



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

DANIELE GOMES DA SILVA

SECAGEM DE ALIMENTOS:
UMA ABORDAGEM TEÓRICA

CAMPINA GRANDE – PB

2017

DANIELE GOMES DA SILVA

**SECAGEM DE ALIMENTOS:
UMA ABORDAGEM TEÓRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Profa. Dr. Ângela Maria Santiago.

CAMPINA GRANDE – PB

2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586 Silva, Daniele Gomes da.
Secagem de alimentos [manuscrito] : Uma abordagem teórica / Daniele Gomes da Silva. - 2017.
30 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Ângela Maria Santiago, Departamento de Química - CCT."

1. Liofilização. 2. Desidratação osmótica. 3. Secagem de alimentos. 4. Conservação de alimentos.

21. ed. CDD 664.028 4

DANIELE GOMES DA SILVA

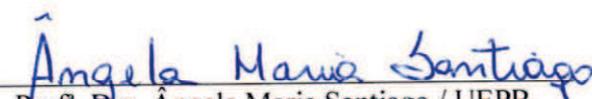
SECAGEM DE ALIMENTOS:

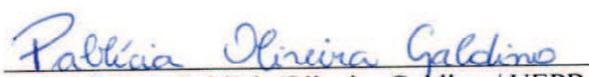
UMA ABORDAGEM TEÓRICA

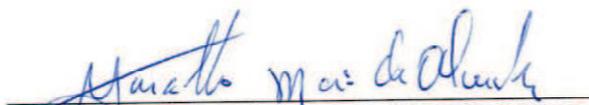
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 13/12/2017

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a. Dra. Ângela Maria Santiago / UEPB
Orientadora


Prof.^a. Dra. Pablícia Oliveira Galdino / UEPB
Examinadora


Prof. Dr. Marcello Maia de Almeida / UEPB
Examinador

A Deus, pois sem ele nada poderia fazer,
aos meus pais pelo constante apoio, ao
meu esposo pela compreensão e ajuda e
ao meu filho por ser a minha força na
conclusão deste curso.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que me concedeu a oportunidade de cursar esta graduação, e sempre esteve comigo nas horas mais difíceis dessa jornada; protegendo-me, dando graça e alegria para continuar.

Aos meus pais que sempre trabalharam muito para me proporcionar um futuro digno, sempre me ajudaram em tudo, estiveram presentes nos momentos mais difíceis desta graduação e me incentivaram a concluí-la.

Ao meu esposo que sempre foi compreensivo e me ajudou muito.

Ao meu filho que é o que me impulsiona a prosseguir e concluir mais essa etapa da minha vida.

A Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), que me proporcionou a oportunidade de formação profissional.

A minha orientadora Professora Dra. Ângela Maria Santiago pela sua grande ajuda e apoio.

Aos meus docentes que contribuíram para minha formação.

Aos colegas da sala de aula que me ajudaram direta ou indiretamente no término deste curso.

*“Quando, pois, tiveres comido, e fores farto,
louvarás ao Senhor teu Deus pela boa terra
que te deu.”*

(Deuteronômio 8:10)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma abordagem teórica sobre diversos mecanismos de secagem: secagem natural, secagem convectiva, desidratação osmótica e a liofilização. A secagem natural possui menor custo, porém não se tem um controle de variáveis importantes para obtenção de um produto seco com uma qualidade bem definida em relação as suas propriedades físicas e físico-químicas. Por outro lado, também não é possível manter o controle da presença de insetos e roedores influenciando diretamente na qualidade microbiológica do produto. A secagem convectiva por sua vez é mais dispendiosa, devido ao uso de secadores, mas conseqüentemente tem o controle dos parâmetros operacionais envolvidos no processo. A desidratação osmótica é usada como pré- tratamento para diminuição do tempo na secagem convectiva e do custo do processo, aumentando a eficiência do processo. As variáveis que influenciam na qualidade da desidratação osmótica são: temperatura, concentração das soluções desidratantes, espessura do alimento a ser desidratado, tempo de processamento e agitação. A liofilização é uma técnica de secagem onde se preservam em maior proporção as características nutricionais do alimento e as características sensoriais, pois este é congelado e imediatamente seco, evitando perdas durante o processo. Diante do exposto, o presente trabalho faz uma análise exploratória e descritiva de uma revisão bibliográfica sobre o tema abordado. Os estudos analisados mostram que a utilização dessas técnicas de secagem artificial apresenta como um grande aliado a conservação de alimentos e produção de novos produtos.

Palavras-chave: Secagem; Liofilização; Desidratação osmótica.

ABSTRACT

Among the various methods used in the industries and scientific researches for food preservation, this work presents a theoretical approach on several drying mechanisms: natural drying, convective drying, osmotic dehydration and lyophilization. Natural drying has a lower cost, but there is no control of important variables to obtain a dry product with a well-defined quality in relation to its physical and physicochemical properties. On the other hand, it is also not possible to maintain control of the presence of insects and rodents directly influencing the microbiological quality of the product. Convective drying in turn is more expensive, due to the use of dryers, but consequently has control of the operational parameters involved in the process. Osmotic dehydration is used as a pretreatment to decrease convective drying time and consequently process cost as well as increased process efficiency. The variables that influence the quality of the osmotic dehydration are: temperature, concentration of the dehydrating solutions, thickness of the food to be dehydrated, processing time and agitation. Lyophilization is a drying technique where the nutritional characteristics of the food and the sensorial characteristics are preserved to a greater extent, since it is frozen and immediately dry, avoiding losses during the process. In view of the above, the present work makes an exploratory and descriptive analysis of a bibliographical review on the topic addressed. The studies analyzed show that the use of these techniques of artificial drying presents as a great ally the conservation of food and the production of new products.

