

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JÉSSICA MAYARA DE LIMA

SECAGEM DA POLPA DE MACAÚBA PARA OBTENÇÃO DO β -CAROTENO

PATOS DE MINAS

2017

JÉSSICA MAYARA DE LIMA

SECAGEM DA POLPA DE MACAÚBA PARA OBTENÇÃO DO β -CAROTENO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Uberlândia - *Campus* de Patos de Minas como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Milla Gabriela dos Santos

PATOS DE MINAS
2017

SECAGEM DA POLPA CONCENTRADA DE MACAÚBA PARA OBTENÇÃO DO
 β -CAROTENO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
para obtenção do título de Bacharel no curso de
Engenharia de Alimentos da Universidade
Federal de Uberlândia - *Campus* de Patos de
Minas (MG) pela banca examinadora formada
por:

Patos de Minas, 01 de Agosto de 2017.

MG Santos

Prof^ª. Dr^ª. Milla Gabriela dos Santos, UFU/MG

Marta Fernanda Zotarelli

Prof^ª. Dr^ª. Marta Fernanda Zotarelli, UFU/MG

Teixeira

Prof^ª. Dr^ª. Terezinha Aparecida Teixeira, UFU/MG

Dedico esse trabalho aos meus pais Juvenal (*in memoriam*) e Rita, com toda minha gratidão, por tudo que fizeram por mim. Desejo poder ter sido merecedora da luta diária por vocês, especialmente quanto à minha graduação.

Agradecimentos

Meu agradecimento primeiramente é a Deus por ser meu guia e iluminar o meu caminho. Minha vida tem sido marcada por realizações diárias que a graça de Deus se faz presente em todos os momentos da minha vida. Só peço a Ele para me dar sabedoria e força para conquistar muito mais, pois hoje vivo o que sempre sonhei e tudo que eu conquistei foi Deus que me proporcionou junto com meu esforço.

Meu pai (*in memoriam*) e mãe, Juvenal e Rita, pelo amor e confiança, essa vitória é nossa! Sobretudo minha mãe por ser meu ouvido, meu conforto e estar ao meu lado em todos os momentos. Mãe, obrigada pelas orações e conselhos diários que sempre me fortaleceu a seguir. A sua batalha, fé e humildade foi o combustível para eu não desistir dos meus sonhos. Ao meu pai que me fortalece diariamente, sou imensamente grata por tudo que fez a mim e ao meus irmãos. Obrigado pelo ensinamentos e valores passados. Saudades eternas!

Ao meus irmãos, Hugo e Nelson, pelo apoio e incentivo dessa caminhada. A Angélica, Antônio, Maria, Ana Laura e João Lucas pela família do coração que Deus me presenteou, obrigado por todo apoio e mesmo com tantas dificuldades me auxiliaram para que eu concluísse essa etapa da minha vida.

Agradeço a minhas amigas de Promissão, Ananda e Jéssica, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas. Vocês acompanharam a minha trajetória desde o ensino fundamental, sempre me apoiaram nas minhas decisões e torceram nas minhas conquistas, mesmo que distantes.

Também não poderia deixar de agradecer aos meus amigos e companheiros de faculdade que durante todos esses anos foram capazes de compreender as diferenças, as alegrias, tristezas, decepções pós-provas e comemorações tão marcantes em Patos, aniversários surpresas e festas da faculdade, Eduardo, Lúcio, Maraiza, Paulo, Roberto, Sara e Tatiane. Vocês construíram comigo um sonho que hoje se torna realidade.

Em especial a Tati, que desde o primeiro dia de aula em que nos conhecemos não desgradamos mais, compartilhamos momentos bons e ruins, mas sempre uma dando suporte a outra. A Sara que chegou logo depois, mas que tenho um carinho e admiração muito grande. Assim, formamos as “trigêmeas” e sou imensamente grata a amizade de vocês, cada uma de um jeito diferente mas quando estamos juntas nos completamos. Noites mal dormidas

estudando, inúmeros seminários e projetos, muitos desafios, descobertas, decepções e experiências que só nós três sabemos como foi árdua esta caminhada, mas que chegamos vitoriosas juntas.

Agradeço a Anielle, pela amizade e pela parceira de apartamento, muito obrigada por todos os conselhos e trocas de experiências que me fizeram crescer e amadurecer. Agradeço ao meu namorado Matheus, pelo companherismo e apoio em todos os momentos da minha graduação que foi fundamental para que eu concluísse mais uma etapa. Obrigada pela paciência e por conseguir transmitir paz nos momentos difíceis. Eu te amo!

Agradeço imensamente a minha “Família Feliz” por ter se tornado minha família em Patos. E sempre que eu sentia saudade de casa, era eles que me alegravam e que planejavam as gordices de finais de semana. Levarei vocês comigo para sempre.

Agradeço a minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Milla Gabriela dos Santos pela dedicação, amizade, orientação, por acreditar no meu potencial e me iniciar no mundo científico. Obrigada pelos constantes conselhos e esclarecimentos.

Quero agradecer a Professora Carmen e todos do laboratório de Produtos Funcionais (LAPROF) da FZEA, USP, por disponibilizar o laboratório e para a realização desta pesquisa. Marluci e Augusto, obrigado pelo apoio e acolhimento desde o dia que cheguei no LAPROF, tenho muita saudade de vocês. Marcelo obrigado por todo o ensinamento no laboratório, não existe técnico mais fantástico como você. Foi uma experiência incrível conviver com todos vocês em Pirassununga.

A todos os professores e técnicos do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia, em especial ao Professor Dr. Danylo de Oliveira e aos petianos do Programa de Educação Tutorial (PET), eu posso dizer que a minha formação profissional, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem todo o ensinamento e conselhos de todo o grupo.

RESUMO

A macaúba, *Acrocomia aculeata*, é uma palmeira com ampla distribuição geográfica. A polpa do fruto é composta de celulose, substâncias amiláceas, sais inorgânicos, proteínas e carotenoides. Dentre os carotenoides, destaca-se o β -caroteno, um dos precursores da vitamina A. Diante disso, o objetivo do trabalho foi secar a polpa da macaúba, utilizando o processo de secagem por *spray drying* e liofilização, e quantificar o β -caroteno presente no pó obtido. No processo de secagem por *spray drying* utilizou-se temperatura de 120°C e 15% de maltodextrina como agente carreador. Os pós foram caracterizados com relação à atividade de água, umidade e higroscopicidade. O β -caroteno foi quantificado de acordo com Rodriguez-Amaya (2001) adaptado. Os pós obtidos apresentaram baixos valores de atividade de água, umidade e higroscopicidade, o que aumenta a estabilidade dos mesmos. Com relação a quantificação do β -caroteno, os pós obtidos por liofilização apresentaram uma concentração de 144,48 $\mu\text{g/g}$, enquanto os pós obtidos por *spray drying* apresentaram uma concentração de 81,92 $\mu\text{g/g}$. Portanto, os pós obtidos no presente trabalho apresentaram boas características físicas, além de uma alta concentração de β -caroteno, o que permite que sejam amplamente utilizados pela indústria de alimentos para aplicação em outros produtos.

