

# Avaliação da pulverização de etanol na secagem de cascas de batata

## *Evaluation of ethanol spraying in potato peel drying*

**Thays Lorrane Rodrigues Mota**

Graduanda do curso de Engenharia Química (UNIPAM).  
E-mail: thayslorrane@hotmail.com

**Elizete Maria da Silva Moreira**

Química; Mestre; Professora orientadora (UNIPAM).  
E-mail: elizete@unipam.edu.br

**Renata Nepomuceno da Cunha**

Engenheira Química; Mestre; Professora coorientadora (UNIPAM).  
E-mail: renatanepc@unipam.edu.br

---

**Resumo:** A batata inglesa é o quarto alimento mais consumido no mundo. No Brasil, destaca-se a comercialização *in natura* e também na forma industrializada. Esse comércio gera elevadas quantidades de cascas, resíduos que podem ser aproveitados. Aliado a esse fato, destaca-se o apoio à agricultura familiar, garantindo melhores condições de vida das famílias, em que a casca pode ser empregada na forma de farinha, podendo usá-la em diversas preparações culinárias. Para a obtenção da farinha, a secagem é o processo mais indicado. Na cinética de secagem de cascas de batata variedade *Atlantic*, utilizaram-se as temperaturas de 60, 70 e 80°C e os dados avaliados a partir de modelos teóricos. O pré-tratamento com etanol foi realizado nas temperaturas de 60 e 80°C. Os resultados foram confrontados com a secagem sem pré-tratamento. O modelo cinético desta foi o de Midilli *et al.*. A temperatura de 60°C sem o uso de etanol foi a mais favorável, levando-se em consideração os aspectos nutricionais. A umidade da farinha enquadrou-se dentro dos padrões exigidos pela ANVISA.

**Palavras-chave:** Cinética. Casca de batata. Resíduos agrícolas. Etanol. Secagem.

**Abstract:** The potato is the fourth most consumed food in the world. In Brazil, it is remarkable the market of this food in both natural and industrialized ways. This trade generates large amounts of peels, waste that can be reused. Allied to this fact, it highlights the support for family, ensuring better living conditions for these families. The peels can be used in the form of flour for various culinary preparations. To obtain the flour, the process of drying is the most indicated. In potato peels drying kinetics of the variety *Atlantic*, the temperatures of 60, 70 and 80°C were used and the data were evaluated according to theoretical models. The pre-treatment with ethanol was carried out at temperatures from 60° C to 80°C. The results were compared with pre-treatment without drying. The kinetic model was Midilli *et al* which had better fit to the data. The temperature of 60°C without the use of ethanol is the most favorable, taking into account the nutritional aspects. The moisture of the flour was inside of the standards required by ANVISA.

**Keywords:** Kinetics. Potato peel. Agricultural waste. Ethanol. Drying.

## 1 INTRODUÇÃO

A batata da espécie *Solanum tuberosum* L., comumente conhecida como batatinha ou batata inglesa, é originária da atual fronteira entre Peru e Bolívia. Foi a partir do século XVI que a bataticultura passou a ser introduzida nas regiões tropicais e subtropicais de outros continentes, sendo, hoje, um dos produtos alimentares mais difundidos (FILGUEIRA, 2003). A difusão da batata por outras regiões se deve à presença de elevado teor nutricional, sendo constituída por proteínas, aminoácidos essenciais, carboidratos, fibras e potássio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE BATATA, 2008b).

Atualmente, a batata inglesa situa-se como a quarta fonte de alimento mais consumida no mundo, sendo superada apenas pelo arroz, pelo trigo e pelo milho (QUADROS, 2007). No Brasil, a batata inglesa é considerada a principal hortaliça, apresentando uma área plantada em torno de 126,9 mil hectares, com uma produção de, aproximadamente, 3,5 milhões de toneladas (IBGE, 2013).

De acordo com Andreu (2003), no Brasil, a principal forma de comercialização da batata é a *in natura*, ou seja, preparada para consumo imediato. Nori (2001) cita o uso da batata como matéria prima, para industrialização na forma chips, pré-frita congelada, pré-cozida, liofilizada e na forma de fécula/amido. No entanto, a comercialização e a industrialização da batata acarretam em elevadas quantidades de cascas, resíduos agroindustriais que podem ser aproveitados e utilizados como um complemento alimentar na dieta humana, por serem ricos em ferro, cálcio, potássio, fósforo, zinco, vitamina B e fibras (FERNANDES *et al.*, 2008).