Keywords: Drying; Lyophilization; Osmotic dehydration.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 METODOLOGIA	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1. Secagem	11
3.2. Atividade de água e teor de água	11
3.3. Tipos de secagem	12
3.3.1. Secagem natural	13
3.3.2 Secagem artificial	13
3.3.3 Desidratação osmótica	14
3.3.4 Liofilização	15
3.4 Alterações dos alimentos causadas pela secagem	16
3.5 Estado da arte	18
3.5.1 Secagem natural	18
3.5.2 Secagem artificial	18
3.5.3 Desidratação osmótica	21
3.5.4 Liofilização	24
3.6 Alterações dos alimentos causadas pela secagem	25
4 CONCLUSÃO	26
5 REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Secagem é uma técnica bem antiga, já utilizada no tempo das cavernas. O homem primitivo enfrentava grandes problemas na busca pelo alimento, então precisava estocá-lo. Então percebeu que algumas frutas mesmo depois de secas ao sol ainda eram boas para consumo e as carnes demoravam mais a se deteriorar, isso ocorria, pois os microorganismos necessitam de água para suas funções vitais, bem como as reações químicas e as reações enzimáticas, logo, retirando a água livre do alimento, inibia a ocorrência desses três fatores, conservando-o por mais tempo. (DIONYSIO; MEIRELLES, 2003).

Hoje em dia esta técnica é muito importante, pois reduz o conteúdo de água do alimento prolongando sua vida útil; diminuindo seu peso e volume o que reduz custos de transporte e armazenamento; além de oferecer produtos com mais praticidade e diversificar a oferta de produtos (VASCONCELOS; FILHO, 2010).

Com os avanços tecnológicos na área de secagem, o mercado tem disponibilizado uma variedade de produtos desidratados, tais como frutas em pó, vegetais, hortaliças e molhos desidratados, tendo como exemplos: tomate seco em conserva, leite em pó, maçã desidratada, molho de tomate em pó, alimentos para bebês, temperos, etc.

Diante do exposto, este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica sobre o processo de conservação de alimentos (secagem), a partir do contexto teórico sobre secagem. E, também, de um levantamento bibliográfico de cunho científico sobre os diversos tipos de secagem citados no presente trabalho.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho foi a pesquisa qualitativa, visto que está consubstanciada na relação dinâmica entre o objeto e a subjetividade. No que tange ao objetivo trata-se de uma pesquisa exploratória, uma vez que a compreensão do tema proposto será realizada por levantamentos bibliográficos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Secagem

É uma técnica onde ocorre a remoção da água ou qualquer outro líquido contido no alimento por evaporação com transferência de calor e massa. Esta técnica vem sendo constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento (CELESTINO, 2010).

Seu principal objetivo é remover a água livre dos alimentos impossibilitando crescimento microbiano, reações químicas e reações enzimáticas, consequentemente aumentando a vida de prateleira do alimento. É necessária a presença de calor para que haja a evaporação da água contida no produto e um meio de transporte para retirar o vapor de água que se forma sob na superfície do alimento quando esta água é evaporada. O processo de secagem pode envolver três meios de transferência de calor são eles: convecção, condução e radiação (FIB, 2013).

3.2 Atividade de água e teor de água nos alimentos

Segundo Cunha (2016) a atividade de água é a água que está exposta no alimento ou disponível para que ocorra o desenvolvimento dos micro-organismo ou reações (enzimáticas ou químicas). Ou seja, é a água livre presente no alimento.

A disponibilidade da água nos alimentos dá condições para o crescimento microbiano, e a ocorrência de reações químicas e enzimáticas. Esta água está presente nos alimentos de duas formas, livre e combinada. Então, para assegurar o tempo de conservação do alimento e garantir sua qualidade é preciso ter o conhecimento do seu teor de água e da sua atividade de água.

Existem três formas de água no alimento:

- Água livre (disponível ou não ligada) é a água ligada mais fracamente ao substrato, está presente nos espaços intergranulares e entre os poros do material. É eliminada com facilidade. Atua como meio de dispersão e nutriente para o crescimento de micro-organismos ou reações químico-enzimáticas.

- Água adsorvida (hidratada) encontra-se na superfície das macromoléculas (amidos, pectinas, celulosas e proteínas) por meio de Força de Van der Waals e pontes de hidrogênio.
- Água ligada está combinada quimicamente com outras substâncias do alimento. Este tipo de água não é utilizada como solvente, não permite o desenvolvimento de microrganismos e é difícil de ser eliminada.

O teor de água é a quantidade total de água presente no alimento, ou seja, é a soma das três formas de água atuantes nele (água livre, combinada e adsorvida). Podemos expressá-la a partir da Equação 01:

$$\text{Umidade (\%)} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

P_i = Peso inicial da amostra;

P_f = Peso final da amostra.

Relacionando essas duas medidas, teor de água e atividade de água, têm a seguinte comparação, existem alimentos que possuem teor de água alto, como é o caso da melancia e do abacaxi e que não se estragam rapidamente, pois possuem uma proteção inerente a elas, que são as cascas, mas apresentam atividade de água relativamente baixa, só que, se cortá-las, então sua atividade de água aumenta e conseqüentemente sua deterioração será mais rápida. E existem alimentos com teor de água baixo que, por sua vez, se deterioram mais rapidamente como é o caso do óleo de amendoim, pois sua atividade de água é alta. Com isto podemos concluir que, o conhecimento do teor de água no alimento não é o suficiente para dizer se este é estável ou não, então é a atividade de água o parâmetro que define o tempo de conservação do alimento (FELLOWS, 2006).

3.3 Tipos de secagem

Existem vários tipos de secagem, exemplos: secagem natural, secagem artificial, liofilização e desidratação osmótica. As duas primeiras são as mais utilizadas hoje em dia.

3.3.1 Secagem natural

Consiste na exposição do alimento dispostos em bandejas aos raios solares. É um processo de baixo custo, já que só necessita do uso de bandejas, redes protetoras contra insetos e do sol, para que ocorra esse tipo de secagem. Os alimentos secos ao sol não possuem condições controladas como ar, temperatura e umidade, dependendo assim de fatores incontrolláveis e imprevisíveis como clima, insetos e roedores (só pode ser feita em dias quentes e tem que usar proteção contra insetos e roedores), e apresentam coloração mais intensa do que os desidratados artificialmente, portanto este método não pode ser utilizado em grande escala (FIB, 2013).