Palavras-chave: Carotenoides. Atomização. Secagem. Caracterização dos pós. Polpa de macaúba. β -caroteno. *Spray dryer*. Liofilização.

ABSTRACT

The macaúba, *Acrocomia aculeata*, is a palm tree with a wide geographic distribution. The fruit pulp is composed of cellulose, amylaceous substances, inorganic salts, proteins and carotenoids. Among the carotenoids, β -carotene, one of the precursors of vitamin A, is highlighted. The aim of this work was to dry the macaúba pulp using the spray drying and freeze-drying process and to quantify β -carotene present in the powder obtained. In the drying process by spray drying 120 °C and 15% maltodextrin was used as the carrier agent. The powders were characterized in relation to water activity, humidity and hygroscopicity. β -carotene was quantified according to Rodriguez-Amaya (2001) adapted. The obtained powders presented low values of water activity, humidity and hygroscopicity, which increases their stability. With respect to the quantification of β -carotene, the powders obtained by freeze-drying presented a concentration of 144,48 $\mu\text{g/g}$, while the powders obtained by spray drying had a concentration of 81,92 $\mu\text{g/g}$. Therefore, the powders obtained in the present work presented good physical characteristics, in addition to a high concentration of β -carotene, which allows them to be widely used by the food industry for application in other products.

Keywords: Carotenoids. Atomization. Drying. Characterization of the powders. Macaúba pulp. β -carotene. Spray dryer. Freeze-drying

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – A palmeira de Macaúba <i>Acrocomia Aculeata</i>	16
Figura 2 – O fruto da macaúba	17
Figura 3 – Estrutura química do β -caroteno.	19
Figura 4 – Concentração da polpa de macaúba.	22
Figura 5 – <i>Spray dryer</i> utilizado no experimento.....	22
Figura 6 – Amostras nas bandejas do liofilizador.	23
Figura 7 – Liofilizador utilizado no experimento.....	24
Figura 8 – Tubos Falcon com os pós liofilizados.....	24
Figura 9 – Medidor de atividade água.	26
Figura 10 – Amostras mantida ao abrigo de luminosidade.	27
Figura 11 – Amostras com o solvente para quantificação do β -caroteno.....	27
Figura 12 – Pós da polpa da macaúba obtido no <i>spray drying</i>	29
Figura 13 – Pós da polpa da macaúba obtida na liofilização.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição centesimal da polpa de macaúba expressa em g por 100 gramas da amostra úmida.	18
Tabela 2 - Umidade da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes	30
Tabela 3 – Higroscopicidade da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.....	31
Tabela 4 – Atividade de água da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.....	32
Tabela 5 – Quantificação do β -caroteno da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1	Secagem.....	13
3.1.1	<i>Spray drying</i>	14
3.1.2	Liofilização.....	15
3.2	Macaúba	15
3.3	Carotenoides e β-caroteno	18
4	METODOLOGIA.....	21
4.1	Preparação da matéria-prima.....	21
4.2	Concentração da polpa	21
4.3	Secagem da polpa concentrada.....	22
4.3.1	<i>Spray drying</i>	22
4.3.2	Liofilização.....	23
4.4	Análises dos produtos em pó.....	25
4.4.1	Umidade.....	25
4.4.2	Higroscopicidade.....	25
4.4.3	Atividade de água.....	25
4.4.4	Quantificação do β-caroteno	26
4.4.5	Análise estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	Secagem dos pós	29
5.2	Umidade.....	29
5.3	Higroscopicidade.....	31
5.4	Atividade água.....	32
5.5	Quantificação do β-caroteno	33
6	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 INTRODUÇÃO

A macaúba, *Acrocomia aculeata*, é uma palmeira com ampla distribuição geográfica, que se estende do México à Argentina. No entanto, a região com maior abundância é nas Antilhas, Costa Rica, Paraguai e Brasil (OLIVEIRA, 2014). A macaúba é encontrada em quase todo o território brasileiro, mas com maior incidência nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e São Paulo (CETEC, 1983).

Há relatos da utilização da macaúba, pelo homem desde a pré-história (em torno de 9.000 anos a.C.) (MORCOTE-RIOS; BERNAL, 2001). A macaúba é composta por casca, polpa, endocarpo (parte que envolve a semente) e amêndoa.

Atualmente, o coco da macaúba é amplamente utilizado para obtenção do óleo. Já a polpa do fruto, apesar de representar de 30 a 40%, normalmente não é aproveitada. A polpa é composta de celulose, substâncias amiláceas, sais inorgânicos, mucilagem, proteínas e carotenos. Dentre estes carotenos, destaca-se o β -caroteno.

O β -caroteno é um pigmento natural e o mais abundante do grupo dos carotenoides presentes nos alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). Pode atuar como corante e/ou suplemento nutricional em uma diversidade grande de produtos, como alimentos e fármacos. Além de serem considerados excelentes antioxidantes (CAMPBELL, 2000).

2 OBJETIVOS

Objetivo geral:

- Secagem da polpa da macaúba utilizando o processo de *spray drying* e liofilização.

Objetivos específicos:

- Caracterizar os pós obtidos;
- Quantificar o β -caroteno nos pós obtidos;
- Comparar os métodos de secagem utilizados para obtenção dos pós.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Secagem

O processo de secagem pode ser dividido em dois métodos principais, a secagem natural e a artificial. Na secagem natural, pode ser aplicada em regiões com temperatura média de 35 a 40 °C, que apresente boa taxa de radiação solar e baixa umidade relativa do ar, pois o alimento é exposto a condições ambientes e a luz solar, fazendo com que o produto perca água para o ambiente. No entanto, é um método mais empregado para secagem de grãos, como café e milho. Portanto, a secagem natural é um processo de baixo custo, pois não utiliza energia elétrica no processo. Em contrapartida, ocorre baixas taxas de secagem, depende das condições climáticas, o que dificulta o controle do processo, necessita de grandes áreas de exposição e cuidados contra a contaminação microbiana e ataques de insetos (CELESTINO, 2010).

A secagem natural também se diferencia pela coloração, em que os alimentos secos de forma natural apresentam uma coloração mais intensa que os desidratados de forma artificial. No entanto, ocorrem maiores perdas nutricionais do que na desidratação sob condições controladas. Já a secagem artificial, tem um controle melhor das condições de processo, como temperatura, umidade relativa, velocidade do ar de secagem, exige menor área de secagem e há um melhor controle sobre as condições higiênico sanitárias do produto (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

A secagem de forma artificial utiliza equipamentos e o processo de desidratação ocorre por um dado período de tempo. Na maioria dos processos de secagem artificial, o ar quente é aplicado com uma velocidade de 0,5m/s a 3m/s e a baixa umidade é utilizada para transferência de calor por convecção para o alimento (VIGANÓ, 2012). A redução da umidade relativa do ar provoca uma secagem mais eficiente do que um aumento de temperatura para uma mesma umidade relativa do ar (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008). Mas é comum, aumentar a temperatura de secagem, pois os secadores comerciais possuem termostato e a retirada de umidade do ar é uma outra alternativa, porém, é um processo que necessita de desumidificadores de ar, o que dificultaria o procedimento (CELESTINO, 2010).

