

APLICAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA DE LEWIS NA SECAGEM DO GENBIGRE EM RODELAS E EM PASTA

Gabriela Miranda¹
Laura Danieli²
Lislei Gomes³
Lidiane de Cól⁴
Keila Daiane Ferrari Orso⁵

RESUMO

O trabalho tem como objetivo examinar a secagem do gengibre em pasta e em rodela com base em resultados obtidos perante três temperaturas distintas. As amostras foram secas em estufa nas temperaturas de 50, 75 e 100°C e os gráficos de curvas de secagem foram obtidos pela pesagem das amostras em conjunto com o vidro relógio onde estavam dispostas. O modelo matemático utilizado foi o de Lewis. Os resultados indicaram que, quanto maior a temperatura, menos linear era a curva de razão de umidade pelo tempo, visto que, com temperaturas maiores, a secagem do gengibre ocorre de forma mais rápida comparada às outras temperaturas.

Palavras-chave: Gengibre. Secagem. Modelagem matemática.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores geradores de produtos alimentícios do mundo. Sendo tal ramo industrial grande impulsionador da economia do país, tendo uma ampla movimentação na fabricação, exportação, além de promover aperfeiçoamento na linha produtiva (CUNHA; DIAS; GOMES, 2006). Segundo a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA, 2018), a indústria alimentícia teve aumentos significativos nos últimos anos, dispondo de um faturamento de cerca de R\$ 528,3 bilhões em 2018.

Recentemente, o gengibre tem sido grande foco em estudos, decorrente da alta aplicação comercial, na qual envolve a classe dos alimentos, como também dos cosméticos, fármacos e perfumes, pelo fato de sua elevada eficiência medicinal e terapêutica, utilizadas há muito tempo. No ramo alimentício, o mesmo é empregado como especiaria, aprimorando aroma e sabor, resultante de seus componentes característicos e aromáticos. No tocante aos constituintes

¹ Artigo desenvolvido na disciplina de Cálculo Numérico

² UCEFF Faculdades. Acadêmica do curso de Engenharia Química. E-mail: gab_-@hotmail.com.

³ UCEFF Faculdades. Acadêmica do Curso de Engenharia Química E-mail: laura-danieli@hotmail.com.

⁴ UCEFF Faculdades. Acadêmica do curso de Engenharia Química. E-mail: lislei1999@hotmail.com.

⁵ UCEFF Faculdades. Orientador. E-mail: lidiane@uceff.edu.br.

⁶ UCEFF Faculdades. Orientador. E-mail: keila@uceff.edu.br.

medicinais, este se deve ao fato de possuir poder anti-inflamatório, hipoglicêmico, antioxidante e antibacteriano.

No tocante ao gengibre, o mesmo dispõe de uma elevada quantidade de água, em torno de 80%, sendo assim, a secagem é altamente indicada para sua preservação, além da possibilidade de se dispensar o uso de refrigeração ao ser transportado. O gengibre é um alimento higroscópico, ou seja, tem facilidade em perder ou adquirir água para o meio onde está até obter o equilíbrio higroscópico, destarte, é imprescindível no conhecimento da secagem, visto que é possível estabelecer a quantidade de umidade mínima que pode haver no produto submetido a estipuladas situações do ar de secagem (ZANETTE *et al*, 2014).

Devido ao fato de não ser possível prever uma taxa de umidade padrão para misturas em equilíbrio, se faz necessário a determinação experimentalmente, obtendo medidas experimentais por meio da secagem e suas taxas, onde encontra-se curvas de secagem em função do teor de umidade, representando a transferência de calor e massa simultânea.

Durante a remoção da água do produto, é de suma importância a obtenção de informações teóricas, analisando o comportamento da amostra durante o período de secagem. Para esta simulação, faz-se necessário o uso de um modelo matemático baseado em variáveis como temperatura e umidade relativa do ar.

Os parâmetros dos modelos de secagem em camada fina são calculados em função das variáveis que influenciam a taxa de secagem. O emprego de modelos matemáticos nas simulações das operações de secagem tem amparado o esboço, o progresso, a análise e o aperfeiçoamento de secadores. Em geral, essas variáveis são sempre a temperatura e o teor de umidade inicial do produto (CARLESSO, 2007).

No caso da secagem do gengibre, a Modelagem Matemática mostra-se de suma importância, colaborando para o entendimento e demonstração de resultados de secagem através de determinado tempo, demonstrando a variação da massa e peso, além das características e propriedades do produto em questão, devido à perda de umidade.