Entre os alimentos que podem ser submetidos à secagem natural estão as uvas, o coco, ameixas, tâmaras, figos, damascos, peixes, carnes, milho e feijão. O Processo de secagem natural acontece da seguinte forma, coloca-se o alimento sobre tabuleiros e em cima de um piso apropriado, capaz de reter calor e fazer com que o alimento perca água por aquecimento do piso (PUHL; NITZKE, 2010).

3.3.2 Secagem artificial

É uma técnica em que se utiliza equipamentos, para que a secagem seja mais rápida e eficaz, sem que ocorra interferência climática, esses equipamentos são denominados secadores (DOMÊNICO; CONRAD, 2015).

Esta técnica ocorre em condições controladas de temperatura, umidade relativa e velocidade do ar (CORNEJO et al, 2003).

O ar é o meio de secagem mais utilizado por ser abundante na natureza, por sua conveniência e também pelo seu controle no aquecimento. Esse possui duas funções no processo de secagem, conduz calor ao alimento fazendo com que sua água livre evapore para superfície, e ao mesmo tempo serve como veículo para transportar o vapor de água que é liberado pelo alimento. A velocidade de evaporação da água no alimento depende de três fatores: velocidade do ar, área superficial do alimento e sua porosidade (VASCONCELOS; FILHO, 2010).

De acordo com o mesmo autor, esse procedimento utiliza equipamentos, onde o alimento é colocado durante um tempo definido, processo chamado de batelada. Também existe o processo contínuo, onde o alimento úmido é colocado continuamente e o seco retirado continuamente do equipamento.

3.3.3 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica é um pré-tratamento obtendo-se produtos de umidade intermediária ou ainda aqueles onde se aplicam tratamentos como secagem, congelamento ou embalagem como tratamento final, na busca por sua maior conservação (EGEA; LOBATO, 2014).

De acordo com o mesmo autor, também chamada de impregnação e saturação, a desidratação osmótica é uma operação muito importante, pois além de aumentar a vida de prateleira dos alimentos perecíveis, os transforma em novos produtos com valor agregado. É um processo que consiste na imersão das frutas e hortaliças em solução hipertônicas com alta pressão osmótica.

A diferença de pressão osmótica que ocorre no sistema faz com que haja um fluxo de água do alimento para a solução e um fluxo contrário de solutos (em menor proporção) do xarope para o produto. Pode ocorrer também um terceiro fluxo da perda de sólidos do alimento para a solução que embora sejam insignificantes com relação aos dois fluxos principais, pode comprometer as qualidades organolépticas (cor, textura e aroma) e nutricionais (mineral e vitamina) do produto (GERMER et al, 2011).

Submergindo a fruta em uma solução concentrada, a água que equivale a mais de 50% do peso inicial da fruta, pode ser removida. Sendo assim facilita a secagem subsequente, pois diminui a carga no secador nesta fase. O produto obtido na desidratação seguida de secagem é diferente do produto que passa diretamente apenas pela secagem (GONÇALVES; BLUME, 2008).

Ocorrem mudanças químicas no alimento durante o processo de desidratação osmótica. Na medida em que ocorrem as transferências de água e solutos da solução osmótica ocorre também transferência de solutos naturais que saem do tecido do alimento para a solução hipertônica. Este processo entra em equilíbrio quando o potencial químico e a célula é alcançado (ANTONIO, 2002).

De acordo com o mesmo autor, o cálculo da perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS) do alimento durante o processo, são efetuados a partir das Equações 02 e 03:

$$PA = 100 \times \frac{(X_0 - X_t)}{M_0}$$

Equação 02

$$GS = \frac{(MS_t - MS_0)}{M_0}$$

Equação 03

Onde:

PA = perda percentual de água em relação à massa inicial (%);

X_0 = massa de água inicial do produto (g);

X_t = massa de água do produto a um tempo t (g);

M_0 = massa inicial do produto (g).

GS = ganho percentual de sólidos em relação à massa inicial (%);

MS_0 = massa seca inicial (g);

MS_t = massa seca em um tempo t (g);

M_0 = massa de produtos no tempo inicial (g).

As vantagens da desidratação osmótica são: diminuir o teor de água inicial do alimento, conservar as características sensoriais e nutricionais da fruta, e reduzir o tempo de secagem convectiva e os custos desse processo. A desvantagem é que ocorre uma permanência de uma fina camada de açúcar na superfície da fruta que é indesejável e dependendo da fruta pode se tornar rançosa e com um teor de umidade baixo (MENDES; et al, 2013).

3.3.4 Liofilização

É um tipo de secagem diferenciado, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, onde a água em estado sólido passa diretamente para o estado gasoso sem passar pelo estado líquido, ou seja, ocorre sublimação. Este processo tem o objetivo de estabilizar o produto reduzindo sua atividade de água, por meio de uma série de operações durante o processamento como: congelamento, sublimação, secagem a vácuo e armazenagem do produto. O resultado são produtos de qualidade superior, longa vida de prateleira e fácil hidratação (GARCIA, 2009).

O termo “liófilo” significa amigo do solvente o que explica as características dos produtos liofilizados, que são altamente higroscópicos e de fácil dissolução na água (TERRONI et al, 2011).

Nesta técnica empregam-se os processos “spray drying” e “freezedrying”. “São distintos entre si, o ‘spray drying’ consiste na atomização sob pressão, na presença de correntes de ar quente superaquecido, preserva-se o sabor do alimento, porém perdem-se substâncias voláteis neste processo. Já o “freezedrying” é fundamentado na dessecação por sublimação do gelo a vácuo (RIBEIRO, 2012).

Conforme este mesmo autor, o processo compreende três etapas básicas que são: congela-se o produto fresco, em seguida ocorre uma secagem primária ou sublimação, onde a água no estado sólido (gelo) é eliminada, e por fim ocorre a secagem secundária - após a eliminação total de gelo no produto, terminada a sublimação, inicia-se a secagem secundária ou dessorção. A água ligada por adsorção é eliminada por evaporação e vai diminuindo constantemente, mas sem nunca chegar à eliminação total. A temperatura nesta etapa pode variar entre 30° e 60°C, de acordo com o produto a liofilizar.

