

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE TECNOLOGIA EM PROCESSOS QUÍMICOS

ÁLVARO BALDACONI

**EFEITO DA SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E DO MÉTODO DE  
EXTRAÇÃO DE BIOATIVOS DO ABACATE E SUA INFLUÊNCIA NA  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO  
2021

ÁLVARO BALDACONI

## **EFEITO DA SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO DE BIOATIVOS DO ABACATE E SUA INFLUÊNCIA NA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos – COPEQ – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR *Campus* Toledo, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Processos Químicos.

Orientadora: Prof. Dra. Solange Maria Cottica

**TOLEDO**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**TERMO DE APROVAÇÃO  
DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ÁLVARO BALDACONI**

**EFEITO DA SECAGEM POR LIOFILIZAÇÃO E DO MÉTODO DE  
EXTRAÇÃO DE BIOATIVOS DO ABACATÊ E SUA INFLUÊNCIA NA  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Trabalho apresentado como forma de avaliação para o Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Tecnologia em Processos Químicos da UTFPR, *Campus Toledo*, e aprovado pela banca examinadora abaixo.

---

Profª Drª SOLANGE MARIA COTTICA

---

Prof Dr CLAYTON ANTUNES MARTIN

---

Dr ALCIDES TONHATO JUNIOR

Toledo, Novembro de 2021

OBS: A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Tecnologia em Processos Químicos.

## RESUMO

**BALDACONI, Álvaro. Efeito da secagem por liofilização e do método de extração de bioativos do abacate e sua influência na atividade antioxidante.**

Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Tecnologia em processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Toledo, 2021.

O presente trabalho teve por finalidade, determinar a atividade antioxidante em casca, semente e polpa de abacate Fortuna, verificando seu estado de conservação e os métodos de extração utilizados. As análises de atividade antioxidante foram realizadas através dos métodos DPPH e ABTS para as amostras liofilizadas e *in natura* do extrato, obtido sob agitação magnética por quatro horas em etanol. Variou-se também a forma de agitação (magnética e ultrassônica), utilizando o tempo de 60 minutos. Constatou-se que, após um ano da última análise realizada, nas mesmas condições, houve uma perda na atividade antioxidante das amostras, que estavam armazenadas em congelador e sob proteção de luz. Observou-se também que a liofilização da amostra afetou negativamente a atividade antioxidante, mas aumentou o rendimento da extração. Paralelamente, ao comparar a metodologia para obtenção dos extratos, investigando assim a extração mais eficiente, observou-se que o uso de ultrassom mostrou-se mais eficiente que agitação magnética apenas para DPPH na amostra de semente. Para as demais amostras e metodologias (ABTS e rendimento) não houve diferença significativa. Dessa forma, observou-se influência do processo de secagem sobre a atividade antioxidante e rendimento da extração das amostras de casca, polpa e semente de abacate Fortuna, o que não foi constatado no processo de extração.

**Palavras-chave:** Fruta; DPPH; ABTS; Extrato.

## ABSTRACT

BALDACONI, Álvaro. **Effect of freeze drying and bioactive extraction methods of avocado and their influence at the antioxidant activity.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso Superior de Tecnologia em Processos Químicos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Toledo, 2021.

The present work had the objective of determining the antioxidant activity of skin, pulp and seed of Fortuna avocado, verifying its conservation state and extraction methods employed. The antioxidant activity analysis were carried out through the DPPH and ABTS methods on the freeze-dried and raw extract samples, obtained under magnetic stirring for four hours in ethanol. The agitation procedure was also studied (magnetic and ultrasonic), using 60 minutes process time. After the period of one year, it was observed a decrease of the antioxidant activity of samples, which were kept away from light in a freezer. It was also observed that the freeze-drying process affected negatively the antioxidant activity of the sample, but increased the extraction yield. Simultaneously, by comparing the extraction methodology, therefore determining the most efficient conditions, it was observed that the ultrasound was more efficient than the magnetic stirring only for DPPH on the seed sample. For the other samples and methodologies (ABTS and yield) there were not significant differences. Hence, the influence of the drying process over the antioxidant activity and extraction yield of the Fortuna avocado skin, pulp and seed samples was investigated.

**Key-words:** Fruit; DPPH; ABTS; Extract;

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Esquema geral do mecanismo de oxidação lipídica.....	14
<b>Figura 2</b> - Forma radicalar (1) e não radicalar (2) do DPPH.....	15
<b>Figura 3</b> - Estabilização do radical ABTS <sup>•+</sup> por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.....	16
<b>Figura 4</b> - Efeito da liofilização na atividade antioxidante de abacates pelos métodos DPPH e ABTS <sup>•+</sup> .....	22
<b>Figura 5</b> - Efeito da agitação magnética e ultrassônica no método de extração, em termos de atividade antioxidante em abacates pelos métodos DPPH e ABTS <sup>•+</sup> .....	23

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Umidade e rendimento de extração magnética por 4h para casca, polpa e semente *in natura* de abacate Fortuna.....20
- Tabela 2:** Efeito da secagem na atividade antioxidante e rendimento de extração em abacate da variedade Fortuna.....21
- Tabela 3:** Efeito do método de extração sobre a atividade antioxidante em abacate *in natura* da variedade Fortuna.....22