O desperdício e o descarte de resíduos alimentícios causam grande impacto na sociedade e no meio ambiente. Essas ações são motivadas pela falta de conhecimento da população sobre os constituintes nutritivos presentes na composição dos alimentos. A preocupação com o meio ambiente é assunto em destaque no âmbito sustentável. Dentro desse contexto, surge a possibilidade de viabilizar projetos que ressaltam a sustentabilidade, mostrando a valorização e a reutilização dos resíduos agroindustriais.

Portanto, levando-se em consideração aspectos sociais e ambientais, o aproveitamento dos resíduos agroindustriais pode contribuir no fortalecimento da agricultura familiar, uma vez que o mesmo implica na criação de novos setores produtivos, garantindo melhores condições de vida.

Para a casca, o aproveitamento no consumo humano é mais indicado, pois a mesma pode ser empregada na forma de farinha, sendo possível seu uso na elaboração de produtos de panificação, na fabricação de barra de cereais ou também no preparo de sopas desidratadas. Como exemplo, tem-se o estudo desenvolvido por Fernandes (2006), mostrando que a substituição de 6% de farinha de trigo branca por farinha de cascas de batata é considerada adequada na elaboração de pão integral.

Entretanto, para a obtenção da farinha de casca de batata faz-se necessária a retirada do excesso de umidade presente nesse resíduo. Dentro desse contexto, a secagem é o processo mais indicado, pois contribui com a redução da atividade da água, sendo minimizado o crescimento microbiano e as reações que causam alterações

nos alimentos, podendo, assim, prolongar a vida útil dos produtos. Além disso, proporciona uma redução no volume final do produto, resultando em baixos custos de embalagem, facilidade de armazenamento e transporte (VILELA; ARTHUR, 2008; ANDREUCCETTI *et al.*, 2007).

Diante da elevada quantidade de nutrientes presentes na casca da batata e das contribuições sociais e ambientais, busca-se, a partir deste trabalho, avaliar a cinética de secagem confrontando com modelos teóricos, utilizando, para tanto, o desidratador de bandejas nas temperaturas de 60, 70 e 80°C. Pretende-se, ainda, verificar a eficácia do uso de pulverização de etanol sobre a secagem e a qualidade nutricional das cascas de batata, bem como a utilização de pré-tratamentos para a prevenção do escurecimento enzimático na casca *in natura*.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 MATÉRIA PRIMA

As batatas inglesas utilizadas no estudo pertencem à variedade *Atlantic* e foram fornecidas pela empresa Montesa, situada em Serra do Salitre, MG. O desenvolvimento da pesquisa ocorreu nas dependências dos laboratórios de Química Analítica, Engenharia Química (LEQ) e Bromatologia do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM). Os experimentos realizados seguiram as seguintes etapas: tratamento prévio contra a oxidação das cascas, caracterização do resíduo *in natura*, estudo da cinética de secagem no secador de bandeja e avaliação da pulverização prévia de etanol sobre a secagem das cascas de batata.

Para a higienização, as batatas passaram por uma pré-lavagem com água corrente, sendo, em seguida, imersas em água. A sanitização foi realizada a partir da imersão em solução de hipoclorito de sódio na proporção de 8mL para 1L de água, por aproximadamente 10 min.

Para minimização do escurecimento enzimático das cascas de batata, com aproximadamente 2mm de espessura, foram adotados tratamentos com agentes antioxidantes, conforme descrito por Saraiva *et al.* (2010). Foram adotados os tratamentos (T1) definidos como controle, não sendo adicionado antioxidante; (T2) amostras imersas em solução de 0,5% de ácido cítrico e 0,5% de ácido ascórbico; (T3) amostras imersas em solução a 1% de ácido cítrico e 1% de ácido ascórbico e (T4) amostras imersas em solução a 2% de ácido cítrico e 2% de ácido ascórbico. Após os tratamentos, as cascas foram acondicionadas em sacos plásticos com, aproximadamente, 500g cada, recobertos com papel alumínio, armazenados em freezer.

### 2.2 CARACTERIZAÇÃO POR MEIO DE ANÁLISES NUTRICIONAIS DEFINIDORAS DA QUALIDADE

As análises físico-químicas e bromatológicas foram realizadas nos Laboratórios de Bromatologia, Química Geral e Engenharia Química do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM).