3.4 Alterações dos alimentos causadas pela secagem

De acordo com Santiago (2008), dentre as principais alterações, podemos citar aquelas relacionadas com o valor nutritivo e propriedades organolépticas (aroma, cor, sabor, odor e textura).

Em comparação com o produto fresco, o alimento seco apresentará um aumento na concentração dos nutrientes por unidade de peso, isso ocorre devido a perda de umidade deste alimento.

Espera-se que haja oxidação parcial e/ou quase total das vitaminas solúveis na água. A destruição das vitaminas decorre do cuidado no processamento do produto para a secagem, escolha do processo de secagem, do binômio tempo/temperatura, e do armazenamento do produto seco.

A riboflavina é pouco sensível, já a vitamina C e o caroteno são significativamente afetados pelos processos de oxidação. A tiamina é destruída pelos tratamentos com enxofre e sensível ao calor. O teor de caroteno e vitamina C são bastante afetados na

secagem ao sol. Os alimentos desidratados possuem uma retenção de vitaminas superior aos alimentos secos ao sol.

Para as proteínas, as perdas do valor biológico dependerão dos métodos de secagem. Esse nutriente pode ser afetado se o alimento for exposto a altas temperaturas por período prolongado.

Já com relação às gorduras a alteração é agravante, pois a rancidez em altas temperaturas é maior, logo se recomenda o uso de antioxidantes.

Nas frutas, os carboidratos apresentam problemas, pois ocorrem em grande quantidade. O escurecimento enzimático (Reação de Maillard), é um problema comum e pode ser prevenido com antioxidantes ou o branqueamento.

Se o alimento seco atingir teor de água abaixo de 6% não haverá escurecimento nele. Porém as frutas quando desidratadas atingem teor de água entre 20 e 25% e a reação de Maillard ocorre quando o produto desidratado possui teor de água entre 15 a 25%, logo recomenda-se usar o SO₂ (dióxido de enxofre), antioxidantes para evitar essas reações químicas e enzimáticas que provocam deterioração do alimento (SANTIAGO, 2008).

Os aspectos organolépticos como aroma, cor, sabor e textura, sofrem danos causados pelo calor. A textura é a mais susceptível de alteração, pelo fato das altas temperaturas provocarem mudanças físicas e químicas na superfície dos alimentos. A cor, por sua vez é alterada porque os pigmentos sofrem efeitos negativos devido à mudança na superfície dos alimentos e o uso do calor. Por causa da perda de alguns componentes voláteis, o sabor e o aroma, sofrem algumas alterações, os quais conferem o flavor característico de cada alimento (BEZERRA, 2007).

3.5 Estado da Arte

3.5.1 Secagem natural

Ricci et al. (2012), analisaram a viabilidade da secagem de frutas em secador solar com o uso do tratamento osmótico. Os autores usaram a banana (*Musa spp.*) em diferentes tratamentos osmóticos. Contendo água e sacarose, diferenciando-os com adição de sal (cloreto de sódio) e levadas ao secador solar. A banana desidratada apresentou uma perda de peso maior que 50% em relação ao seu peso inicial. As vantagens da desidratação observada foi praticidade, baixos custos e redução de volume no transporte, bem como o aumento na vida útil e as vantagens no armazenamento do produto, mantendo o alimento natural e saudável.

Weirich Neto et al. (2016) estudaram o desidratador de frutas com uso de energia solar direta, constituído de câmara de desidratação e câmara de captação de energia. Para tal estudo utilizaram a banana como produto a ser desidratado e como variáveis de resposta, observaram a temperatura externa e interna da câmara de desidratação e a variação do teor de água das bananas. Os autores observaram a correlação positiva entre a temperatura ambiente e da câmara de desidratação. O tempo de exposição da banana na câmara de desidratação para alcançar a condição da fruta passa variou de 18 a 24 horas. O desidratador se mostrou tecnologicamente funcional, mesmo em região de baixa disponibilidade de radiação solar.

3.5.2 Secagem artificial

Ugulino et al. (2006) estudaram a desidratação osmótica da polpa de jaca dura em fatias, utilizando uma solução de sacarose a 40 °Brix, com cozimento prévio e também sem o cozimento, com posterior secagem em secador de bandejas com circulação de ar, nas temperaturas de 45, 60 e 75°C. A avaliação sensorial foi feita com base na aceitação e aparência das passas nas diferentes temperaturas aplicadas. Trinta e cinco consumidores avaliaram as amostras. Os resultados obtidos mostraram que a passa tratada em solução de sacarose a 40° Brix, com cozimento prévio e seco à temperatura de 45°C foi a preferida pelos degustadores.

Oi (2011) estudou a viabilidade de secagem da biomassa da banana verde em uma unidade não comercial (experimental) de spray dryer com atomizador rotativo. As

variáveis selecionadas no procedimento experimental foram: o tipo do atomizador (tipo A, de orifícios na forma retangular com semicírculos nas extremidades e área total de 162,88 mm² e tipo B de orifícios de forma circular e área total de 254,47 mm²); a concentração da suspensão; a rotação do atomizador; a temperatura da alimentação e a vazão da alimentação. A temperatura da câmara foi fixada em 140°C com o ar a 0,013 kg/s. Realizaram para tal pesquisa 32 ensaios. Utilizaram a massa e a umidade relativa do produto como resposta. O ensaio número 13 apresentou as melhores condições das respostas, sendo obtido com o atomizador tipo B. Neste estudo ficou comprovada a viabilidade da secagem da biomassa de banana verde em spray dryer com atomizador rotativo.

Nóbrega (2012) estudou a secagem do resíduo agroindustrial da acerola em secador convectivo de bandejas sob condições controladas de temperatura de trabalho (60, 70 e 80°C), velocidade do ar (4,0; 5,0 e 6,0 m/s) e espessura do material (0,5; 0,62 e 0,75 cm), mediante aplicação de planejamento experimental do tipo fatorial 2³ + 3 pontos centrais. O presente estudo caracterizou o pó do resíduo de acerola como ingrediente com elevado potencial bioativo.