Os métodos de secagem podem atuar na conservação de alimentos como frutas, leite e sucos. Nesse processo são envolvidas transferências simultâneas de calor e massa, sendo a transferência de calor fundamental para que a umidade presente no interior do material se evapore e a água presente no interior do material seja transportada para a superfície (VIGANÓ, 2012).

A secagem pode ser definida como a aplicação de calor sob condições controladas, umidade relativa e temperatura, para remover grande parte da água presente em um alimento (FELLOWS, 2006). Atualmente, este processo é bastante utilizado e tem o intuito de remover água ou outro líquido presente no alimento sob condições controladas. Então, ocorrerá transferência de calor e massa e eliminará parcialmente a água, consequentemente, a redução da atividade de água, riscos de crescimento microbiano, reações enzimáticas e outras reações de natureza físico-química (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

O processo de secagem apresenta algumas vantagens, sendo estas, aumento da vida útil do produto, facilidade de transporte, e redução de perdas pós-colheita (CELESTINO, 2010).

Atualmente, há diversos métodos de secagem utilizados na indústria de alimentos, como, secagem ao sol, secagem no forno, desidratadoras, câmaras pulverizadoras, liofilização, atomização e desidratação osmótica (FELLOWS, 2006).

3.1.1 *Spray drying*

O *spray drying* é um processo muito utilizado em indústrias de alimentos para a transformação de líquidos em pó. Isto se deve por ser econômico, funcionar de forma contínua e ter custos relativamente baixos (FELLOWS, 2006).

No processo de secagem por *spray drying* tem-se a atomização do produto dentro de uma câmara de secagem submetida a uma corrente controlada de ar quente, que possibilita a evaporação dos solventes. Dessa forma, ocorre a separação rápida dos sólidos solúveis presentes, com a mínima degradação do produto a secar, finalizando o processo com a recuperação do produto em pó (SPRAYPROCESS, 2017). Mesmo utilizando a temperatura do ar elevada, as propriedades nutricionais e sensoriais não sofrem tantas perdas, pois o tempo de secagem é extremamente curto, mantendo a temperatura das partículas baixa. Então, basicamente o processo de secagem utilizando o *spray dryer* contém quatro etapas, sendo estas: atomização do produto, realizada por bicos atomizadores movidos por ar pressurizado; contato do líquido atomizado com uma corrente de ar quente no interior da câmara de secagem; evaporação da água e separação do produto por meio de um ciclone (GAVA; SILVA; FRIAS, 2008).

O uso da secagem por *spray-dryer* é vantajoso, pois causa poucos danos no produto, devido ao curto tempo de contato do alimento com a alta temperatura, baixo custo de processo, a operação é automatizada, e assim, diminui os possíveis erros de controle. No entanto, há desvantagens como alto custo do equipamento e grande perda de compostos voláteis durante o

processo de secagem, pois alimentos que apresenta concentração de açúcar elevada podem ficar retidos na parede da câmara de secagem (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010).

3.1.2 Liofilização

A liofilização ou *freeze drying* é um processo de conservação de produtos, envolvendo os dois métodos importantes da conservação, o congelamento e a desidratação. O processo pode ser explicado em três etapas principais: congelamento, sublimação e dessorção. A primeira etapa inicia com o congelamento, é neste momento que garante a eficiência da liofilização, pois ocorre o formato, tamanho e distribuição do poro, e consequentemente, influenciando os parâmetros de transferência de massa e de calor no produto seco. Em seguida, ocorre a etapa de sublimação em que o solvente congelado é removido, isto requer que a pressão do sistema no liofilizador seja menor, ou próximo, à pressão de vapor de equilíbrio do solvente congelado. Por fim, ocorre a dessorção, na qual é retirada água que está ligada à estrutura do material. Ocorre com velocidade menor que a sublimação, já que a concentração de umidade é menor e a água não está livre (LIAPIS; PIKAL; BRUTINI, 1996; LUCCAS, 1998).

O resultado final é um produto com uma estrutura porosa livre de umidade e capaz de ser reconstituído pela simples adição de água. Desta forma, os produtos liofilizados não sofrem alterações de tamanho, textura, cor, sabor, aroma e teor de vitaminas devido à baixa temperatura e ausência de ar atmosférico (LIOTOP, 2017).

Os produtos de alto valor agregado geralmente são liofilizados, por possuir textura delicada e que apresentam sensibilidade ao uso do calor, por exemplo, café, ervas, sucos de frutas e legumes (GAVA, 1984, 2008). Para maior preservação do alimento, o congelamento deve ser de forma rápida para que se formem pequenos cristais de gelo, que não danifiquem a membrana celular do alimento. O congelamento lento conduz a formação de grandes cristais que podem romper a membrana celular, ocorrendo a perda de líquido citoplasmático, que provoca o encolhimento do produto (NETO, 2008).

3.2 Macaúba

A macaúba apresenta o nome científico *Acrocomia aculeata*. É uma palmeira que alcança até 25 metros de altura e possui espinhos longos e pontiagudos, a Figura 1 mostra a palmeira da macaúba. Ela pode ser encontrada em quase todo o Brasil e por isso é também

conhecida por outros nomes, como macaúba, mucajá, mocujá, mocajá, macaíba, macaiúva, bacaiúva, bocaiúva, umbocaiúva, imbocaiá, coco-de-catarro ou coco-de-espinho (CERRATINGA, 2017).

Figura 1 – A palmeira de Macaúba *Acrocomia Aculeata*.



Fonte: A autora.

A frutificação ocorre durante todo o ano e os frutos amadurecem, geralmente, nos períodos de setembro a janeiro (LORENZI; NEGRELLE, 2006). A palmeira é arborescente e se adapta facilmente ao clima e a diversos tipos de solo. É uma planta perene que dura até cem anos e necessita de pouca água para sua sobrevivência (AGEITEC, 2017). O fruto é a parte mais importante da planta, cuja polpa é consumida in natura ou usada para extração de gordura comestível e a amêndoa fornece óleo claro (BHERING, 2017).

Os frutos são esféricos com diâmetro variando de 2,5 a 3,5 cm, o epicarpo rompe-se facilmente quando maduro, como está apresentado a Figura 2. O mesocarpo é comestível, fibroso, de sabor adocicado e de coloração amarelo. O endocarpo é fortemente aderido ao mesocarpo (polpa). Os frutos contêm uma semente envolvida por endocarpo duro (LORENZI; NEGRELLE, 2006).

Figura 2 – O fruto da macaúba



Fonte: A autora.