Sendo assim, a questão problema analisada é: **Como a modelagem matemática auxilia na determinação da eficiência máxima da secagem de gengibre?**

Para desenvolver a problemática supracitada, o objetivo geral desta pesquisa é determinar em qual tempo e temperatura obtém-se o menor índice de umidade do gengibre, sem que haja significativa perda de suas propriedades organolépticas. Para alcançar este objetivo, foram desenvolvidos três objetivos específicos: a) realizar secagem de amostras de gengibre em rodela e em pasta; b) realizar a aplicação da modelagem matemática de Lewis, para determinação das

curvas de secagem; e c) comparar os dois formatos de gengibre e analisar em qual tempo e temperatura há um menor índice de umidade.

Assim sendo, o interesse pelo assunto se justifica pela importância que se deve dar no momento de formular um alimento, ou seja, elencando a este, qualidade e satisfação ao consumidor. Além de considerar a vida de prateleira do produto, que este possa ser conservado por mais tempo sem que transcorra sua degradação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GENGIBRE

De acordo com Vaz e Jorge (2006), o gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe) é uma planta herbácea oriunda do sudeste Asiático, podendo alcançar mais de 1 metro de altura, contudo, utiliza-se apenas o rizoma, isto é, sua raiz.

Rodrigues e Gonzaga (2001) também descrevem a planta portando “[...] caule articulado, rizoma horizontal, comprido lateralmente, com ramificações situadas num mesmo plano, digitiformes (mão de gengibre), no vértice das quais se encontram cicatrizes do caule foliáceo; de 14 a 16 cm de comprimento por 4 a 20 mm de espessura”. Além disso, existem distintos tipos de gengibre, sendo os mais comumente conhecidos o gengibre azul, branco e amarelo.

O gengibre tem alto valor no comércio exterior, sendo comercializado em suas principais formas *in natura*, em conserva, desidratado e cristalizado, posto que tem uma ampla utilização no ramo industrial, caracterizando-se por possuir um sabor forte e ardente. No ramo alimentício, está presente no Curry, uma especiaria indiana, no Ingwerbier, bebida alemã e no Ginger Ale, refrigerante comum nos Estados Unidos, Canadá, Japão e Inglaterra (PRATO, 2010).

Na composição do rizoma de gengibre é possível encontrar óleos essenciais, dentre eles zingerona, zingibereno, felandreno, canfeno, cineol, borneol e citral, bem como água, fibras e carboidratos. Tais óleos essenciais são grandes agentes antioxidantes, bem como apresentam poder anti-inflamatório, assim sendo, o gengibre é objeto de estudo como quimiopreventivo, uma vez que inibe o crescimento de células cancerígenas. Os mesmos também são eficazes contra gripes, resfriados, rouquidão, cólicas, náuseas, dentre outros. As principais formas de ingestão são como chá, pó e xarope. (CRISTOFEL, 2018).

2.2 CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS

As transformações nas medidas nutricionais e as melhorias ligadas a uma refeição saudável impulsionaram fortemente todos os departamentos encarregados pela elaboração de alimentos, recorrendo de possibilidades de modificação, preservação e mutação química dos mesmos (STAMFORD; FAI; STAMFORD, 2008).

A aplicação de conservação de alimentos vem sendo realizada desde a pré-história, quando o homem percebeu a indispensabilidade para a sobrevivência humana. Tal necessidade está associada ao caso de as matérias-primas serem provenientes de animais ou vegetais e, conseqüentemente, estão submetidos à maiores alterações. Essas modificações são desenvolvidas por diversos fatores, como físicos, químicos e biológicos. No entanto, a modificação de maior relevância é a microbiológica, pois altera as características físicas e, da mesma maneira, podem causar doenças, levando o indivíduo a óbito (VASCONCELOS; FILHO, 2010)

A demanda dos consumidores tem ampliado, sendo assim, mercadorias que mantêm por mais tempo suas propriedades naturais estão sendo as mais selecionadas. Em escala industrial, isto expressa a necessidade do aprimoramento nos métodos de conservação, visando a redução dos impactos inadequado da elaboração (PONTES *et al*, 2007).

A taxa de água presente nos alimentos é o fator dominante no que refere-se à contaminações, uma vez que, é o agente responsável pela decomposição por microrganismos, reações químicas e enzimáticas. Dessa forma, a água encontra-se nos alimentos de duas maneiras, sendo elas, água livre e água combinada, e a água total é a soma dos dois segmentos (CELESTINO, 2010).