Kruger e Dalagnol (2014) estudaram a secagem do abacaxi em rodelas, que ocorreu com e sem pré-tratamento osmótico, o equipamento utilizado foi um secador de bandejas com convecção forçada. Na desidratação osmótica foi utilizada uma solução de sacarose nas concentrações de 30 e 45 °Brix, e ocorreu nas temperaturas de 60 e 70 °C. Realizaram análises do teor de umidade, fibras, proteína, acidez total titulável, pH, e açúcares totais, para determinação da caracterização físico-química do produto desidratado. Fizeram também análises microbiológicas de coliformes totais e termotolerantes, salmonella sp, mesófilos, bolores e leveduras. De acordo com os dados da perda de massa construíram curvas de secagem e analisaram a influência do agente osmótico e da temperatura. Concluíram que, levando em consideração a qualidade do produto final, as frutas secas pré-tratadas osmoticamente apresentaram uma boa estabilidade microbiológica, menor alteração na cor e as características nutricionais foram preservadas.

Telöken (2016) estudou a viabilidade tecnológica da utilização de micro-ondas doméstico para a desidratação da maçã em comparação ao emprego de secador de cabine. Para isso a autora utilizou anéis de maçã cv. *Fuji More* em secador de cabine nas temperaturas de 60, 65, 70 e 75°C e em micro-ondas nas potências de 160, 240, 320 e 400 W, com tempos definidos através das curvas obtidas em pré-testes. Foram feitas

análises físico-químicas de umidade, atividade de água, cinzas, pH, sólidos solúveis, lipídeos e acidez. Todos os tratamentos promoveram a redução da umidade e da atividade de água das maçãs para níveis seguros, com incremento dos teores de sólidos solúveis. Dos quarenta provadores não treinados 67% demonstraram preferência pela amostra obtida em secador de cabine e 33% pela amostra desidratada em micro-ondas. Conclui que a desidratação de maçã em micro-ondas é viável, porém, recomenda a continuidade de estudos que testem outras variáveis, bem como a realização de testes em cada modelo de equipamento por possuir uma distribuição da radiação e potências diferentes.

Engelhardt e Arrieche (2016) analisaram a secagem artificial das amêndoas, por convecção natural e forçada, utilizando quatro variedades de cacau. Avaliaram estatisticamente o ajuste das equações dos modelos de cinética de secagem, para as condições operacionais selecionadas, utilizando o cacau do tipo Comum, por secagem em secador túnel de vento. As amêndoas foram fermentadas durante dois tempos diferentes, 5 dias e 7 dias, e dispostas em camada única em cada equipamento: estufa de convecção natural, leito fixo por convecção forçada (escoamento perpendicular à camada) e secador túnel de vento (escoamento paralelo à camada), à temperatura de 70°C. Cada tipo de cacau mostrou características diferenciadas de composição, encolhimento, quantidade de polpa e tempo de fermentação. Além disso, o tempo de secagem também foi distinguível entre os tipos de secadores utilizados, com predominância no período de taxa decrescente de secagem em leito fixo, com escoamento perpendicular à monocamada, aproximadamente, em 900 minutos. O modelo de Brooker foi o que melhor se adequou aos dados de cinética de secagem.

Arrotéia et al. (2017), estudaram a cinética do processo de secagem da linhaça em dois sistemas: leito fluidizado e leito de jorro, nas temperaturas de 30, 40, 50 e 60 °C. Utilizaram na realização do processo de secagem uma velocidade equivalente a 1,567 m/s, usando o leito fluidizado, e para leito de jorro trabalharam com 3,318 m/s. O sistema que apresentou melhor eficiência em relação ao gasto de energia foi o leito fluidizado, enquanto que em relação ao tempo foi o leito de jorro com cone de 45°. Dentre as temperaturas estudadas, a secagem à 60 °C apresentou um menor gasto de energia e tempo, quando o objetivo foi atingir 8 % de teor de umidade.

3.5.3 Desidratação osmótica

Ferrari et al. (2005), estudaram a cinética de transferência de massa durante o processo de desidratação osmótica de cubos de melão de 20mm. As amostras foram imersas em soluções hipertônicas de sacarose ou maltose nas concentrações de 40 e 60° BRIX durante 8 horas com temperatura controlada (30 ou 40 °C) e agitação de 120 rpm. Estes autores avaliaram também a perda de água e a incorporação de sólidos na fruta no decorrer do processo em função da temperatura de tratamento, tipo e concentração das soluções. Puderam observar que, com a elevação da temperatura e da concentração da solução desidratante houve um aumento na perda de água, para todos os ensaios. Outra observação foi que, os ensaios com maltose resultaram em uma maior taxa de saída de água da fruta e menor ganho de sólidos.

Germer et al. (2011), avaliaram a influência da temperatura e da concentração do xarope de sacarose na desidratação osmótica de pêssegos cortados em metades e investigaram variações de propriedades físicas, químicas e dos parâmetros da desidratação osmótica (perda de massa e de água; incorporação de sólidos), e também o desempenho sensorial do produto. Utilizaram uma temperatura de 30 a 50 °C e a concentração da solução osmótica de 45 a 65 °Brix em um tempo de 4 h, variaram também o formato dos pedaços (metades). Os autores concluíram que nas temperaturas de 50 a 54,1 °C e concentrações da solução desidratante de 55 a 65 °Brix houve maiores perdas de água e melhores desempenhos sensoriais, sendo assim apontada como a região ótima de processo.

Duarte et al. (2012), estudaram a cinética e modelagem do processo de desidratação de fatias de jaca em geometria plana. A desidratação ocorreu em uma temperatura de 43 °C, com agitação, com o uso de solução de sacarose nas concentrações de 40 e 50 °Brix. Observaram que, ao final de 28,5 horas de processo, na solução de sacarose a 50 °Brix o valor da perda de água (68,5% b.u. 40,2% b.u.) foi ligeiramente superior ao encontrado para solução de sacarose a 40 °Brix (68,5% b.u para 43% b.u.). Ocorreu o inverso para o ganho de sólidos.