## **LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS**

DPPH - Radical 2,2-Difenil-1-picrilhidrazila

ABTS - [2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico)]

UV-VIS - Ultra Violeta Visível

IAL – Instituto Adolfo Lutz

Trolox - 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 OBJETIVOS .....	11
1.1.1 Objetivo Geral .....	11
1.1.2 Objetivos específicos .....	11
1.2 JUSTIFICATIVA .....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 HISTÓRICO DO ABACATE .....	13
2.2 ANTIOXIDANTES .....	14
2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE .....	14
2.3.1 Sequestro do radical DPPH.....	15
2.3.2 Captura do radical livre ABTS•+ .....	15
2.4 SECAGEM .....	16
2.4.1 Liofilização.....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
3.1 AMOSTRAGEM .....	17
3.2 ESTUDO DO EFEITO DA LIOFILIZAÇÃO .....	17
3.3 ESTUDO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO .....	18
3.4 DETERMINAÇÃO UMIDADE .....	18
3.5 REAGENTES E PADRÕES .....	18
3.6 DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE .....	19
3.6.1 Capacidade de captura do radical livre DPPH .....	19
3.6.2 Capacidade de captura do radical livre ABTS .....	20
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	20
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>20</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>24</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>25</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A procura por alimentos saudáveis vem se consolidando em todo mundo, com isso, os estudos das propriedades benéficas para o organismo humano se intensificaram afim de determinar substâncias bioativas, dentre elas a capacidade antioxidante em vegetais. As propriedades antioxidantes provenientes de vegetais são de grande importância para o organismo humano, devido à sua ação em retardar a degradação oxidativa, inibindo a formação de radicais livres (GONÇALVES, 2008).

Essa característica bioativa pode ser encontrada facilmente no abacate (*Persea Americana Mill.*), principalmente na casca e semente (DAIUTO, 2014). O abacate também é rico em vitaminas C e E, ácidos graxos, minerais, fibras e proteínas, além de compostos fitoquímicos como carotenoides, esteróis e compostos fenólicos (JACOBO-VELÁZQUEZ, 2012; HERNÁNDEZ-BRENES, 2012).

A casca e a semente são consideradas subprodutos, no entanto possuem características nutritivas e funcionais, como atividade antioxidante e antimicrobiana que podem ser aproveitadas para futuros produtos alimentícios.

A atividade antioxidante presente em abacate previne a ação nociva dos radicais livres oxigenados e nitrogenados, responsável por diversas doenças crônicas-degenerativas (VIEITES ET al. 2012).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da liofilização e do método de extração sobre a atividade antioxidante da casca, polpa e semente da variedade de abacate Fortuna.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência da secagem por liofilização das amostras de casca, polpa e semente da variedade de abacate Fortuna;
- Comparar a extração dos compostos bioativos por meio de agitação magnética e ultrassônica;
- Determinar o rendimento e a atividade antioxidante em abacate pelos métodos DPPH e ABTS, comparando o melhor método de extração e avaliando o efeito da liofilização.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As análises do presente trabalho visam comparar em termos de atividade antioxidante, a secagem por liofilização com amostras *in natura* de abacate da variedade Fortuna, avaliando assim o efeito da secagem. Além disso, com o estudo do método de extração utilizando agitação magnética e ultrassônica, o presente trabalho permite alternativas metodológicas para a melhoria das técnicas de extração.

Dessa forma, este estudo pode evidenciar a importância da casca e da semente, matérias-primas ricas em antioxidantes, apresentando informações importantes tanto para os consumidores quanto para produtores, pois a atividade antioxidante é de interesse de ambos, para consumo e produção.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 HISTÓRICO DO ABACATE

O abacate é uma fruta originária do continente americano, principalmente do México, Antilhas e da América Central. Todas as variedades provem de três espécies, a mexicana (*Persea americana* Mill.; *Drymifolia*), a Antilhana (*Persea americana* Mill.; variedade Americana) e Guatemalense (*Persea americana* Mill.; variedade guatemalensis) (DUARTE et al., 2008).

No Brasil, o abacateiro pode ser cultivado em todo o seu território, e possui uma das maiores taxas de produtividade por unidade de área cultivada (TANGO; TURATTI, 1992).

A taxonomia do abacateiro possui características semelhantes para todas as espécies híbridas, caule cilíndrico, folhas variando de formato (elíptico-anceoladas, oblongas, oblongo-lanceoladas ou ovais), fruto tipo drupa, variando a casca (pericarpo) de delgada a grossa de coloração verde, polpa (mesocarpo) carnosa de coloração verde-amarelada e rica em óleos vegetais (WHILEY; SCHAFFER, 1994).

No Brasil, o abacate é usado principalmente em pratos doces, como vitaminas, sorvetes ou simplesmente com açúcar, mais também pode ser consumido em pratos salgados, como o guacamole (OLIVEIRA et al., 2003).

