

Desidratação de rodela de cenouras: avaliação dos pré-tratamentos na cinética de secagem e na qualidade do material produzido

Dehydration of sliced carrots, evaluation of pre-treatments on drying kinetics and quality of the material produced

Carlos Enrique de M. Jerônimo

Resumo - A preservação dos alimentos pela secagem é um dos métodos mais antigos de conservação e é até hoje utilizado pelo homem. Nos alimentos desidratados, devido a atividade de água reduzida, os microorganismos praticamente não se desenvolvem. Deste modo, a maioria das reações químicas e enzimáticas que provocam alterações nos alimentos serem inibidas. Os produtos agrícolas desidratados vêm nos últimos anos ganhando bastante espaço no mercado consumidor, principalmente os legumes e hortaliças. Neste trabalho, foi estudado o processo de desidratação de cenouras em secador de bandejas pré-tratados por processos de: secagem osmótica em solução de cloreto de sódio (5 e 10%) e xarope de sacarose (35 e 50°Brix), branqueamento com vapor d'água (100°C) e com pré-secagem instantânea a altas temperaturas (120 e 150°C). Além disso, foi avaliado o efeito da temperatura (70, 80 e 90°C) na secagem de rodela naturais. Em todos os ensaios foram determinadas as curvas de secagem, e a partir dessas ajustados modelos cinéticos que representassem o processo. Os materiais desidratados foram submetidos a análise sensorial de um grupo de 15 provadores, que avaliaram segundo uma escala hedônica de 1-9 os produtos a eles servidos. Dos resultados, o uso da desidratação osmótica com xarope além de acelerar a desidratação melhora os aspectos sensoriais do produto, em especial o tratado a 50°Brix. No que diz respeito às salmouras seu uso só prejudicou o processo, pouco influenciando na cinética e prejudicando o sabor. O efeito da temperatura é positivo, porém a níveis superiores a 90°C se tem perda nas características organolépticas. No caso do uso da secagem instantânea quando se retoma o nível de temperatura até 80°C se tem alta taxa de aumento na velocidade de secagem e não ocorrem perdas sensoriais. Além desse nível o material perde totalmente suas características. O uso do branqueamento provoca um retardo na desidratação, porém realça as propriedades organolépticas (em especial a cor) e diminui os efeitos do armazenamento no produto.

Palavras Chaves: preservação dos alimentos, hortaliças,

Summary - The preservation of foods by drying is one of the oldest methods of preservation and is today used by man. In dehydrated due to reduced water activity, food microorganisms hardly develop. Thus, most of the chemical and enzymatic reactions that cause changes in foods are inhibited. The dehydrated agricultural products come in recent years gaining enough space on consumers, especially the vegetables and vegetable market. In this work, the dehydration process of carrots was studied in pretreated trays by processes dryer osmotic drying in sodium chloride (5 and 10%) and sucrose syrup (35 to 50 ° Brix) bleaching vapor ' water (100 ° C) and instantaneous high temperature (120 and 150 ° C) pre-drying. Furthermore, the effect of temperature (70, 80 and 90) for drying natural slices was evaluated. In all assays were determined drying curves, and from these adjusted kinetic models that represent the process. The dehydrated materials were subjected to sensory analysis of a group of 15 tasters who assessed on a hedonic scale of 1-9 the products they served. From the results, the use of osmotic dehydration syrup further accelerating the dehydration improves the sensory aspects of the product, in particular treated to 50 ° Brix. With regard to their use pickles only hampered the process, having little influence on the kinetics and harming the flavor. The temperature effect is positive, however greater than 90 ° C loss levels has organoleptic characteristics. In the case of using the instant when resuming the drying temperature level at 80 ° C has a high rate of increase in the drying rate and sensory loss does not occur. Beyond this level the material completely loses its characteristics. The use of the bleach causes a delay in dehydration, but enhances the organoleptic properties (particularly the color) and reduces the effects of storage on the product.

Recebido em 05/07/2012 e aceito em 22/12/2013

Doutorado em Engenharia Química pela UFRN. Mestre em Engenharia Química. Engenheiro Especialista em Processamento de Petróleo pela UERJ e Engenheiro de Processamento da Petrobrás. Engenheiro Químico pela UFRN.