Souza et al. (2012), avaliaram a influência das variáveis de processo (concentração da solução desidratante, temperatura, espessura do corte) na desidratação osmótica da polpa do abacate. A concentração da solução de sacarose utilizada na desidratação foi de 30 e 60% p/p, nas temperaturas de imersão de 25 e 45 ° C, e espessura do corte do abacate de 0,5 e 1 cm. Tendo por variáveis de resposta a perda de

água (PA), ganho de sólidos (GS) e relação ganho de sólidos/perda de água (GS/PA) em 200 minutos de processo. Os resultados obtidos apontaram que ocorreu maior perda de água na menor concentração de sacarose (30%) e maior espessura (1cm). A espessura foi o parâmetro que mais influenciou o processo em relação às respostas (GS, PA e GS/PA) estudadas. A temperatura também obteve significância para a resposta GS/PA, e a concentração de sacarose não apresentou influência significativa, nas condições em que a pesquisa foi realizada.

Mendes et al. (2013), estudaram as melhores condições para a desidratação osmótica de laranjas, verificando as alterações nas características físico-químicas da fruta. Analisaram a influência dos fatores tempo, da concentração da solução, e proporção fruta (solução osmótica sobre o ganho de sólidos, a perda de água e redução de massa das laranjas desidratadas osmoticamente). Verificaram que os melhores resultados de desidratação osmótica foram obtidos utilizando uma solução de sacarose com concentração de 60 °Brix, na proporção fruta: solução de 1:3 durante 90 min. Verificaram também que as perdas de conteúdo fenólico e a atividade antioxidante foram menores que na secagem convencional, mostrando que o processo preserva as propriedades funcionais do produto.

Campos et al. (2014), avaliaram a influência de três concentrações de solução osmótica (40, 60 e 80 %) na desidratação de morangos, a influência do tempo de imersão dessa fruta e seu aromas nas respectivas soluções osmóticas por 60, 120 e 180 minutos em banho-maria, seguida de secagem em estufa à vácuo por 24 h a 65°C. Os autores concluíram que, o aumento da concentração da solução osmótica (80%) e o tempo inicial de imersão em banho-maria de 60 minutos implicaram em uma maior perda de água conseqüentemente maior perda de massa, sendo, portanto, o tratamento mais favorável para o processo.

Gonçalves et al. (2016) estudaram as características físico-químicas e funcionais da secagem das cascas e polpa da banana verde, através da modelagem matemática da perda de massa, submetendo a farinha obtida a análises de pH, teor de amido, lipídeos, proteína, açúcar redutor e total, umidade, cinzas, acidez titulável, cor e microscopia de varredura (MEV). As cascas e polpa da banana verde foram submetidas à secagem em estufa com temperatura controlada de 55, 65 e 75°C, pesadas de 20 em 20 min até o peso constante, após secas foram moídas para obtenção das farinhas e foram analisadas com intuito de caracterização físico-química e funcional. O modelo que melhor descreveu a secagem foi o modelo de Page.

Goetten et al. (2016) estudaram a desidratação osmótica de fatias de abacaxi (*Ananás comosus* (L.) Merr) da variedade Pérola como tratamento preliminar de secagem convectiva. A geometria do fruto utilizada foi a de um disco vazado com 5,0 mm de espessura. As fatias foram imersas em um béquer contendo o meio osmótico constituído por uma solução aquosa de sacarose comercial nas concentrações de 50 e 60 °Brix. O pré-tratamento foi realizado em duas diferentes velocidades de agitação (60 e 100 rpm) na temperatura de 40°C por um tempo imersão de 2 horas. Os resultados demonstraram que a umidade foi menor na maior concentração da solução, assim como também, a agitação foi estatisticamente menor a 50 rpm nessa mesma condição. Portanto, estes autores concluíram que, o tratamento osmótico para a secagem convectiva de fatias de abacaxi deverá ser utilizado com uma solução de 100 °Brix a 50 rpm de agitação, devido a redução do tempo de secagem e o consumo de energia durante o processo.

Júnior (2016) estudou a desidratação osmótica de figos verdes cortados transversalmente, utilizando-se sacarose com e sem emprego de pulso de vácuo. Foram utilizadas soluções osmóticas nas concentrações de 40, 50 e 60 °Brix à temperatura de 40°C com aplicação de pulso de vácuo (74 mm Hg) durante os primeiros 5 minutos, em tempo total de 240 minutos. Os fatores avaliados foram: temperatura (31,6 a 48,4 °C), a concentração da solução desidratante (46,59 a 63,41 °Brix) e o tempo de pulso de vácuo (0 a 40 minutos). Foram observadas maiores perdas de água e ganho de sólidos e menores valores de atividade de água do fruto com o aumento da concentração. A faixa de temperatura de 35°C com uma concentração de 60°Brix com aplicação de pulso de vácuo durante 32 min foram as que deram melhores resultados, fornecendo frutos com teor de umidade de 72,83% (b.u.) e teor de sólidos solúveis de 18,61°Brix.

Nunes et al. (2017), estudaram a influência da temperatura de secagem do resíduo de abacaxi sobre os parâmetros físico-químicos do mesmo. Os resíduos foram submetidos a secagem em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Foram realizadas as análises de teor de água, cinzas, pH, acidez, atividade de água, açúcares redutores e cor. Os valores encontrados para o resíduo in natura foram: teor de Água 82,35 g (100g⁻¹); cinzas 0,47 g (100g⁻¹); pH 4,18; acidez 0,69; atividade de água 0,98; açúcares redutores 12,73 g (100g⁻¹) e cor: L 38,10; a* 4,52; b* 19,60; Os resíduos secos demonstraram um aumento da acidez, do pH, dos parâmetros de cor e açúcar redutores com a elevação da temperatura apresentando o inverso para os parâmetros de atividade de água e teor de água, os teores de cinzas permaneceram estáveis como já era esperado.

