



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

**ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL CONSELHEIRO ANTONIO PRADO
ENSINO TÉCNICO**

**SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PELO MÉTODO VERDES E SUAS
UTILIZAÇÕES COMO SUBSTITUINTE DE CONSERVANTES ALIMENTÍCIOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MARIA EDUARDA DE OLIVEIRA AMARO SANTOS
SABRINA DANIELA DE ALMEIDA SIQUEIRA**

CAMPINAS

2023



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

MARIA EDUARDA DE OLIVEIRA AMARO SANTOS
SABRINA DANIELA DE ALMEIDA SIQUEIRA

**SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA PELO MÉTODO VERDES E SUA
UTILIZAÇÃO COMO SUBSTITUINTE DE CONSERVANTES ALIMENTÍCIOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a aprovação no componente curricular Planejamento e Desenvolvimento de Trabalho de Conclusão de Curso e requisito parcial para a obtenção do título técnico em alimentos.

Orientador: Prof.: Elias Severo da Silva Junior

Campinas
2023



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

S237e Santos, Maria Eduarda de Oliveira Amaro.

Extração de Nanopartículas de prata pelo método verde e suas utilizações como substituinte de conservantes químicos alimentícios: trabalho de conclusão de curso / Maria Eduarda de Oliveira Amaro, Sabrina Daniela de Almeida Siqueira – 2023.

50 f.; il. color.

Orientador: Elias Severo da Silva Junior.

Coorientadora: Joice Aline Pires Vilela.

Trabalho de conclusão de curso (Técnico Alimentos) – Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado, Campinas, 2023.

Bibliografia: f. 21-23.

1. Conservação. 2. Neopartícula de prata. 3. Extração Verde. I. Siqueira, Sabrina Daniela de Almeida, II. Silva Junior, Elias Severo da, orient. III. Vilela, Joice Aline Pires, coorient. IV. Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado. IV. Título.

CDD 664

Ficha catalográfica elaborada pelo bibliotecário: Maria Luiza Viena Borges CRB 8 –
202/2023

Biblioteca Escola Técnica Estadual Conselheiro Antônio Prado

EXTRAÇÃO NANOPARTÍCULAS VERDES E SUA UTILIZAÇÃO COMO SUBSTITUENTE DE CONSERVANTES ALIMENTÍCIOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para a aprovação no componente curricular Planejamento e Desenvolvimento de Trabalho de Conclusão de Curso e requisito parcial para a obtenção do título técnico em alimentos.

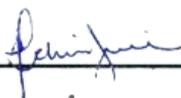
Orientador: Prof.: Elias Severo da Silva Junior

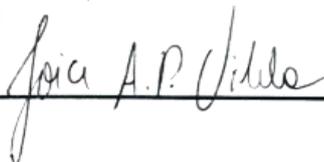
Área de Concentração: Tecnologias Alimentícias

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso deferido e aprovado em: 26/06/2023

Banca examinadora:









ETECAP



Centro
Paula Souza



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

-Marie Curie



ETECAP



Centro
Paula Souza



SÃO
PAULO
GOVERNO DO ESTADO

Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

Dedicamos com imensa alegria este trabalho a nossos familiares que nos apoiaram e incentivaram nessa caminhada de aprendizagem, ao professor Luiz Gustavo Criado Gonçalves por nos incentivar a buscar soluções para questões até então não resolvidas, a professora Glaucia Silveira Mussato que se tornou uma inspiração de mulher e representatividade de força para nós.



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

AGRADECIMENTOS

Ao nosso professor orientador Elias Severo da Silva Junior pelos muitos ensinamentos, conhecimentos passados e pela paciência para conosco durante o desenvolvimento desse trabalho.

Agradecemos também as nossas famílias que não cessaram de nos apoiar e incentivar, principalmente nos momentos mais difíceis e cansativos.

Agradecemos aos nossos demais professores e colaboradores, que, a partir de suas experiências de vida passaram-nos grandes saberes e foram inspirações para nós.

Agradecemos ao nosso grupo por ter perseverado e se dedicado ao máximo para que esse trabalho fosse possível.

E por fim, aos nossos parceiros de realização, a faculdade de ciências e tecnologias do CNPEM, a Ilum, por estarem conosco durante todo esse processo e nos auxiliarem nos momentos que mais necessitamos, agregando conhecimentos e experiências que se destacaram em nossas vidas, a realização desse projeto não seria possível sem o auxílio de vocês.

RESUMO

Para o presente estudo, considerou-se a importância da alimentação nas vidas das pessoas. Nesse sentido, discute-se a importância da conservação dos alimentos de maneira não prejudicial para a saúde da população.