O fruto possui a cada 100 g cerca de 180 calorias e 85% delas são proveniente de lipídios. Em sua composição, o abacate apresenta fontes ricas em vitaminas e sais minerais, dentre as vitaminas destacam-se as vitaminas C e E. O fruto fresco apresenta aproximadamente 5,2 g por 100 g em fibras, sendo 75% insolúveis e 25% solúveis (NAVEH et al., 2002).

Estudos recentes apontam que a maior parte da gordura da fruta é monoinsaturada, gordura esta que está associada com a diminuição dos níveis de colesterol total, triacilgliceróis, lipoproteína de baixa densidade (LDL), aumentando assim os níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL) (SALGADO, 2008).

O abacate destaca-se por sua composição que varia de 1 a 2 % de proteína na polpa, 5 a 35 % de óleo e 3 a 8 % de açúcar. Além disso, contém diversos sais minerais, sendo consumido em diversos países nas principais refeições do dia (KOOLER, FRANCISCONI; BELOTTO, 1992).

## 2.2 ANTIOXIDANTES

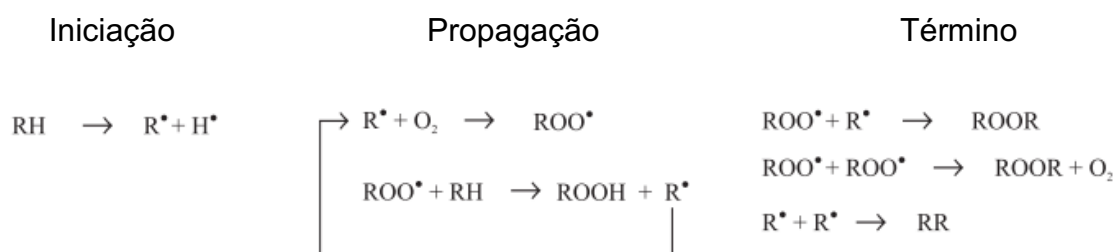
A definição de antioxidantes pode ser dada como qualquer substância capaz de atrasar ou inibir a oxidação de um substrato oxidável de maior concentração (SIES; STAHL, 1995).

A classificação do mecanismo de ação dos antioxidantes pode ser definida em primário e secundário. O mecanismo primário consiste em fornecer aos radicais livres elétrons ou hidrogênio, deixando-os mais estáveis. O mecanismo secundário atua na complexação de metais, sequestro de oxigênio e radiação ultravioleta, retardando a oxidação (MONARETTO, 2013).

Compostos fenólicos, flavonóides, carotenóides e tocoferóis são antioxidantes encontrados em vegetais capazes de inibir a processo de oxidação (AKOH; MIN, 2002).

Os antioxidantes primários seguem o mecanismo de ação representada pela figura 1.

**Figura 1. Esquema geral do mecanismo de oxidação lipídica**



**Fonte: (RAMALHO; JORGE, 2006).**

## 2.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

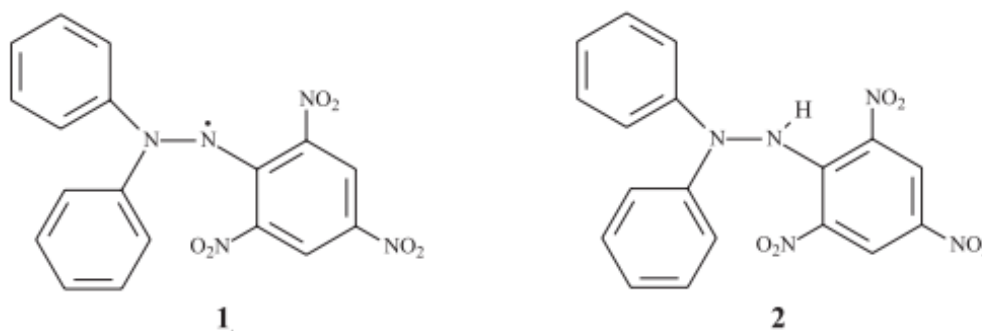
Para avaliar a atividade antioxidante *in vitro* de substâncias biologicamente ativas, existem diversos métodos, que podem ser através de ensaios químicos com substratos lipídicos, onde mede-se o grau de inibição da oxidação, e ensaios complexação, no qual mede-se a habilidade de sequestro do radical livre, ambos os métodos envolvem diversas técnicas instrumentais. Em organismos vivos, diferentes

tipos de radicais livres atuam de maneira distinta, fator que impede a determinação da atividade antioxidante através de um método universal (SÁNCHEZ, 2002).

### 2.3.1 Sequestro do radical DPPH

Um das metodologias mais utilizadas para determinação de compostos antioxidantes é o DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), através da deslocalização do elétron desemparelhado por toda a molécula, caracterizada por um radical livre estável. A técnica consiste em medir a capacidade antioxidante de uma substância através do sequestro do radical DPPH, onde a hidrazina é reduzida, mudando sua coloração de violeta para amarelo pálido. Esta mudança de coloração permite medir a absorvância em espectrofotômetro UV-VIS, a 517 nm, em solvente etanólico (MOLYNEUX, 2004).