A macaúba raramente é encontrada em supermercados. A palmeira é encontrada em campos e os cachos são difíceis de ser retirado devido a altura da palmeira, dificultando o acesso a população. A macaúba quando consumida na forma in natura, suas características sensoriais geralmente não agradam, devido ao seu odor ser forte e seu aspecto ser viscoso, porém quando introduzidas em um alimento, tais características são melhoradas, fazendo com que suas qualidades nutricionais possam ser valorizadas (LORENZI; NEGRELLE, 2006).

A polpa de macaúba tem um altíssimo valor nutricional, com alta quantidade de proteína, rica em vitamina A que é boa para visão, possui ainda um alto valor energético. A coleta e o beneficiamento da polpa são feitos manualmente, observando-se as normas sanitárias. A polpa pode ser consumida como fruta ou adicionada na goma de mascar, doces, sorvete, geléias e farinha (CERRATINGA, 2017).

A polpa contém cerca de 45% da composição do fruto (RAMOS et al., 2008) e apresenta a cor amarelo-alaranjado, rico em compostos bioativos e contém em sua composição ácidos graxos, altos níveis de ácido oleico e ácidos palmíticos, β -caroteno e α -tocoferol, o que confere ao seu extrato ação antioxidante, anti-inflamatória e quimiopreventiva, sendo fundamental na manutenção da saúde (HIANE et al., 2006; RAMOS et al., 2008)

A polpa da macaúba destaca-se por ser rica em lipídios totais, carboidratos e fibras, sendo seus principais constituintes, água, carboidratos e vitaminas, como pode ser observado na Tabela 1, que apresenta os valores referentes à composição centesimal da macaúba *Acrocomia aculeata*.

Tabela 1- Composição centesimal da polpa de macaúba expressa em g por 100 gramas da amostra úmida.

Componentes (% m/m)	Média ± DP*
Umidade	52,99 ± 2,88
Resíduo mineral fixo	1,51 ± 0,06
Lipídeos totais	8,14 ± 1,45
Proteínas	1,50 ± 0,04
Glicose	9,47 ± 2,48
Sacarose	0,07 ± 0,17
Amido	12,56 ± 0,48
Fibra por diferença	13,76 ± 4,07
Valor calórico total (kcal/100g)	167,67 ± 2,56

*Valores médios de 3 ± desvio padrão.

Fonte: Ramos (2008).

3.3 Carotenoides e β -caroteno

Os carotenóides são pigmentos naturais sintetizados por plantas e microorganismos. Estão presentes como micronutrientes nas frutas e vegetais e são responsáveis pelas suas colorações (QUEK; CHOK; SWEDLUND, 2007).

Existem mais de 600 carotenóides na natureza, destes, aproximadamente 20 estão presentes em tecidos e no plasma humano, dos quais apenas 6 em quantidades significativas: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina. A presença de β -caroteno e α -caroteno são responsáveis pelas cores amarela-laranja, α -criptoxantina pelo laranja, a luteína pelo verde-escuro e o licopeno pelo vermelho (HORNERO-MÉNDEZ; MÍNGUEZ-MOSQUERA, 2007). O metabolismo humano não é capaz de produzir estas substâncias e por isso a necessidade de ingeri-las para obtê-las, pois muitas delas se convertem em vitamina A no organismo (PACKER et al., 1999).

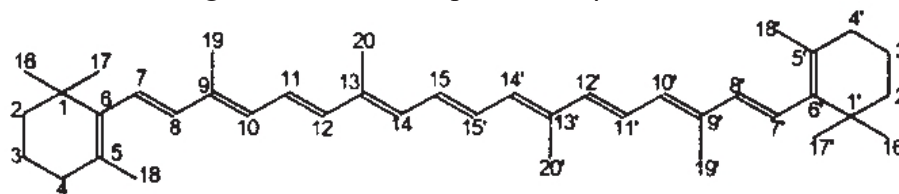
Os carotenoides também podem ser utilizados como corantes, com o objetivo de repor a cor perdida durante o processamento e armazenamento, colorir os alimentos incolores e uniformizar a coloração de alguns produtos alimentícios (VALDUGA et al., 2008).

Segundo Gross (1991) os carotenóides são solúveis em lipídios e solventes orgânicos como a acetona, álcool, éter etílico, éter de petróleo, hexano e clorofórmio. Os carotenos apresentam melhor solubilidade em solventes mais apolares.

O β -caroteno é um carotenoide que faz parte do grupo de vitaminas lipossolúveis. É essencial para o ser humano e é encontrado nos alimentos de origem vegetal como pró-vitamina A, ou seja, β -caroteno é transformado no intestino delgado e no fígado em vitamina A (PENTEADO, 2003).

A molécula de vitamina A é a metade da molécula de β -caroteno, com uma molécula de água no final da cadeia poliênica. Mas, para exibir atividade como pró vitamina A, a molécula do carotenóide precisa de no mínimo um anel β insubstituível, como ilustrado na Figura 3 (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001). O β -caroteno apresenta de 10 a 30 átomos de carbono e é o caroteno mais abundante nos alimentos e o mais interessante economicamente, pois apresenta maior atividade vitamínica (AMBROSIO; CAMPOS; FARO, 2006).

Figura 3 – Estrutura química do β -caroteno.



Fonte: Rodriguez-amaya adaptado (2001).

O β -caroteno age contra doenças cardiovasculares, exerce funções importantes na visão, no desenvolvimento e na reprodução, sendo essencial para função imunológica e regulatória. As respostas imunitárias e celulares são afetadas pela deficiência de vitamina A no organismo (FILHO, 2006; CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007). O β -caroteno atua como antioxidante (PALOZZA, 2006). Dessa forma, alguns frutos, como a macaúba, são agentes antioxidantes (RAMALHO; JORGE, 2006; CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Os antioxidantes podem inibir os efeitos acarretados pelo excesso de radicais livres (MORAIS et al., 2009). Os radicais livres são moléculas com elétrons não pareados, formados pela resposta imunológica ou por exposição a agentes oxidativos, por exemplo, a radiação. Como forma de proteção aos radicais livres formados pela radiação UV que são emitidos pelo sol, às plantas, frutas e vegetais passaram a apresentar substâncias antioxidantes, devido aos seus processos evolutivos, algumas dessas substâncias naturais são conhecidas por carotenóides (SCOTTI et al., 2007).

Quando produzido em excesso pode ocasionar problemas patológicos como envelhecimento precoce, doenças cardíacas, entre outros. Isto se deve aos danos que eles causam as biomoléculas (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007)

A ação como antioxidante é devido às suas ligações duplas conjugadas, que estão suscetíveis à oxidação devido a ação da luz ou oxigênio.

4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no laboratório de Produtos Funcionais (LAPROF) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos- FZEA, da Universidade de São Paulo – USP, no Laboratório de Análise de Alimentos e de Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, *Campus* Patos de Minas. Os frutos da macaúba foram coletados no município de Promissão, Estado de São Paulo, Brasil, no mês de janeiro de 2017.