Endereço⁽¹⁾: R. Prof. Gerson Dumaresq, 259, Capim Macio, Natal - RN. E-mail: c_enrique@hotmail.com

Revista Verde (Mossoró - RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 09 - 17, dezembro, 2013 (N.T.)

Key words : food preservation , vegetables ,

INTRODUÇÃO

A desidratação é o processo pelo qual retira-se água de um determinado meio, no caso mais geral pelo uso de ar quente, podendo se usar meios osmóticos etc. Assim nos secadores convencionais, a água do alimento se transfere para o ar, menor potencial químico, e deixa o alimento seco.

As vantagens da secagem de alimentos são várias, entre as quais, temos uma melhor conservação do produto e redução do seu peso. Além de que por muitas vezes a secagem é mais econômica que outros processos de conservação.

Sabe-se que a umidade é necessária ao crescimento dos microorganismos; assim, se há uma diminuição acentuada do seu conteúdo, cria-se condições desfavoráveis para este crescimento.

A redução do peso (50-80%) é feita não só pela eliminação da água, mas também pela retirada de partes não comestíveis (casca, sementes etc). Além da redução do peso, há também redução do volume, o que terá importância na embalagem, no transporte e no armazenamento dos alimentos.

Alguns produtos quando submetidos a secagem mantêm intactas suas características física e nutritivas e, quando reidratados, retornam ao aspecto natural ou mudam bem pouco, como é o caso das cenouras desidratadas.

Nesse trabalho foi estudado o efeito de diversas formas de processamento (pré-tratamentos) para desidratação de cenouras, e obtenção de um produto em forma de chip's pronto para o consumo ou para uso na formulação de outros alimentos. Foi estudado o processo de secagem, a partir da determinação de curvas de secagem, e da qualidade sensorial dos produtos, avaliados por meio de uma análise sensorial comparativa.

A cenoura é uma planta hortense da família das Umbelíferas, cuja raiz – axial, tuberosa, suculenta, de sabor doce e agradável – é muito apreciada na arte culinária. Tem seu habitat nas regiões temperadas do globo terrestre.

A composição média da cenoura, BALBACH (1986), por 100 g é de:

- 50 calorias;
- 86,7% de água;
- 10,7% de carboidratos;
- 1,2% de proteínas;
- 0,3% de gorduras;
- 1,1% de sais.

A cenoura estimula o apetite e facilita a ação intestinal excitando a secreção da bílis. Recomenda-se o uso de cenouras uma vez que são muito ricas em caroteno, substância essa que no organismo se transforma em vitamina A, a protetora da vista.

No Brasil a produção anual é de cerca de 453.907 toneladas, dados do último Censo Agropecuário – IBGE (1996). Sendo um grande porcentual desperdiçada antes de chegar a mesa dos consumidores.

A desidratação osmótica é considerada uma técnica de pré-tratamento que possibilita a obtenção de produtos de alta qualidade através da remoção da água sem mudança de fase.

Esse processo consiste em colocar o alimento sólido ou cortado em pedaços em uma solução aquosa com uma atividade de água menor do que a do alimento. O gradiente de atividade da água que se forma entre o alimento e a solução hipertônica, provoca um mecanismo de transferência de massa entre a solução e o produto, LENART (1996).

Os dois principais fluxos são:

- O fluxo de massa de água que difunde de dentro da amostra na direção da solução.
- O fluxo do soluto da solução em direção ao produto. Esse fluxo possibilita a introdução de princípios ativos, agentes de preservação, qualquer soluto de interesse nutricional ou que melhore a qualidade sensorial do produto final. Esse fluxo é mais lento que o primeiro e é controlado pela seletividade da membrana celular.

Existe ainda um terceiro fluxo que está relacionado à saída de substâncias de baixo peso molecular (ácidos orgânicos, vitaminas, etc), que é quantitativamente desprezível em relação aos dois primeiros fluxos, mas que pode ter muita importância em termos nutricionais e sensoriais.

O processo de desidratação osmótica geralmente não produz produtos estáveis e deve ser usado apenas como um pré-tratamento antes de algum processo final como a secagem, congelamento, pasteurização, etc. O soluto introduzido durante o processo osmótico melhora a reidratação do produto e tem um efeito protetor sobre a estrutura natural do tecido, limitando assim o colapso e dilaceração do tecido vegetal quando este é submetido ao processo posterior



de interesse [TORREGGIANI (1993)].