2.3 SECAGEM

A secagem é uma operação unitária particularmente renomada, na qual a parte úmida do alimento diminui à medida que entra em contato com o ar aquecido. No instante em que se reduz a abundância de água, conseqüentemente da umidade, a vida útil do alimento aumenta e o volume diminui, auxiliando na transportaçã e manipulaçã do produto. (CELESTINO, 2010).

Todo processo que envolve calor, pode ocorrer a perda de algumas vitaminas, comprometendo assim a qualidade do produto. Todavia, vantagens podem ser conferidas, tais como prolongamento da vida de prateleira, aumento do valor comercial e praticidade na transportaçã, visto que o produto torna-se mais leve. Além de o processo de secagem ser mais

barato, não requer especialização de mão-de-obra e tem um custo reduzido de estocagem (CELESTINO, 2010).

Todo processo que envolva redução de água de um sólido pode ser classificado como secagem, indo de apenas uma exposição ao sol até processos mais aprimorados tecnologicamente, através da utilização de aditivos. Um exemplo clássico na indústria é o forno de secagem, no qual fontes de ar se originam naturalmente pela subida de ar quente, secando o produto disposto em formas.

2.3.1 Métodos de secagem

Existem dois métodos básicos de secagem: natural e artificial (ou desidratação). A secagem natural é a simples exposição do alimento ao sol, fazendo com que o mesmo retenha calor e perca água por aquecimento. O alimento é espalhado em piso apropriado por um determinado tempo, até que se obtenha o resultado desejado. É indicada principalmente para locais com ambiente seco, radiação solar favorável, desprovido de precipitações pluviométricas e preferencialmente com bastante vento no período de secagem. Este método é usado mais comumente em pequenas propriedades, uma vez que é bastante econômico devido ao trabalho ser apenas manual, sem uso de máquinas, porém lento.

Segundo Afonso Junior (1999) este método apresenta desvantagens que decorrem do intensivo uso de mão-de-obra, uma vez que as operações geram baixo rendimento e o processo é totalmente dependente das condições climáticas disponíveis.

A secagem artificial, também conhecida como desidratação, é comumente utilizada para secagem de alimentos e consiste em calor produzido artificialmente por estufas ou fornos. Tem como vantagens um maior controle de temperatura, umidade e corrente de ar, uma vez que as máquinas são programadas conforme a necessidade, além de ser relativamente mais rápido comparado à secagem natural. Como desvantagem tem apenas a necessidade de capital para maquinários e mão de obra especializada na maioria dos casos. (ZANETTE, 2014).

2.4 MODELAGEM MATEMÁTICA VOLTADA AO GENGIBRE

Existe um modelo matemático, aplicado por Lewis (1921) para o processo de secagem no gengibre, a fim de se obter uma constante de secagem (K), dada em gramas de água (umidade) por tempo de secagem ($\text{gH}_2\text{O}/\text{min}$). Dada pela equação 1:

$$RU = \exp(-kt) \quad (1)$$

Onde RU representa uma razão de umidade, K a constante de secagem, a qual se deseja, e t é o tempo dado em minutos. Para obter o valor de RU, utilizou-se a equação 2:

$$RU = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(inicial)} - X_e} \quad (2)$$

Na equação, X_{bs} representa teor de umidade em base seca ($\text{gH}_2\text{O}/\text{gsólido seco}$), descoberto em cada ponto tanto para o gengibre em rodela como para o em pasta, e X_e é o teor de umidade em equilíbrio, sendo este a última leitura registrada, pelo fato de ter sido com o menor teor de umidade.

$$X_{bs} = \frac{Múmida - Mseca}{Mseca} \quad (3)$$

3 METODOLOGIA

Esse trabalho se classifica como método científico dedutivo. De acordo com Gil (2008), o método dedutivo gera a partir do geral e desce ao particular, chegando a uma finalização. Inicia-se a partir de princípios assegurados como verdadeiros e incontestável, proporcionando alcançar conclusões de forma estritamente formal, ou seja, em razão apenas de sua lógica.

No que diz respeito ao nível de pesquisa, esse trabalho se classifica como um estudo exploratório. Gil (2002) relata que a pesquisa descritiva tem por objetivo realizar um estudo e uma interpretação de fatos sem a interferência do pesquisador, em conjunto com as exploratórias, as quais geralmente enfocam na atenção com atividade prática.