Os conservantes químicos alimentícios nos dias atuais representam uma grande porcentagem dos principais causadores e agravadores de reações alérgicas e problemas de saúde, pensando nisso se propôs a criação de um conservante sustentável natural que não agrida o meio-ambiente nem o organismo das pessoas. A síntese verde de nanopartículas de prata, com suas propriedades antifúngicas e antimicrobianas é a opção perfeita para essa substituição.

A partir do reaproveitamento de casca de alho e a folha de batata-doce, seus compostos fenólicos e antocianinas extraídos podem ser utilizados como compostos redutores para a realização da síntese verde, cujo é menos agressiva ao organismo que a síntese química por não possuir reagentes químicos na sua realização podendo assim ser aplicada como um potencial conservante alimentício menos agressivo ao organismo humano.

Palavras-chaves: Conservação. Nanopartículas de Prata. Extração Verde. Alimentos.



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

ABSTRACTI

For this study, we considered the importance of food in people's lives. In this sense, we discussed the importance of preserving food in a way that is not harmful to people's health.

Nowadays, chemical food preservatives represent a large percentage of the main causes and aggravators of allergic reactions and health problems. With this in mind, it was proposed to create a sustainable natural preservative that does not harm the environment or people's bodies. The green synthesis of silver nanoparticles, with their antifungal and antimicrobial properties, is the perfect option for this replacement.

By reusing garlic peel and sweet potato leaves, their extracted phenolic compounds and anthocyanins can be used as reducing compounds to carry out green synthesis, which is less aggressive to the body than chemical synthesis because it does not use chemical reagents and can therefore be applied as a potential food preservative that is less aggressive to the human body.

Keywords: Preservation. Silver Nanoparticles. Green Extraction. Food.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	XI
1.1 Conservação	XI
1.2 Conservantes Químicos	XI
1.3 Nanopartículas	XIII
1.4 Nanopartículas verdes.....	XV
1.5 Propriedades do extrato da folha da batata-doce	XV
1.6 Propriedades do extrato da casca do alho	XVI
2. OBJETIVOS	XVII
2.1 Objetivo Geral	XVII
2.2 Objetivo Específico.....	XVII
3. METODOLOGIA.....	XVII
3.1 Materiais	XVII
3.2 Preparação dos extratos vegetais	XVIII
3.3 Síntese de Nanopartículas de Prata	XVIII
3.5 Análise UV-Vis	XVIII
3.6 Análise AFM	XIX
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	XIX
4.1 Preparo do extrato verde.....	XIX
4.2 Síntese das Nanopartículas de Prata	XX
4.3 Uv-Vis	XX
4.4 AFM.....	XXI
5. CONCLUSÃO.....	XXIII
6. PARCERIA.....	XXIV
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	XXV

1. INTRODUÇÃO

1.1 Conservação

A alimentação é um dos aspectos mais fundamentais da vida humana, e os alimentos desempenham um papel crucial na história evolutiva da humanidade. A busca por alimentos nutritivos e seguros tem sido uma constante em nossa história, desde os primórdios da humanidade, quando nossos antepassados caçavam e coletavam alimentos, até a era moderna, em que a produção industrializada de alimentos é uma realidade. (Chittenden, T., & Davis, B. 2019)

De acordo com Chittenden e Davis (2019), a história da alimentação humana tem sido marcada por grandes mudanças ao longo dos séculos. A busca por alimentos e a evolução da alimentação humana foram influenciadas por fatores como a disponibilidade de recursos naturais, a tecnologia de produção de alimentos, as crenças religiosas e culturais, e a evolução da ciência e da medicina. (Chittenden, T., & Davis, B. 2019)

A conservação de alimentos é uma necessidade antiga, que remonta aos tempos antigos, quando nossos ancestrais descobriram que a salga, a defumação e a fermentação de alimentos eram formas eficazes de preservá-los. A conservação de alimentos é importante para reduzir o desperdício de alimentos e para torná-los mais acessíveis em regiões com menor disponibilidade de alimentos. No entanto, a conservação de alimentos pode ser um processo complexo e que requer muitos cuidados para garantir que os alimentos sejam seguros para consumo humano. (Almeida, E. L., Franco, R. M., & Magnani, M. 2015)

1.2 Conservantes Químicos

A utilização de conservantes químicos na indústria alimentícia é um tema que gera grande discussão e preocupação, pois apesar de serem utilizados para aumentar a vida útil dos alimentos e garantir a segurança alimentar, alguns conservantes podem representar um risco à saúde humana. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conservantes químicos são substâncias adicionadas

aos alimentos com o objetivo de impedir ou retardar a deterioração, proteger contra microrganismos, inibir reações enzimáticas e/ou oxidativas e manter a qualidade dos alimentos (ANVISA, 2001).