4.1 Preparação da matéria-prima

Os frutos foram devidamente higienizados e selecionados manualmente, distinguindo os sadios dos não sadios. Em seguida, os frutos foram descascados e despulpados manualmente com o uso de faca de material inoxidável. A polpa foi acondicionada em embalagens plásticas e conservada sob refrigeração (4-7°C).

4.2 Concentração da polpa

O processo de concentração da polpa foi realizado conforme procedimento descrito por Rodriguez-Amaya (2001) adaptado e ilustrado na Figura 4. A polpa obtida foi pesada (650 g) e diluída em 3250 mL de etanol 70% Figura 4(a). Essa solução foi colocada em um agitador mecânico (Modelo 713, Fisatom, São Paulo, SP, Brasil) com uma rotação de 800 rpm por quatro horas Figura 4(b). O recipiente foi envolvido com papel alumínio para evitar o contato com a luz. Em seguida, a solução foi filtrada utilizando tecido próprio para filtragem Figura 4(c). Após, o filtrado foi transferido para o evaporador rotativo (Modelo TE-211, Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) para concentração Figura 4(d). Após evaporação completa do etanol (aproximadamente 5 horas), a solução foi armazenada em frascos e congelada em temperatura de -20°C.



Fonte: A autora.

4.3 Secagem da polpa concentrada

4.3.1 *Spray drying*

Foi utilizado um *spray dryer* (Modelo Mini *Spray Dryer* 1.0, LABMAQ, Ribeirão Preto, SP, Brasil) do Laboratório de Fenômenos de Transporte e Operações Unitárias da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Patos de Minas (Figura 5).

Figura 5 – *Spray dryer* utilizado no experimento.



Fonte: A autora.

As condições operacionais de secagem foram: bico injetor de 1 mm de diâmetro, velocidade do ar de secagem $1,65 \text{ m}^3/\text{min}$, vazão de ar de 40 L/min, vazão de alimentação da solução de 0,56L/h e temperatura de entrada no *spray dryer* de $120 \text{ }^\circ\text{C}$.

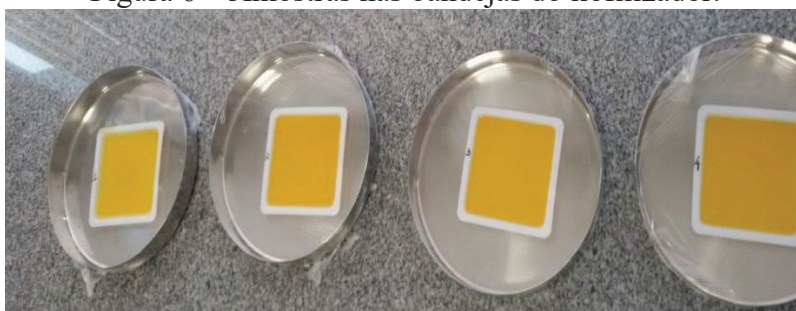
A polpa foi descongelada (4-5°C) por 18 horas e homogeneizada com maltodextrina (15%) por 5 minutos em homogeneizador Ultra Turrax (Modelo IKA, T25, Alemanha) até a sua completa dissolução.

Durante a secagem a mistura foi constantemente agitada em agitador magnético (Modelo IKA C-MAG HS-7) para garantir completa dissolução. O pó foi retirado pela parte inferior do equipamento, transferido para tubos falcon cobertos com papel alumínio e armazenados sob congelamento (Figura 8).

4.3.2 Liofilização

Para o processo de liofilização, as amostras foram congeladas na bandeja de plástico e após colocadas na bandeja de aço inoxidável do equipamento, foi coberta com papel filme e identificada, como ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Amostras nas bandejas do liofilizador.



Fonte: A autora.

No dia anterior da secagem, a amostra foi previamente congelada no ultrafreezer a 40°C e mantida por 24 horas. Logo após, a amostra foi levada ao liofilizador (Modelo L101, Liotop, São Carlos, SP, Brasil), por um período de 24 horas, como mostra a Figura 7.

Figura 7 – Liofilizador utilizado no experimento.



Fonte: A autora.

Os pós obtidos foram transferidos para recipientes próprios (protegidos da luz) e armazenados sob congelamento, como ilustrado na Figura 8.

Figura 8 – Tubos Falcon com os pós liofilizados.



Fonte: A autora.

4.4 Análises dos produtos em pó

4.4.1 Umidade

A determinação do teor da umidade foi realizada de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1995) adaptado. Foram pesados 0,5g de amostra em placa de petri, previamente secos e tarados, e submetidos à secagem em estufa a 105°C durante 12 horas ou até massa constante. Após a retirada da estufa as placas de petri foram resfriadas a temperatura ambiente em dessecador e pesadas em balança analítica. O teor de água foi obtido pela Equação (1):

$$(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

Onde % é a percentagem do teor de água da amostra (%), m_i é a massa inicial da amostra (g) e m_f é a massa final da amostra (g).

4.4.2 Higroscopicidade

Foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai, Corke (2000), com algumas modificações. Foi colocado cerca de 0,3g de cada amostra obtida foram dispostas em placa de petri e posteriormente acondicionados por uma semana em um dessecador, recipiente hermético, contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25°C. Após uma semana, as amostras foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100g).

4.4.3 Atividade de água

Foi determinada em higrômetro digital Aqualab (Modelo 3TE, Decagon Devices Inc, Pullman, EUA), a 25 °C e com leitura direta. As amostras, de aproximadamente 1 g, foram pesadas em balança analítica (Modelo Shimadzu, AUW-320) e colocadas no fundo de uma cápsula, então as amostras foram introduzidas no equipamento para leitura, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Medidor de atividade água.



Fonte: A autora.

4.4.4 Quantificação do β -caroteno

Para quantificar o β -caroteno nos pós obtidos da secagem por atomização e por liofilização, foi utilizado éter de petróleo de acordo com a metodologia de Rodriguez-Amaya (2001) adaptado. Primeiramente foi pesado 1 g de cada pó obtido em tubo de ensaio e foi adicionado 5 ml do solvente éter de petróleo ao tubo na capela. Em seguida, o tubo de ensaio foi agitado por 3 minutos no vórtex para homogeneização da solução. Logo após, o tubo de ensaio foi colocado no aparelho ultrassom (UltraCleaner 1400 Unique) e levado para a centrífuga (Quimis) por cerca de 5 min.

Posteriormente, foi retirado o sobrenadante com o auxílio de uma pipeta e transferido para outro tubo de ensaio. Em seguida, foi realizada a segunda lavagem do sedimento, como descrito acima, para que fosse possível retirar totalmente o carotenóide. Durante toda a análise, a amostra foi mantida ao abrigo da luminosidade, protegendo-se os tubos com papel laminado, como mostra a Figura 10.

Figura 10 – Amostras mantida ao abrigo de luminosidade.