As mudanças físico-bioquímicas que ocorrem devido à aplicação de calor às paredes celulares durante a desidratação de alimentos, são devidas à dissolução da pectina, que debilita a estrutura das células, resultando na sua desagregação. O produto perde a turgidez e torna-se menos crocante. Durante o processo de desidratação, a água intercelular é removida, resultando no colapso das paredes da célula. O colapso pode ser total e irreversível no caso de vegetais com alto conteúdo de umidade tal como o aipo, tomate e alface que têm paredes celulares muito frágeis. Por este motivo os produtos reidratados somente absorvem uma fração da quantidade original de água [JEN et al. (1989)].

Branqueamento Térmico

O branqueamento térmico é uma etapa muito importante na desidratação de vegetais. Esta operação detém o ataque de enzimas responsáveis por mudanças não desejáveis na cor, odor e textura e ajuda também na preservação do conteúdo de vitaminas.

O branqueamento pode ser realizado em água ou em salmoura (2,5% em peso), ferventes ou a uma temperatura próxima ao ponto de ebulição, ou em vapor vivo a 100°C.

O branqueamento a temperaturas maiores não é desejável devido ao efeito de cocção sobre o produto e além disto, a utilização de água pode dissolver algumas das substâncias minerais valiosas e vitaminas.

Pré-secagem a Temperaturas Altas.

Temperaturas altas (120-180°C) por tempos curtos foram usadas num secador pneumático como tratamento preliminar à secagem convencional, desenvolvendo produtos rígidos e porosos. Este método é possível com vegetais com alto conteúdo de amido (batata, cenoura, ervilha, batata doce) uma vez que as estruturas celulares contendo amido são importantes para conseguir a rigidez das paredes celulares na secagem [JAYARAMAN et al. (1982)].

Na secagem a temperaturas altas de produtos impregnados com biopolímeros forma-se uma película superficial rígida que é impermeável, conservando o flavor e voláteis do material. A película impermeável e condições de secagem extremas resultam numa rápida vaporização da umidade e causa grandes pressões internas resultando num produto expandido.

Se o produto se mantém intacto, terá uma longa vida útil e boas qualidades de reidratação. No entanto durante a etapa de expansão a pressão interna

pode causar fissuras na superfície, permitindo escape do vapor confinado no seu interior, perdendo sua impermeabilidade e reduzindo a expansão. [JEN et al. (1989); ACHANTA e OKOS (1996)].

MATERIAIS E METODOS

Matéria-prima

As cenouras adquiridas no comércio local eram padronizadas em lotes, com aproximadamente o mesmo comprimento, diâmetro e fornecedores.

Estas eram lavadas em água corrente e descascadas; em seguida cortadas em rodela de aproximadamente 2mm de espessura.

Branqueamento

As cenouras que deveriam passar pelo teste do branqueamento eram dispostas em peneiras, e submetidas ao banho de vapor d'água por 3 minutos. Em seguida deixava-se escorrer o excesso de água por 5 minutos, agitando periodicamente, para revirar as amostras. Após isso, era realizado o ensaio de desidratação no secador de bandejas.

Desidratação Osmótica

Com Solução de Sacarose

Prepararam-se xaropes, a quente, com concentrações de sacarose de 35 e 50%, aferidas pela medida e correção pelo índice de refração em sua escala de °Brix.

As rodela de cenouras eram imersas por 2 horas. Sendo feitas medidas de umidade antes e após a imersão. Após as duas horas, o material era escorrido e levado à secagem no secador de bandejas.

Com Solução de NaCl

Foram preparadas salmouras, a quente, com concentrações de 5 e 10%. As rodela foram imersas por 1 hora e em seguida levadas ao secador de bandejas. Foi determinado o teor de água antes e depois da imersão.

Pré-secagem Instantânea a altas temperaturas

A metodologia desse pré-tratamento consiste em iniciar a secagem à temperaturas elevadas, para que a evaporação da água livre e de superfície seja imediata, formando micróporos, que facilitam a saída da água interna, em seguida reduzindo drasticamente a temperatura para níveis usuais de secagem.

