



**GABRIELA NUNES**

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES (FÍSICAS E *BULK*) E  
COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DE PÓS DE FOLHAS E  
TALOS DE CENOURA OBTIDOS POR DESIDRATAÇÃO EM  
CAMADA DE ESPUMA**

**LAVRAS – MG  
2019**

**GABRIELA NUNES**

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES (FÍSICAS E *BULK*) E COMPOSIÇÃO  
CENTESIMAL DE PÓS DE FOLHAS E TALOS DE CENOURA OBTIDOS POR  
DESIDRATAÇÃO EM CAMADA DE ESPUMA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Renata de Aquino Brito Lima Corrêa

Orientadora

Profa. Dra. Bruna de Souza Nascimento

Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2019**

**GABRIELA NUNES**

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES (FÍSICAS E *BULK*) E COMPOSIÇÃO  
CENTESIMAL DE PÓS DE FOLHAS E TALOS DE CENOURA OBTIDOS POR  
DESIDRATAÇÃO EM CAMADA DE ESPUMA**

**EVALUATION OF PHYSICAL AND BULK PROPERTIES AND CENTESIMAL  
COMPOSITION OF CARROT LEAVES AND STALKS POWDERS OBTAINED BY  
FOAM MAT DRYING**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Química, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 26 de junho de 2019.

Profa. Dra. Renata de Aquino Brito Lima Corrêa – UFLA

Profa. Dra. Suellen Mendonça Nascimento – UFLA

Profa. Dra. Lizzy Ayra de Alcântara Veríssimo – UFLA

Profa. Dra. Bruna de Souza Nascimento – UFLA

---

Profa. Dra. Renata de Aquino Brito Lima Corrêa  
Orientadora

---

Profa. Dra. Bruna de Souza Nascimento  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2019**

*Dedico aos meus pais, Clairton e Holegma.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por iluminar meu caminho durante todas as etapas da minha vida.

Aos meus pais, Clairton e Holegma, pela dedicação, pelo amor e pelo apoio em todos os momentos. E aos meus avós, Antonino, Dirce e Lourdes, pelo carinho e confiança.

Às queridas Caroline e Ana Flávia, pelos longos anos de amizade sincera.

Ao meu namorado, Marcus, pelo amor, incentivo e companheirismo.

À minha orientadora, Renata de Aquino Brito Lima Corrêa, por todo o empenho como profissional e pelas lições que vão além do viés acadêmico.

À minha coorientadora, Bruna de Souza Nascimento, por ter me apresentado este projeto e por estar sempre disposta a me ajudar.

A todos os professores dos Departamentos de Ciência dos Alimentos (DCA), de Engenharia (DEG) e de Química (DQI) que colaboraram com este trabalho. Em especial, a professora Lizzy Ayra de Alcântara Veríssimo, que, desde o início, permitiu que eu utilizasse seu laboratório para a realização dos meus experimentos.

À professora Suellen Mendonça Nascimento, por estar colaborando com outras etapas deste projeto e à professora Isabele Cristina Bicalho, pela ajuda com as análises estatísticas apresentadas no trabalho.

A todos os professores envolvidos na minha formação acadêmica, em especial os professores da Engenharia Química.

Aos técnicos e alunos dos departamentos supracitados que me ajudaram na condução de diversos experimentos deste trabalho.

À UFLA, pelo Programa Institucional Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC), pela infraestrutura e pelas oportunidades.

E aos demais familiares e amigos que de diferentes formas impactaram em minha vida durante esta etapa.

*“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo. Por isso aprendemos sempre.”*

*(Paulo Freire)*

## RESUMO

O desperdício de alimentos é um problema enfrentado em todo o mundo, o qual impacta diretamente na busca pela segurança alimentar, aumentando a demanda por alimentos e a geração de resíduos. A cenoura (*Daucus carota*) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil e da qual, geralmente, aproveita-se apenas a parte nobre, de forma que suas ramas são erroneamente descartadas. Por serem altamente perecíveis, a secagem pode ser empregada com o intuito de reduzir a umidade das ramas de cenoura, prolongando a sua vida útil. A técnica de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) é de simples aplicação, mais econômica que outros métodos e produz materiais com características interessantes. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade de pós de folhas e talos de cenoura desidratados em camada de espuma, por meio da determinação de propriedades físicas dos pós e propriedades *bulk* dos leitos de partículas, bem como comparar a composição centesimal dos produtos secos com a polpa inicialmente produzida com as ramas. Os talos e folhas de cenoura foram adquiridos em feiras locais, higienizados com hipoclorito de sódio e processados em centrífuga para sucos. A polpa obtida permaneceu congelada até o início dos ensaios. Para a preparação da espuma foi utilizada uma batedeira doméstica, adicionando-se 10% de Emustab (m/m) como agente espumante. Os ensaios de secagem foram realizados em estufa de convecção forçada, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, para obtenção do produto seco em forma de pó. A fim de se avaliar a influência da técnica de secagem em camada de espuma sobre a qualidade dos pós de ramas de cenoura, análises de teor de umidade, massa específica da partícula, densidade *bulk*, porosidade *bulk*, cor, higroscopicidade, solubilidade, taxa de reidratação e tempo de reconstituição foram realizadas para os pós desidratados nas diferentes temperaturas. Além disso, realizou-se a caracterização físico-química da polpa de folhas e talos de cenoura e dos pós secos a 50, 60 e 70 °C, pela determinação da composição centesimal. Foram obtidos pós com teores de umidade de acordo com a legislação vigente ( $\leq 12\%$ ), baixa massa específica ( $\leq 0,39 \text{ g.cm}^{-3}$ ), baixa higroscopicidade ( $\leq 2,57\%$ ), solubilidade razoável em água (entre 66,67 e 76,83%), razões de reidratação comparáveis a valores da literatura (entre 3,30 e 3,77) e com tempos de reconstituição em água variando de 330 a 480 s. Os pós obtidos se mostraram mais claros e com coloração verde menos intensa do que o obtido para a polpa. O aumento da temperatura do ar de secagem aumentou os valores de densidade *bulk* e levou a uma diminuição da porosidade *bulk*. Os índices de Hausner indicam que os pós secos a 60 e 70 °C têm escoamento médio e o pó seco a 50 °C é coesivo. Já a análise centesimal mostrou que a técnica de secagem em camada de espuma provocou mudanças na composição dos pós em comparação com a polpa. A polpa apresentou alto teor de umidade e baixo teor de fibra bruta em relação a estudos feitos por outros autores com folhas e talos *in natura*. Entretanto, os demais teores analisados – extrato etéreo, proteína bruta, cinzas e fração glicídica – são comparáveis a dados da literatura, inclusive, os teores de proteína bruta e cinzas são maiores do que valores descritos para a parte nobre da cenoura. A respeito dos pós, não houve grande influência da temperatura de secagem na composição, considerando o intervalo de temperaturas estudado. Em comparação com a polpa, foi notado aumento do teor de extrato etéreo, redução do teor de proteína bruta e pequenas alterações nos teores de fibra bruta, fração glicídica e cinzas.

**Palavras-chave:** *Foam mat drying*. Subprodutos alimentícios. *Daucus carota*.

## ABSTRACT

Food waste is a worldwide problem, which has a direct impact on the pursuit for food security, increasing the demand for food and the generation of waste. The carrot (*Daucus carota*) is one of the most cultivated vegetables in Brazil and from which, generally, only the noble part is used, so that its branches are erroneously discarded. Because they are highly perishable, drying can be employed to reduce the moisture in the carrot branches, extending the shelf life. The foam mat drying technique is simple to apply, more economical than other methods and produces materials with interesting characteristics. Thus, the objective of this work is to evaluate the quality of carrot leaves and stalks powders obtained by foam mat drying, by determining the physical properties of the powders and bulk properties of the particle beds, as well as to compare the centesimal composition of the dried products with the pulp initially produced with the branches. The carrot leaves and stalks were purchased at local fairs, sanitized with sodium hypochlorite and processed in a juice centrifuge. The pulp obtained remained frozen until the beginning of the tests. To prepare the foam, a domestic mixer was used, adding 10% Emustab (m/m) as a foaming agent. The drying tests were carried out in a forced convection oven, at temperatures of 50, 60 and 70 °C, to obtain the dried product in powder form. In order to evaluate the influence of the foam mat drying technique on the quality of the carrot branches powders, analysis of moisture content, particle density, bulk density, bulk porosity, color, hygroscopicity, solubility, rehydration rate and reconstitution time were performed for the powders dehydrated at different temperatures. In addition, the physicochemical characterization of the carrot leaves and stalks pulp and the powders dried at 50, 60 and 70 °C was carried out by determining the centesimal composition. The powders produced had moisture content according to the current legislation ( $\leq 12\%$ ), low particle density ( $\leq 0.39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ), low hygroscopicity ( $\leq 2.57\%$ ), reasonable solubility in water (between 66.67 and 76, 83%), rehydration ratios comparable to those in the literature (between 3.30 and 3.77) and had times of reconstitution in water varying from 330 to 480 s. The powders obtained were lighter and had a green color less intense than that obtained for the pulp. The increase of drying air temperature increased the values of bulk density and led to a decrease in bulk porosity. The Hausner ratios indicate that the powders dried at 60 and 70 °C have transitional flow properties and the powder dried at 50 °C is cohesive. The centesimal analysis showed that the foam layer drying technique caused changes in the composition of the powders compared to the pulp. The pulp presented high moisture content and low crude fiber content when compared to studies done by other authors about leaves and stalks *in natura*. However, the other analyzed fractions – ethereal extract, crude protein, ashes and glucose fraction – are comparable to data in the literature. In addition, crude protein and ash contents are higher than the values described for the noble part of the carrot. Regarding the powders, there was no great influence of the drying temperature on the composition, considering the temperature range studied. Compared to the pulp, it was noticed an increase in the content of ethereal extract, a reduction of the crude protein content and small changes in the crude fiber, glucose and ash content.

**Keywords:** Foam mat drying. Food by-products. *Daucus carota*.



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 2.1 - Cenouras do cultivar "Alvorada".  | 15 |
| Figura 2.2 - Ramas de cenoura.   | 15 |
| Figura 2.3 - Curvas típicas de teor de umidade total e taxa de secagem em função do tempo.                                       | 18 |
| Figura 2.4 - Diagrama cromático.   | 24 |
| Figura 3.1 - Informação nutricional do Emustab (porção de 100g).   | 26 |
| Figura 3.2 - Procedimentos envolvidos na preparação dos pós de folhas e talos de cenoura.  | 27 |
| Figura 3.3 - Bandejas de secagem.  | 28 |
| Figura 3.4 – Filtração da solução (a) e massa reidratada retida no papel de filtro (b).  | 30 |
| Figura 3.5 - Cartuchos contendo amostras (a) e aparelho de "Soxhlet" (b).  | 33 |
| Figura 4.1 - Polpa de folhas e talos de cenoura (a) e reconstituição do pó obtido a 50 °C (b).                                   | 38 |
| Figura 4.2 - Coordenadas L*, a* e b* para a polpa de folhas e talos de cenoura e pós obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. | 38 |
| Figura 4.3 - Polpa de folhas e talos de cenoura (a) e pó obtido a 50 °C (b).   | 39 |
| Figura 4.4 - Densidade <i>bulk</i> aerada e compactada dos pós de folhas e talos de cenoura obtidos em diferentes temperaturas.  | 40 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 - Escoabilidade de pós em função do índice de Hausner.....   | 22 |
| Tabela 4.1 - Propriedades físicas dos pós de folhas e talos de cenoura obtidos em diferentes temperaturas.....                                    | 36 |
| Tabela 4.2 - Valores médios da composição centesimal da polpa de folhas e talos de cenoura e dos pós desidratados em diferentes temperaturas..... | 41 |

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | INTRODUÇÃO.....   | 12 |
| 2.      | REFERENCIAL TEÓRICO .....   | 14 |
| 2.1.    | Aspectos gerais sobre a cenoura ( <i>Daucus carota</i> ) .....            | 14 |
| 2.2.    | Aproveitamento integral dos alimentos .....                               | 16 |
| 2.3.    | Generalidades sobre secagem .....   | 17 |
| 2.4.    | Secagem em camada de espuma ( <i>foam mat drying</i> ) .....              | 19 |
| 2.5.    | Propriedades físicas e <i>bulk</i> de materiais particulados.....         | 21 |
| 2.6.    | Constituintes presentes em alimentos .....                                | 24 |
| 3.      | MATERIAIS E MÉTODOS .....   | 26 |
| 3.1.    | Matéria-prima .....   | 26 |
| 3.2.    | Ensaio de secagem em camada de espuma .....                               | 26 |
| 3.3.    | Análises físicas e <i>bulk</i> dos pós de folhas e talos de cenoura ..... | 28 |
| 3.3.1.  | Teor de umidade .....   | 28 |
| 3.3.2.  | Massa específica da partícula .....                                       | 28 |
| 3.3.3.  | Higroscopicidade.....   | 29 |
| 3.3.4.  | Razão de reidratação .....  | 29 |
| 3.3.5.  | Tempo de reconstituição .....   | 30 |
| 3.3.6.  | Solubilidade .....  | 30 |
| 3.3.7.  | Análise de cor .....  | 31 |
| 3.3.8.  | Densidades <i>bulk</i> aerada e compactada .....                          | 31 |
| 3.3.9.  | Porosidade <i>bulk</i> média .....  | 32 |
| 3.3.10. | Índice de Hausner .....   | 32 |
| 3.4.    | Análises centesimais da polpa e dos pós de folhas e talos de cenoura..... | 32 |
| 3.4.1.  | Extrato etéreo.....   | 33 |
| 3.4.2.  | Proteína bruta .....  | 34 |
| 3.4.3.  | Fibra bruta .....   | 34 |
| 3.4.4.  | Cinzas.....   | 35 |
| 3.4.5.  | Fração glicídica .....  | 35 |
| 3.5.    | Análise Estatística .....   | 35 |
| 4.      | RESULTADOS E DISCUSSÕES.....  | 36 |
| 4.1.    | Análises físicas e <i>bulk</i> dos pós de folhas e talos de cenoura ..... | 36 |
| 4.1.1.  | Propriedades físicas .....  | 36 |
| 4.1.2.  | Propriedades <i>bulk</i> .....  | 39 |
| 4.2.    | Análises centesimais da polpa e dos pós de folhas e talos de cenoura..... | 41 |
| 5.      | CONCLUSÕES.....   | 44 |
|         | REFERÊNCIAS .....   | 46 |