**Figura 2. Forma radicalar (1) e não radicalar (2) do DPPH.**



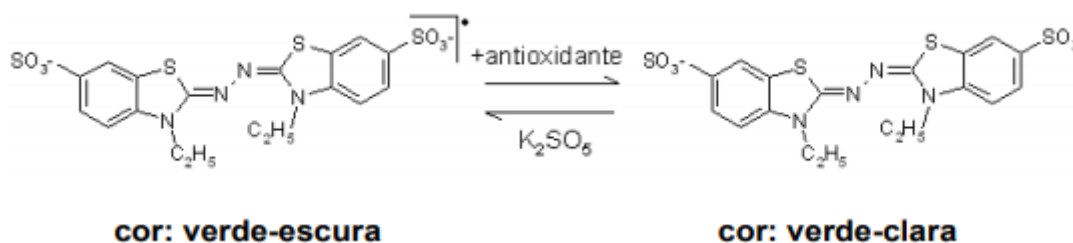
Fonte: (ALVES, et al. 2010).

### 2.3.2 Captura do radical livre ABTS<sup>•+</sup>.

A metodologia consiste na captura do radical ABTS<sup>•+</sup>, gerando uma reação química, eletroquímica ou enzimática, medindo assim a atividade antioxidante de natureza hidrofílica e lipofílica (KUSKOSKI et al., 2005). O radical ABTS<sup>•+</sup> é formado através da redução do ABTS pelo persulfato. O radical ABTS ao reagir com a amostra sofre descoloração de verde escuro para verde claro, assim, a atividade antioxidante é determinada através de espectrofotômetro UV-VIS. Posteriormente, a

absorbância obtida é comparada com um antioxidante padrão, o resultado expresso em ET g<sup>-1</sup> (atividade antioxidante equivalente ao trolox) (OLDONI, 2010; VEDANA, 2009).

**Figura 3. Estabilização do radical ABTS<sup>•+</sup> por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.**



Fonte: (RUFINO, 2007).

## 2.4 SECAGEM

A secagem vem sendo utilizada como método de conservação de alimentos desde o início da humanidade, atribuindo proteção contra microrganismos, redução de peso e volume. Existem basicamente dois tipos de secagem, a natural e a artificial. A secagem natural consiste na simples exposição ao sol para que a amostra perca água por aquecimento (LEONARDI; AZEVEDO 2018).

Os métodos de secagem artificial utilizam equipamentos para promover a desidratação. Os principais métodos utilizam fornecimento de calor e circulação de ar, como o secador de bandeja, secador de túnel e secador de esteira. Também existem secadores de atomização (spray dryer), que consiste em fornecer calor e transformar alimentos líquidos em pó. A liofilização também é um exemplo de secagem artificial, onde a água é eliminada através da sublimação. A secagem de alimentos tem como consequência a perda de uma porção nutritiva, contudo, diversas vantagens se atribui a ela, como tempo de prateleira, transporte, baixo custo do processo e redução de perda pós-colheita (CELESTINO, 2010).



### 2.4.1 Liofilização

A secagem utilizando a técnica de liofilização consiste na retirada de umidade da amostra congelada através da sublimação do gelo, geralmente sob vácuo. A técnica pode ser utilizada para materiais termosensíveis, produtos farmacêuticos, produtos alimentícios e produtos químicos (MARQUES, 2008).

A liofilização proporciona uma perda mínima de nutrientes e uma reidratação rápida do produto seco, dessa maneira, a técnica é muito utilizada pela indústria alimentícia (STEFANELLO et al., 2018). O fato de reter grande parte dos nutrientes presentes, utilizando-se de baixas temperaturas e pressão reduzida, agrega valor comercial aos produtos. Contudo, o custo do processo é elevado comparado a secagem utilizando técnicas convencionais (VIEIRA; NICOLETI; TELIS 2012).

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 AMOSTRAGEM

Para o desenvolvimento da pesquisa, utilizou-se abacates da variedade Fortuna, os quais foram cedidos pelo Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR), localizado na cidade de Santa Tereza do Oeste-PR. Após serem devidamente lavados, a variedade de abacate Fortuna foi separada em casca, polpa e semente, embalada sob vácuo e armazenada a  $-18^{\circ}\text{C}$  em congelador.

### 3.2 ESTUDO DO EFEITO DA LIOFILIZAÇÃO

Para a secagem das amostras por liofilização, as mesmas foram expostas a uma temperatura de  $-80^{\circ}\text{C}$  em ultra freezer CL374-86 V Coldlab. Após o congelamento, as amostras foram inseridas no liofilizador L101 Liobras, para secagem por sublimação, a temperatura entre  $-40$  e  $-50^{\circ}\text{C}$ .

Após a liofilização, as amostras foram trituradas através de um moinho de facas SL 30 Solab, com o objetivo de granulação (30 mesh). Em seguida, foram preparados extratos etanólicos do abacate Fortuna (casca, polpa e semente),

através da adição de etanol (99,7% - Alphatec) na proporção 1:10 (m/v) para as amostras liofilizadas e *in natura*, sob agitação magnética durante 4 horas, e ao abrigo da luz (RIBEIRO et al., 2013). Logo após, filtrou-se à vácuo e eliminou-se o solvente utilizando evaporador rotativo (Solab®, modelo SL-126) (a 37°C e sob pressão reduzida).