Após colocar-se a amostra na estufa, altera-se o set-point dessa para o nível mais baixo, na temperatura após reajuste do set-point com a cenoura natural. Figura 1 são mostrados os comportamentos da

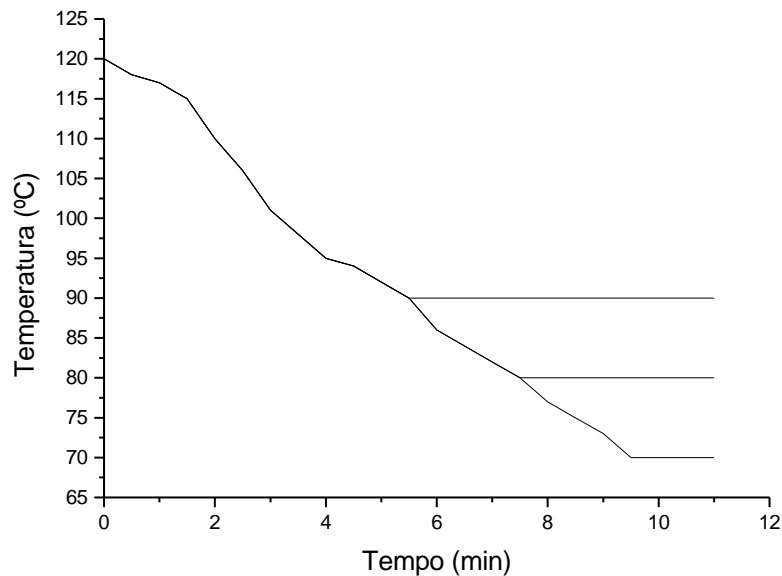


Figura 1: Perfil da queda de temperatura após inserção de cenouras na estufa (Temperatura inicial de 120°C)

Curva de Secagem

As cinéticas de desidratação foram obtidas em estufa com circulação de ar a 70, 80 e 90°C. O material era disposto em bandejas com malha fina, que possibilitam a passagem de ar sem interferências externas. O material era previamente pesado (aproximadamente 200g), em bandeja tarada, e acompanhava-se a evolução da perda de massa em intervalos regulares de tempo. A partir de um balanço de massa feito em termos dos sólidos presentes no material, previamente determinados, transformou-se os dados relativos a massa em termos de umidade, essa transformação foi realizada pela equação (1b).

$$M_i (1-U_i) = M_{(t)} (1-U_{(t)}) = M_s \quad (1a)$$

$$U_{(t)} = 1 - \frac{M_s}{M_{(t)}} \quad (\text{Base Úmida}) \quad (1b)$$

Para tratamento dos dados, segundo a convenção utilizou-se a umidade em termos de base seca, a relação é mostrada na Equação (2):

$$U_{(bs)} = \frac{U_{(bu)}}{1 - U_{(bu)}} \quad (2)$$

Onde: M- Massa; U – Umidade; bu – Base Úmida; bs – Base Seca; s- Sólidos & i – inicial.

Análise Sensorial

Os produtos eram servidos ao grupo de 15 provadores aleatórios, que dentre os atributos: cor, sabor, odor, aparência e textura, atribuíam notas de 1 a 9 segundo uma escala hedônica presente na ficha de avaliação. Os dados obtidos eram validados ou não, segundo uma análise de variância entre os provadores.

Teor de água e Sólidos

Amostras de 3-4 g pesadas em balança analítica (0,0001g) eram colocadas em pesa-filtros tarados, posteriormente secos em estufa com acompanhamento da massa até o peso constante.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Efeito da Temperatura

A velocidade de secagem mostrou um comportamento positivo ao aumento da temperatura.

Para quantificação desses efeitos e da velocidade da secagem, ajustou-se a cinética experimental a uma equação diferencial de primeira

ordem, onde a constante (K) presente na equação representa a velocidade específica de secagem.

Na Figura 2, são representadas as curvas de secagem para rodela de cenoura in natura.