Entre os conservantes químicos mais utilizados na indústria alimentícia estão os ácidos benzoico e sórbico, nitritos e nitratos, sulfitos e os compostos de etileno. Essas substâncias podem ser encontradas em diversos tipos de alimentos, como carnes processadas, bebidas, pães, bolos, entre outros (BRASIL, 2018).

No caso dos ácidos benzoico e sórbico, alguns estudos indicam que o consumo excessivo dessas substâncias pode estar relacionado a reações alérgicas, principalmente em indivíduos sensíveis (AL-SHERAJI et al., 2012). Além disso, o ácido benzoico, quando combinado com vitamina C, pode formar benzeno, uma substância considerada carcinogênica (LOPES et al., 2012).

Quanto aos nitritos e nitratos, essas substâncias são frequentemente utilizadas como conservantes em carnes processadas, como salsichas e bacon. Estudos indicam que o consumo elevado de alimentos contendo nitritos e nitratos pode levar à formação de compostos chamados nitrosaminas, que são considerados potencialmente carcinogênicos e estão associados a um maior risco de câncer colorretal (Hord, N. G., Tang, Y., & Bryan, N. S, 2009)

Os sulfitos, por sua vez, são amplamente utilizados como conservantes em alimentos, especialmente em produtos como vinhos, frutas desidratadas e produtos de panificação. No entanto, algumas pessoas podem ser sensíveis aos sulfitos, desenvolvendo reações alérgicas, como asma e urticária (VALLY et al., 2009).

No caso dos compostos de etileno, que são utilizados para amadurecer e conservar frutas e vegetais, existe uma preocupação com a presença de resíduos desses compostos nos alimentos. Embora os compostos de etileno não sejam considerados altamente tóxicos, sua presença em níveis excessivos pode ter efeitos negativos na saúde, incluindo distúrbios respiratórios e alergias em algumas pessoas (TIAN et al., 2015).

A busca por alternativas para a substituição desses conservantes químicos na indústria alimentícia tem sido um tema de interesse crescente, visando garantir a segurança e a qualidade dos alimentos de forma mais natural. Diversas abordagens

têm sido exploradas nesse sentido. Abaixo, apresento algumas alternativas em destaque:

1. Conservantes naturais: Os conservantes naturais são substâncias extraídas de fontes vegetais, animais ou minerais, que possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes. Exemplos de conservantes naturais incluem extratos de plantas, como alecrim e orégano, que têm demonstrado eficácia na inibição do crescimento microbiano em alimentos (KORDALI et al., 2010).
2. Fermentação: A utilização de micro-organismos benéficos na fermentação de alimentos pode oferecer uma alternativa natural para a conservação. Por exemplo, o ácido láctico produzido por bactérias lácticas durante a fermentação pode inibir o crescimento de bactérias indesejáveis e prolongar a vida útil dos alimentos (SCHILLINGER & LUCKE, 1989).
3. Embalagens ativas e inteligentes: O desenvolvimento de embalagens ativas e inteligentes tem como objetivo prolongar a vida útil dos alimentos, reduzindo a necessidade de conservantes químicos. Essas embalagens contêm materiais que liberam compostos antimicrobianos ou antioxidantes de forma controlada, mantendo a qualidade e a segurança dos alimentos (LÓPEZ-RODRÍGUEZ et al., 2017).
4. Tecnologias de processamento não térmico: A aplicação de tecnologias de processamento não térmico, como alta pressão hidrostática, pulso elétrico e luz ultravioleta, tem sido explorada como alternativa aos tratamentos térmicos convencionais. Essas técnicas podem inativar micro-organismos e enzimas, contribuindo para a conservação dos alimentos sem a necessidade de adição de conservantes químicos (NIETO & CASTAÑO, 2015).

1.3 Nanopartículas

As nanopartículas são partículas extremamente pequenas com dimensões na escala de nanômetros (1 nanômetro é equivalente a um bilionésimo de um metro).

Essas estruturas possuem propriedades únicas devido ao seu tamanho reduzido, o que lhes confere características distintas em comparação com as partículas maiores. (Nel, A., Xia, T., Mädler, L., & Li, N, 2006)

Uma das propriedades mais estudadas das nanopartículas é a sua atividade antimicrobiana e antifúngica. Estudos têm demonstrado que certos tipos de nanopartículas podem apresentar efeitos significativos na inibição do crescimento e proliferação de microrganismos patogênicos, incluindo bactérias e fungos. Isso ocorre devido à capacidade dessas partículas de interagir com as membranas celulares dos microrganismos, comprometendo sua integridade e função. (Rai, M., Yadav, A., & Gade, A, 2009)

O tamanho das nanopartículas é um fator crucial para suas propriedades antimicrobianas e antifúngicas. Devido ao seu tamanho reduzido, elas apresentam uma grande área de superfície em relação ao volume, o que facilita sua interação com os microrganismos alvo. Além disso, o tamanho também influencia na capacidade de penetração das nanopartículas nas células microbianas, aumentando sua eficácia como agentes antimicrobianos. (Gao, W., & Thamphiwatana, S, 2014)