### 3.3 ESTUDO DO MÉTODO DE EXTRAÇÃO

Para o estudo da metodologia de extração foram utilizadas amostras *in natura* de casca, polpa e semente de abacate Fortuna, onde variou-se agitação magnética (Warmnest HJ 4) e ultrassônica (7Lab SSBu 10L), durante 60 minutos, para o preparo dos extratos, através da adição de etanol (99,7% - Alphatec) na proporção 1:10 (m/v) e ao abrigo da luz. Logo após, filtrou-se à vácuo e eliminou-se o solvente utilizando evaporador rotativo (Solab®, modelo SL-126) (a 37°C e sob pressão reduzida).

### 3.4 DETERMINAÇÃO DE UMIDADE

Para determinar a umidade, foi utilizado os métodos físico-químicos segundo normas do instituto Adolfo Lutz (2008). Os resultados das análises foram expressos em porcentagem (%), para casca, polpa e semente de abacate Fortuna.

### 3.5 REAGENTES E PADRÕES

Os reagentes 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH), 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico (Trolox), e 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-ácido sulfônico (ABTS), foram utilizados da marca Sigma Aldrich e os demais reagentes e solventes foram de grau analítico.

## 3.6 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

### 3.6.1 Capacidade de captura do radical DPPH

Seguiu-se a técnica descrita na literatura (BONDET, BRAND-WILLIAMS e BERSET, 1997), com algumas modificações. 50  $\mu\text{L}$  da solução etanólica do extrato de abacate ( $2,0 \text{ mg mL}^{-1}$ ) juntamente com 2,0 mL de solução etanólica ( $0,06 \text{ mmol L}^{-1}$ ) de DPPH• foram mantidos sob abrigo da luz durante 30 minutos, em seguida, medida a absorvância em espectrofotômetro UV-VIS (PG Instruments-T80+) a 517 nm.

Os resultados foram calculados através da curva de calibração ( $r^2 = 0,9999$ ), repetindo o procedimento descrito acima, porém utilizando solução padrão Trolox em diferentes concentrações ( $0\text{-}1250 \text{ }\mu\text{mol L}^{-1}$ ) no lugar da amostra. A atividade antioxidante foi expressa em  $\mu\text{mol}$  de equivalente Trolox (ET)  $\text{g}^{-1}$  de extrato. As análises foram feitas em triplicata.

### 3.6.2 Capacidade de captura do radical livre ABTS

O método ABTS descrito por Re et al. (1999) foi utilizado para a determinação da atividade antioxidante, com algumas modificações. A princípio,  $7,0 \text{ mmol L}^{-1}$  do ABTS juntamente com  $140,0 \text{ mmol L}^{-1}$  de persulfato de potássio foram usados para formar o radical ABTS. Após 16 horas, a solução foi diluída em etanol até que atingisse a absorvância de  $0,700 (\pm 0,01)$ . Em seguida,  $30,0 \text{ }\mu\text{L}$  do extrato etanólico da amostra (casca, polpa e semente) a  $2,0 \text{ mg mL}^{-1}$  foram adicionados a  $3,0 \text{ mL}$  do radical ABTS, para posterior (6 minutos) leitura das absorvâncias em espectrofotômetro UV-VIS.

Os resultados obtidos foram expressos utilizando a curva de calibração do padrão trolox ( $0\text{-}1500 \text{ }\mu\text{mol L}^{-1}$ ) ( $r^2 = 0.9901$ ) e a atividade antioxidante em  $\mu\text{M}$  de equivalente trolox (TE)  $\text{g}^{-1}$  de extrato. As análises foram feitas em triplicata.

### 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises foram feitas em triplicata e foi aplicado o teste T de Student com 95% de confiança na comparação dos resultados (Statistica 8.0).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao determinar a umidade da polpa, casca e semente das amostras de abacate Fortuna (Tabela 1), foi constatado um leve aumento em comparação a outros estudos. Tango et al. (2004) obtiveram o valor de 83,8% de umidade para polpa.

Segundo Amado et al. (2016), a umidade para abacate da variedade Fortuna apresentou resultados de 64,86%, 75,37% e 62,60%, para casca, polpa e semente respectivamente. Os resultados obtidos para amostra *in natura*, sendo utilizado para determinar a umidade os métodos físico-químicos segundo normas do instituto Adolfo Lutz (2008), e de rendimento sob agitação magnética por 4 horas e posteriormente evaporado em evaporador rotativo.

**Tabela 1:** Umidade e rendimento de extração magnética por 4h para casca, polpa e semente *in natura* de abacate Fortuna.

<b>Amostra</b>	<b>%Umidade</b>	<b>%Rendimento</b>
<b>Casca</b>	69,11 ± 0,52	3,92
<b>Semente</b>	69,94 ± 0,41	4,51
<b>Polpa</b>	88,44 ± 0,17	6,74

Fonte própria.

Posteriormente, foi avaliado no presente trabalho a atividade antioxidante em abacate da variedade Fortuna *in natura* e liofilizadas, utilizando agitação magnética por 4 horas, conforme a tabela 2 e figura 4.