Fonte: A autora.

O sobrenadante obtido foi analisado por meio da absorbância através da varredura do extrato etéreo 450 nm em Espectrofotômetro Visível (EVEN). A quantificação dos carotenoides totais foi realizada em três repetições como ilustrado na Figura 11 e expressa em μg de β -caroteno/g de amostra determinada pela Equação (2), com coeficiente de absortividade referente ao β -caroteno para éter de petróleo, conforme proposto por Rodriguez-Amaya (2001).

Figura 11 – Amostras com o solvente para quantificação do β -caroteno.



Fonte: A autora.

$$\text{Concentração de } \beta - \text{caroteno} = \frac{A \cdot V \cdot 10^6}{(A1\% \cdot m \cdot 100)} \quad (2)$$

Em que, A é a absorbância, V é o volume final em (ml); $A1\%$ é o coeficiente de absorção do β -caroteno em éter de petróleo = 2592 cm^{-1} e m é a massa final da amostra em (g).

4.4.5 Análise estatística

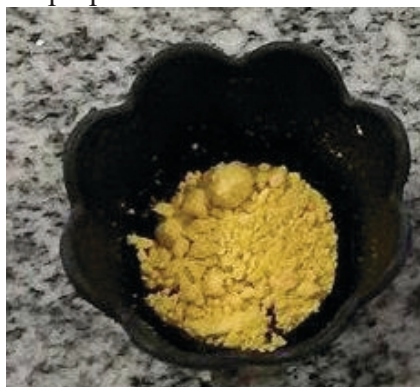
Todas as análises foram feitas em triplicata. Os resultados foram avaliados estatisticamente por meio da Análise de Variância (ANOVA) e do Teste de Tukey no nível de 95% de significância, utilizando o programa Statistica[®] 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, EUA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Secagem dos pós

Os pós obtidos apresentaram coloração amarela e partículas finas, conforme ilustrado nas Figura 12 e Figura 13.

Figura 12 – Pós da polpa da macaúba obtido no *spray drying*.



Fonte: A autora.

Figura 13 – Pós da polpa da macaúba obtida na liofilização.



Fonte: A autora.

5.2 Umidade

A umidade é um fator que influencia a eficiência de remoção da água, pois quando aumenta a temperatura do ar de secagem, ocorre aumento na taxa de transferência de calor, fornecendo maior força motriz para a evaporação de umidade no alimento. Neste trabalho, o teor de umidade variou de 5,97% a 7,87%, como mostrado na Tabela 2. Para os dois métodos

de secagem, o teste de diferença das médias considerando o nível de significância de 95% foi verificado que são estatisticamente diferentes.

Tabela 2 - Umidade da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.

Tratamentos	Umidade (%)
Liofilização	7,87 ± 0,73 ^a
<i>Spray drying</i>	5,97 ± 0,22 ^b

Média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autora.

Normalmente, quanto menor a umidade de um produto alimentício menor será a proliferação microbiológica, conseqüentemente, torna o período de armazenagem muito maior (ARAÚJO,2011). A polpa da macaúba que apresentava uma umidade de 94% passou a ter uma umidade média de 6%, o que aumenta muito a conservação do produto.

Souza (2013) estudou o aproveitamento dos subprodutos de vinificação da uva tinta, variedade Bordô (*Vitis labrusca*) utilizando *spray dryer*. Os valores de umidade apresentados variaram de 2,96 a 4,94 %. Resultado semelhante ao presente trabalho.

Resultados similares foram encontrados por Tonon (2009) pesquisando a influência das condições de secagem sobre o suco em pó de açaí com maltodextrina, obtido por *spray drying* em diferentes temperaturas, foi observado que com aumento da temperatura de 138 para 170°C houve uma redução da umidade do produto de 2,56% para 1,45%. O uso de temperaturas mais altas implica em uma maior diferença de temperaturas entre o produto atomizado e o ar de secagem, acarretando uma maior transferência de calor e, conseqüentemente, uma maior evaporação de água do produto, resultando em umidades mais baixas.

Moreira et al. (2009) secou o extrato do bagaço de acerola utilizando o *spray dryer* e os valores de umidade variaram de 3,09% a 5,43%, resultados similares ao presente trabalho.

Marques (2008) liofilizou frutas tropicais e a umidade para abacaxi e acerola liofilizada variou de 8% a 15% e para a goiaba foi de 10%. Observou-se que no início do processo o sólido possuía uma umidade elevada e necessitava transformar os cristais de gelo em poros para que ocorresse a transferência de massa no interior do alimento. Como a umidade não é ligada a estrutura molecular do produto, a sublimação ocorre facilmente, havendo a liberação do vapor d' água, sendo observado valores parecidos ao deste trabalho.

A umidade dos pós liofilizados foi maior do que os pós obtidos por *spray drying*, uma vez que, o processo de secagem por *spray dryer* utiliza altas temperaturas em um curto tempo de secagem ocasionando maior evaporação de água do produto, resultando em umidades mais baixas. Enquanto, que o método por liofilização utiliza temperaturas baixas e um tempo de secagem bem maior que variará de acordo com a umidade inicial do material.

5.3 Higroscopicidade

A higroscopicidade é a capacidade do produto em absorver a água do ambiente. Os pós obtidos no presente trabalho apresentaram valores de higroscopicidade relativamente baixos, conforme apresentados na Tabela 3. A baixa higroscopicidade favorece a estabilidade no armazenamento e estocagem do alimento.

Os pós obtidos por *spray dring* apresentaram valores significativamente inferiores aos pós obtidos por liofilização.

Tabela 3 – Higroscopicidade da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.

Tratamentos	Higroscopicidade (g/100g)*
Liofilização	10,13 ± 0,81 ^a
<i>Spray drying</i>	5,80 ± 0,71 ^b

Média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância. *(g/100g) = gramas de água absorvida por 100g do pó.

Fonte: A autora.

Tonon (2009) secou açaí e estudou a influência das variáveis de processo, estabilidade e qualidade do produto utilizando o *spray drying*. Houve efeito significativo da temperatura de secagem sobre as propriedades do produto, em que a redução da temperatura levou à obtenção de partículas menos higroscópicas. Além disso, o aumento na concentração de maltodextrina diminuiu a higroscopicidade dos pós, o que corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, onde a utilização de maltodextrina nos pós obtidos por *spray drying* apresentaram uma menor higroscopicidade do que os pós obtidos por liofilização, onde não foi utilizado maltodextrina. Isso pode ser explicado pelo fato da maltodextrina possuir baixa higroscopicidade.

Marques (2008) estudou o processo de liofilização de frutas tropicais (abacaxi, manga, mamão papaya e acerola) e concluiu que os produtos obtidos apresentavam alta porosidade, alta

capacidade de reidratação, além de boa retenção de aroma e baixa higroscopicidade 9,42g/100g, sendo observado resultados parecidos ao deste trabalho.