Existem diferentes métodos de extração e síntese de nanopartículas. Dois dos métodos mais comuns são o "top-down" e o "bottom-up". No método "top-down", as nanopartículas são obtidas a partir da redução de partículas maiores por meio de processos físicos ou químicos. Esse método envolve a quebra controlada das partículas maiores em partículas menores até que se atinja o tamanho desejado. Já no método "bottom-up", as nanopartículas são construídas a partir de moléculas ou íons individuais, que se agregam e se organizam para formar as partículas desejadas. Essas moléculas ou íons podem ser sintetizados quimicamente ou extraídos de fontes naturais. (Wiley, B., Sun, Y., & Xia, Y, 2007)

1.4 Nanopartículas verdes

A síntese de nanopartículas pelo método verde consiste na extração das nanopartículas através de extratos vegetais como fonte de compostos redutores, podendo ser utilizadas como matéria de extração, desde as raízes de uma planta, seu caule, folhas e flores. Por conta da versatilidade e facilidade para a realização dessa síntese, cada vez mais pesquisadores tem optados por esse método que possui um rendimento semelhante as demais sínteses. (BARBOSA, 2018)

Um pré-requisito para a realização dessa síntese é a utilização de compostos que possuem atividade redutora, como os terpenoides, compostos fenólicos, antocianinas e flavonoide. (ALBERNAZ, 2014)

1.5 Propriedades do extrato da folha da batata-doce

A batata-doce, vegetal cultivado em países de clima tropical que faz parte da dieta humana com uma boa fonte de energia e vitaminas, possui também na constituição de suas folhas, compostos redutores que apresentam uma significativa atividade microbiana, como os polifenóis, antocianinas, antioxidativos e ácidos fenólicos, podendo ser utilizado desses extratos da folha para a realização da síntese verde de nanopartículas a fim de se obter elevada atividade antimicrobiana e antifúngica. (JOSÉ et al., 2015)

Os polifenóis são compostos naturais encontrados em uma variedade de alimentos, como frutas, vegetais, grãos e ervas. Eles são conhecidos por suas propriedades antioxidantes, que podem ajudar a proteger as células do estresse oxidativo causado pelos radicais livres. Os polifenóis são compostos químicos que contêm múltiplos grupos fenólicos em sua estrutura. (Manach et al., 2004).

As antocianinas são um subgrupo de polifenóis responsáveis pela cor vermelha, roxa e azul de muitas frutas, legumes e flores. Além de suas propriedades antioxidantes, as antocianinas também demonstraram ter atividades anti-inflamatórias, neuro protetoras e cardiovasculares. (Wallace et al., 2010)

Os polifenóis e as antocianinas são exemplos de antioxidantes encontrados em alimentos. Eles podem ajudar a neutralizar os radicais livres e reduzir o estresse

oxidativo no organismo, o que está associado a vários benefícios para a saúde (Pandey e Rizvi.,2009). Os ácidos fenólicos são uma classe de compostos que contêm um ou mais grupos fenólicos. Eles são encontrados em alimentos como frutas, vegetais, grãos, café e chá. Os ácidos fenólicos têm propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, e estudos sugerem que eles podem ter efeitos benéficos na prevenção de doenças cardiovasculares, câncer e outras condições relacionadas ao estresse oxidativo. (Stintzing e Carle.,2004)

1.6 Propriedades do extrato da casca do alho

O alho (*Allium sativum*) é uma planta conhecida por seu uso culinário e medicinal há séculos. É composto por bulbos divididos em segmentos chamados dentes de alho. O alho contém uma variedade de compostos ativos, incluindo compostos sulfurados, flavonoides e compostos fenólicos, que conferem várias propriedades medicinais. A casca de alho, que é a camada externa e protetora dos bulbos de alho, também possui propriedades medicinais. Ela contém compostos bioativos, como flavonoides, polissacarídeos e compostos fenólicos. A casca de alho é frequentemente descartada, mas pesquisas mostram que ela pode ser aproveitada para a obtenção de extratos com potencial terapêutico. O extrato da casca de alho tem sido objeto de estudos científicos devido às suas propriedades benéficas para a saúde. Pesquisas indicam que o extrato da casca de alho possui propriedades antioxidantes, antimicrobianas, anti-inflamatórias e antitumorais. Ele tem mostrado atividade contra uma variedade de microrganismos, incluindo bactérias, vírus e fungos. Além disso, o extrato da casca de alho demonstrou efeitos hipolipidêmicos, ajudando a reduzir os níveis de colesterol e triglicerídeos no sangue. Também exerce efeitos cardiovasculares benéficos, como a redução da pressão arterial e a prevenção da formação de placas nas artérias. Outros estudos sugerem que o extrato da casca de alho pode ter propriedades anticancerígenas, inibindo o crescimento de células cancerígenas e induzindo apoptose (morte celular programada) em certos tipos de câncer. Podendo assim também ser considerada para o estudo e síntese das nanopartículas verdes. (SANTOS., 2022)

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo a síntese de nanopartículas de prata pelo método verde a fim de utilizar suas propriedades antimicrobianas e antifúngicas como um potencial substituto dos conservantes alimentícios.

