensis (Wangenh.) C. Koch].** [s. l.], 2007.

- ORTIZ-QUEZADA, Ana G.; LOMBARDINI, Leonardo; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. **Antioxidants in Pecan Nut Cultivars [Carya illinoensis (Wangenh.) K. Koch].** In: NUTS AND SEEDS IN HEALTH AND DISEASE PREVENTION. [S. l.]: Elsevier, 2011. p. 881–889. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10104-5>
- POLMANN, G *et al.* **Determinação Da Composição Nutricional De Noz Pecã E Do Teor De Fibra Bruta Por Meio De Diferentes Métodos De Preparo Da Amostra.** 6º Simpósio de Segurança Alimentar, [s. l.], p. 1–6, 2018.
- PRADO, Ana Cristina Pinheiro do *et al.* **Relationship between antioxidant properties and chemical composition of the oil and the shell of pecan nuts [Caryainloensis (Wangenh) C. Koch].** Industrial Crops and Products, [s. l.], v. 45, p. 64–73, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.042>
- RAMALHO, Valéria; JORGE, Neuza. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos.** Quimica Nova, [s. l.], v. 29, n. 4, p. 755–760, 2006a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-40422006000400023>
- RAMALHO, Valéria; JORGE, Neuza. **Atividade antioxidante do lpha-tocoferol e do extrato de alecrim em óleo de soja purificado.** [S. l.: s. n.], 2006b.
- REIS RIBEIRO, Stephanie *et al.* **Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil.** Food Research International, [s. l.], v. 136, n. August, p. 109596, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109596>
- RIBEIRO CROSA, Claudia Farela *et al.* **Tecnologia De Produção De Noz-Pecã No Sul Do Brasil.** Revista Científica Rural, [s. l.], v. 22, n. 2, p. 249–262, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3170>
- RIVERA-RANGEL, L. R. *et al.* **Comparison of Oil Content and Fatty Acids Profile of Western Schley, Wichita, and Native Pecan Nuts Cultured in Chihuahua, Mexico.** Journal of Lipids, [s. l.], v. 2018, p. 1–6, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/4781345>
- ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Balanço Hídrico Do Cultivo Da Nogueira Pecã Nos Anos Padrão Habitual, Chuvoso E Seco Para O Rio Grande Do Sul.** Revista Brasileira de Climatologia, [s. l.], v. 25, p. 679–701, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.65543>
- ROVANI, Franciele Francisca Marmentini; WOLLMANN, Cássio Arthur. **Potencialidades do uso do zoneamento de risco climático para o cultivo da noqueira pecã (Carya illinoensis) no Rio Grande do Sul.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, [s. l.], v. 22, p. 2556–2561, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2460>
- SANTOS, Isabel da Cunha *et al.* **Acidez, índice de iodo e coeficiente de extinção específica em azeites de oliva produzidas no sul do Brasil.** XXVII congresso de iniciação científica, [s. l.], v. 01, p. 1–23, 2018.
- SIEBENEICHLER, Tatiane Jéssica *et al.* **Composition and impact of pre- and post-harvest treatments/factors in pecan nuts quality.** Trends in Food Science & Technology, [s. l.], v. 131, p. 46–60, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.010>
- UFG. **Fitoquímicos :Pigmentos dos alimentos e sua importância.** [S. l.: s. n.], 2012.
- USDA-AMS. **United States standards for grades of shelled almonds.** [s. l.], v. 1997, n. March, p. 7, 1997. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/standards/almonndsh.pdf>

VIANA DA SILVA, Marcondes *et al.* **Synthetic and Natural Antioxidants Used in the Oxidative Stability of Edible Oils: An Overview.** Food Reviews International, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 349–372, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1869775>

VILLARREAL-LOZOYA, Jose E.; LOMBARDINI, Leonardo; CISNEROS-ZEVALLOS, Luis. **Phytochemical constituents and antioxidant capacity of different pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] cultivars.** Food Chemistry, [s. l.], v. 102, n. 4, p. 1241–1249, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.024>

YILMAZ, Rabia *et al.* **Determination of Nut Characteristics and Biochemical Components of Some Pecan Nut Cultivars.** Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, [s. l.], v. 31, n. 4, p. 906–914, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.29133/yyutbd.899879>