O delineamento dessa pesquisa é denominado experimental. No conceito de Gil (2008), compreende em definir um agente de estudo, eleger as variáveis que são propícias de interferir no meio, determinar as formas de controle, além de que, analisar os resultados ocasionados pela variável. O autor também esclarece que “Quando os objetos em estudo são entidades físicas, tais como porções de líquidos, bactérias ou ratos, não se identifica grandes limitações quanto à possibilidade de experimentação”. Cabe levantar uma questão importante no tocante a este delineamento, visto que, dependendo de algumas características, é definido como pesquisa genuinamente experimental, levando em consideração a alteração das variáveis.

Referente ao instrumento de coleta de dados, fez-se um experimento em laboratório que consistia na secagem do gengibre, comprado no comércio local de Chapecó-SC no mesmo dia em que foi realizado a prática, sendo sobre duas formas: cortado em rodela e em pasta, ralado num ralador manual. Após isso, colocou-se em dois vidros relógio de peso 74,43g e 50,29g

respectivamente. Posteriormente, foi colocado ambos na estufa e submetidos a secagem nas temperaturas de 50, 75 e 100 °C.

As amostras ficaram em estufa por 3 horas, no total. Foi realizada a pesagem de 30 em 30 minutos em cada estágio de temperatura e para cada amostra. Para esta análise gravimétrica (perda de massa), necessitou-se colocar no dessecador até que as amostras diminuíssem sua temperatura para em torno de 25 °C. Após, obteve-se o valor de massa úmida ($\text{gH}_2\text{O}/\text{g}_{\text{massa seca}}$).

A prática foi realizada no laboratório de físico-química da Unidade Central de Educação Faem Faculdades (Uceff), iniciando no dia 04 de novembro de 2019, no período vespertino e noturno e com auxílio da laboratorista, e concluída no dia 07 de novembro de 2019. Foram realizados registros de imagens durante a realização dos testes.

A população deste estudo são todos os tipos de gengibres existentes. As amostras delimitam-se a 240 g de gengibre, sendo 40 gramas para cada amostra, em cada temperatura. A abordagem nesta pesquisa classifica-se como quantitativa, pois os dados analisados foram coletados por expressões numéricas.

O modelo matemático utilizado nesta pesquisa foi o modelo exponencial de Lewis, que, análogo à lei de resfriamento de Newton, deriva do modelo semi-empírico, mantendo uma proporção entre a diferença de teor de umidade do produto e o seu respectivo teor de umidade de equilíbrio, trazendo uma relação funcional entre a constante de secagem k e a temperatura.

De acordo com Lewis (1921), o movimento de líquido ou vapor em um sólido durante o período de secagem à taxa decrescente pode ser descrito utilizando-se a Lei de Newton para o resfriamento.

Seguindo o modelo de Lewis, encontrou-se, a partir da equação (2), os valores de RU, que consistem na razão de umidade, a qual considera os valores de X_{bs} e X_e . Após esses valores terem sido encontrados, foi possível criar os gráficos de RU em função do tempo, como também, em seguida foi possível encontrar os valores de k presente na equação de Lewis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Realizou-se a secagem do gengibre entre as temperaturas de 50, 75 e 100°C. No caso do gengibre em rodelas, mediu-se o diâmetro, com um paquímetro, de cada unidade antes e depois da secagem, para que ao final obtivesse uma média entre ambos. No tocante, a pasta, a qual foi ralada com ralador manual, foi pesada levando em consideração a massa que se tinha de gengibre em rodelas, sendo assim, 40 gramas para cada amostra. A massa obtida no decorrer do tempo foi pesada juntamente com os vidros relógio e, tendo-se o peso dos mesmos, descontou-se.

Na preparação das amostras, descascou-se e retirou-se os brotos dos gengibres que seriam usados. Utilizou-se em torno de 240 g de gengibre em todo o experimento, sendo 40 gramas do ralado e 40 gramas em rodela em cada faixa de temperatura.

As construções das curvas foram obtidas através de dados experimentais da umidade do gengibre em base seca (X_{bs} , $\text{gH}_2\text{O}/\text{g}_{\text{massa seca}}$) em função do tempo de secagem adquiridos nas diferentes temperaturas. O gráfico é dado em relação a umidade do gengibre, a qual foi obtida em cada instante em condição da base seca, a partir da equação 1.