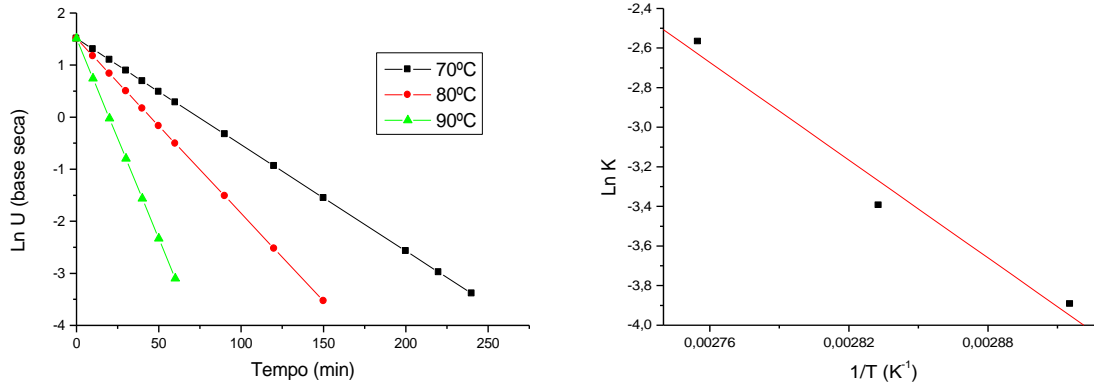


Figura 2: Efeito da Temperatura na Secagem de Rodelas de Cenouras In Natura.

Observa-se pelo ajuste da Lei de Arrhenius o comportamento padrão de aumento da constante cinética com a temperatura.

O aumento da temperatura, no entanto, é restrito pelos aspectos sensoriais. Na análise realizada, mostrada na Figura 3, observa-se que o

produto a 90°C nos atributos cor e textura sofre decremento no índice de aceitabilidade. Na temperatura de 80°C obteve-se os melhores resultados. Isto devido ao produto produzido a 70° ter um tempo maior de exposição ao calor se degradando mais

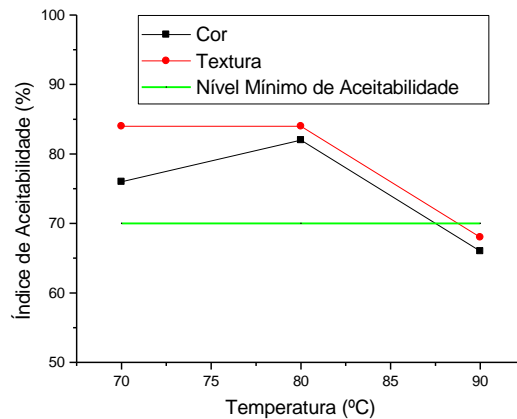


Figura 3: Efeito da Temperatura na Análise Sensorial.

Pré-desidratação Osmótica

Nos ensaios utilizando a pré-desidratação osmótica, houve uma pequena perda de umidade e um aumento de sólidos presentes na solução que migraram para o produto. Quando utilizou-se o açúcar como agente desidratante obteve-se diferenças

significativas na velocidade de secagem. Ao utilizar-se o sal a secagem nem foi favorecida e as características organolépticas foram prejudicadas. Na Figura 4, são representadas as curvas de secagem e na Figura 5 as análises sensoriais para ensaios a 80°C.

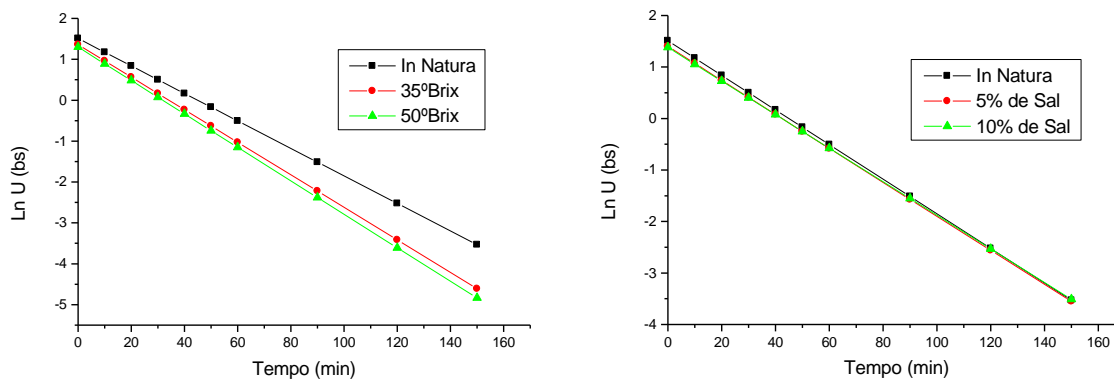


Figura 4: Efeito da Pré-desidratação Osmótica na Secagem a 80°C.