## 1. INTRODUÇÃO

Mundialmente, grande parte dos alimentos que são produzidos são desperdiçados ou perdidos. As perdas são decorrentes das etapas de produção, armazenamento e transporte, e o desperdício acontece nas vendas e devido aos hábitos do consumidor final (FAO, 2017). Neste total de alimentos que são descartados, estão incluídas partes de frutas e hortaliças que, convencionalmente, não são consumidas, como cascas, talos e folhas. Contudo, várias iniciativas já têm sido colocadas em prática a fim de se aproveitar integralmente os alimentos, uma vez que diversas pesquisas comprovam que as partes não convencionais são também nutritivas e podem melhorar a dieta da população de maneira sustentável.

Neste âmbito, a cenoura é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, composta por uma raiz, que é amplamente consumida de diversas formas, e também por uma ramagem, que na maioria das vezes não é utilizada. No entanto, as folhas e talos que compõem as ramas da cenoura são tão nutritivas, quanto a parte nobre, e recentemente, têm inspirado o surgimento de estudos que visam incluí-las em preparações cotidianas (PEREIRA *et al.*, 2014; PEREIRA, 2002). Dessa forma, para que o consumo dessas ramas seja popularizado, fazem-se necessárias novas abordagens para conservação e processamento das mesmas, a fim de facilitar a sua aplicabilidade.

A secagem é uma das operações mais utilizadas na conservação de alimentos, a ponto de ter se tornado uma etapa indispensável na indústria alimentícia. O processo de secagem ocorre pela retirada da umidade dos produtos, por meio de transferência simultânea de calor e massa. Existem muitos equipamentos e técnicas empregados na secagem dos variados produtos alimentícios como frutos, sementes, pastas, entre outros, e de modo geral, todos resultam em produtos com peso e volume reduzido, o que facilita o transporte e o armazenamento (BARROS; FREIRE, 2019).

O método de secagem em camada de espuma – ou *foam mat drying* – costuma ser utilizado para a desidratação de produtos sensíveis e de difícil secagem, sendo muito aplicado em polpas de frutas. Resumidamente, a metodologia envolvida nesta técnica se baseia na adição de um agente espumante à polpa, seguida de agitação, a fim de incorporar ar à mistura, obtendo-se uma espuma estável, que é seca em camada fina, a baixas temperaturas, por períodos não muito longos (KARIM; WAI, 1999; KUDRA; RATTI, 2008).

Quando aplicada a secagem em camada de espuma, são obtidos produtos em forma de pó, o que requer que alguns estudos sejam feitos no sentido de se conhecer propriedades deste pó. Industrialmente, o conhecimento de propriedades físicas e *bulk* dos materiais particulados

é importante, pois permite o dimensionamento correto do processo, bem como dos equipamentos nele envolvidos. Além disso, algumas análises também são úteis para garantir a qualidade dos pós, em termos sensoriais e de composição, características estas que têm bastante influência na aceitação pelo público.

Ante o exposto, visando o aproveitamento de subprodutos alimentícios usualmente rejeitados pelo agronegócio e pelo consumidor, e com o intuito de propor novas formas de uso e de maior valor agregado, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade dos pós de folhas e talos de cenoura produzidos por meio de secagem em camada de espuma, quantificando as alterações provocadas pela secagem nas propriedades do material. A caracterização do produto foi realizada em duas etapas: (i) análises de propriedades físicas dos pós e propriedades *bulk* dos leitos de partículas, e (ii) análises centesimais da polpa produzida com as ramas de cenoura e dos pós desidratados nas diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Aspectos gerais sobre a cenoura (*Daucus carota*)

A cenoura (*Daucus carota*) é uma raiz tuberosa, pertencente à família *Apiaceae*. Ela tem como característica marcante sua coloração intensa e seu alto teor de açúcar (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Historicamente, sabe-se que a cenoura é originária do Afeganistão e existem relatos de que ela passou por mudanças desde o seu modo de consumo – anteriormente suas sementes eram utilizadas como tempero e em busca de propriedades medicinais – até aspectos físicos, como coloração e formato (TEIXEIRA *et al.*, 2011).

O cultivo de cenoura é um dos mais expressivos no Brasil e os estados que mais se sobressaem são Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Bahia e Rio Grande do Sul (PEREIRA, 2013). Segundo a CNA (2017), em 2016, a produção de cenoura foi de 752.196 toneladas, dentro de 16.710.024 toneladas de hortaliças contabilizadas. Nesse âmbito, a cenoura destaca-se como uma das olerícolas mais importantes do mundo, em função do consumo, da extensão de área plantada e do desenvolvimento socioeconômico dos produtores rurais (FREITAS *et al.*, 2010).

A cenoura é, originalmente, uma planta de clima ameno, mas algumas adaptações proporcionaram o surgimento de diferentes cultivares, com características específicas quanto ao formato das raízes, resistência a doenças e época de plantio, permitindo que ela pudesse ser cultivada durante o ano todo numa mesma região, apenas selecionando os cultivares adequados a cada região e época de semeadura (SILVA *et al.*, 2012; VIEIRA; PESSOA; MAKISHIMA, 1999). O consumidor brasileiro tem preferência por cenouras com raízes lisas, cilíndricas e uniformes, com comprimento entre 15 e 20 centímetros e diâmetro entre 3 e 4 centímetros, assim como ilustrado na Figura 2.1 (VIEIRA; PESSOA; MAKISHIMA, 1999).

Após a colheita, as cenouras podem ir direto para o consumidor, para serem consumidas *in natura* ou podem passar pela indústria alimentícia, dando origem a produtos como conservas, alimentos infantis, congelados, minimamente processados, entre outros. Os diferentes tipos de processamento visam aumentar o tempo de prateleira, agregar valor ao produto final e utilizar itens que não teriam atributos estéticos para serem comercializados diretamente.

Figura 2.1 - Cenouras do cultivar "Alvorada".



Fonte: (CARVALHO, 2015).

Em relação à sua composição, a raiz da cenoura – parte usualmente consumida – é bastante nutritiva, sendo uma boa fonte de vitamina A e minerais, destacando-se como a principal fonte vegetal de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno (TEIXEIRA, 2008). Entretanto, a cenoura possui também folhas e talos (Figura 2.2) com comprovado valor nutricional, partes estas que são geralmente descartadas no processamento pós-colheita ou pelo consumidor final. Segundo Pereira *et al.*, (2003), as ramas da cenoura possuem vitamina C,  $\beta$ -caroteno, minerais e fibras, e nos últimos anos surgiram pesquisas com o intuito de agregar essas partes não convencionais da cenoura em preparações como pães de queijo (PEREIRA, 2002) e biscoitos (CASTILHO JÚNIOR; OLIVEIRA, 2013).

Figura 2.2 - Ramas de cenoura.



Fonte: Do autor (2019).

## 2.2. Aproveitamento integral dos alimentos

O Brasil é um dos maiores produtores de alimentos do mundo, estando em 4º lugar como produtor, atrás da China, Estados Unidos e Índia, e em 2º lugar como exportador, atrás apenas dos Estados Unidos (DALL'AGNOL, 2017). O agronegócio tem importante participação no PIB brasileiro e os principais alimentos produzidos no país são soja, carne bovina e açúcar, bem como, algodão, café e frango (WWF, 2017). No entanto, apesar de todo esse potencial produtivo, o Brasil ainda enfrenta graves problemas como a fome. Segundo estudos da FAO (2015), entre os anos de 2004 e 2013, o Brasil teve um aumento na segurança alimentar e 7 milhões de pessoas deixaram de conviver com a fome, contudo, o número de pessoas na condição de insegurança alimentar grave voltou a crescer nos últimos anos e as políticas de combate à fome se estagnaram no país (CHADE, 2018).

O desperdício e as perdas de alimentos são grandes empecilhos na busca pela segurança alimentar, de modo que, segundo a FAO (2017), aproximadamente 30% de tudo que é produzido é perdido ou desperdiçado a cada ano. Esse percentual corresponde a um montante de 1,3 bilhão de toneladas de alimentos que vão para o lixo ao redor do mundo, dificultando a gestão de resíduos, uma vez que, em países como o Brasil, os resíduos orgânicos representam metade dos resíduos sólidos urbanos (FAO, 2017; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2017).

Diante deste cenário, são necessários incentivos que visem modificar alguns hábitos da população, bem como o investimento em iniciativas que promovam o aproveitamento integral dos alimentos, incluindo partes como folhas, talos e cascas, que são usualmente descartadas e podem conter inúmeros nutrientes em sua composição (GONDIM *et al.*, 2005). A inclusão de partes não convencionais dos alimentos na dieta da população apresenta vantagens como o aumento da disponibilidade de nutrientes a baixos custos, a diminuição na geração de lixo e, principalmente, o fato de evitar que mais áreas de vegetação natural sejam destinadas ao agronegócio. Isso porque a produção de alimentos é uma das atividades que mais consome recursos naturais como água, energia e minerais, e também implica na perda de grandes extensões de vegetação nativa em biomas como cerrado, mata atlântica e Amazônia, no caso do Brasil (WWF, 2017).

De acordo com a FAO (2014), o total dos alimentos perdidos e desperdiçados no mundo inclui entre 40 e 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas produzidas. Com isso, várias pesquisas têm sido realizadas em busca de avaliar a composição de subprodutos provenientes, principalmente, de frutas e hortaliças e utilizá-los em novas formulações



(GONDIM *et al.*, 2005; MELO; FARIA, 2014; STORCK *et al.*, 2013; WANG *et al.*, 2013). Entretanto, o aproveitamento desses subprodutos depende também de um processamento adequado dos mesmos, de forma que seja possível conservá-los, garantindo que mantenham seus nutrientes e que estejam próprios para consumo por mais tempo.

### 2.3. Generalidades sobre secagem

A operação de secagem é uma das mais antigas e pode ser descrita como um processo no qual substâncias voláteis – principalmente a umidade – são termicamente removidas de um material, a fim de se obter um produto com um conteúdo de umidade aceitável. Industrialmente, a secagem é quase sempre a última das etapas de uma série de operações, e os sólidos que saem dos secadores costumam estar prontos para serem embalados. Além disso, a secagem destaca-se como uma das formas mais utilizadas para conservação de alimentos, pois ao reduzir o teor de umidade dos produtos, evita o crescimento microbiano e diminui a ocorrência de reações químicas que provocam deterioração (MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993; MUJUMDAR, 2014).

A secagem de um sólido úmido envolve dois processos simultâneos: (i) transferência de calor do ambiente externo para o sólido, implicando na evaporação da umidade superficial; e (ii) transferência de massa (umidade) do interior para a superfície do sólido, que é seguida pelo processo de evaporação da umidade por meio da transferência de calor. O processo de transferência de calor depende de condições externas, como temperatura, pressão, teor de umidade e velocidade de escoamento do ar de secagem, bem como da área exposta do sólido. Já o processo de transferência de massa está relacionado com a natureza física, a temperatura e o teor de umidade do sólido (MUJUMDAR, 2014).