4.1 TEMPERATURA DE 50 °C

Referente a primeira temperatura, 50 °C, a média adquirida da amostra em rodela antes da secagem foi de 2,13 cm de diâmetro e 1,79 cm de diâmetro depois da secagem. Sendo assim, denota-se que houve uma perda de água, a qual fez com que houvesse uma redução de tamanho das amostras, totalizando uma diferença de 0,34 cm. No caso da pasta, não foi possível considerar o tamanho posterior ao processo de secagem, com isso, considerou-se a massa inicial, esta de 40 gramas, e a final. As mesmas foram levadas a estufa já calibrada com a temperatura desejada, dessa forma, obteve-se o gráfico em função do tempo e da massa de gengibre.

Figura 1 - Estado inicial do gengibre antes da secagem para ambas as temperaturas



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

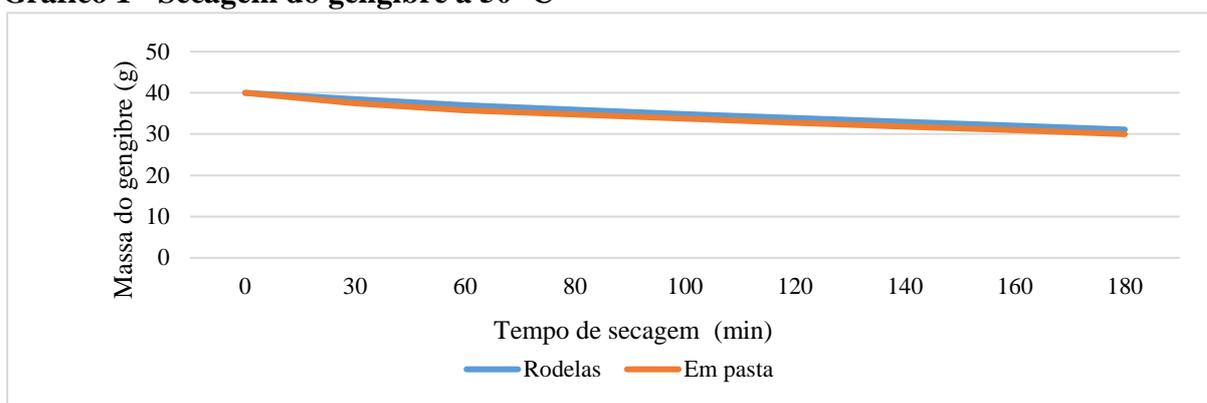
Figura 2 - Gengibre após secagem a 50 °C



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Comparando-se as duas fotos, nota-se que a amostra ralada possui uma coloração mais escurecida, intensificada, e a amostra em rodela sofreu ressecamento. Ou seja, após a secagem, ainda que mínima, denota-se uma ressecada nas mesmas, como também uma leve variação na cor. O Gráfico 1, de razão de umidade pelo tempo a 50°C.

Gráfico 1 - Secagem do gengibre a 50 °C

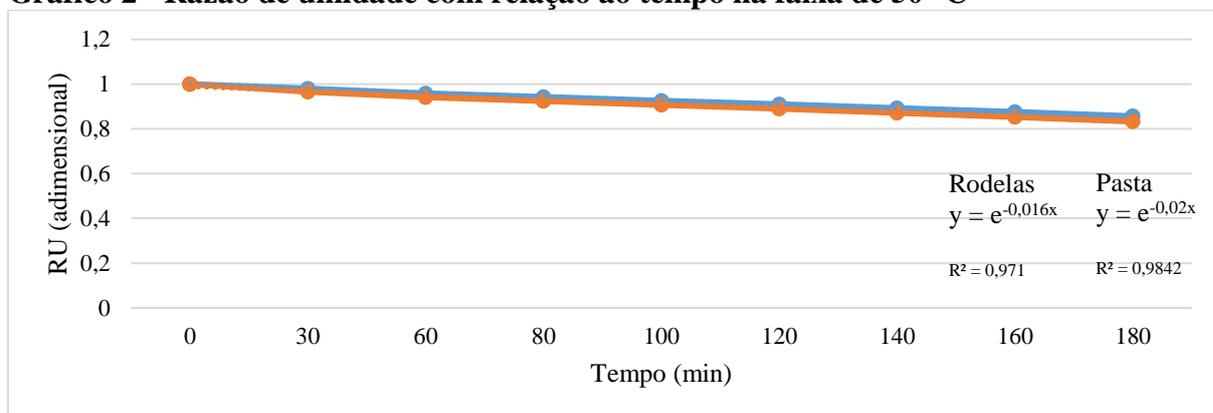


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Ao analisar o Gráfico 1, denota-se que, ao final do tempo, verificou-se uma massa de 31,1 gramas para a amostra em rodela e 29,98 gramas para a ralada, ou seja, evaporou 9,52 gramas e 10,17 gramas de água, respectivamente. Dessa forma, foi perceptível que não houve uma redução drástica, isso deve-se ao fato de a temperatura não ser consideravelmente elevada.