### 2.2.1 Análise de acidez total titulável

Realizada por método título métrico, utilizando solução de hidróxido de sódio a 0,1N, de acordo com o método da Association of Official Analytical Chemists (1995). Os resultados encontram-se expressos em mg de ácido cítrico/100g amostra em base seca.

### 2.2.2 Análises de ácido ascórbico

Teor de vitamina C, expresso em mg de ácido ascórbico/100mg de amostra seca, será mensurado por titulação baseada na redução de 2,6-diclorofenol-indofenol pelo ácido ascórbico (AOAC, 1995).

### 2.2.3 Proteína

A concentração de proteína bruta foi determinada pela quantificação de nitrogênio total da amostra, utilizando-se o destilador semi micro Kjeldhal, de acordo com o método do Instituto Adolfo Lutz (2008).

### 2.2.4 Fibra bruta

O método utilizado para determinar a fibra bruta se baseia em expor a amostra à hidrólise ácida e básica. O que se denomina fibra bruta é o resíduo constituído, em grande parte, por celulose, que pode ser acompanhada ou não à lignina que, de certo modo, representa o resíduo das substâncias da parede celular (AOAC, 1995).

### 2.2.5 Cinzas

O método para quantificar a matéria mineral baseia-se na determinação da redução de peso do material submetido à incineração a 550°C em mufla, por um período suficiente para queima de toda matéria orgânica. O resultado está expresso em porcentagem de cinzas na matéria seca (AOAC, 1995).

### 2.2.6 Umidade

A umidade foi determinada pela secagem em estufa a 105°C até obter peso constante das amostras, conforme AOAC (1995). O resultado está expresso em porcentagem de umidade na amostra.

## 2.3 EXPERIMENTOS DE SECAGEM

Antes de cada experimento de secagem, as cascas foram descongeladas durante 24 horas sob refrigeração. O estudo cinético foi realizado em secador de bandejas marca Pardal PE 60, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C. As massas das amostras foram

mantidas fixas, sendo, aproximadamente, 1200g, e o conjunto (bandeja + amostra) pesado em intervalos de tempo constante de 15 min. A perda de peso foi acompanhada até atingir valor invariável. As pesagens foram feitas na balança eletrônica Digimed, modelo DG15. Após a desidratação, as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de 105°C por 24 h para quantificar a matéria seca.

A partir dos dados obtidos experimentalmente, foi possível construir as curvas de secagem ( $X_{bs}$ ) e razão de umidade (RU) em função do tempo, expressas de forma gráfica por meio do *software* OriginPro 8, conforme equação 1 e 2:

$$X_{bs} = \frac{M_t - M_{seco}}{M_{seco}} \quad (1)$$

$$RU = \frac{X_{bs} - X_e}{X_0 - X_e} \quad (2)$$

em que:  $X_{bs}$  é umidade do produto na base seca (g de água/g de sólido seco) a cada instante,  $M_{seco}$  é a massa seca do produto (g),  $M_t$  é a massa do produto (g) a cada intervalo,  $RU$  é a razão de umidade do produto (adimensional),  $X_e$  é a umidade de equilíbrio em base seca (%) e  $X_0$  é a umidade inicial do produto em base seca (%) (MENEZES, 2010).

Para os modelos cinéticos explicitados na Tabela 1, realizou-se a regressão não linear dos dados no programa computacional Scilab, versão 5.5.2:

Tabela 1 - Modelos matemáticos para prever a secagem de casca de batata.

Modelo	Equação	Referência
Henderson e Pabis	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis (1961)
Midilli <i>et al.</i>	$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli <i>et al.</i> (2002)
Newton e Lewis	$RU = \exp(-k \cdot t)$	O'Callaghan <i>et al.</i> (1971)
Overhults <i>et al.</i>	$RU = \exp(-k \cdot t)^n$	Overhults <i>et al.</i> (1973)
Page	$RU = \exp(-k \cdot t^n)$	Bruce (1985)

Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

em que:  $k$  é o coeficiente de secagem ( $s^{-1}$ );  $a$ ,  $b$  e  $n$  são as constantes dos modelos; e  $t$  é o tempo de secagem (min) (BORTOLOTTI, 2012 ).