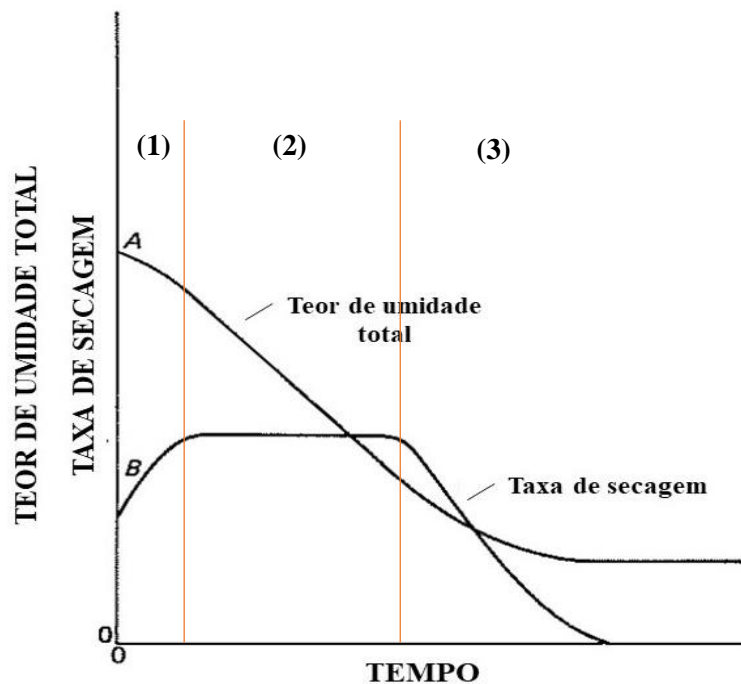
Além dos fenômenos de transferência de calor e massa, acontecem também processos cinéticos que implicam em transformações físicas no material, como encolhimento e cristalização. Já mudanças relacionadas a características como cor, sabor, odor e textura dos materiais biológicos são devido a transformações químicas e bioquímicas (ALBINI; FREIRE; FREIRE, 2019).

Diante disso, a secagem de alimentos é um processo complexo, que envolve diversos fenômenos. Portanto, é bastante desafiadora a previsão teórica de parâmetros e variáveis que descrevam o comportamento da secagem. Nesse sentido, torna-se necessária uma abordagem experimental que permita obter informações sobre o processo para produtos específicos, e uma configuração muito utilizada para avaliar a cinética de secagem de materiais biológicos é a

secagem em leito fixo e camada fina. De maneira geral, considera-se que a secagem de um material ocorreu em camada fina quando não existem gradientes significativos de temperatura e umidade ao longo de uma camada uniforme do material exposto ao ar em condições constantes de umidade, temperatura e fluxo mássico (ALTINO; FERREIRA, 2019; BARROZO, 1995).

Estabelecida a hipótese de camada fina, é possível obter a cinética de secagem do material por meio de experimentos que coletam a massa do sólido úmido no decorrer do tempo, durante o período de secagem. A partir desses dados, pode-se obter gráficos como os que são mostradas na Figura 2.3. Pelos gráficos, é possível perceber que a secagem ocorre em três etapas, sendo elas o período de estabilização (1), o período de taxa constante (2) e o período de taxa decrescente (3).

Figura 2.3 - Curvas típicas de teor de umidade total e taxa de secagem em função do tempo.



Fonte: Adaptado de (MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993).

O período inicial é conhecido como período de estabilização, ou seja, refere-se ao início do experimento, quando o material entra em contato com o meio secante, geralmente numa temperatura mais baixa do que a do ar de secagem. Nesse caso, acontecerá o aquecimento da amostra até que ela entre em equilíbrio térmico com o ar. Nesse momento, inicia-se o período de taxa constante, que corresponde à evaporação da água líquida que se encontra na superfície do sólido. Para que isso ocorra, a água deve se movimentar do interior do sólido para a

superfície de modo a suprir a taxa de evaporação da água da superfície para o meio (FOUST *et al.*, 1980; MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993).

O período de taxa constante termina quando o líquido que migra do interior do sólido não consegue mais compensar a evaporação e manter toda a superfície molhada. Neste ponto, a umidade é denominada umidade crítica. Em seguida, inicia-se o período de taxa decrescente, no qual a transferência de umidade do interior do sólido para a superfície demora mais do que a evaporação da umidade superficial, implicando numa redução da taxa de secagem; nesse ponto, a migração da umidade interna do sólido controla o processo. Desse momento em diante, a umidade do sólido diminui continuamente e a taxa de secagem decresce, até que seja atingida a umidade de equilíbrio do sólido (FOUST *et al.*, 1980; MCCABE; SMITH; HARRIOTT, 1993). Segundo Park *et al.*, (2014), o período de taxa decrescente é quase sempre o único observado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios.

#### **2.4. Secagem em camada de espuma (*foam mat drying*)**

A técnica de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) teve origem em 1917, quando um método de secagem de espuma de leite foi patenteado por Campbell (1917). Mais recentemente, a técnica voltou a chamar a atenção de pesquisadores por apresentar vantagens como menores tempos de secagem e a obtenção de produtos com características apreciáveis, tais como a fácil reidratação e a retenção de compostos voláteis, que são perdidos quando empregadas outras técnicas de secagem. Além disso, esse método demonstra-se bastante eficaz na desidratação de materiais de difícil secagem, sensíveis ao calor e, também, com elevados conteúdos de açúcar, além de ser de simples aplicação e ter baixo custo operacional (RATTI; KUDRA, 2006; KUDRA; RATTI, 2008; SEHRAWAT; NEMA, 2017).

A secagem em camada de espuma é realizada por meio da transformação de alimentos líquidos ou semi-líquidos em uma espuma estável, pela agitação mecânica dos alimentos para incorporação de ar, com adição de agentes estabilizantes ou espumantes. A espuma é, em seguida, submetida à secagem em camada fina com ar quente (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011; NG; SULAIMAN, 2018).

O fato de a secagem de materiais em forma de espuma ser mais rápida que outros métodos têm relação com os processos de transferência de calor e massa que ocorrem simultaneamente, e, de maneira resumida, isso se deve ao aumento da área superficial da interface líquido-gás. Ratti e Kudra (2006) explicam que, apesar da condutividade térmica das espumas ser menor do que a de líquidos – o que não implicaria num aumento das taxas de

secagem para um processo controlado pela transferência de calor – mecanismos diferentes estão envolvidos na aceleração da secagem quando a transferência de massa controla o processo, como a melhora na migração da umidade dentro da matriz dos poros.

As condições da espuma produzida têm grande influência no sucesso da operação de secagem e na qualidade do produto final, e parâmetros como estabilidade, expansão e estrutura da espuma são alguns dos mais importantes, de modo que espumas instáveis são mais difíceis de secar devido à ocorrência de um desarranjo celular, resultando em prejuízos à cor, à textura, ao sabor e ao valor nutritivo dos produtos, bem como à capacidade de reidratação dos mesmos (KARIM; WAI, 1999; BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011). A densidade é uma das variáveis que impacta consideravelmente a estabilidade da espuma, e segundo Van Arsdel e Copley (1964), a faixa de densidades desejável para a espuma a ser seca pelo método *foam mat* está entre 0,1 e 0,6 g.cm<sup>-3</sup>. Além disso, existem outros fatores capazes de afetar a estabilidade e a capacidade de formação da espuma, como a natureza química do alimento, o teor de sólidos solúveis, o tempo de batimento, o tipo e a concentração do agente espumante ou estabilizante (KARIM; WAI, 1999).

A determinação do aditivo a ser empregado, bem como sua concentração, depende da matéria-prima utilizada, e essa escolha pode ser feita com base em experimentos e em uma revisão da literatura, uma vez que existem diversos aditivos disponíveis para formação e estabilização de espumas como Emustab, albumina de ovo, Superliga Neutra e maltodextrina. Vale ressaltar que a metodologia estabelecida pode incluir um aditivo apenas ou uma combinação de aditivos.

Os emulsificantes estão entre os aditivos alimentícios mais utilizados e podem ser definidos, segundo a legislação (ANVISA, 1997), como substâncias que tornam possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento. Essa habilidade de estabilizar emulsões se dá pela natureza anfifílica dos emulsificantes, caracterizada pela presença de partes hidrofóbicas e hidrofílicas separadamente em suas moléculas, implicando na redução da tensão superficial na interface entre as fases imiscíveis (FIB, 2015).

O Emustab é um conhecido emulsificante composto por monoglicerídeos de ácidos graxos destilados, sal de ácidos graxos, monoestearato de sorbitana e polioxietileno de monoestearato de sorbitana, o qual é sólido em temperatura ambiente e tem coloração branca. Há na literatura, diversos trabalhos sobre secagem em camada de espuma que utilizam Emustab como agente espumante, como é o caso de Dieb *et al.* (2015), que avaliaram a secagem da polpa de graviola pelo método *foam mat*, com posterior análise sensorial do produto; Breda, Justi e

Sanjinez-Argandoña (2013), que analisaram o efeito da desidratação *foam mat* na retenção da vitamina C da polpa de cajá-manga, e Galdino *et al.* (2016), que estudaram a cinética de secagem da polpa de atemoia.

Nesse contexto, é importante dizer que o uso dos aditivos entra como uma possível desvantagem da técnica de secagem em camada de espuma, já que esses compostos podem alterar características do alimento, como sabor, cor e aroma. Além disso, outras desvantagens são também a necessidade de uma grande área de secagem e a possibilidade de o alimento de interesse não formar uma espuma estável (FELLOWS, 2006). No entanto, além das vantagens já citadas anteriormente, pode-se mencionar ainda o fato de que produtos em pó possuem menores custos relacionados à manipulação e transporte, além de sua incorporação em formulações alimentícias ser mais fácil, implicando em uma maior flexibilidade para atingir novos mercados (CAPARINO *et al.*, 2012).

## 2.5. Propriedades físicas e *bulk* de materiais particulados

Na indústria alimentícia, a busca pela diversificação dos produtos tem levado a um aumento no interesse por novos ingredientes, sendo muitos deles produzidos na forma de pó, o que ressalta na necessidade de investimentos em tecnologias para o processamento dos pós, tanto para as indústrias que produzem os ingredientes quanto para as que os utilizam. Além disso, pesquisas em engenharia na área de pós alimentícios vão ajudar a garantir a produção de alimentos com maior qualidade, menor risco de contaminação e maior valor agregado (FITZPATRICK; AHRNÉ, 2005).

Além da indústria alimentícia, existem muitos outros seguimentos industriais que trabalham com materiais particulados, como a indústria farmacêutica, a de cimento e a de fertilizantes. É fato que a maior parte dos processos químicos de manufatura utilizam, em alguma etapa do seu processamento, sólidos em forma de partículas finas. Portanto, fica clara a importância do conhecimento de características dessas partículas, bem como das alterações que elas possam sofrer durante cada etapa, a fim de que os equipamentos sejam projetados corretamente, alcançando um melhor rendimento da produção. Existem duas maneiras de proceder com a caracterização de materiais particulados. É possível avaliar uma partícula isolada ou o comportamento de um conjunto de partículas, sendo essa segunda abordagem responsável pela determinação das propriedades *bulk* (CAMPOS, 2012).

O conceito de massa específica pode assumir diferentes definições para o caso de materiais particulados. A primeira delas é a massa específica da partícula, ou real, que vai

determinar a razão entre a massa e o volume real ocupado por uma partícula, excluindo o volume dos poros existentes no sólido. Outra definição importante é a massa específica do leito de partículas, ou densidade *bulk*, que relaciona a massa de partículas com o volume do leito, de forma que são considerados no volume *bulk* não só o volume do sólido e seus poros, como também dos espaços vazios entre as partículas. Nesse caso, a densidade *bulk* depende da condição de empacotamento do leito, podendo ser determinada na condição aerada – quando as partículas são colocadas num recipiente considerando apenas a ação da gravidade – ou na condição compactada – quando força-se a acomodação das partículas (CAMPOS, 2012; LIMA, 2009).

A porosidade *bulk* é proveniente do conceito de densidade *bulk*. Ela é definida como a fração de vazios em uma massa de partículas, ou seja, é uma propriedade que quantifica os espaços não ocupados por sólidos no leito. O valor dessa propriedade pode, também, variar em função do grau de compactação do leito (GERMAN, 1989). Outra propriedade que tem relação com o conceito de massa específica é o índice de Hausner, definido como a razão entre as densidades *bulk* compactada e areada, e utilizado para avaliar a escoabilidade de pós. O termo escoabilidade, para o caso de sistemas particulados, define o movimento relativo das partículas, bem como sua interação com as paredes e entre partícula-partícula (CAMPOS, 2012). Uma classificação da escoabilidade de pós foi proposta por Hayes (1987), conforme a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Escoabilidade de pós em função do índice de Hausner.

| Índice de Hausner | Escoamento       |
|-------------------|------------------|
| Menor que 1,25    | Fácil, livre     |
| 1,25 – 1,4        | Médio            |
| Maior que 1,4     | Coesivo, difícil |

Fonte: (ABDULLAH; GELDART, 1999).

A umidade em materiais geralmente se apresenta como água pura no estado líquido e pode ser classificada como: umidade de equilíbrio, umidade ligada, umidade não ligada e umidade livre (ALBINI; FREIRE; FREIRE, 2019). A umidade de equilíbrio é alcançada quando, sob determinada temperatura e pressão, o material está em equilíbrio termodinâmico com a mistura de ar e vapor que a circunda. A umidade ligada refere-se à que é adsorvida nas estruturas internas da célula ou em poros dentro do material, que exerce uma pressão de vapor menor do que a da água pura sob a mesma temperatura. Já a umidade não ligada exerce uma pressão de vapor igual àquela da água pura, de modo que a existência do material sólido não

limita a evaporação dessa água. A umidade livre pode incluir a umidade ligada e a não ligada, sendo toda a umidade que excede a de equilíbrio numa dada temperatura e umidade relativa do ar, ou seja, pode ser removida por secagem (FELLOWS, 2006; MUJUMDAR, 2014).