É notório que na amostra em pasta houve uma perda maior de água durante o processo de secagem, visto que a mesma estava mais dispersa, tendo uma maior área superficial de contato, facilitando a evaporação. Quanto ao aspecto visual, é possível visualizar pelos registros fotográficos a diferença antes e depois de entrar na estufa (Gráfico 2), bem como os locais onde reteve mais umidade.

Gráfico 2 - Razão de umidade com relação ao tempo na faixa de 50 °C



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

4.2 TEMPERATURA DE 75 °C

No tocante, ao diâmetro usado no de rodela, antes da secagem foi de 2,16 cm e após a secagem de 1,32 cm. Perceptível que, conforme aumentou a temperatura, a perda de água tornou-se maior, tendo uma redução de 0,84 cm no diâmetro, logo, maior quando comparada a temperatura de 50 °C.

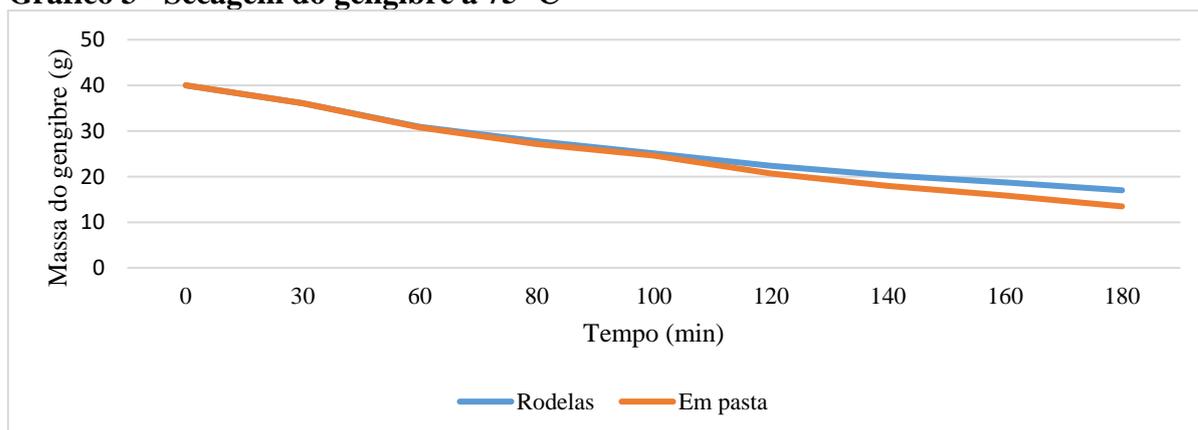
Figura 3 - Gengibre após secagem a 75°C



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

É evidente que houve uma variação no aspecto visual, aparentando estarem torrados. Também houve deformação nas amostras em rodela, diminuindo seu diâmetro, como também alteração da cor. O Gráfico 3 demonstra a razão de umidade pelo tempo a 75°C.