2.2 Objetivo Específico

Extrair as nanopartículas de prata a partir de extrato de folha de batata-doce e casca de alho e analisar seu desempenho:

- Caracterização e desempenho;
- Propriedades antimicrobiano e antifúngico;
- Potencial de conservação para alimentos;
- Comparação do desempenho das nanopartículas obtidas utilização de casca de alho e folha de batata-doce.

3. METODOLOGIA.

3.1 Materiais

Os reagentes e equipamentos necessários para a realização desse trabalho estão de acordo com a tabela a seguir.

Reagentes	Equipamentos
Álcool etílico	AFM
Casca de alho	Banho termostático
Folha de batata-doce	Chapa de aquecimento com agitador magnético
Nitrato de Prata	Erlenmeyer 250 ml
Materiais	Espectrofotômetro UV-Vis
Balão de fundo redondo	Estufa de esterilização e secagem
Frasco para armazenamento	Funil de buchner
Papel filtro de celulose	Kitassato
Pipeta automática	Sonicador
Ponteira plástica descartável	Refrigerador
Cubeta de Quartzo	Substrato de Mica

3.2 Preparação dos extratos vegetais

Para a preparação dos extratos vegetais, foi considerada uma metodologia parcialmente adaptada do método de extração de extratos vegetais. (DIAZ et al.,2020)

Após a colheita das folhas de batata-doce e retirada a casca de alho, realizar a secagem e, uma estufa de esterilização e secagem em 50° C por uma semana e triturar com as próprias mãos. O pó utilizado não será peneirado, mantendo todas as granulometrias, será adicionado em um Erlenmeyer de 250 ml 10 g das folhas/casca já trituradas e 150 mL de álcool etílico, toda a solução será colocada em um banho termostático a 60° por 30 min, filtrada a vácuo com papel de celulose e armazenada em potes com tampa e protegidos de iluminação a 4° C em um refrigerador por pelo menos 24h.

3.3 Síntese de Nanopartículas de Prata

Para a preparação das nanopartículas, foi considerada a metodologia parcialmente adaptada de química verde. (ROCHO., 2010)

Utilizando de uma solução aquosa de 10ml de AgNO₃ 100ppm e os extratos vegetais, considerando as proporções de adição de 0,5 mL de nitrito de prata 100ppm e 10 mL de extrato, adicionadas por um sistema de gotejamento e mantendo em sistema de aquecimento gradual a 45° C; 55° C; 65° C, durante 6 horas até apresentar coloração amarronzada, revelando a redução completa dos íons de prata e a formação das nanopartículas.

3.5 Análise UV-Vis

Utilizando de cubetas para espectrofotômetro, adicionar água em uma delas para ser o parâmetro parcial da medida e na outra cubeta adicionar as amostras da síntese já diluídas em 10x a fim de analisar a incidência da luz polarizada e determinar a curva de absorbância das nanopartículas obtidas a fim de comparar as diferentes sínteses.

3.6 Análise AFM

Utilizando um substrato de mica, depositar uma gota da solução contendo a síntese já pronta e diluída com o auxílio de uma micropipeta automática. Depositar o substrato contendo a amostra na estufa para a secagem da amostra, após a secagem total iniciar a varredura da amostra utilizando o equipamento AFM a fim de obter as dimensões e formatos das nanopartículas. Ao depositar a amostra no equipamento abaixar a ponteira até entrar em contato com a amostra no substrato de mica e atingir o ponto V de 25° utilizando os eixos x e y do equipamento, selecionar a área a ser analisada, sua dimensão, quantidade de pixels e iniciar a varredura. Após a varredura completa recuperar os dados obtidos e tratar as imagens obtidas utilizando o aplicativo Gwyddion.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Preparo do extrato verde

Durante a preparação dos extratos verdes a metodologia foi alterada para testar possíveis desempenhos diferentes principalmente em relação as temperaturas aplicadas durante o processo. Foram realizados testes com a casca do alho sem secar, seca a 50° C por uma semana e a 70° C por duas semanas. Visivelmente os extratos vegetais que foram tratados em maior temperatura apresentaram uma coloração mais predominante do que aqueles que foram tratados com temperaturas mais amenas, interferindo assim no resultado final das nanopartículas sintetizadas. Por conta dos compostos fenólicos e antocianinas serem sensíveis a luz e temperaturas elevadas, acredita-se que aqueles extratos que se derivaram da casca do alho e folha de batata-doce tratados em maior temperatura (70° C por duas semanas) obtiveram um desempenho inferior àqueles que foram tratados com temperaturas amenas.