O comportamento é similar para os outros níveis de velocidade de secagem com o aumento da temperatura. Observa-se um pequeno aumento na concentração de açúcar no xarope.

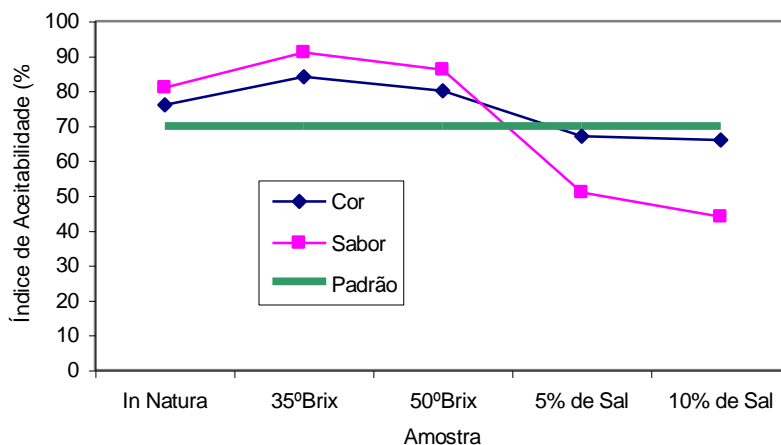


Figura 5: Análise Sensorial dos Produtos a 80°C.

Branqueamento

O processo de branqueamento utilizado realçou a cor dos produtos e não apresentou alterações significativas na cinética de secagem.

Pré-secagem Instantânea a altas temperaturas

Nos ensaios realizados com a variação de temperatura, observou-se um aumento bastante

significativo da velocidade de secagem, porém, restrito pela qualidade do produto. Na Figura 6 são representados os ensaios com temperatura inicial de 120 e 150°C e estabilizadas em 80°C. Comparando-se as curvas in natura observa-se um aumento bastante significativo. Na Figura 7 são mostrados os resultados sensoriais (cor e textura) gerais para as temperaturas de estabilização de 70, 80 e 90°C e iniciais de 120 e 150°C, comparando-se aos resultados para a cenoura desidratada na temperatura estabilizada do começo ao fim.

Recebido em 05 07 2012 e aceito em 22 12 2013

Doutorado em Engenharia Química pela UFRN. Mestre em Engenharia Química. Engenheiro Especialista em Processamento de Petróleo pela UERJ e Engenheiro de Processamento da Petrobrás. Engenheiro Químico pela UFRN.

Endereço⁽¹⁾: R. Prof. Gerson Dumaresq, 259, Capim Macio, Natal – RN. E-mail: c_enrique@hotmail.com

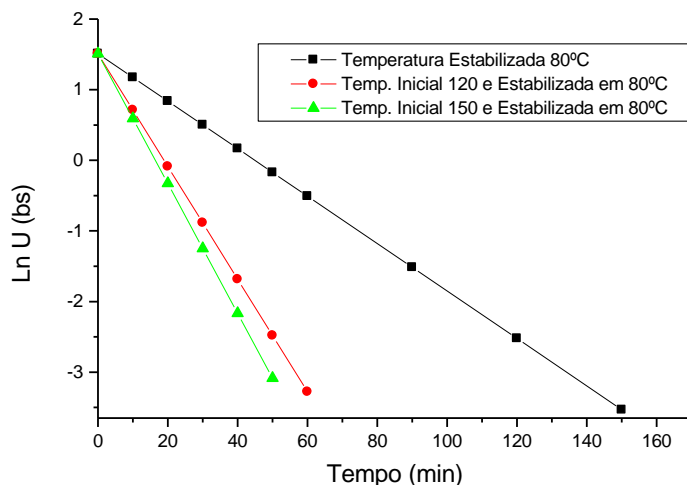


Figura 6: Curvas de Secagem com Pré-tratamento Térmico.