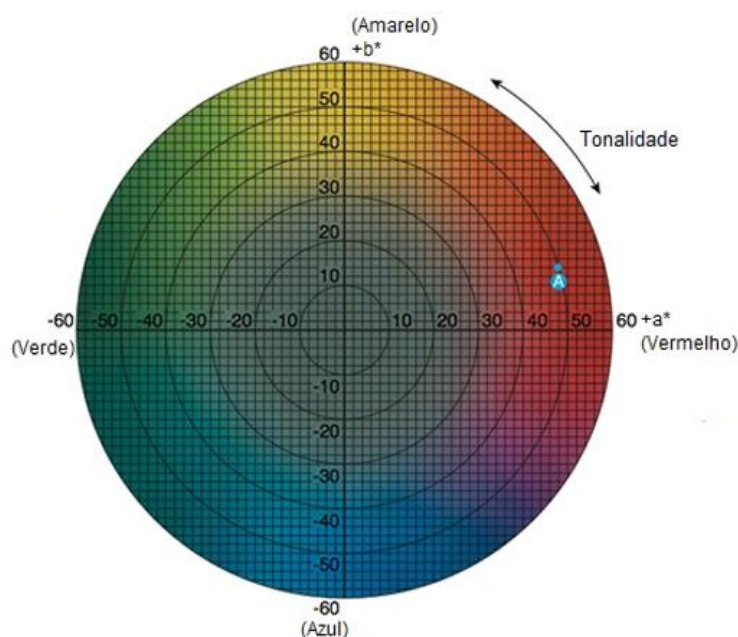
A higroscopicidade é uma propriedade relacionada à umidade, e o conhecimento do comportamento higroscópico de um produto é fundamental para o estabelecimento de condições de secagem, empacotamento e estocagem. A higroscopicidade é definida como a capacidade de um material, principalmente os pós alimentícios, de absorver umidade de um ambiente com umidade relativa maior do que sua umidade de equilíbrio, e está ligada com a estabilidade física, química e biológica do material (FRANCO *et al.*, 2016).

No caso de produtos alimentícios, quando se trata da reidratação do pó em água, existem três parâmetros importantes a serem avaliados: razão de reidratação, tempo de reconstituição e solubilidade. A reidratação de produtos desidratados é um processo que envolve a embebição do material seco em água, o inchaço dos componentes hidrofílicos e a lixiviação de sólidos solúveis (SOUZA *et al.*, 2011).

A razão de reidratação é definida como uma razão entre a quantidade de material reidratado em relação ao material seco, de modo que o material reidratado é o que fica retido quando se filtra uma solução de pó dissolvido em água, e são contabilizadas as partes insolúveis, as solúveis e, também, a água remanescente que ficou ligada ao material. O tempo de reconstituição representa o tempo que um pó leva para se reconstituir em água, até que não existam mais partículas aglomeradas. Já a solubilidade é uma característica que indica quanto um produto é capaz de permanecer misturado de maneira homogênea em água (FRANCO *et al.*, 2016), que, em outras palavras, pode ser considerada como a estabilidade de misturas compostas por partículas dissolvidas em água.

As análises de cor são importantes ao se trabalhar com processos de secagem, uma vez que esse tipo de tratamento pode modificar a coloração do material *in natura*, e esse é um dos atributos de qualidade que podem determinar a aceitação de um produto. Nessa análise, é possível obter algumas coordenadas, de modo a definir transições entre cores. A coordenada L\* representa a luminosidade da cor e varia do preto (0) ao branco (100); a coordenada a\* representa a variação entre as cores verde (-) e vermelho (+); e a coordenada b\* define a transição entre azul (-) e amarelo (+) (RAMALLO; MASCHERONI, 2012). O diagrama da Figura 2.4 ilustra as transições entre as tonalidades e os parâmetros a\* e b\*.

Figura 2.4 - Diagrama cromático.



Fonte: (KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS, 2018).

## 2.6. Constituintes presentes em alimentos

Os alimentos são a principal fonte que o ser humano tem para obter nutrientes essenciais às funções vitais do corpo. Tais nutrientes são agrupados em diferentes classes, de acordo com o seu papel no organismo, sendo alguns dos mais importantes os carboidratos, as proteínas, as fibras e os lipídeos. Nesse contexto, a análise de alimentos é responsável pela caracterização de diversos produtos, sendo relevante em áreas como controle de qualidade, fabricação e estocagem de produtos processados (CECCHI, 2003).

Alguns métodos químicos são frequentemente utilizados para a determinação da composição centesimal dos alimentos, que corresponde à proporção dos grupos homogêneos de substâncias presentes em 100 g de um determinado alimento. Os grupos homogêneos são encontrados em praticamente todos os alimentos, sendo eles umidade, lipídios (extrato etéreo), proteína bruta, fibra bruta, cinzas e fração glicídica.

Os carboidratos são a maior fonte de energia da dieta humana e fornecem mais da metade do total de calorias ingeridas. Aproximadamente metade do carboidrato dietético são polissacarídeos, como o amido, presentes principalmente em grãos de cereais e vegetais. O restante é encontrado na forma de açúcares simples, dos quais destacam-se a sacarose e a lactose (GROPPER; SMITH; GROFF, 2012).



As proteínas desempenham importantes funções em todo o corpo, 40% delas estão nos músculos esqueléticos, 25% em órgãos e as demais, majoritariamente, na pele e no sangue. As proteínas provenientes dos alimentos – produtos animais como carnes e laticínios e produtos vegetais como legumes e grãos – são fontes de aminoácidos que o organismo necessita para sintetizar suas próprias proteínas, bem como moléculas contendo nitrogênio. Elas agem no organismo na forma de hormônios e enzimas e controlam diversos processos (GROPPER; SMITH; GROFF, 2012).

A fibra alimentar é definida como um material vegetal – carboidratos e lignina – não digerível por enzimas digestórias humanas. As fibras são formadas por diferentes compostos, como celulose, hemicelulose, pectina, entre outros, os quais desempenham funções específicas no organismo. As fontes de fibras são majoritariamente partes como cascas, talos e bagaços de vegetais, e o processamento desses alimentos geralmente reduz o seu teor de fibras. Pesquisas realizadas ao longo das últimas décadas permitiram descobrir que a fibra é importante para o trato gastrointestinal e para a prevenção e o tratamento de diversas doenças (GROPPER; SMITH; GROFF, 2012).

Os lipídeos desempenham diversas funções no organismo e se distinguem de outros nutrientes por serem pouco solúveis em água, sendo solúveis em solventes orgânicos, como éter, por exemplo. Eles são fonte alimentar de energia e fazem parte da composição da membrana celular e de organelas, além disso, os lipídios incluem também as vitaminas lipossolúveis e os hormônios corticosteroides. Os óleos e gorduras são a maior fonte de lipídeos de origem vegetal e animal, sendo quimicamente definidos como ésteres de ácidos graxos (GROPPER; SMITH; GROFF, 2012).

Por fim, as cinzas representam o resíduo mineral fixo, ou seja, a parte inorgânica do alimento. Os minerais desempenham diversas funções no corpo humano, compõem os ossos, músculos, sangue e células, além de manterem o equilíbrio hídrico. O organismo não é capaz de produzir estes minerais, necessitando, portanto, de fontes externas (FIB, 2008).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Matéria-prima

Para a realização do presente trabalho, foram utilizados talos e folhas de cenoura obtidos em feiras da cidade de Lavras, MG. A matéria-prima foi higienizada com hipoclorito de sódio e, em seguida, processada em centrífuga para sucos. O líquido obtido foi chamado de polpa e permaneceu congelado até o momento de início dos experimentos. O descongelamento da polpa foi conduzido em geladeira, com antecedência de um dia.

O aditivo utilizado na preparação da espuma foi o Emustab, da marca Selecta, o qual foi adquirido no comércio da cidade de Lavras, MG. A Figura 3.1 mostra a informação nutricional deste emulsificante.

Figura 3.1 - Informação nutricional do Emustab (porção de 100g).

| QUANTIDADE POR PORÇÃO |          |
|-----------------------|----------|
| Valor Energético      | 270 kcal |
| Carboidratos          | 16 g     |
| Proteínas             | 0 g      |
| Gorduras Totais       | 23 g     |
| Gorduras Saturadas    | 20 g     |
| Gorduras Trans        | 0 g      |
| Fibra Alimentar       | 0 g      |
| Sódio                 | 7 mg     |

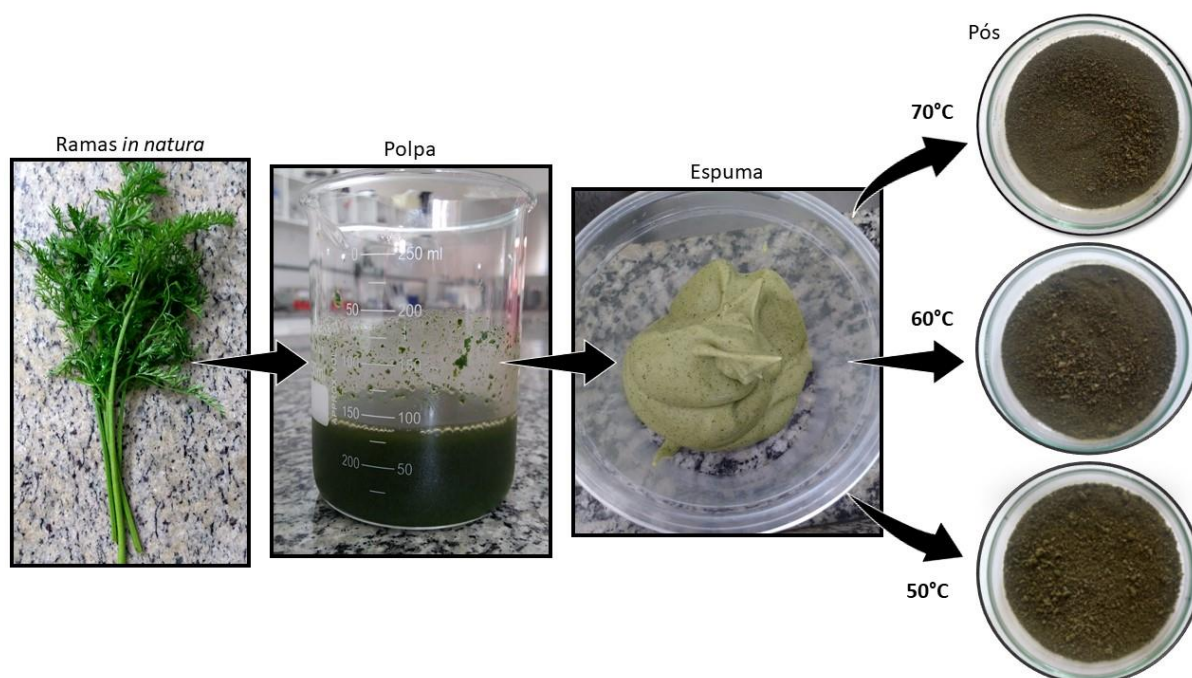
Fonte: (SELECTA SORVETES, 2016).

#### 3.2. Ensaios de secagem em camada de espuma

Os experimentos tiveram início com a preparação da espuma, que envolve a incorporação de 10% de Emustab (em massa) à polpa, por meio de agitação em batedeira doméstica, durante 10 minutos. Em seguida, a espuma foi submetida à secagem em estufa de

convecção forçada, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, até umidade de equilíbrio. Todos os parâmetros referentes à escolha do tipo e concentração do aditivo, tempo de batimento da espuma e cinética de secagem foram determinados em experimentos anteriores desenvolvidos como iniciação científica (PIVIC/UFLA) e podem ser encontrados em Nunes, Nascimento e Lima-Corrêa (2018). As etapas do procedimento experimental estão ilustradas na Figura 3.2.

Figura 3.2 - Procedimentos envolvidos na preparação dos pós de folhas e talos de cenoura.



Fonte: Do autor (2019).

Para os ensaios de secagem em camada fina, foram utilizadas bandejas com espessura de 1,0 cm (Figura 3.3), que foram completamente preenchidas com espuma. Com base em estudos anteriores que se dedicaram a investigar a espessura de camada fina de alguns materiais biológicos (BARROZO, 1995; LIMA, 2009; PEREIRA, 2010), foram supostos gradientes desprezíveis de temperatura e umidade para a pequena espessura de material utilizada ( $H=1,0$  cm).

Após a secagem, o material desidratado foi raspado das bandejas sempre da mesma maneira, de modo a obter-se um produto em forma de pó. Em seguida, a fim de se avaliar a influência da técnica de secagem em camada de espuma sobre a qualidade das ramas de cenoura desidratadas, análises de massa específica da partícula, densidade *bulk*, porosidade *bulk*, cor, higroscopicidade, solubilidade, razão de reidratação e tempo de reconstituição foram realizadas para os pós desidratados nas diferentes temperaturas. Além disso, determinou-se a composição

centesimal da polpa de folhas e talos de cenoura e dos pós produzidos em diferentes temperaturas.

Figura 3.3 - Bandejas de secagem.



Fonte: Do autor (2019).