Goncalves et al. (2017) realizaram um estudo cinético para determinar as condições de processamento ideal na elaboração de chips de cenoura utilizando secagem com circulação forçada de ar, visando um produto estável com qualidade nutricional. As rodelas de cenoura foram dispostas em bandejas forradas com papel manteiga e borrifadas, em ambos os lados, com azeite. Rodelas de cenoura sem azeite foram nomeadas como amostra controle. As bandejas foram colocadas em estufa sob diferentes temperaturas (60, 70 e 80 °C). A partir dos dados obtidos, observaram que as temperaturas de 70 e 80 °C foram eficazes para a secagem das rodelas de cenoura e a aplicação do azeite garantiu chips crocantes. Na temperatura de 70 °C o tempo foi menor (cinco horas) para obtenção dos chips. Os autores também concluíram que este tipo de secagem pode ser uma técnica adequada na obtenção de chips de vegetais proporcionando mínimas perdas nutricionais.

3.5.4 Liofilização

Oliveira et al. (2017) avaliaram o potencial antioxidante de frutas tropicais/regionais (caju, mangaba, jenipapo e sapota) em sistemas antioxidantes *in vitro* distintos. As polpas das frutas foram separadas de sementes e cascas e, liofilizadas para obtenção de extratos aquoso (EAq), etanólico (EEtOH) e metanólico (EMeOH). Foi determinado o conteúdo de fenólicos totais para cada extrato utilizando o reagente Folin Ciocalteu e avaliada a atividade antioxidante pelos sistemas modelo: varredura do radical DPPH e capacidade de redução do ferro (FRAP). O caju, a mangaba e o jenipapo foram as que apresentaram maior conteúdo de fenólicos totais e atividade antioxidante, evidenciando que os compostos fenólicos presentes nestas frutas contribuem significativamente na atividade antioxidante, assim sendo, tais frutas podem ser consideradas fontes naturais dessas substâncias, as quais poderão trazer benefícios à saúde de indivíduos.

Duarte et al. (2017) estudaram a obtenção de pós comestíveis a partir das polpas de marolo e cagaita (são frutos do Cerrado que possuem excelentes características nutricionais, mas são altamente perecíveis e não estão disponíveis em períodos de entressafra) liofilizadas e avaliaram os parâmetros físico-químicos (cor, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, matéria seca). Estes autores observaram uma queda no pH e consequente aumento da acidez titulável em ambos os frutos e o marolo mostrou-se menos ácido. Encontraram também valores médios de umidade de 1,4 e 6,7% para o marolo e cagaita liofilizados respectivamente, que o processo de liofilização das polpas

in natura preservou bem as características físico-químicas e que a cagaita liofilizada apresentou alta umidade.

3.6 Alterações dos alimentos causadas pela secagem

Rocha (2017) estudou a cinética de secagem, a modelagem matemática e a determinação de características físico-químicas e do efeito do processo no teor de macro e micronutrientes do fruto para o preparo do kiwi desidratado com possibilidade de comercialização. Utilizaram o kiwi descascado e fatiado com espessura de cerca de 7 mm, pré-tratado em solução osmótica de sacarose e seco em um secador de leito fixo. Os testes foram feitos em quatro temperaturas de 40°C, 50°C, 60°C e 70 °C com $\pm 3^\circ\text{C}$ e velocidade do ar de 2,1 m·s⁻¹. Com realação aos macronutrientes, houve aumento na concentração de alguns deles, tais como proteínas e lipídeos com a desidratação osmótica. A autora verificou na análise dos micronutrientes que o pré-tratamento osmótico proporcionou maior concentração de alguns minerais, tais como o potássio, fósforo e magnésio, observando dessa forma que tal tratamento corrobora para ganho ou perda de determinados nutrientes.

4 CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou uma análise do processo de secagem, o qual é uma operação extremamente utilizada na conservação de alimentos, e muito utilizada por pequenas, médias e grandes agroindústrias, minimizando perdas e agregando valores econômicos às frutas, hortaliças, farináceos, entre outros. A avaliação nutricional é importante como resposta às condições de secagem, sendo a temperatura e tempo de processo os principais parâmetros a ser considerados na preservação dos constituintes presentes nos alimentos.

5 REFERÊNCIAS

ANTONIO, Graziella Colato. **Influência da estrutura celular e da geometria da amostra na taxa de transferência de massa do processo de desidratação osmótica de banana nanica e de mamão formosa.** 2002. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002. Cap. 5.

ARAÚJO, Paulyanna Medeiros de. **Estudo da desidratação osmótica da cenoura (*Daucus carota* L.) em fatias.** 2010. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010. Cap. 8.

ARROTÉIA, D., Barbalho, B., Cara, G., Risóleo, V., Dos Santos, L., Testa, F., Condotta, R.. Estudo Do Processo de Secagem da Linhaça em Leito Fluidizado e em Leito de Jorro. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, 3, mar. 2017.

BATISTEL, Nathali Ribeiro. **Estudo de adequação de modelos termodinâmicos para a predição da atividade de água nos alimentos.** 2015. 35 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Cap. 6.

BEZERRA, Tânia Sulamytha. **Desidratação de Hortaliças: Aspectos Teóricos.** 2007. 53 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Tecnologia de Alimentos, Centro de Excelência em Turismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CAMPO, C. et al. Desidratação osmótica de morangos cv. Aromas. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20º, 2014, Florianópolis.

CUNHA, Humberto Vinícius Faria Da. **A diferença entre Atividade de Água (A_w) e o Teor de Umidade nos alimentos.** Food Safety Brazil – Segurança de Alimentos. Barbacena, Setembro de 2016. Disponível em <<http://foodsafetybrazil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nos-alimentos/#ixzz4zVenty8O>> Acesso em 26 de Novembro de 2017 às 01h57min.

DIONYSIO, R. B; MEIRELLES, F. V. P. Conservação de alimentos. Sala de Leitura. Rio de Janeiro: CCEAD PUC-Rio, 2003. Disponível em: http://web.ccead.pucRio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_conservacao_de_alimentos.pdf> Acesso em 29 de Agosto 2017 às 01h 50min
Disponível em: <<http://www.seer.ufv.br/seer/rbeq2/index.php/req2/article/view/240>>. Acesso em: 22 Nov. 2017.