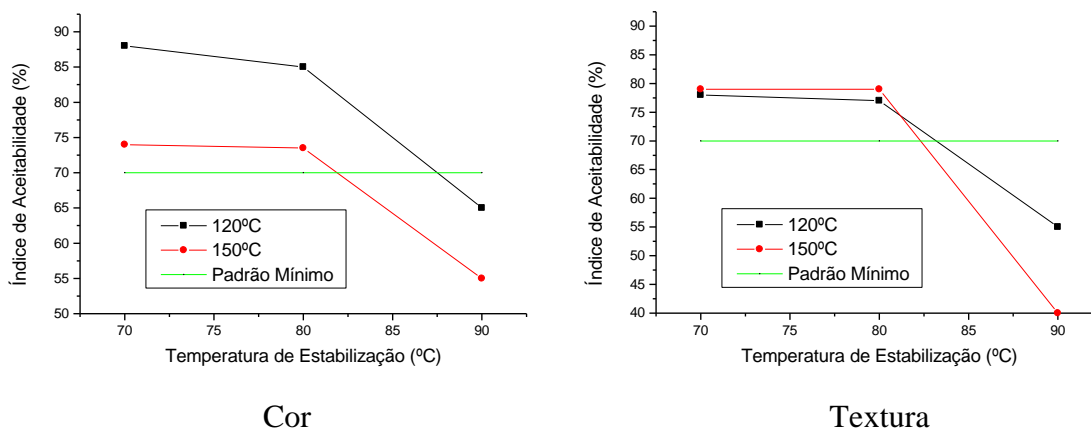


Figura 7: Análise Sensorial dos Produtos Submetidos ao Tratamento Térmico.

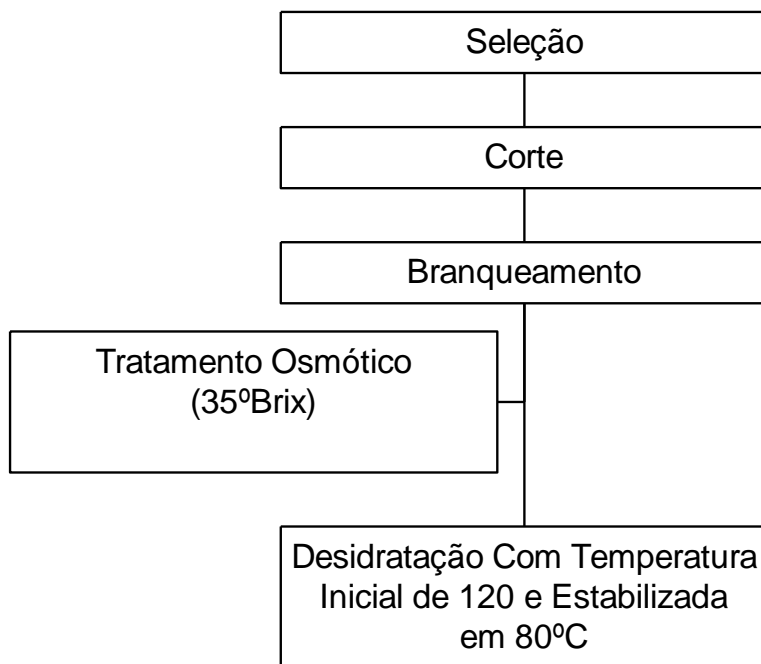
Com base nos resultados propõe-se um método semi-otimizado para desidratação de cenouras, com o seguinte diagrama de produção:

Recebido em 05 07 2012 e aceito em 22 12 2013

Doutorado em Engenharia Química pela UFRN. Mestre em Engenharia Química. Engenheiro Especialista em Processamento de Petróleo pela UERJ e Engenheiro de Processamento da Petrobrás. Engenheiro Químico pela UFRN.

Endereço⁽¹⁾: R. Prof. Gerson Dumaresq, 259, Capim Macio, Natal – RN. E-mail: c_enrique@hotmail.com

Revista Verde (Mossoró – RN - BRASIL), v. 8, n. 5, p. 09 - 17, dezembro, 2013 (N.T.)



Este ensaio foi realizado e os resultados obtidos são mostrados na Figura 8. Observa-se uma alta velocidade de secagem e na análise sensorial

altos índices de aceitabilidade, tanto no que diz respeito aos atributos cor e aparência (visão), como no sabor e textura (paladar).