### 3.3. Análises físicas e *bulk* dos pós de folhas e talos de cenoura

#### 3.3.1. Teor de umidade

O conteúdo de umidade presente nos materiais foi determinado pelo método gravimétrico, com emprego de calor, segundo a AOAC (1990). Assim, amostras de cada material foram colocadas em estufa a 105 °C, por 24 h. O teor de umidade foi calculado em base seca, segundo a Equação (3.1), e para base úmida, utilizou-se a mesma equação, apenas trocando seu denominador pela massa inicial.

$$M_s = \frac{m_i - m_f}{m_f} \times 100 \quad (3.1)$$

sendo  $M_s$  a umidade do pó em base seca,  $m_i$  a massa inicial de pó e  $m_f$  a massa final de pó.

#### 3.3.2. Massa específica da partícula

A massa específica dos pós foi obtida por picnometria líquida com utilização de hexano (AOAC, 1990). Uma amostra de aproximadamente 1,5 g de pó foi inserida diretamente em uma proveta vazia de 25 mL, que teve, posteriormente, seu volume preenchido com uma quantidade controlada de hexano. Utilizou-se hexano devido à sua capacidade de penetrar os poros

conectados à superfície externa do material, sem, no entanto, dissolvê-lo. Para o cálculo do valor da massa específica foi utilizada a Equação (3.2) e as medidas foram realizadas em duplicata.

$$\rho_p = \frac{m_s}{V_s} \quad (3.2)$$

sendo  $\rho_p$  a massa específica da partícula,  $m_s$  a massa de sólidos e  $V_s$  o volume de sólidos.

### 3.3.3. Higroscopicidade

O percentual de higroscopicidade dos pós de folhas e talos de cenoura foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Caparino *et al.* (2012), com modificações. Amostras de aproximadamente 1 g dos pós foram colocadas em recipientes abertos e armazenadas no interior de recipientes de vidro contendo solução saturada de NaCl ( $\approx 75\%$  de umidade) por 7 dias, a 25 °C. Ao final, as amostras foram pesadas e calculou-se o percentual de higroscopicidade, equivalente a 1 g de umidade absorvida por 100 g de sólido seco, segundo a Equação (3.3).

$$HG = \frac{\Delta m / (m_i + M_u)}{1 + \Delta m / m_i} \quad (3.3)$$

sendo  $HG$  o percentual de higroscopicidade,  $\Delta m$  o incremento na massa de pó após equilíbrio,  $m_i$  a massa inicial de pó e  $M_u$  a umidade do pó em base úmida.

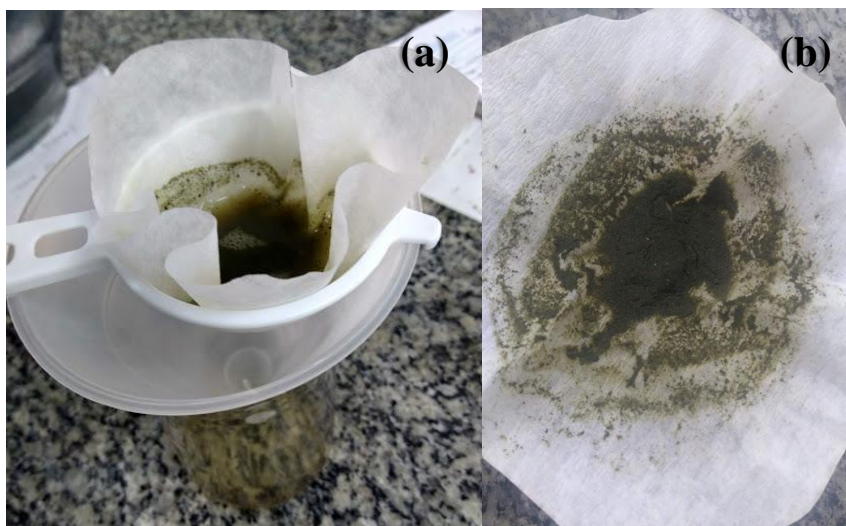
### 3.3.4. Razão de reidratação

Para a determinação da razão de reidratação dos pós utilizou-se a técnica descrita por Ng e Sulaiman (2018). Aproximadamente 1 g de pó foi reidratado em 11 g de água durante 10 minutos, a 25 °C. Em seguida, a solução foi filtrada (Figura 3.4-a) e pesou-se o pó remanescente no papel de filtro (Figura 3.4-b). A razão de reidratação foi, então, determinada como uma razão entre as massas da amostra reidratada (massa úmida) e da amostra desidratada, como mostra a Equação (3.4).

$$\text{Razão de reidratação} = \frac{m_r}{m_d} \quad (3.4)$$

sendo  $m_r$  a massa reidratada retida no papel de filtro e  $m_d$  a massa do pó desidratado.

Figura 3.4 – Filtração da solução (a) e massa reidratada retida no papel de filtro (b).



Fonte: Do autor (2019).

### 3.3.5. Tempo de reconstituição

A análise do tempo de reconstituição para os pós desidratados nas diferentes temperaturas foi feita adaptando-se o método proposto por Kachan (1998). Foram adicionados 10 mL de água à 1 g de produto seco. A solução resultante foi submetida a agitação, com acompanhamento visual a cada 30 s, até que não fosse mais observado pó aglomerado.

### 3.3.6. Solubilidade

A determinação da solubilidade dos pós em água foi feita de acordo com a metodologia proposta por Eastman e Moore (1984), com adaptações propostas por Souza, Maques e Oliveira (2015). Adicionou-se 0,5 g de pó a 50 mL de água destilada e a mistura foi agitada por 5 min, em agitador magnético. Em seguida, a solução foi transferida para tubos e centrifugada a 3000 rpm, por 15 min. Alíquotas de 6 mL do sobrenadante foram transferidas para vidrarias previamente taradas e permaneceram em estufa à 110 °C, por aproximadamente 12 h. O cálculo da solubilidade foi feito de acordo com a Equação (3.5).

$$\text{Solubilidade} = \frac{m_{res}}{V_{al}} \times \frac{V_i}{m_i} \times 100 \quad (3.5)$$

sendo  $m_{res}$  a massa de resíduo seco,  $V_{al}$  o volume da alíquota retirada do sobrenadante,  $V_i$  o volume inicial de solução e  $m_i$  a massa inicial de pó.

### 3.3.7. Análise de cor

Avaliou-se a coloração dos pós desidratados nas diferentes temperaturas em comparação com a polpa de folhas e talos de cenoura. Para isso, foi utilizado um colorímetro Minolta, modelo CM-5, na escala HunterLab, calibrado contra uma placa padrão branca e utilizando o iluminante D65. Os valores dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram obtidos e os valores apresentados são uma média de três leituras.

### 3.3.8. Densidades *bulk* aerada e compactada

Para a determinação de densidade *bulk*, duas condições são possíveis: (i) densidade *bulk* aerada, definida pelo volume ocupado por uma massa conhecida de material, quando este é ‘solto’ sob a ação da gravidade, e (ii) densidade *bulk* compactada, que é a densidade aferida quando se força a compactação do material (GERMAN, 1989).

Para as medidas da densidade *bulk* aerada, uma quantidade conhecida de pó foi inserida em uma proveta graduada de 25 mL, mantendo-se a altura de queda constante. Mediu-se o volume ocupado pelo pó e o valor da densidade *bulk* foi calculado por meio da Equação (3.6).

A densidade *bulk* compactada foi determinada seguindo-se as mesmas etapas anteriormente citadas. No entanto, o volume medido na proveta foi o ocupado pelo pó após a compactação. O conteúdo da proveta foi compactado pela ação da gravidade, através de repetidas batidas. A proveta foi levantada manualmente e solta de uma distância de aproximadamente 12 cm, até que a diferença entre as medições do volume do leito fosse desprezível (NG; SULAIMAN, 2018). Todas as medidas foram realizadas em triplicata.

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_b} \quad (3.6)$$

sendo  $\rho_b$  a densidade *bulk* do leito de partículas,  $m_s$  a massa de sólidos e  $V_b$  o volume do leito de partículas.

### 3.3.9. Porosidade *bulk* média

A porosidade *bulk* média ( $\varepsilon_b$ ) dos leitos de pós foi obtida pela razão entre a densidade *bulk* na condição aerada e a densidade da partícula, por meio da Equação (3.7) (CAPARINO *et al.*, 2012).

$$\varepsilon_b = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_p} \quad (3.7)$$

Vale ressaltar que o termo ‘médio’ é aqui utilizado, pois variações locais da porosidade no interior do leito podem ocorrer principalmente pelo contato entre as partículas e as paredes do recipiente (efeito de parede).

### 3.3.10. Índice de Hausner

Segundo Mallol *et al.* (2008), o Índice de Hausner oferece uma boa medida da escoabilidade de pós e pode ser calculado de acordo com a Equação (3.8).

$$\text{Índice de Hausner} = \frac{\rho_{b,c}}{\rho_{b,a}} \quad (3.8)$$

sendo  $\rho_{b,c}$  a densidade *bulk* compactada e  $\rho_{b,a}$  a densidade *bulk* aerada.

## 3.4. Análises centesimais da polpa e dos pós de folhas e talos de cenoura

As análises centesimais foram realizadas para a polpa e para os pós obtidos nas diferentes temperaturas, seguindo as técnicas propostas pela AOAC (1990). A análise centesimal inclui, além das frações especificadas abaixo, o teor de umidade, já citado anteriormente neste trabalho.



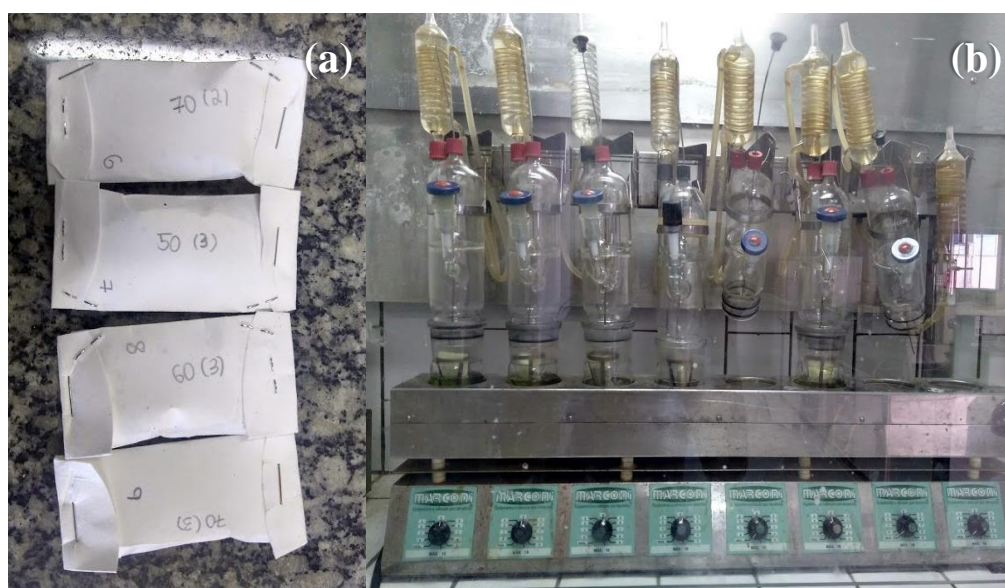
### 3.4.1. Extrato etéreo

Para a determinação de extrato etéreo, que representa a fração lipídica, foi empregado o método de “Soxhlet” a quente, utilizando como solvente o éter de petróleo. Amostras de aproximadamente 3 g do material foram pesadas em cartuchos vedados com algodão (Figura 3.5-a). Os cartuchos foram inseridos em *reboilers*, onde adicionou-se o éter, até que o cartucho ficasse submerso. Acoplou-se os *reboilers* ao aparelho de “Soxhlet” (Figura 3.5-b), acionou-se uma temperatura maior do que o ponto de ebulição do éter de petróleo – que encontra-se entre 30 e 60 °C – e o sistema permaneceu em refluxo por aproximadamente 1 h e 30 min. Após este período, os cartuchos ficaram suspensos acima do nível de éter por cerca de 30 min, de modo a escorrer o excesso de solvente. Por fim, foi fechada a válvula do condensador e o solvente evaporado não retornou mais aos *reboilers*, sendo recuperado num reservatório. Após a evaporação do éter, os *reboilers* contendo o extrato etéreo foram levados a estufa à 70 °C, por aproximadamente 12 h, e o teor foi obtido por gravimetria.

Vale ressaltar que a polpa precisou passar por uma preparação antes do início do experimento. Amostras de polpa foram submetidas à secagem em estufa a 45 °C por cerca de 12 h, a fim de que fosse obtido um material seco para a realização da análise.

O material remanescente nos cartuchos – seco e desengordurado – foi armazenado para ser utilizado posteriormente nas análises de proteína bruta, fibra bruta e cinzas.

Figura 3.5 - Cartuchos contendo amostras (a) e aparelho de "Soxhlet" (b).



Fonte: Do autor (2019).

### 3.4.2. Proteína bruta

A determinação do teor de proteínas foi feita, indiretamente, pelo método de "Kjeldahl", que quantifica o total de nitrogênio contido na amostra. O nitrogênio presente nos alimentos, vem, majoritariamente, do grupo amino das proteínas, mas também pode ter outras fontes não proteicas.