4.2 Síntese das Nanopartículas de Prata

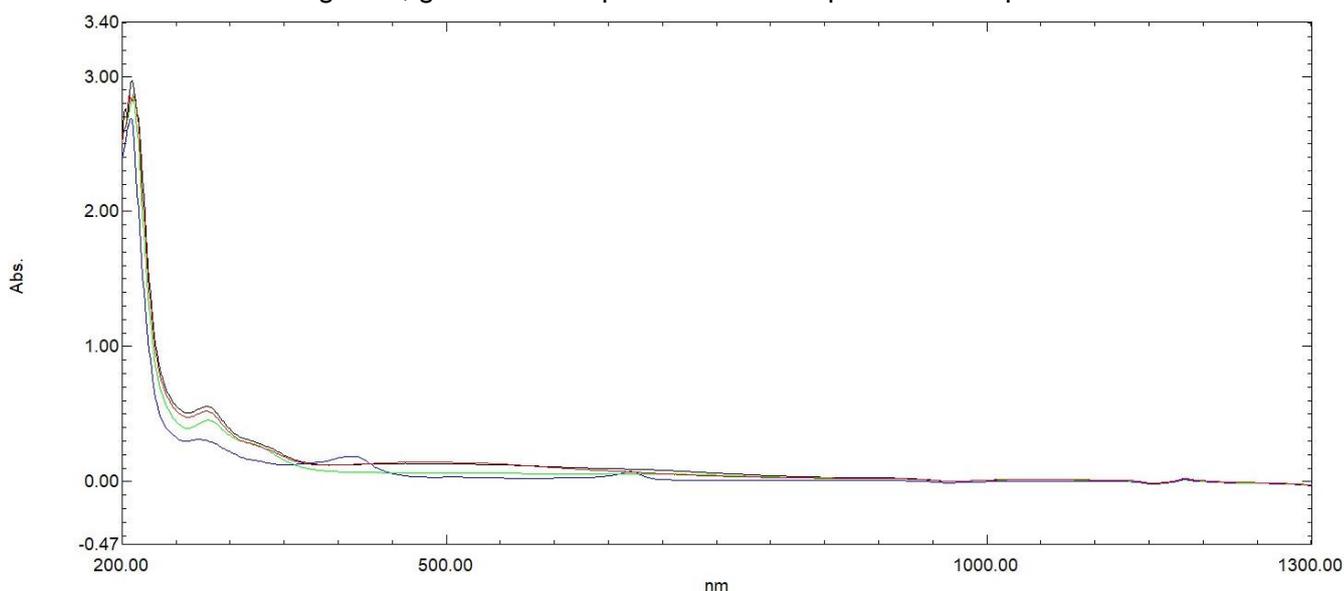
Após a realização dos processos de síntese a coloração da solução se altera para amarronzada indicando que a prata foi reduzida (as vezes não completamente, dependendo das condições do tempo da realização da síntese), podendo até mesmo ser observado resíduos de prata na parede do balão em alguns casos.

Após alguns dias de armazenagem pode-se notar um precipitado no fundo da solução por conta da densidade da prata, mas que não interfere em nada em seu desempenho quanto as propriedades antimicrobianas, podendo ser facilmente resolvido com a utilização de um Sonicador que separa as partículas agrupadas as deixando em suspensão por toda a solução.

4.3 Uv-Vis

Foram analisados os espectros de absorção de cada amostra obtida das sínteses das nanopartículas a fim de comparar suas características, tamanhos e similaridades.