Resultados similares foram encontrados por Oliveira (2012) que produziu pó liofilizado a partir da polpa de cajá e obteve higroscopicidade média de 12,93g/100g.

5.4 Atividade água

Os valores obtidos na análise de atividade de água da polpa concentrada da macaúba em pó, mostrada na Tabela 4, variaram de 0,28 a 0,38, para os tratamentos. Esta variação inferior a 0,4 pode ser esclarecida, pois a água está fortemente ligada e menos móvel. Com isso, favorece a estabilidade dos pós, pois a atividade de água baixa impede a proliferação de microrganismos e retarda as reações enzimáticas (FENNEMA, 1996).

Assim, não está disponível para atuar como solvente ou meio reativo, então há diminuição na velocidade das reações. O valor da atividade de água elevada influencia a vida útil dos alimentos e afeta a capacidade de processamento, pois terá maior quantidade de água livre disponível para a ocorrência de reações químicas, enzimáticas e microbiológicas. Enquanto, que alimentos com valor de atividade de água inferior a 0,60 são considerados microbiologicamente estáveis, podendo ocorrer deteriorações somente por reações químicas (FELLOWS, 2006).

Tabela 4 – Atividade de água da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.

Tratamentos	Atividade da água
Liofilização	0,28 ± 0,01 ^a
<i>Spray drying</i>	0,38 ± 0,01 ^b

Média ± desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autora.

Para os dois métodos de secagem, o teste de diferença das médias considerando o nível de significância de 95% foi verificado que são estatisticamente diferentes.

Barbosa (2010) avaliou a influência das condições de secagem sobre os parâmetros de qualidade de suco em pó de mistura de polpas de cajá, manga e mamão obtido por *spray drying* e obteve resultados parecidos em relação ao presente trabalho, sendo que no suco em pó de polpas de cajá, manga e mamão o valor médio de atividade de água variou de 0,26 a 0,34.

Fazaeli et al. (2012) avaliou o efeito das condições de secagem por *spray drying* nas propriedades físicas do suco em pó de amora negra (*Morus nigra*), em que a atividade média da água dos pós neste estudo variou de 0,15 a 0,32. Resultado semelhante ao presente trabalho.

Marques (2008) liofilizou frutas tropicais e obteve resultados da atividade de água na acerola liofilizada de 0,30. Observou-se que a atividade de água diminuiu com o tempo de secagem, o que está relacionado com a perda de água durante a liofilização, sendo observado valores parecidos ao deste trabalho.

Oliveira (2012) produziu pó liofilizado a partir da polpa de cajá. A atividade média da água foi de 0,26. Resultados similares ao deste trabalho.

5.5 Quantificação do β -caroteno

Os pós obtidos no presente trabalho apresentaram alta concentração de β -caroteno, conforme descrito na Tabela 5. Os pós obtidos por liofilização apresentaram uma concentração significativamente maior que os pós obtidos por *spray drying*.

Tabela 5 – Quantificação do β -caroteno da polpa concentrada da macaúba em pó por dois métodos de secagem diferentes.

Tratamentos	Quantificação do β -caroteno ($\mu\text{g/g}$)
Liofilização	$144,48 \pm 0,58^a$
<i>Spray drying</i>	$81,92 \pm 1,75^b$

Média $\pm$ desvio padrão. Médias seguidas de letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autora.

Hiane, Penteado (1989) utilizaram metodologia de Rodriguez-Amaya (1999) para quantificar o β -caroteno da polpa da macaúba e encontraram uma concentração de 95,90 $\mu\text{g/g}$, Resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Ramos et al. (2001) utilizaram metodologia de Rodriguez-Amaya (1999) adaptado e encontraram 14,7 mg/g de β -caroteno na polpa do piqui (*Caryocar brasiliense Camb.*) e Hiane et al. (2003) utilizaram metodologia de Rodriguez-Amaya (1999) e obteve 0,5 mg/g de β -caroteno da polpa de caraguatá (*Bromelia balansae Mez.*).

Kalluf (2006) desidratou a polpa de abóbora (*cucurbita moschata*), utilizou a metodologia estabelecida por Carvalho, Collins, Rodriguez-Amaya (1992) e determinou o teor de β -caroteno. O valor obtido para a concentração do β -caroteno foi de 38 $\mu\text{g/g}$. Foi observado

grande perda de β -caroteno durante a desidratação da polpa da abóbora quando comparado com a fruta in natura com 132 $\mu\text{g/g}$. As perdas de β -caroteno, de acordo com Hardy, Parmentier, Fanni (1999) são devido à oxidação do alimento, que ocorre rapidamente a altas temperaturas na presença de oxigênio. A perda de vitamina A em alimentos durante os processos térmicos atingiram 40% em relação ao alimento in natura.

Quek, Chok, Swedlund (2007), avaliou as propriedades físico-químicas dos pós de melância por *spray drying* utilizando a metodologia de Goula e Adamopoulos (2005) adaptado e observou que os pós produzidos a temperaturas mais baixas apresentam uma tendência de aglomeração, devido à sua umidade mais alta. Com isso, a aglomeração diminuiu a exposição dos pós ao oxigênio, protegendo os pigmentos contra a degradação. Dessa forma, os valores para a concentração do β -caroteno para o *spray drying* variou de 23,05 a 31,46 $\mu\text{g/g}$. Observou que a concentração do β -caroteno diminuiu, com o aumento da temperatura do ar de secagem, sendo observado resultados parecidos ao deste trabalho.

6 CONCLUSÃO

Os pós obtidos no presente trabalho, utilizando secagem por *spray dring* e liofilização, apresentaram boas características físicas, como baixa higroscopicidade, baixa atividade de água e baixa umidade, o que garante uma maior durabilidade do produto. Além disso, apresentaram alta concentração de β -caroteno, sendo que essa concentração foi maior nos pós obtidos por liofilização. Assim, os pós obtidos podem ser aplicados em diferentes produtos, tanto na área de alimentos, quanto na área de fármacos, podendo ser utilizados como corantes e/ou para aumentar o valor nutricional dos alimentos.

Para estudos futuros seria interessante avaliar a secagem por atomização variando as condições operacionais, como por exemplo, vazão de alimentação e do ar, a abertura do bico injetor, bem como utilizar outros agentes carreadores em diferentes concentrações. Para a secagem por liofilização poderia ser avaliado maior tempo de secagem para efeito de comparação. Além disso, realizar mais análises de caracterização dos pós obtidos, bem como, rendimento, solubilidade, densidade aparente, cor e determinação da atividade antioxidante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica. **Agroenergia: Macaúba.**

Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe363t6iak.html>. Acessado: 18/01/2017.

AMBROSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v. 19, p. 233-243, 2006.

AOAC international. (1995). **Official methods of analysis of AOAC International (16th ed.)**. Arlington, VA: AOAC International.

ARAÚJO, J. A. **Química de Alimentos**. 5ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 600-620.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por *spray drying***. 107 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2010.