**Tabela 2:** Efeito da secagem na atividade antioxidante e rendimento de extração em abacate da variedade Fortuna.

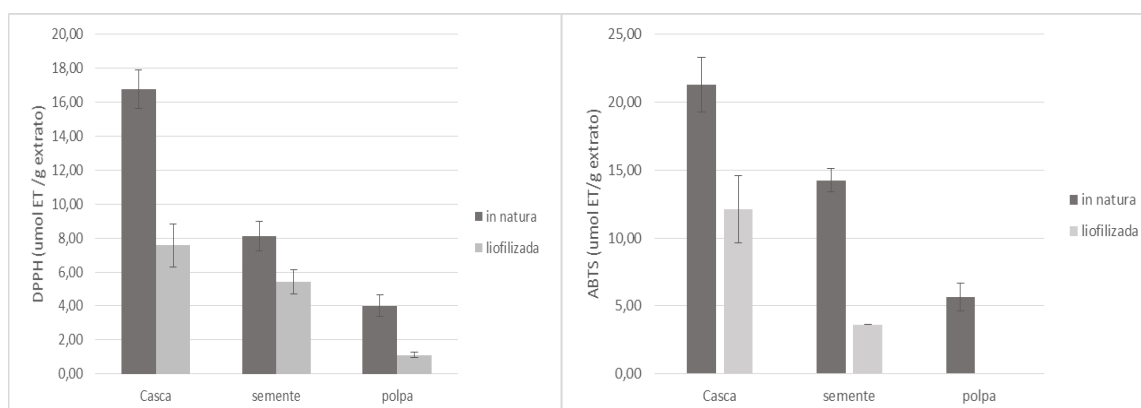
<b>Análise</b>	<b>Amostra</b>	<b>Polpa</b>	<b>Casca</b>	<b>Semente</b>
<b>DPPH</b> ( $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ extrato)	<i>In natura</i>	4,02 $\pm$ 0,62 <sup>b</sup>	16,77 $\pm$ 1,14 <sup>b</sup>	8,11 $\pm$ 0,88 <sup>b</sup>
	Liofilizada	1,10 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>	7,57 $\pm$ 1,26 <sup>a</sup>	5,41 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>
<b>ABTS+</b> ( $\mu\text{mol ET g}^{-1}$ extrato)	<i>In natura</i>	5,67 $\pm$ 1,02 <sup>b</sup>	21,28 $\pm$ 2,02 <sup>b</sup>	14,26 $\pm$ 0,85 <sup>b</sup>
	Liofilizada	0 <sup>a</sup>	12,1 $\pm$ 02,49 <sup>a</sup>	3,62 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
<b>RENDIMENTO (%)</b>	<i>In natura</i>	6,75 <sup>a</sup>	4,05 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>
	Liofilizada	20,06 <sup>b</sup>	6,91 <sup>b</sup>	6,34 <sup>b</sup>

Fonte própria. Letras diferentes na mesma coluna para cada análise diferem significativamente entre si pelo teste T de Student ( $p < 0,05$ ).

Ao estudar o efeito da liofilização sobre a atividade antioxidante da casca, polpa e semente, observou-se que houve um decréscimo na atividade antioxidante das amostras liofilizadas, tanto pelo método DPPH, quanto pelo ABTS+, comparando-se com as amostras *in natura*. As amostras *in natura* do presente trabalho, apresentaram um decréscimo na atividade antioxidante pelo método ABTS de 81,18% para casca e 68,53% para semente após o período de 1 ano de armazenamento em congelador, quando comparadas com os resultados obtidos por Amado et al. (2016).

Morais et al. (2015), comparou o efeito da secagem de frutos por liofilização e em forno, observando comportamentos diferentes de um fruto para o outro, para amostras de casca de abacate, houve um decréscimo na atividade antioxidante pelos métodos DPPH e FRAP, enquanto para cascas de melão, observou-se um aumento na atividade. Isso implica a importância de averiguar para cada tipo de amostra, a forma mais adequada de secagem ou uso da mesma. Foi observado também, um acréscimo de rendimento apresentado pelo efeito da liofilização.

**Figura 4:** Efeito da liofilização na atividade antioxidante de abacates pelos métodos DPPH e ABTS+.



Fonte própria.

Avaliou-se também o efeito do método de extração por 60 minutos (uso de ultrassom ou agitação magnética) sobre o rendimento e a atividade antioxidante de amostras de casca, polpa e semente de abacate Fortuna (Tabela 3).