Figura 1, gráfico dos espectros das nanopartículas de prata



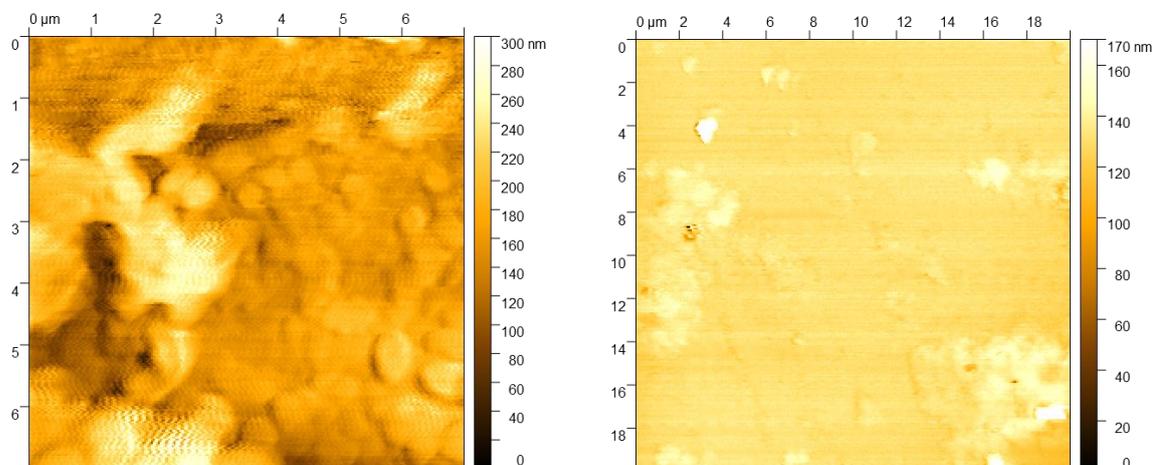
Como é possível observar no gráfico apresentado acima, onde cada linha representa uma amostra da nanopartícula sintetizada, elas estão na mesma faixa de

absorção de espectro, entre 300 e 400 nm (BRITO et al., 2021) comum as nanopartículas de prata cujo tamanho pode variar de 1 a 100 nm em que sua forma predominante é ovalada. Ao avaliarmos o gráfico podemos observar que a absorção do espectro não varia muito de uma síntese a outra (com diferenças notáveis que veremos logo a frente que são de tamanho) mas não interferem em suas propriedades nem utilizações, possuindo uma maior variação a linha azul que foi a nanopartícula sintetizada a partir da folha de batata-doce, sem as demais sintetizadas da casca do alho com variações de temperatura e tempo.

4.4 AFM

Ao ser realizada a microscopia de força atômica das nanopartículas foi possível visualizar sua anatomia e tamanho.

Figura 2, Imagens tratadas do AFM das nanopartículas de prata



As imagens acima apresentam a anatomia obtida pelas nanopartículas de prata sintetizadas a partir da casca do alho sem secar e a seca em 50° C por uma semana, foram as únicas sínteses de possível visualização no equipamento, mas que já apresentam resultados significativos onde é possível notar a presença das nanopartículas em formato ovalado.

Na imagem da esquerda (síntese realizada com a casca do alho sem secar) foi possível observar uma boa quantidade de nanopartículas ovaladas que medem entre 25 a 30 nm. Enquanto isso a imagem da direita (síntese realizada com a casca do alho seca a 50° C por uma semana) possui a maior nanopartícula estimada em 20 nm (parte mais branca da imagem onde houve um acúmulo de nanopartículas) cujo não foi possível calcular o calor das menores nanopartículas que estimamos estar entre 1 a 10 nm.

É importante salientar que essa diferença de tamanho entre as amostras se deu especialmente pelo emprego de temperatura que auxilia na extração dos compostos vegetais, mas se empregadas erroneamente podem acarretar a perda desses. Quanto a tamanho, quão menor for a nanopartícula, melhor desempenho ela terá, pois, sua área de contato com as superfícies será maior aumentando assim seu rendimento.

5. CONCLUSÃO

A síntese verde a partir da utilização de casca de alho e da folha da batata-doce, é um método viável para aplicação não somente nas indústrias de alimentos, mas também para outras necessidades, podendo ser adaptado de acordo com resultado (tamanho e formato) esperado. É uma síntese que não gera resíduos sendo sustentável e de fácil reprodução, com custos muito baixos e bons resultados.

Para as nanopartículas começarem a serem aplicadas na indústria de alimentos como conservantes ainda carece de mais estudos relacionados, pois, é uma tecnologia nova onde não se sabe qual sua consequência em nosso organismo que pode até mesmo variar entre os tamanhos delas, mas se sabe que é um potencial candidato a ser cogitado por ser uma síntese sem resíduos, que pelo contrário, reaproveita os resíduos da própria indústria se tornando assim um subproduto.

A área que nos permite saber de suas ações no nosso organismo é a nanotoxicologia que realmente vai nos permitir garantir a segurança de um produto tão vantajoso para a indústria e nossa saúde. Enquanto essa área se dedica cada vez a estudar seus efeitos nos dedicamos a cada vez mais acharmos utilidades e diversas aplicações para esse nanomateriais com tanto potencial.



Etec Conselheiro Antonio Prado - ETECAP

6. PARCERIA

O presente trabalho foi realizado em parceria com a Ilum escola de ciências pertencente ao Centro Nacional de Pesquisas em Energia e Materiais (CNPEM).

Toda a realização prática deu em suas instalações com o auxílio da docente pesquisadora Valéria Spolon Marangoni. Nossos sinceros agradecimentos a todos que colaboraram para essa realização, em especial os técnicos de laboratórios Rhuan Daniel Modolo e Alessandro de Souza Mourato



MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Aditivos Alimentares. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 10 jan. 2001.