DOMENICO, Camila Nicola Boeri di; CONRAD, Tais Maiara. Simulação de Processos de Secagem Através dos Modelos Matemáticos Exponencial e de Page. **Revista Eletrônica de Extensão da Uri**, Frederico Westphalen, v. 11, n. 20, p.134-146, maio 2015.

DUARTE, E.L. et al. Caracterização Físico - Química de Frutos do Cerrado Liofilizados. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR, 5., 2015, Bento Gonçalves. **Alimentação e Saúde**. Bento Gonçalves: Sbcta-rs, 2015. v. 5, p. 1 - 4.

DUARTE, M. E. M. et al. Desidratação osmótica de fatias de jaca. **Revista Ciência Agronômica**. Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 478-483, set, 2012.

DUARTE, Maria Elita Martins et al. Desidratação osmótica de fatias de jaca. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 3, p.478-483, set. 2012.

EGEA, Mariana Buranelo; LOBATO, Luciana Pereira. A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 73, n. 4, p.316-324, 30 nov. 2014.

ENGELHARDT, Bruna Angélica Severo; ARRIECHE, Leonardo da Silva. Análise da Secagem de Amêndoas de Cacau por Convecção Forçada A Partir de Diferentes Secadores. **Revista Brasileira de Engenharia de Produção**, São Mateus, v. 2, n. 2, p.18-26, 30 set. 2016.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Prática**. 2ª Edição, Porto Alegre: Ed. Artmed, 2006.

FIB - REVISTA FOOD INGREDIENTS BRASIL, n. 26, 2013. **Alimentos Desidratados**.

GERMER, Sílvia P. M. et al. Desidratação osmótica de pêssegos em função da temperatura e concentração do xarope de sacarose. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 2, p.161-169, dez. 2010.

GONÇALVES, Jacqueline Quixabeira et al. Secagem da Casca e Polpa da Banana Verde (*Musa acuminata*): Propriedades Físicas e Funcionais da Farinha. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 9, n. 3, p.62-72, 05 dez. 2016.

GONCALVES, Maria Arlene Sousa et al. Estudo Inicial da Cinética de Secagem de Cenouras Tipo Chips. **Revista Encontros Universitários da Ufc**, Ceará, v. 2, n. 1, p.5147-5147, nov. 2017.

KRUGER, Cíntia; DALAGNOL, Mayara Tramontin. **Desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem de abacaxi**. 2014. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

MELLO JÚNIOR, R. E. de. Desidratação osmótica de figo (*Ficus carica* L.) verde cultivado no sudoeste de Minas Gerais. 2016. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MENDES, Gabriela R. L. et al. Condições para Desidratação Osmótica de Laranjas e as Propriedades Funcionais do Produto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 11, p.1210-1216, ago. 2013.

MONNERAT, Sandra Mourão. **Desidratação Osmótica e Secagem Convectiva de Maçã**: Transferência de Massa e Alterações de Estrutura Celular. 2009. 158 f. Tese

(Doutorado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Cap. 6.

NÓBREGA, Erly Maria Medeiros de Araújo. Secagem do resíduo de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): estudo do processo e avaliação do impacto sobre o produto final. 2012. 134 f. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012.

NUNES, Jarderlany Sousa et al. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 1, n. 1, p.41-47, 16 mar. 2017.

OI, Ricardo Kenji. **Secagem da Biomassa de Banana Verde em Spray Dryer**. 2011. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Cap. 5.

OLIVEIRA, Anne Karoline de Souza et al. Avaliação do Potencial Antioxidante de Frutas Regionais em Distintos Modelo In Vitro. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ATIVIDADES FÍSICA, NUTRIÇÃO E SAÚDE, 3., 2017, São Cristóvão. **Anais...** . São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2017. v. 1, p. 1 - 1.

OLIVEIRA, Olivia Werner; PETROVICK, Pedro Ros. Secagem por aspersão (spray drying) de Estratos Vegetais: Bases e Aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p.641-650, set. 2010.

PATRÍCIA DE C. DAMY BENEDITTI (São Paulo) (Org.). Liofilização. **Unilago**, São José do Rio Preto, v. 1, n. 1, p.271-284, nov. 2013.

RIBEIRO, Pedro Francisco Folque de Almeida e Costa. **Processo de Liofilização de Produtos Alimentares Perecíveis**.2012. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2012. Cap. 16.

ROCHA, Luzimary de Jesus Ferreira Godinho. **Estudo da Secagem do Kiwi com Pré-tratamento Osmótico e seu Efeito no Teor de Macro e Micronutrientes do Fruto**. 2017. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, 2017.

SANTIAGO, A. M.. Apostila do curso de tecnologia de alimentos 2008 (Apostila).

TELÖKEN, Fabiane Taís. **Análise da Viabilidade Tecnológica da Desidratação de Maça em Aparelho de Microondas Doméstico**. 2016. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Engenharia, Universidade de Santa Cruz do Sul – Unisc., Santa Cruz do Sul, 2016. Cap. 5.

UGULINO, Sânia Mara Pereira et al. Avaliação da Aceitação de Passas de Jaca Elaboradas por Diferentes Tratamentos de Secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p.143-152, nov. 2006.

VASCONCELOS, Margarida Angélica da Silva; FILHO, Artur Bibiano de Melo. **Conservação de Alimentos**. Recife: EDUFRPE, 130 p., 2010

WEIRICH NETO, Pedro Henrique et al. Desidratador de frutas com uso de energia solar direta. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p.1-11, mar. 2016.

<http://www.ufrgs.br/alimentus1/objetos/veg_desidratados/secagem_sol.html> Acesso em 02 de Setembro de 2017 às 01h21min.

<<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/nutricao/processo-de-secagem-de-alimentos/26879>> (Acesso em 01 de Setembro de 2017 às 01h51min.

<www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/ler0140/secagem_alimentos.doc> Acesso em 29 de Agosto de 2017 às 03h10min.