Gráfico 3 - Secagem do gengibre a 75 °C

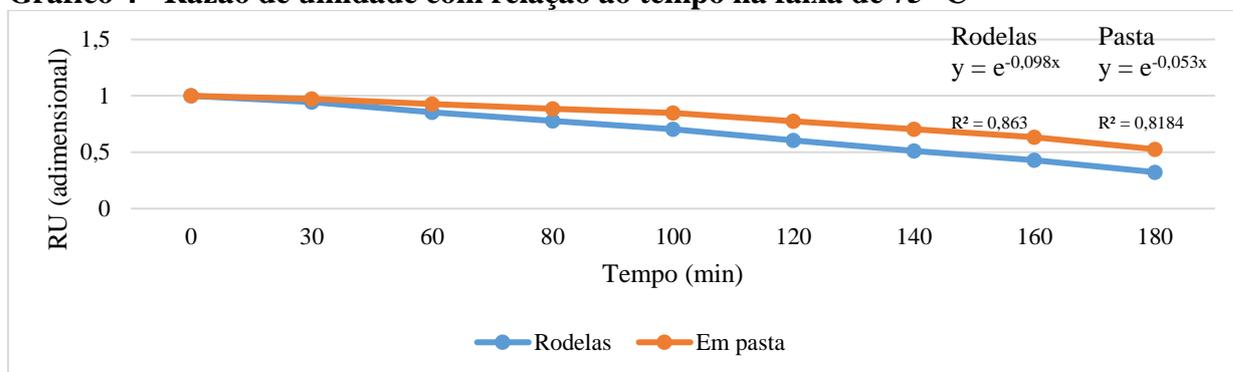


Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Ao avaliar os dados retirados do gráfico, obteve-se uma massa final de gengibre em rodela de 17,01 gramas e da pasta 13,48 gramas, assim sendo, evaporou 22,99 gramas e 26,52 gramas de água, respectivamente. Comparando com o gráfico da temperatura de 50 °C, sucedeu uma maior variação na redução de umidade. Inicialmente, como apresenta o gráfico, a redução de umidade foi quase a mesma entre as duas amostras, contudo, no decorrer do tempo, houve

uma maior redução de umidade no que diz respeito ao ralado. Referente à imagem coletada, a mesma é apresentada no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Razão de umidade com relação ao tempo na faixa de 75 °C



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

4.3 TEMPERATURA DE 100 °C

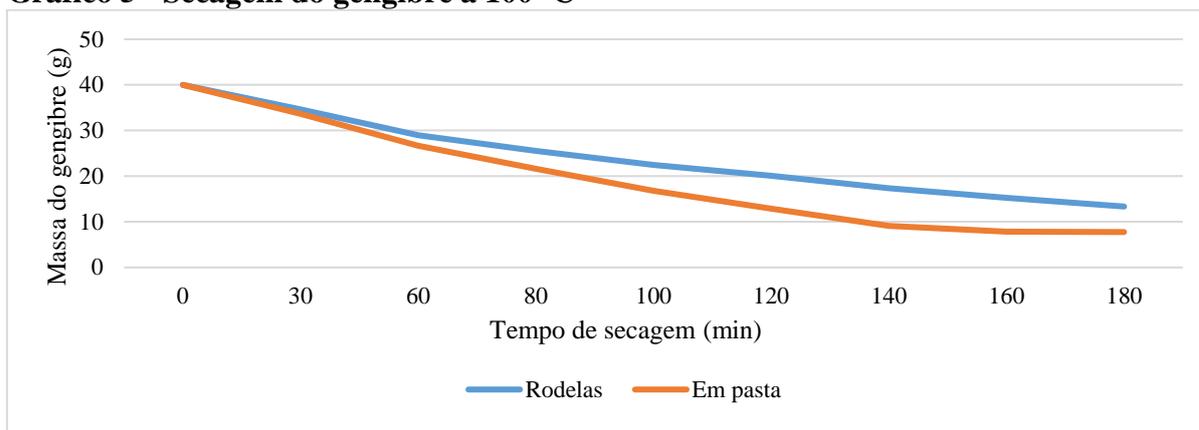
Para a secagem do gengibre na faixa de 100 °C, inicialmente o diâmetro médio das amostras em rodelas era 2,53 cm, posterior ao processo de secagem, o diâmetro reduziu à 1,52 cm, ou seja, houve uma redução de 1,01 cm. Dessa forma, transcorreu a variação mais elevada entre as temperaturas, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Estado do gengibre após secagem a 100 °C



Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Na temperatura de 100°C, a mais elevada do experimento em questão, nota-se que as amostras perderam uma quantia demasiada de água, visto que ambas as amostras terminaram com aspecto de torra. Também é possível observar que a redução de umidade foi maior no início do tempo e decaiu após 2 horas de secagem, ou seja, as amostras perderam uma grande quantia de água até 2/3 do tempo em estufa e, quando a quantia de água em ambas já era de nível baixo, a perda de umidade começou a diminuir, notando-se uma diferença pequena entre cada retirada da estufa.

Gráfico 5 - Secagem do gengibre a 100 °C

Fonte: Dados da pesquisa (2019).

Para a mostra em pasta, a massa final foi de 7,76 gramas, ou seja, reduziu 32,24 gramas, uma perda consideravelmente maior que em outras temperaturas, sendo a que mais se aproximou do equilíbrio de secagem.

Como esperado, a última temperatura, 100°C, foi a que obteve maior diferença entre o antes e o depois da secagem das amostras, ficando visivelmente notável a torra em ambas.