O método de "Kjeldahl" é composto por três etapas, sendo elas digestão, destilação e titulação. As análises foram iniciadas envolvendo-se amostras de 0,1 g de matéria seca e desengordurada em papel manteiga, as quais foram transferidas para tubos de digestão. Aos tubos também foram adicionados 0,6 g de  $K_2SO_4$ , 0,3 g de  $CuSO_4$  e 5 mL de  $H_2SO_4$ . Em seguida, os tubos foram levados ao bloco digestor, onde foram mantidos a 400 °C até que a mistura contida neles estivesse incolor. Após a digestão das amostras, os tubos foram acoplados, individualmente, ao aparelho de "Kjeldahl", onde aconteceu a destilação da amônia. Adicionou-se a cada tubo, 15 mL de uma solução de NaOH 50% e posicionou-se na saída do condensador, Erlenmeyers contendo 10 mL de solução saturada de  $H_3BO_3$  e os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol, de modo que a amônia não se perdesse no ar por volatilização. Quando o Erlenmeyer atingia um volume próximo a 75 mL, a solução contida nele (inicialmente verde) era titulada com solução de HCl 0,02 N até que ocorresse a viragem de cor para vermelho.

Os cálculos para a obtenção do teor de nitrogênio foram feitos de acordo com a Equação (3.9) e, em seguida, utilizou-se o fator de conversão igual a 6,25 para obter-se o teor de proteínas.

$$N = \frac{14V_{HCl}N_{HCl}}{m_i} \times 100 \quad (3.9)$$

sendo  $N$  a porcentagem de nitrogênio,  $V_{HCl}$  o volume de ácido clorídrico gasto na titulação,  $N_{HCl}$  a normalidade da solução de ácido clorídrico e  $m_i$  a massa inicial de amostra.

### 3.4.3. Fibra bruta

O teor de fibra bruta foi obtido pelo método de Weende, o qual simula a digestão ácida dos alimentos que ocorre no corpo humano. Para isto, pesou-se 0,5 g de matéria seca desengordurada em tubos de digestão e adicionou-se 17,5 mL de solução de ácido acético 70%,

0,5 g de ácido tricloroacético e 1,2 mL de ácido nítrico. Os tubos foram fechados com varetas para refluxo e permaneceram no bloco digestor por cerca de 30 min após a ebulição. Por fim, a solução contida nos tubos foi filtrada à vácuo em cadinhos de fundo poroso forrados com lã de vidro. Os cadinhos permaneceram em estufa à 105 °C por aproximadamente 12 h e o teor de fibra bruta foi obtido por gravimetria.

#### 3.4.4. Cinzas

A determinação do teor de cinzas contido nas amostras foi feita por gravimetria. O procedimento iniciou-se com a pesagem de aproximadamente 1 g de matéria seca e desengordurada em cadinhos e baseou-se na incineração do material em chama, por alguns minutos, até que as amostras ficassem pretas. Em seguida, os cadinhos contendo as amostras foram submetidos a aquecimento em mufla, à 550 °C, até que o material ficasse branco acinzentado, sem pontos de carvão.

#### 3.4.5. Fração glicídica

A fração glicídica foi determinada por diferença, de acordo com a Equação (3.10), na qual os termos se encontram em base úmida, ou seja, com base na matéria integral.

$$\text{Fração glicídica} = 100 - (\%U + \%EE + \%PB + \%FB + \%C) \quad (3.10)$$

sendo %U o teor de umidade, %EE o teor de extrato etéreo, %PB o teor de proteína bruta, %FB o teor de fibra bruta e %C o teor de cinzas.

### 3.5. Análise Estatística

As análises realizadas durante o desenvolvimento deste trabalho tiveram o intuito de avaliar o efeito da secagem *foam mat* na qualidade dos pós produzidos, ou seja, desidratados nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Assim, para verificar o efeito da temperatura sobre as propriedades obtidas, uma análise estatística dos resultados foi conduzida por meio de análise de regressões, com intervalo de confiança de 95%, utilizando o software Statistica na versão 7.0.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Análises físicas e *bulk* dos pós de folhas e talos de cenoura

#### 4.1.1. Propriedades físicas

Na Tabela 4.1 são apresentados os valores médios obtidos para as propriedades físicas dos pós de folhas e talos de cenoura, em cada uma das temperaturas de secagem aplicadas (50, 60 e 70 °C).

Tabela 4.1 - Propriedades físicas dos pós de folhas e talos de cenoura obtidos em diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | Umidade (b.s.) (%) | $\rho_p$ (g.cm <sup>-3</sup> ) | HG (%)    | Razão de reidratação (-) | Tempo de reconstituição (s) | Solubilidade (%) |
|------------------|--------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|------------------|
| 50               | 11,82±0,15         | 0,38±0,03                      | 1,27±0,21 | 3,77±0,08                | 330                         | 66,67±11,11      |
| 60               | 6,15±0,61          | 0,39±0,01                      | 2,57±0,23 | 3,33±0,09                | 540                         | 70,81±14,52      |
| 70               | 8,07±0,38          | 0,34±0,06                      | 2,14±0,16 | 3,30±0,02                | 480                         | 76,83±7,88       |

Fonte: Do autor (2019).

Em relação ao teor de umidade, nota-se que todos os pós produzidos estão de acordo com a legislação vigente para a umidade em produtos de vegetais secos ou desidratados, a qual estipula um valor máximo de 12% (ANVISA, 2005).

Os resultados obtidos para massa específica não mostram uma tendência em relação à temperatura de secagem (na faixa avaliada). Quando comparados a outros pós, percebeu-se que a massa específica dos pós de folhas e talos de cenoura é baixa. Seerangurayar *et al.* (2017) reportaram valores entre 1,5 e 1,6 g.cm<sup>-3</sup> para pós de tâmara secos em camada de espuma por liofilização. Franco *et al.* (2016) encontraram valores entre 1,18 e 1,21 g.cm<sup>-3</sup> para de yacon desidratados por *foam mat drying* aplicando diferentes emulsificantes.

A higroscopicidade de um material tem relação com sua capacidade de absorver umidade do ambiente em que se encontra, sendo assim, ao analisar os resultados obtidos para esse parâmetro em conjunto com o teor de umidade (Tabela 4.1) percebe-se que quanto menor a umidade inicial do pó, mais umidade ele absorveu do ambiente, ou seja, maior foi o valor referente à higroscopicidade. Não obstante, é importante dizer que os valores aqui obtidos para esta propriedade são inferiores a valores encontrados na literatura, por exemplo, Jaya e Das (2004) apresentaram em seu estudo valores que vão desde 5,13% até 9,38%, para pós de sopa de tomate e café instantâneo, respectivamente. Segundo Seerangurayar *et al.* (2017), maiores

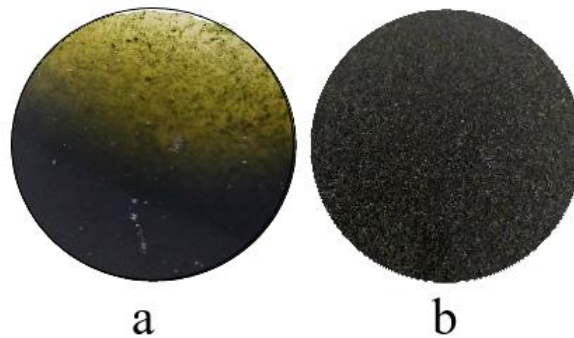
concentrações de determinados aditivos podem reduzir a higroscopicidade dos pós. Nesse caso, levanta-se a hipótese de que a incorporação de 10% (m/m) de Emustab à mistura possa ter relação com os baixos valores obtidos para os pós de ramas de cenoura, já que esse emulsificante possui compostos com longas cadeias apolares em sua composição.

Para a razão de reidratação foi obtido um maior resultado para o pó seco a 50 °C e houve uma diminuição com o aumento da temperatura de secagem, o que segundo Kakade e Hathan (2014), pode estar relacionado à maior ocorrência de ruptura celular em temperaturas mais altas, reduzindo a capacidade do material de absorver água. Nesse caso, a análise estatística mostrou que, para um intervalo de confiança de 95%, a temperatura de secagem influencia negativamente a razão de reidratação. Os valores obtidos para os pós de ramas de cenoura estão próximos do que Rajkumar *et al.* (2007) determinaram para pós de manga (4,46) e Ng e Sulaiman (2018) verificaram para pós de beterraba (de 5,50 a 8,15), ambos utilizando a técnica de secagem em camada de espuma.

Ao se analisar os resultados de solubilidade, levando em conta os valores médios e seus respectivos desvios, não é possível observar influência considerável da temperatura sobre esta variável. Os valores aqui obtidos variaram entre 66,67 e 76,83% e indicam que os pós de folhas e talos de cenoura apresentaram uma solubilidade razoável, sendo menos solúveis em água do que outros pós obtidos por secagem *foam mat*. Dantas (2010) encontrou resultados de 98 e 91% para pós de abacaxi e manga, respectivamente, Dieb *et al.* (2015) obtiveram valores entre 75,65 e 86,98% para pós de graviola e Franco *et al.* (2016) relataram valores entre 80,49 e 84,16% para pós de yacon.

O tempo de reconstituição é outra propriedade que está ligada à temperatura de secagem. Nesse caso, os pós obtidos em temperaturas mais altas demoraram mais tempo para se reconstituírem. No entanto, vale ressaltar que nenhuma das reconstituições formou soluções livres de partículas dissolvidas, assim como a polpa de folhas e talos de cenoura também não é homogênea, possuindo sólidos em suspensão, o que é mostrado na Figura 4.1, em comparação com uma das reconstituições. Diante disso, acredita-se que os tempos de reconstituição possam ter sido superestimados, pelo fato dessa ser uma análise bastante subjetiva.

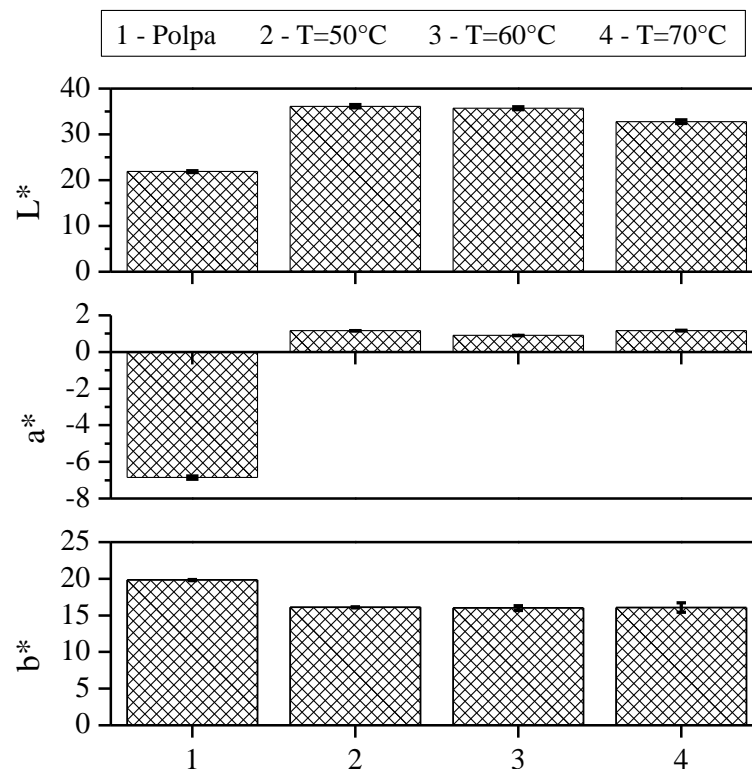
Figura 4.1 - Polpa de folhas e talos de cenoura (a) e reconstituição do pó obtido a 50 °C (b).



Fonte: Do autor (2019).

A Figura 4.2 mostra os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  obtidos para a polpa e para os pós desidratados nas diferentes temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C).

Figura 4.2 - Coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  para a polpa de folhas e talos de cenoura e pós obtidos nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.



Fonte: Do autor (2019).

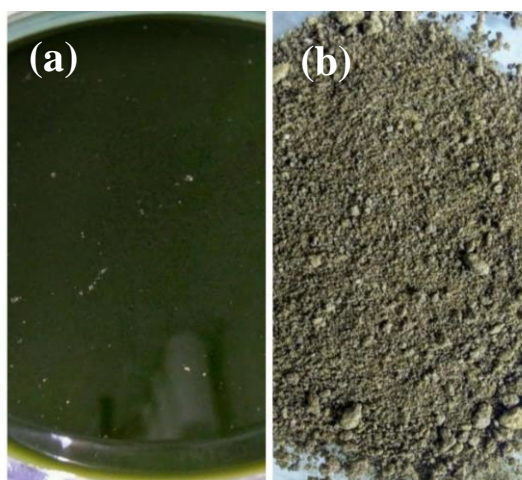
A coordenada  $L^*$ , que representa a luminosidade, passou por um aumento após o processo de secagem, o que fica nítido pela Figura 4.3. Em outras palavras, a polpa, que tem um valor mais baixo de  $L^*$ , é mais escura do que qualquer um dos pós, os quais apresentam

maiores valores de  $L^*$ . Além disso, observa-se que o pó obtido a 70 °C é o mais escuro entre os três analisados, enquanto os outros dois tipos têm valores de luminosidade bastante parecidos.