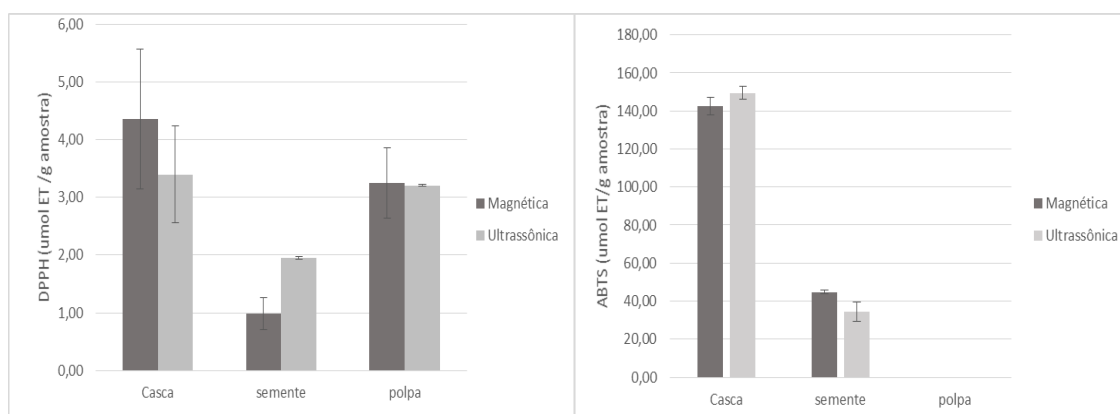
**Tabela 3:** Efeito do método de extração sobre a atividade antioxidante em abacate *in natura* da variedade Fortuna.

Análise	Agitação	Polpa	Casca	Semente
<b>DPPH</b> (µmol ET g <sup>-1</sup> amostra)	Magnética	3,67±0,69 <sup>a</sup>	6,31±1,74 <sup>a</sup>	1,41±0,40 <sup>a</sup>
	Ultrassônica	3,63±0,03 <sup>a</sup>	4,92±1,21 <sup>a</sup>	2,79±0,05 <sup>b</sup>
<b>ABTS+</b> (µmol ET g <sup>-1</sup> amostra)	Magnética	0	142,49±47,00 <sup>a</sup>	44,79±1,09 <sup>a</sup>
	Ultrassônica	0	149,58±33,80 <sup>a</sup>	34,43±5,80 <sup>a</sup>
<b>RENDIMENTO</b> %	Magnética	6,46 <sup>a</sup>	4,22 <sup>a</sup>	3,52 <sup>a</sup>
	Ultrassônica	7,42 <sup>a</sup>	3,79 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>

Fonte própria. Letras diferentes na mesma coluna para cada análise diferem significativamente entre si pelo teste T de Student (p<0,05).

Rezende, Nogueira e Narain (2017), também compararam a atividade antioxidante de amostras de acerola extraídas pelo método convencional e por ultrassom e observaram maior atividade antioxidante para os extratos obtidos a partir de agitação ultrassônica. Possivelmente, o uso de ultrassom facilita o acesso do solvente às partes mais internas da amostra, facilitando a extração de seus antioxidantes.

**Figura 5:** Efeito da agitação magnética e ultrassônica no método de extração, em termos de atividade antioxidante em abacates pelos métodos DPPH e ABTS+.



**Fonte Própria.**

Observou-se que a agitação ultrassônica apresentou melhores resultados para DPPH apenas para a extração da semente, para as demais não teve diferença significativa. De acordo com Santos (2017), estudos realizados em amostras de alecrim, evidenciou presença de menor atividade antioxidante nos extratos obtidos através de processador ultrassônico, demonstrando resultados em termos de IC50 (quantidade mínima para reduzir a absorbância inicial do radical DPPH em 50 %) de 77,9 µg/mL utilizando agitação magnética (60 mim), e 90,39 µg/mL para processador ultrassônico (30 mim).

Em uma pesquisa realizada juntamente com o presente trabalho, utilizando tempos de 20 e 40 minutos de agitação magnética e ultrassônica, constatou-se que a agitação ultrassônica mostrou-se mais eficiente para semente (BALDACONI; COTTICA, 2017).

## 5 CONCLUSÃO

Ao comparar os resultados da atividade antioxidante presente em amostras secas por liofilização e amostras *in natura*, foi constatado que a liofilização diminuiu a atividade antioxidante.

Quanto ao método de extração utilizando agitação magnética e ultrassônica, foi observado que a agitação ultrassônica apresenta melhores resultados, em termos de atividade antioxidante do sequestro do radical DPPH em semente.

Além disso, observou-se que a polpa de abacate possui características bioativas inferiores que a casca e semente. Portanto, os resultados obtidos neste trabalho, contribuem com alternativas para o uso da casca e semente de abacate considerados subprodutos, explorando seu potencial antioxidante, para possíveis desenvolvimento de produtos alimentícios ricos em termos de atividade antioxidante.



## REFERÊNCIAS

AKOH, C. C.; MIN, D. B. **Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology**. 2. New York: Marcel Dekker Inc, 2002.

ALVES, C. Q. et al. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, p. 2202-2210, 2010.

AMADO, D. A. V. et al. **Atividades antioxidante, antibacteriana, teor de tocoferóis e ácidos graxos em diferentes variedades de abacate**. 2016. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods of american association of cereal chemists**. 7<sup>th</sup> ed. St Paul: Minnesota, A.A.C.C. Publ, 1969.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16<sup>th</sup> ed. Washington, A.O.A.C, 1975. 1018p.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign: AOCS Press, 2007.

BALDACONI, A.; COTTICA, S.M. **Estudo de atividade antioxidante em abacate e comparação da metodologia de extração**. SICITE, Londrina, 2017.