BHERING, L. **Macaúba: matéria-prima nativa com potencial para a produção de biodiesel**. Pesquisador da Embrapa Agroenergia, Brasília – DF. 2017.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* Betacyanin Pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CARVALHO, P.R.N.; COLLINS, C.A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Comparison of Provitamin A Determination by Normal-phase Gravity-flow Column Chromatography and Resersed Phase High Performance Liquid Chromatography. **Chromatographia**, v.33, p.133-37, 1992.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. Artmed Editôra, 3ª Edição, São Paulo, 2000.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina (DF): Embrapa Cerrados, 2010.

CERQUEIRA, F. M., MEDEIROS, M.H.G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes Dietéticos: Controvérsias e Perspectiva. **Revista Brasileira de Química Nova**, v. 30. p. 441- 449, 2007.

CERRATINGA. **Macaúba**. Disponível em: <http://www.cerratinga.org.br/macauaba/>. Acessado: 19/01/2017.

CETEC – CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: estudo das oleaginosas nativas de Minas Gerais**. Belo Horizonte – MG, 1983. v.1. Disponível em: <http://bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/consultaDetalheDocumento.php?iCodDocumento=73657>. Acessado: 03/05/2017.

FAZAEI, M. et al. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and Bioproducts Processing**. v. 90. 2012. p. 667-675.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

FENNEMA, O. R. Water and ice. In: FENNEMA, O.R. (Ed.). **Food Chemistry**. New York, Marcel Dekker, 1996, p.17-94.

FILHO, G. B. **Bogliolo Patologia**. 7ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 332-341, 2006.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1ª ed. São Paulo: Nobel, 1984.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GOULA, A.M.; ADAMOPOULOS, K.G. Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. **Food Science Technology**, 2005, p. 479 - 487.

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: Van Nostrand Reinhold. p.351, 1991.

HARDY, J.; PARMENTIER, M; FANNI, J. Functionality of nutrients and thermal treatments of food. Vandoeuvre, **France: Nutrition Society**, 1999, v.58, p.579 - 585.

HIANE, P. A. et al. Avaliação nutricional da proteína de amêndoas de bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., em ratos wistar em crescimento. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 24.p. 191-206, 2006

HIANE, P. A.; PENTEADO, M. V. C. Carotenóides de valores de vitamina A do fruto e da farinha de bocaiúva (*Acrocomia mokayayba* Barb. Rodr.) do Estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v.25, n. 2, p. 158-168, 1989.

HIANE, P. A. et al. Carotenóides pró-vitamínicos A e composição em ácidos graxos do fruto e da farinha de bacuri (*Scheelea phalerata* Mart.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 206-209, 2003.

HORNERO-MÉNDEZ, D., MÍNGUEZ-MOSQUERA, M. I. Bioaccessibility of carotenes from carrots: Effect of cooking and addition of oil. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. p. 407-412, 2007.

KALUFF, V.H. **Desidratação da polpa de abóbora (*cucurbita moschata*) e seus teores de betacaroteno**. Dissertação (Mestrado de Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Alimentos)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LIAPIS, A. I.; PIKAL, M.J.; BRUTINI, R. Research and development needs and opportunities in freeze drying. **Drying Technology**. p.1265-1300, 1996.

LIOTOP. **Liofilização**. Disponível em: <http://www.liotop.com.br/o-que-e-liofilizacao/>. Acessado: 19/05/2017.

LORENZI, G.M. A. C.; NEGRELLE, R. R. B. ***Acrocomia aculeate (Jacq.) Lodd. Ex. Mart: Aspectos ecológicos, usos e potencialidades***. Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná, 2006.

LUCCAS, P. **Influência do congelamento no processo de liofilização do sangue bovino**. Dissertação de Mestrado, PPG-EQ/UFSCar, São Carlos – SP.p.114, 1998.

MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. 255f. Dissertação (Doutorado em concentração em pesquisa e desenvolvimento de processos químicos). Universidade Federal de São Carlos, 2008.

MORAIS, S. M. et al. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 315-320, 2009

MORCOTE-RIOS, G.; BERNAL, R. Remains of palms (*Palmae*) at archaeological sites in the New World: a review. **The Botanical Review**, New York, v.67, p.309-350, 2001.

MOREIRA, G.E.G. et al. Physical properties of *spray dried* acerola pomace extract as affected by temperature and drying aids. **LWT- Food Science and Technology**, v.42, p.641-645, 2009.

NETO, H. J. L. **Obtenção do tomate seco através do uso de um sistema solar alternativo de baixo custo**. 2008. 42 f. Tese (Mestrado em Engenharia mecânica) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio grande de Norte, Natal

OLIVEIRA, G.S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE,2012.

OLIVEIRA, H.C.B. **Diretrizes e recomendações técnicas para adoção de boas práticas de manejo para o extrativismo do fruto da macaúba/bocaiúva**. Brasília, DF. 2014.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. Secagem por aspersão (*spray-drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 20. p. 641-650. Ago/Set. 2010.

PACKER, L. et al. **Antioxidant food supplements in human health**, Academic Press: Orlando, 1999, p. 183-269.

PALOZZA, P. et al. **Dual role of beta-carotene in combination with cigarette smoke aqueous extract on the formation of mutagenic lipid peroxidation products in lung membranes: dependence on pO₂**. Carcinogenesis. 2006.

PENTEADO, M.V.C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. **The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders**. Chemical Engineering and Processing.p. 386-392, 2007.

RAMALHO, C. V.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Revista Brasileira de Química Nova**,v. 29, p. 755-760, 2006.

RAMOS, M.I.L.et al. **Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.** Ciencia e Tecnologia de Alimentos, 2008.

RAMOS, M. I. L. et al. **Efeito do cozimento convencional sobre os teores de carotenóides pró-vitamínicos A da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense Camb.*)**. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, v. 19, n. 1, p. 23-32, 2001.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: OMNI Research,p. 64, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Departamento de Ciencia de Alimentos, UNICAMP. p. 1-58. 2001.

SCOTTI, L. et al. Modelagem molecular aplicada ao desenvolvimento de moléculas com atividade antioxidante visando ao uso cosmético. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.43, n.2, p.153-166, 2007.

SPRAYPROCESS. **Spray dryer secagem**. Disponível em:
<http://www.sprayprocess.com.br/spray-dryer-secagem>. Acessado: 17/05/2017.

SOUZA, V. B. de. **Aproveitamento dos subprodutos de vinificação da uva Bordô (*Vitis labrusca*) para obtenção de pigmentos com propriedades funcionais**. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

TONON, R.V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas,Campinas, 2009.

VALDUGA, E. et al. **Produção de carotenoides: microrganismos como fonte de pigmentos naturais**. Universidade Regional Integrada. 2008.

VIGANÓ, J. **Propriedades termodinâmicas de adsorção de água e cinética de secagem de subprodutos da industrialização de abacaxi (*Ananás comosus L.*) – Casca e cilindro central**. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São Paulo, 2012.