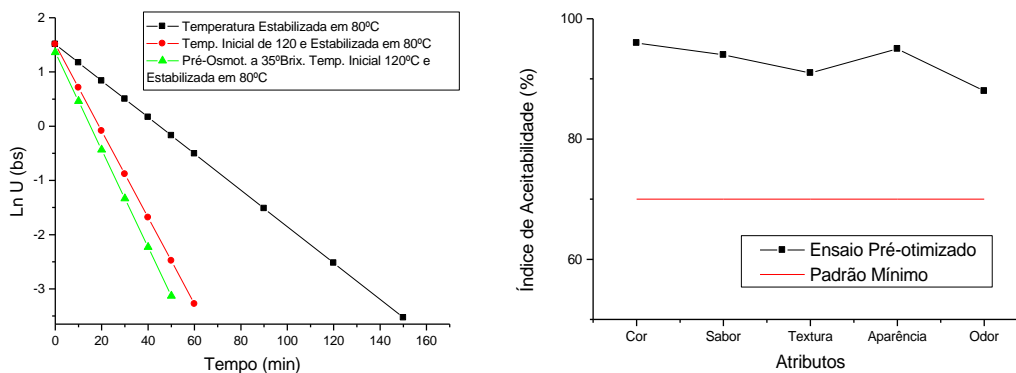


Figura 8: Resultados do Ensaio Pré-otimizado

CONCLUSÕES

Com base nos resultados desse trabalho, pode-se verificar que:

- O branqueamento é uma etapa necessária na desidratação de cenouras, principalmente pelo realce nas características visuais do produto final;

- A pré-desidratação Osmótica utilizando salmoura não é conveniente no caso da desidratação de cenouras, porém quando utiliza-se sacarose o sabor e a aparência são realçados;
- O pré-tratamento térmico acelera a velocidade de secagem em 15 a 20%, porém o nível de estabilização tem restrições organolépticas;

Carlos Enrique de M. Jerônimo

- A temperatura de 80°C das testadas foi a que apresentou melhores resultados, conciliando os aspectos da secagem e das propriedades sensoriais;
- Foi proposto um modelo pré-otimizado para produção de chip's de cenouras adocicados, obtendo níveis de aceitabilidade superiores a 90% e com tempo de secagem inferiores a uma hora.

REFERÊNCIAS

- ACHANTA, S.; OKOS, M. (1996), "Predicting the quality of dehydrated foods and biopolymers - Research needs and opportunities," *Drying Technology*, 14(6): 1329-136.
- BALBACH, A. (1986) *As hortaliças na Medicina Doméstica*. 22ed. Editora M.V.P.
- IBGE (1996). Censo Agropecuário. URL: www.ibge.gov.br.
- IGARASHI, L. & KIECKBUSCH, T. G. (2000) *Cinética da Desidratação Osmótica de Tomate*. In: XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Cd-rom. Águas de São Pedro-SP. ISBN: 85-9015-13-1.
- JAYARAMAN, K. S.; GOPINATHAN, V.K.; PITCHAMUTHU, P.; VIJAYARAGHAVAN, P. K. (1982), "Preparation of quick cooking dehydrated vegetables by high temperature short time drying," *Journal of Food Technology*, 17(6): 669-678.
- JEN, J. J.; MUDAHAR, G. S.; TOLEDO, R. T. (1989), "Chemistry and Processing of High-Quality Dehydrated Vegetable Products," *American Chemical Society*, 239-248.
- LENART, A. (1996) "Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application", *Drying Technology*, 14, 391-413.
- RANGANNA, S. (1978) *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*". McGraw – Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- ROMERO P, L. M. & KIECKBUSCH, T. G. (2000) *Estudo de Pré-Tratamentos para a Obtenção de Tomate Desidratado em Fatias*. In: XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Cd-rom. Águas de São Pedro-SP. ISBN: 85-9015-13-1.
- ROMERO P, L. M. (1999), "Estudo de Pré-tratamentos para a Obtenção de Tomate Desidratado em Fatias". *Tese de Mestrado*, UNICAMP, Campinas, 124p.
- ROMERO, P. L. M.; MIGUEL, M.H.; SPOGIS, N.; KIECKBUSCH, T. G. (1997), "Cinéticas de secagem de tomates em fatias pré-tratadas: resultados preliminares,". *Anais do XXV ENEMP Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados*, São Carlos SP. 2: 620-627.
- TORREGGIANI, D. (1993) "Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing", *Food Research International*, 26, 59-68.