BONDET, V.; BRAND-WILLIAMS, W.; BERSSET, C. **Kinetics and mechanisms of antioxidant activity using the DPPH. Free radical method**. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, 30 609-615, 1997.

BOROSKI, M.; VISENTAINER, J.V.; COTTICA, S.M.; MORAIS, D.R. **Antioxidantes: princípios e métodos analíticos**. 1. Ed., Curitiba, Appris, 2015. 141p.

BURNS, J. **Extraction of phenolics and changes in antioxidant activity of red wines during vinification**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 49, n. 12, p. 5797-5808, 2001.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. **Embrapa cerrados-documentos (infoteca-e)**, 2010.

DANIELI, F. **O óleo de abacate (Persea americana Mill) como matéria-prima para a indústria alimentícia**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DAIUTO, É. R. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate'Hass '. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 417-424, 2014.

DUARTE F. J. Principais variedades de abacateiros. **Abacate: aspectos técnicos da produção**. São Paulo, **Cultura Acadêmica**, p. 25-36, 2008.

GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1994.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**, 4.ed. Brasília: ANVISA, 2005.

JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A.; HERNÁNDEZ-BRENES, C. Stability of avocado paste carotenoids as affected by high hydrostatic pressure processing and storage. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 16, p. 121-128, 2012.

KOLLER, O. C. **Introdução. Abaticultura**. 2ª ed. Porto Alegre, R.S.: Editora da Universidade. cap. 1, p. 7-8.1992.

KOLLER, O. C.; FRANCISCONI, A. H.; BELOTTO, FA Época de plantio e proteção solar do abacateiro em instalação de pomar. In: **CONGRESSO MUNDIAL DO AVOCADO**. 1992. p. 311-316.

KUSKOSKI, E. M. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 25, n. 4, p. 726-732, 2005.

LEONARDI, J. G; AZEVEDO, B. Ma. Métodos de conservação de alimentos. **Revista Saúde em Foco**, v. 10, n. 1, p. 51-61, 2018.

MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MOREIRA, T. B. et al. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1093-1098, 2013.

MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarín J. Sci. Technol**, v. 26, n. 2, p. 211-219, 2004.

MONARETTO, T. **Avaliação do potencial antioxidante, extração e quantificação de compostos fenólicos em sucos de uva produzidos no sudoeste do Paraná.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

NAVEH, E. **Defatted avocado pulp reduces body weight and total hepatic fat but increases plasma cholesterol in male rats fed diets with cholesterol.** The Journal of nutrition, v. 132, n. 7, p. 2015-2018, 2002.

OLDONI, T. L. C. **Prospecção e identificação de compostos bioativos de subprodutos agroindustriais.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, C.C.S.; OLIVEIRA, G. S. N.; SOUSA, R. M. D; PINELI, L. L. O. **Avaliação das características sensoriais de polpa de abacate.** In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, II.; 2003. Piracicaba. Resumos...São Paulo: USP, 2003.

PEREIRA, M. T. L. et al. **Desidratação osmótica e secagem convectiva da casca do melão (Cucumis melo L.):** modelagem matemática e caracterização físico-química das farinhas obtidas. 2021.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, p. 755-760, 2006.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A. S.; YANG, M.; RICEEVANS, C. **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.** Free Radical Biology & Medicine, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

RIBEIRO, A. B. Antioxidant capacity, total phenolic content, fatty acids and correlation by principal component analysis of exotic and native fruits from Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 5, p. 797-804, 2013.

RUFINO, M. D. S. M. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS<sup>o+</sup>. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.

SALGADO, M. Efeito do abacate (Persea americana Mill) variedade hass na lipidemia de ratos hipercolesterolêmicos. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, 2008.

SÁNCHEZ-MORENO, C. Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. **Food science and technology international**, v. 8, n. 3, p. 121-137, 2002.

SANTOS, L. Í. C. et al. Influência do método de extração sobre o conteúdo de polifenóis e capacidade antioxidante envolvendo transferência de elétrons do alecrim. In: **Congresso Internacional de Atividade Física, Nutrição e Saúde**. 2017.

SIES, H; STAHL, W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American journal of clinical nutrition**, v. 62, n. 6, p. 1315S-1321S, 1995.

STEFANELLO, R. F. et al. **Produção de panetone utilizando bactérias ácido lácticas e leveduras isoladas de fermento natural liofilizado**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

TANGO, J. S; CARVALHO, C. R. L; SOARES, N. B. Caracterização física e química de frutos de abacate específica a seu potencial para extração de óleo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 17-23, 2004.

VEDANA, M. I. S. et al. Efeito do processamento na atividade antioxidante de uva. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 19, n. 2, p. 159-165, 2009.

VIEITES, R. L.; DAIUTO, É. R.; FUMES, J. G. F. Capacidade antioxidante e qualidade pós-colheita de abacate 'Fuerte'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 336-348, 2012.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, p. 50-58, 2012.

WHILEY, A. W.; SCHAFFER, B.; WOLSTENHOLME, B. N. Avocado. **Handbook of environmental physiology of fruit crops**, v. 2, p. 3-35, 1994.