Por serem as amostras que mais se aproximaram do equilíbrio de secagem, ou seja, as que obtiveram o menor teor de umidade, assim sendo, menor massa úmida, considerou-se este como base para cálculo X_{bs} (equação 3), logo, não foi possível a construção do gráfico de RU.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se os objetivos pré-definidos, sendo estes, identificar em qual faixa de tempo e temperatura adquiriria o menor índice de umidade do gengibre sem que houvesse perda de suas propriedades organolépticas, assim como, obter as curvas de secagem e aplicar no modelo matemático de Lewis, conclui-se que foi possível alcançá-los, bem como, analisando os dados e valores adquiridos, é notório que com o aumento da temperatura, os valores de constante de secagem (k) tendem a aumentar, isso se deve ao fato de que, como esperado, a perda de água é relativa à temperatura, sendo assim, a temperatura de 100°C foi a que houve maior perda de umidade.

Quanto às curvas de secagem, as mesmas demonstram uma curva decrescente, comportamento esse decorrente da perda de massa de água gradativa. Com relação aos formatos definidos das amostras, constatou-se que na forma ralada se tem uma perda de água maior, visto que, a área superficial de contato também é maior.

Como sugestão de pesquisas futuras, sugere-se a verificação quanto à ocorrência ou não de perda das propriedades, tais como vitaminas e minerais, quando submetidas à secagem, e determinar quanto tempo o gengibre se manterá em conservação.

REFERÊNCIAS

- ABIA. **Faturamento**. 2018. Disponível em: <<https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2018.pdf>>. acesso em: 09 set. 2019.
- AFONSO JÚNIOR, Paulo Cesar. **Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão**. 1999. 5 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Viçosa, 1999. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v3n3/349.pdf>>. Acesso em: 25 nov 2019.
- CARLESSO, Vinicius de Oliveira. **Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo**. 2007. 10 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a05.pdf>>. Acesso em: 25 nov 2019.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>>. Acesso em: 20 out 2019.
- CRISTOFEL, C. J. **Influência dos parâmetros de secagem e formas de fracionamento na composição química do gengibre (*zingiber officinale roscoe*) desidratado**. 2018. 79 f. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência E Tecnologia De Alimentos) - Universidade Federal Da Fronteira Sul Campus De Laranjeiras Do Sul, Laranjeiras do Sul, 2018. Disponível em: <<https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/2308/1/CRISTOFEL.pdf>>. Acesso em: 14 out 2019.
- CUNHA, D. A.; DIAS, R. S.; GOMES, A. P. Uma análise sistêmica da indústria alimentícia brasileira. **Sociedade brasileira de economia e sociologia rural**. Fortaleza, 2006. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/5/482.pdf>>. Acesso em: 12 set 2019.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. - 4. Ed. - São Paulo: Atlas, 2002.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. - 6. Ed. - São Paulo: Atlas, 2008.
- LEWIS, W. K. **The drying of solid materials**. The Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 13, n. 05, p. 427-433, 1921.
- PONTES, S. F. O. *et al.* Secagem e avaliação sensorial de banana da terra. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**. 2007. Disponível em: <<http://deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev92/Art926.pdf>>. Acesso em: 20 nov 2019.

PRATO, T. S. **Influência da secagem sobre compostos medicinais e de pungência do gengibre**. 2010. 89 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São José do Rio Preto, 2010. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90778/prato_ts_me_sjrp.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 out 2019.

RODRIGUES, V. G. S.; GONZAGA, D. S. O. M. **Gengibre Zingiber Officinale Roscoe**. 2001. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/984005/gengibre-zingiber-officinale-roscoe>>. Acesso em: 14 out 2019.

STAMFORD, T. C. M.; FAI, A. E. C.; STAMFORD, L. M.; Potencial biotecnológico de quitosana em sistemas de conservação de alimentos. **Revista Iberoamericana de polímeros**. 2008. Disponível em: <<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/JUL08/fai.pdf>>. Acesso em: 14 out 2019.

VASCONCELOS, M. A. S.; FILHO, A. B. M. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/316/Cons_Alimentos.pdf?sequence=2>. Acesso em: 20 out 2019.

VAZ, A. P. A.; JORGE, M. H. A. N. **Gengibre**. 2006. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/pantanal/busca-de-publicacoes/-/publicacao/810406/gengibre>>. Acesso em: 14 out 2019.

ZANETTE, J. C. *et al.* Estudo da cinética de secagem do gengibre (Zingiber Officinale Roscoe). **XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química**. Florianópolis, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/chemicalengineeringproceedings/cobeq2014/0879-22883-140504.pdf>>.