A coordenada  $a^*$  representa a transição entre as cores verde (-) e vermelho (+). De acordo com a Figura 4.2, há uma grande variação dessa coordenada entre a polpa e os pós, de forma que a polpa tem uma presença forte da cor verde, enquanto os pós tendem mais para a cor vermelha, o que é visto na Figura 4.3. Entre os diferentes pós não há grandes variações quanto a essa coordenada ( $0,9 \leq a^* \leq 1,2$ ). Nesse caso, percebe-se que a desidratação do material interferiu consideravelmente na coordenada  $a^*$ , o que pode ser devido à degradação da clorofila contida na polpa, uma vez que este é um pigmento de coloração verde presente em organismos fotossintéticos, e o aquecimento pode levar à sua degradação (MALHEIROS, 2007).

A coordenada  $b^*$ , que representa a variação entre azul (-) e amarelo (+), não sofreu alterações consideráveis em relação às diferentes temperaturas de secagem aplicadas ( $16,0 \leq b^* \leq 16,1$ ). Contudo, ocorreu uma ligeira redução da cor amarela, comparando-se a polpa com os pós.

Figura 4.3 - Polpa de folhas e talos de cenoura (a) e pó obtido a 50 °C (b).

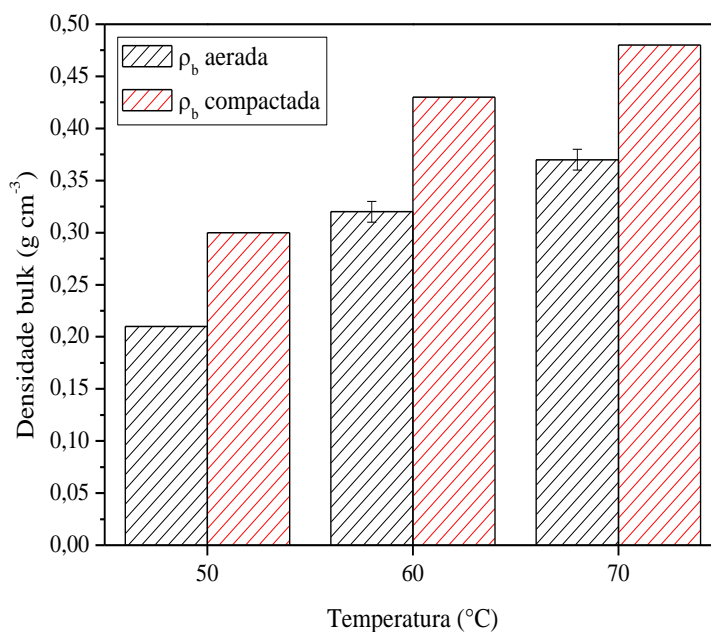


Fonte: Do autor (2019).

#### 4.1.2. Propriedades *bulk*

O gráfico apresentado na Figura 4.4 contém os resultados obtidos para as densidades *bulk* aerada e compactada, referentes aos leitos de partículas formados pelos pós desidratados em diferentes temperaturas.

Figura 4.4 - Densidade *bulk* aerada e compactada dos pós de folhas e talos de cenoura obtidos em diferentes temperaturas.



Fonte: Do autor (2019).

De maneira geral, as densidades *bulk* aerada e compactada seguiram a tendência de aumentar com o aumento da temperatura de secagem, fato que pode estar relacionado com parâmetros como teor de umidade (Tabela 4.1) e distribuição granulométrica dos diferentes pós. Além disso, como esperado, a densidade *bulk* compactada foi sempre maior do que a aerada. Nesse caso, a análise estatística corrobora com o que foi discutido, mostrando que a temperatura de secagem influencia positivamente as densidades *bulk*, considerando um intervalo de confiança de 95%.

A porosidade *bulk* média foi determinada a partir dos resultados de densidade *bulk* e resultou em valores iguais a 0,38, 0,18 e 0,03, para os leitos constituídos de pós desidratados a 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Diante disso, nota-se que leitos de partículas desidratadas a 70°C têm um maior grau de compactação, o que concorda com o fato desses mesmos leitos serem os mais densos, conforme a Figura 4.4.

Outro parâmetro obtido por meio dos resultados de densidade *bulk* foi o índice de Hausner, que teve valores de 1,43, 1,34 e 1,30 para os pós desidratados a 50, 60 e 70 °C, respectivamente. Pela classificação de Hayes (1987), é possível dizer que pós desidratados a 60 e 70 °C têm escoamento médio, uma vez que essa denominação é dada a pós que tenham índices de Hausner entre 1,25 e 1,40. Já o pó desidratado a 50 °C entra na classe dos pós coesivos (ABDULLAH; GELDART, 1999; HAYES, 1987). Essa característica também tem relação com



outros parâmetros, como teor de umidade, porosidade, densidade *bulk*, de forma que todas essas propriedades impactam umas sobre as outras.

#### 4.2. Análises centesimais da polpa e dos pós de folhas e talos de cenoura

Na Tabela 4.2 são apresentados os resultados obtidos para a composição centesimal da polpa de folhas e talos de cenoura e dos pós desidratados nas diferentes temperaturas. Os valores referentes à composição centesimal, exceto teor de umidade, foram convenientemente apresentados com base em matéria seca, a fim de eliminar a influência da grande diferença no teor de umidade da polpa e dos pós, sendo possível, dessa forma, comparar o teor das demais frações – extrato etéreo, proteína bruta, fibra bruta, cinzas e fração glicídica – na polpa e nos produtos desidratados.

Tabela 4.2 - Valores médios da composição centesimal da polpa de folhas e talos de cenoura e dos pós desidratados em diferentes temperaturas.

| Amostra     | Umidade (b.u.) (%) | Composição centesimal em base seca (%) |                |             |            |                  |
|-------------|--------------------|--|----------------|-------------|------------|------------------|
|             |                    | Extrato etéreo                         | Proteína bruta | Fibra bruta | Cinzas     | Fração glicídica |
| Polpa       | 92,19±0,14         | 1,52±0,19                              | 21,90±0,41     | 2,29±0,04   | 22,52±0,75 | 51,78            |
| Pó (T=50°C) | 10,57±0,12         | 22,15±0,77                             | 11,14±0,02     | 1,41±0,98   | 18,86±0,52 | 46,44            |
| Pó (T=60°C) | 5,79±0,54          | 21,07±1,48                             | 11,17±0,34     | 1,52±0,13   | 18,66±0,03 | 47,58            |
| Pó (T=70°C) | 7,47±0,33          | 20,39±0,91                             | 14,95±0,22     | 1,95±0,67   | 18,62±0,00 | 44,09            |

Fonte: Do autor (2019).

Ao se analisar os resultados obtidos para o teor de umidade em base úmida, percebe-se que a polpa apresenta um valor elevado, o que é explicado pelo fato dela ter uma consistência líquida, com sólidos dissolvidos. Quanto aos resultados obtidos para os pós, é notável uma grande redução no teor de umidade em comparação com a polpa, demonstrando que o processo de secagem em camada de espuma foi efetivo na retirada da água contida no material.

Em relação às demais frações que fazem parte da análise centesimal, pode-se dizer que, de maneira geral, a variação na temperatura do ar de secagem, na faixa avaliada, não teve grande influência nos resultados obtidos para os pós, de modo que a maior parte das variações encontram-se dentro da faixa de desvios experimentais. Esta influência pouco relevante da temperatura foi também percebida por outros autores, como Franco *et al.* (2016), que

analisaram pós de suco de yacon desidratados pelo método de camada de espuma na faixa de temperaturas de 50 a 70 °C.

O resultado obtido para o teor de extrato etéreo na polpa é baixo, o que é esperado para o caso de vegetais. No entanto, os valores relativos aos pós evidenciam um aumento do teor de lipídeos presentes no produto desidratado, o que pode ser explicado pela adição do Emustab como agente espumante. Nesse caso, isso acontece pois o emulsificante utilizado tem, em sua fórmula, monoglicérides como componentes majoritários.

Quanto ao teor de proteínas na polpa, o valor de 21,90% (b.s.) é equivalente a  $1,71 \pm 0,03\%$ , em base úmida, e é, portanto, próximo do que foi relatado por Melo e Faria (2014) para a análise das folhas e talos de cenoura *in natura* ( $1,56 \pm 0,11\%$ , em base úmida). Ao se analisar os resultados reportados por Storck *et al.* (2013) para o teor de proteínas de folhas e talos separadamente, percebe-se que as folhas têm mais proteínas do que os talos, tendo elas um teor de 2,82%, contra 0,83% nos talos. O resultado aqui obtido para a polpa encontra-se entre os valores anteriormente citados, o que é bastante razoável, uma vez que esta polpa é uma mistura das folhas e dos talos de cenoura. Além disso, uma observação válida é a de que a polpa de folhas e talos apresenta teor de proteínas maior do que a parte nobre da cenoura, já que, segundo Silva *et al.* (2016), a cenoura possui  $0,6 \pm 0,02\%$  de proteínas.

Ainda em relação ao teor de proteínas, quando se analisa os pós fica claro que houve uma redução desse teor, quando comparado ao que se tinha na polpa. A adição de 10% (m/m) de Emustab pode estar relacionada a esta redução no teor de proteínas pelo fato de este ser um aditivo pobre em proteínas, mas também pelo fato de ele ter um alto teor de gorduras, de modo que os valores das demais frações da composição centesimal tornam-se menos expressivos frente à alta quantidade de lipídeos.

No que diz respeito ao teor de fibra bruta, nota-se que o resultado obtido para a polpa foi menor do que valores encontrados na literatura para as ramas de cenoura *in natura*. Pereira *et al.* (2003) encontraram, para as folhas de cenoura,  $12,0 \pm 0,26\%$  de fibra bruta, em base seca; Storck *et al.* (2013) encontraram valores para as folhas e talos separadamente, sendo eles 1,58 e 2,00% (em base úmida), respectivamente. Sendo assim, a obtenção de um teor de fibra bruta igual a  $2,29 \pm 0,04\%$ , em base seca (equivalente a  $0,18 \pm 0,00\%$ , em base úmida), evidencia que houve perda de fibras do material ainda na preparação da polpa. Esta perda se deu na etapa do processamento das ramas em centrífuga para sucos, isso porque esse equipamento transforma a matéria-prima em uma polpa através da extração da parte líquida. Entretanto, a parte sólida, separada pelo equipamento, é a porção que geralmente contém as fibras alimentares insolúveis.

Em relação ao teor de fibra bruta encontrado para os pós, nota-se que houve uma redução pequena em relação à polpa. Sendo assim, supõe-se que essa diminuição seja causada pela adição dos 10% (m/m) de Emustab, já que este é um aditivo que não tem fibras a acrescentar à formulação.

O teor de cinzas, que representa a porção mineral do alimento, está apresentado na Tabela 4.2 e é equivalente a  $1,76 \pm 0,06\%$ , em base úmida. Este resultado é bastante próximo ao relatado por Storck *et al.* (2013) para as folhas e talos de cenoura *in natura* (1,71 e 1,67%, em base úmida, respectivamente). Vale ressaltar também que o teor de cinzas aqui encontrado na polpa de ramas é maior do que valores que outros autores relatam para a parte nobre da cenoura, por exemplo, Silva *et al.* (2016) encontraram  $0,8 \pm 0,0\%$  de cinzas na cenoura *in natura* (base úmida). Já em relação aos pós, percebe-se que houve uma ligeira redução no teor de cinzas em relação à polpa, contudo, não é notada variação expressiva entre os pós obtidos em diferentes temperaturas. Nesse caso, a adição de Emustab poderia ter levado a um aumento no teor de cinzas, por este emulsificante conter sódio, no entanto, a quantidade possivelmente não foi suficiente para causar alterações no conteúdo de cinzas do produto desidratado. Outra hipótese é que, apesar do Emustab ter acrescentado minerais à mistura, alguma etapa no processo de secagem da espuma pode ter ocasionado a perda desses compostos.

Por fim, o teor de fração glicídica obtido para a polpa de ramas de cenoura foi consideravelmente próximo do que é relatado por Pereira *et al.*, (2003) para folhas de cenoura ( $52,65 \pm 0,67\%$ , em base seca). No que diz respeito aos pós, sabe-se que a adição do Emustab à polpa poderia causar uma elevação no teor de fração glicídica, pois ele é um aditivo que contém carboidratos em sua composição. Entretanto, nota-se uma pequena redução desse teor nos pós, em comparação com a polpa, e supõe-se que o fato de submeter o material à secagem pode ter levado a reações de degradação dos carboidratos na presença de calor. Uma possibilidade é a reação de Maillard, uma reação de escurecimento não-enzimático que ocorre entre açúcares redutores e grupamentos amínicos, produzindo rearranjo complexo de açúcares e proteínas, e um dos fatores que favorece essa reação é o uso de temperaturas maiores que 40 °C (BRIÃO *et al.*, 2011; SHIBAO; BASTOS, 2011).

## 5. CONCLUSÕES

As diferentes análises realizadas neste trabalho para a obtenção de propriedades dos pós de folhas e talos de cenoura desidratados por secagem em camada de espuma resultaram em informações importantes a respeito da qualidade destes produtos.