ALBERNAZ, V. L. Síntese Verde de Nanopartículas de Prata com Extrato Aquoso de Folhas de *Brosimum gaudichaudii*, Caracterização Físico-química, Morfológica e suas Aplicações no Desenvolvimento de um Nanobiossensor Eletroquímico. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Nanociência e Nanobiotecnologia do Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

ALMEIDA, E. L.; FRANCO, R. M.; MAGNANI, M. Food preservation: traditional methods. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier, v. 1, p. 400-405, 2015.

BARBOSA, V. T. Síntese Biogênica de Nanopartículas de Prata usando Própolis Vermelha de Alagoas. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

CARDONA, F. et al. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implications in human health. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 24, n. 8, p. 1415-1422, 2013.

CHITTENDEN, T.; DAVIS, B. The evolution of human nutrition. *American Journal of Clinical Nutrition*, v. 110, n. 3, p. 645-651, 2019.

CRUZ, Nidria Dias; GALLIO, Ezequiel; GATTO, Darci Alberto. Síntese verde de nanopartículas de óxido de zinco. *Revista Materia*, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 1-7, 2022.

GAO, W.; THAMPHIWATANA, S. Size-dependent antimicrobial properties of nanomaterials against gram-positive and gram-negative bacteria: a comparative study. *ACS Applied Materials & Interfaces*, v. 6, n. 9, p. 6996-7003, 2014.

HORD, N. G.; TANG, Y.; BRYAN, N. S. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 90, n. 1, p. 1-10, 2009.

JOSÉ, A. E., CARVALHO, H. H. C., & WIES, J. M. Avaliação do efeito antibacteriano de extratos de folhas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) frente a bactérias de interesse em alimentos e correlação com os compostos fenólicos. 2015.

KORDALI, S.; CAVALEIRO, C.; COTÉ, H.; SOKOVIC, M.; SOKOVIC, M.; CARVALHO, A. M.; CAMPOPO, F. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Origanum vulgare* ssp. *hirtum* from different origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 48, n. 9, p. 4316-4320, 2010.

LÓPEZ-RODRÍGUEZ, F.; CASTILLO-RODRÍGUEZ, F. J.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; GAVARA, R. Active and intelligent packaging systems for a modern society. *Meat Science*, v. 132, p. 57-67, 2017.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

NEL, A.; XIA, T.; MÄDLER, L.; LI, N. Toxic potential of materials at the nanolevel. *Science*, v. 311, n. 5761, p. 622-627, 2006.

NIETO, G.; CASTAÑO, A. L. Non-thermal processing technologies: A review. *Food and Bioprocess Technology*, v. 8, n. 5, p. 877-891, 2015.

PANDEY, K. B.; RIZVI, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, v. 2, n. 5, p. 270-278, 2009.

RAI, M.; YADAV, A.; GADE, A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, v. 27, n. 1, p. 76-83, 2009.

ROCHA, Rosiana Rocho. Química verde: síntese de nanopartículas de prata utilizando extratos vegetais. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Departamento de Química, 2010.

SANTOS, PAULA CORREIA MEDEIROS DOS. Propriedades antioxidante, antimicrobiana e toxicidade do extrato da casca do alho (*Allium sativum* L.). 2022. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SCHILLINGER, U.; LUCKE, F. M. Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 55, n. 8, p. 1901-1906, 1989.



STINTZING, F. C.; CARLE, R. Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, v. 15, n. 1, p. 19-38, 2004.

TIAN, L.; YANG, L.; CHEN, J.; CAO, Y. Occurrence, formation, and potential health effects of ethylene in foods: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 63, n. 44, p. 9887-9895, 2015.

VALLY, H.; MURRAY, A.; MADSEN, A. Allergic and asthmatic reactions to alcoholic drinks. *Addictive Biology*, v. 14, n. 3, p. 304-312, 2009.

WALLACE, T. C.; GIUSTI, M. M.; DREHER, M. Evaluation of parameters that affect the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging assay for antioxidant determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 58, n. 12, p. 8156-8161, 2010.

WILEY, B.; SUN, Y.; XIA, Y. Synthesis of metal and metal oxide nanoparticles in porous templates: A review. *Advanced Functional Materials*, v. 17, n. 5, p. 1-16, 2007.

Brito, Elen CP de; Madalena, Ludmila dos S.; Lima, Richard H.; Bernardes, Gabriel S.; da Silva, Luís Antonio; Alves, Valeria A. "Quantificação de Nanopartículas de Prata em Produto Farmacêutico por Espectrofotometria e Potenciometria: Uma Proposta para Aulas Práticas de Química Analítica." Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Naturais e Educação/ICENE, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 38064-200 Uberaba - MG, Brasil. janeiro de 2021.