Em relação às análises físicas dos pós, pode-se concluir que os valores de umidade encontram-se dentro do que é proposto pela legislação vigente ( $\leq 12\%$ ), uma vez que variam de 6,15 a 11,8 % (b.s.). Além disso, os pós de folhas e talos de cenoura apresentam também baixa massa específica ( $\leq 0,39 \text{ g.cm}^{-3}$ ), baixa higroscopicidade ( $\leq 2,57\%$ ), razões de reidratação comparáveis a valores da literatura (entre 3,30 e 3,77) e solubilidade razoável (entre 66,67 e 76,83%). Os tempos de reconstituição foram altos, especialmente para os pós desidratados em temperaturas maiores do que 60 °C e a análise de cor mostrou que os pós são mais claros e menos intensos na cor verde do que a polpa obtida do processamento das ramas em centrífuga. Quanto às propriedades *bulk*, é possível inferir que o aumento da temperatura de secagem dos pós implicou em maiores valores de densidade *bulk* (aerada e compactada) e menores valores de porosidade. Já os índices de Hausner classificam os pós secos a 60 e 70 °C como de escoamento médio e o pó seco a 50 °C como coesivo.

Em relação à análise centesimal, conclui-se que o processo de secagem em camada de espuma foi eficiente, pois reduziu consideravelmente a umidade dos produtos finais, tendo provocado alterações, também, nas demais frações da composição centesimal dos pós de folhas e talos de cenoura em comparação com a polpa. Os teores determinados para a polpa foram próximos de resultados descritos na literatura, com exceção do teor de fibra bruta, que é baixo quando comparado a estudos realizados com as folhas e talos *in natura*, devido ao processamento das ramas em centrífuga. Além disso, os teores de proteína bruta e cinzas na polpa são superiores a valores descritos por outros autores para a parte nobre da cenoura. Quanto à composição dos pós, não há influência considerável da temperatura de secagem, para a faixa de temperaturas estudada. Diante disso, quando compara-se os pós à polpa, nota-se um aumento considerável no teor de extrato etéreo e uma redução no teor de proteínas, possivelmente pela adição do Emustab como agente espumante, o qual é um emulsificante rico em lipídeos. Por fim, os teores de fibra bruta, cinzas e fração glicídica foram pouco alterados pelo processo de secagem.

Os resultados indicam que a secagem *foam mat* é eficaz para a desidratação das ramas de cenoura, podendo o processo ser conduzido em temperaturas próximas a 60 °C, de modo

que sejam obtidos pós promissores para futuras investigações a respeito da sua incorporação em formulações alimentícias.

## REFERÊNCIAS

- ABDULLAH, E. C.; GELDART, D. The use of bulk density measurements as flowability indicators. **Powder Technology**, v. 102, p. 151–165, 1999.
- AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997. **Diário Oficial da União**, 1997.
- AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União**, 2005.
- ALBINI, G.; FREIRE, F. B.; FREIRE, J. T. Modelagem e simulação da transferência de calor e massa: estudo de caso para secagem de grãos de cevada em leito fixo. In: ALBINI, G.; FREIRE, J. T. (Eds.). **Tópicos Especiais em Sistemas Particulados**. 1. ed. São Carlos: UFSCar, 2019. p. 91–116.
- ALTINO, H. O. N.; FERREIRA, M. DO C. Secagem em leito fixo e camada fina de materiais particulados biológicos. In: ALBINI, G.; FREIRE, J. T. (Eds.). **Tópicos Especiais em Sistemas Particulados**. 1. ed. São Carlos: UFSCar, 2019. p. 171–204.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, DC.
- BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of Process Parameters for Foaming of Bael (*Aegle marmelos* L.) Fruit Pulp. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, p. 1450–1458, 2011.
- BARROS, J. P. A. DE A.; FREIRE, J. T. Secagem em leito de jorro com agitador mecânico. In: ALBINI, G.; FREIRE, J. T. (Eds.). **Tópicos Especiais em Sistemas Particulados**. 1. ed. São Carlos: UFSCar, 2019. p. 1–31.
- BARROZO, M. A. S. **Transferência de calor e massa entre ar e sementes de soja em leito deslizante e escoamentos cruzados**. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 1995.
- BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito Da Desidratação Foam Mat Na Retenção Da Vitamina C Da Polpa De Cajamanga. **Alimentos e Nutrição - Brazilian Journal of Food and Nutrition**, v. 24, n. 2, p. 189–193, 2013.
- BRIÃO, V. B. *et al.* Cinética do escurecimento não-enzimático com soluções modelo de açúcares e aminoácidos em pH neutro e ácido. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, p. 87–93, 2011.
- CAMPBELL, C. H. Drying milk. **US Patent 1,250,427**, 1917.
- CAMPOS, M. M. DE. **Análise da Escoabilidade de pós**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2012.
- CAPARINO, O. A. *et al.* Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine “Carabao” var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 135–148, 2012.
- CARVALHO, H. M. G. **Cenoura “Alvorada”**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/2082005/cenoura-alvorada>>. Acesso em: 20 maio. 2019.
- CASTILHO JÚNIOR, O. M.; OLIVEIRA, A. P. DE. Caracterização físico-química da farinha da folha de cenoura (*Daucus carota*) e a aplicação na elaboração de produtos alimentícios.

- Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 2, p. 1098–1105, 2013.
- CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003.
- CHADE, J. **Combate à fome no Brasil se estagnou, diz ONU**. Disponível em: <<https://brasil.estadao.com.br/noticias/geral,combate-a-fome-no-brasil-se-estagnou-diz-onu,70002496919>>. Acesso em: 20 maio. 2019.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças - fisiologia e manuseio**. Lavras: Esal/Faepe, 1990.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Brasília: CNA, 2017.
- DALL'AGNOL, A. **Produção de alimentos e saúde da população**. Disponível em: <<https://blogs.canalrural.uol.com.br/embrapasoja/2017/06/13/producao-de-alimentos-e-saude-da-populacao/>>. Acesso em: 20 maio. 2019.
- DANTAS, S. C. DE M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - RN, 2010.
- DIEB, J. T. *et al.* Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido. **Revista Tecnologia & Informação**, v. 2, n. 2, p. 24–31, 2015.
- EASTMAN, J.; MOORE, C. Cold-water-soluble granular starch for gelled food compositions. **US Patent 4,465,702**, 1984.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos : princípios e prática**. Artmed Editora, SA, 2006.
- FITZPATRICK, J. J.; AHRNÉ, L. Food powder handling and processing: Industry problems, knowledge barriers and research opportunities. **Chemical Engineering and Processing**, v. 44, p. 209–214, 2005.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Perdas e desperdícios de alimentos na América Latina e no Caribe**. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 19 fev. 2019.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **O Estado da Segurança Alimentar e Nutricional no Brasil 2015**. FAO-Brasil, 2015.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **FAO apresenta avanços no combate às perdas e ao desperdício de alimentos**. Disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/1062706/>>. Acesso em: 12 maio. 2019.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL (FIB). Dossiê: Os minerais na alimentação. 2008.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL (FIB). Dossiê: Emulsificantes. 2015.
- FOUST, A. S. *et al.* **Principles of Unit Operations**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1980.
- FRANCO, T. S. *et al.* Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, p. 503–513, 2016.
- FREITAS, F. C. L. *et al.* Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da cenoura em função do espaçamento entre fileiras. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 473–480, 2010.

- GALDINO, P. O. *et al.* Drying kinetics of atemoya pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 672–677, 2016.
- GERMAN, R. **Particle Packing Characteristics**. Pinceton: Metal Powder Industries Federation, 1989.
- GONDIM, J. A. M. *et al.* Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825–827, 2005.
- GROPPER, S. S.; SMITH, J. L.; GROFF, J. L. **Nutrição avançada e metabolismo humano**. 5ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- HAYES, G. D. **Food Engineering Data Handbook**. New York: Wiley, 1987.
- JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 125–134, 2004.
- KACHAN, G. C. **Contribuição ao estudo da desidratação da pasta de tomate (*Lycopersicon esculentum*) em secador de leito de jorro**. Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 1998.
- KAKADE, S. B.; HATHAN, B. . Thin layer convective dehydration kinetics of beetroot (*Beta vulgaris* L.) leaves. **International Journal of Innovative Research in Technology**, v. 1, n. 4, p. 249–257, 2014.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, v. 64, p. 337–343, 1999.
- KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS. **Entendendo o Espaço de Cor L\*a\*b\***. 2018. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 20 junho. 2019.
- KUDRA, T.; RATTI, C. Process and energy optimization in drying of foamed materials. **Transactions of the Tambov State Technical University**, v. 14, n. 4, p. 812–819, 2008.
- LIMA, R. DE A. B. **Fluidodinâmica de leitos fluidizados e vibrofluidizados Operando com partículas planas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2009.
- MALHEIROS, G. C. **Estudo da alteração da cor e degradação da clorofila durante armazenagem de erva-mate tipo chimarrão**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2007.
- MALLOL, G. *et al.* Densification of monomodal quartz particle beds by tapping. **Chemical Engineering Science**, v. 63, n. 22, p. 5447–5456, 2008.
- MCCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering**. New York: McGraw-Hill, 1993.
- MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 93–100, 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gestao-de-residuos-orgânicos.html>>. Acesso em: 10 maio. 2019.
- MUJUMDAR, A. S. **Handbook of industrial drying**. 4º ed. CRC Press, 2014.



- NG, M. L.; SULAIMAN, R. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 88, p. 80–86, 2018.
- NUNES, G.; NASCIMENTO, B. S.; LIMA-CORRÊA, R. A. B. **Avaliação da secagem em camada de espuma no aproveitamento de folhas e talos de cenoura**. XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. **Anais**. São Paulo: Blucher, 2018
- PARK, K. J. B. *et al.* Secagem: Fundamentos Equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93–127, 2014.
- PEREIRA, A. V. **Caracterização e secagem de sementes de paço (*Setaria italica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP, 2010.
- PEREIRA, F. *et al.* Desenvolvimento de farinha de folhas de cenoura e aplicação na elaboração de produto alimentício. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 3, n. 2, p. 145–154, 2014.
- PEREIRA, G. A. M. **Avaliação de produção e florescimento de cultivares de cenoura em duas regiões distintas do alto Vale do Jequitinhonha, MG**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina - MG, 2013.
- PEREIRA, G. I. S. **Avaliação química e sensorial de queijo enriquecido com folhas de cenoura**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2002.
- PEREIRA, G. I. S. *et al.* Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 4, p. 852–857, 2003.
- RAJKUMAR, P. *et al.* Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 1452–1459, 2007.
- RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p. 275–283, 2012.
- RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of foamed biological materials: Opportunities and challenges. **Drying Technology**, v. 24, p. 1101–1108, 2006.
- SEERANGURAYAR, T. *et al.* Effect of carrier agents on flowability and microstructural properties of foam-mat freeze dried date powder. **Journal of Food Engineering**, 2017.
- SEHRAWAT, R.; NEMA, P. K. Drying of Mango Products. In: LAW, C. L. *et al.* (Eds.). **Processing and Drying of Tropical Fruits**. Singapore. p. 123–144.
- SELECTA SORVETES. **Emustab**. 2016. Disponível em: <<https://www.selectasorvetes.com/pt/produto/emustab>>. Acesso em: 10 março. 2019.
- SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v. 24, n. 6, p. 895–904, 2011.
- SILVA, A. C. B. *et al.* Qualidade nutricional e físico-química em cenoura (*Daucus carota* L.) in natura e minimamente processada. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 11, n. 2, p. 355–367, 8 jul. 2016.
- SILVA, G. O. DA *et al.* Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 80–83, 2012.
- SOUZA, D. S. *et al.* Estudo da cinética de reidratação do pó da polpa do abacate liofilizado. **Scientia Plena**, v. 7, n. 6, p. 1–6, 2011.

SOUZA, C. R. F. DE; MAQUES, P. S.; OLIVEIRA, W. P. DE. **Formação e caracterização de nanopartículas lipídicas sólidas redispersíveis contendo compostos bioativos de *Petiveria alliacea* L.** XXXVII Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. **Anais.** São Paulo: Blucher, 2015

STORCK, C. R. *et al.* Folhas, talos, cascas e sementes de vegetais: composição nutricional, aproveitamento na alimentação e análise sensorial de preparações. **Ciência Rural**, v. 43, n. 3, p. 537–543, 2013.

TEIXEIRA, L. J. Q. **Campos Elétricos Pulsados de Alta Intensidade no Processamento de Suco de Cenoura.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2008.

TEIXEIRA, L. J. Q. *et al.* Cenoura (*Daucus carota*): Processamento e Composição Química. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1–21, 2011.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, C. M. J. **Food Dehydration.** Avi Publishing Company, 1964.

VIEIRA, J. V.; PESSOA, H. B. S. V.; MAKISHIMA, N. **A cultura da cenoura.** Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999.

WANG, Y. *et al.* Microwave-Assisted Pulse-Spouted Bed Freeze-Drying of Stem Lettuce Slices-Effect on Product Quality. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, n. 12, p. 3530–3543, 2013.

WWF. Uma produção mais responsável no Brasil. **Agricultura e Alimentos**, 2017.