#### 2.4 A SECAGEM COM E SEM TRATAMENTO PRÉVIO COM ETANOL

Os experimentos na presença e na ausência de pulverização de etanol foram conduzidos nas temperaturas de 60°C e 80°C, por meio de delineamento fatorial (Tabela 2). Para tanto, para as cascas submetidas ao pré-tratamento, adotou-se a proporção de 0,74mL de etanol (92,8°GL) por grama de resíduo que, após pulverização,

permaneceram em contato com o etanol por uma hora e meia (SILVA, 2014). As secagens foram realizadas por 7 horas e 15 minutos.

A utilização do álcool etílico para desidratação de alimentos apresenta boa aceitabilidade pela indústria alimentícia. Tem-se, como exemplo, o estudo desenvolvido por Tosato (2012) que realizou a pré-desidratação de maçãs em etanol, a qual implicou na redução de 4 a 35% no tempo de secagem, mostrando um comportamento economicamente viável.

Tabela 2 - Planejamento estatístico proposto para estudo otimizador da secagem.

Temperatura (X <sub>1</sub> )	Tratamento (X <sub>2</sub> )
-1(60°C)	-1(sem tratamento)
+1(80°C)	-1 (sem tratamento)
-1(60°C)	+1(com tratamento)
+1(80°C)	+1(com tratamento)

Fonte: Software Statistica 8.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 PRÉ-TRATAMENTO COM A MATÉRIA-PRIMA

Na Figura 1, são apresentados os resultados qualitativos provenientes dos tratamentos realizados para a minimização do escurecimento enzimático das cascas de batata.

Figura 1: Imagens dos tratamentos para minimizar o escurecimento de cascas de batata



Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

Os resultados qualitativos obtidos para pré-tratamento das cascas de batatas sugerem que a combinação de ácido ascórbico a 1% e ácido cítrico a 1% (T3) é o mais

favorável na prevenção de reações de escurecimento no alimento, conforme mostrado na Figura 1. Resultados similares foram obtidos por Jesus *et al.* (2008) em estudos com quiabo, nos quais o tratamento realizado foi efetivo no controle do escurecimento, mantendo-se com boa qualidade por até 12 dias.

### 3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados de caracterização nutricional das cascas de batata *in natura* são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3- Caracterização físico-química das cascas de batata *in natura*.

<b>Parâmetro avaliado</b>	<b>Casca de batata</b>
Umidade (%)	71,40 ± 4,41
Cinzas totais (%)	2,34 ± 0,47
Proteínas totais (%)	15,24 ± 0,04
Fibras (%)	7,91 ± 0,58
Ácido Ascórbico (mg/100 g)	5,78 ± 1,50
Acidez total titulável (mg/100g)	680,87 ± 53,80

**Fonte:** Dados de pesquisa, 2015.

Analisando o teor de umidade do resíduo da batata *in natura* e comparando com a literatura, observa-se que a umidade é inferior à obtida por Storck *et al.* (2013) na casca de batata, de 85,1%.

Para o teor de cinzas, Fernandes (2006) encontrou um percentual de 2,46%, resultado semelhante ao relatado nesta pesquisa. Ressalta-se que os teores de compostos inorgânicos presentes na batata podem sofrer variações em função de variedade, tratos culturais, clima, local de plantio, maturação e armazenamento (ABBA, 2008b).

Avaliando os teores de proteína bruta da casca da batata de 15,24%, observa-se uma inferioridade com autores que analisaram o mesmo resíduo. Fernandes (2006) relatou um teor de 6,16%, enquanto Balsalobre (1995) *apud* Fernandes *et al.* (2008) relatou teores de 9,9%.

O valor médio da fibra na casca de batata foi de 7,91%, sendo superior ao valor mencionado por Garmus *et al.* (2009), de 4,6%. Porém, assemelha-se com o teor de fibras encontrado na casca de abóbora pela Dietary Reference Intakes - DRI (2004), de 7,88%. Maffia (1991) cita alimentos que podem ser considerados fontes de fibra como o milho integral (3%), cenoura (6%), repolho (8%), farelo de trigo integral (11%). Tais resultados permitem concluir que as cascas de batata podem ser consideradas boas fontes de fibras.

As médias de vitamina C observadas na casca da batata (5,78mg ácido ascórbico/100g) foram superiores ao relato por Carvalho *et al.* (2009), de 1,3 mg/100g.

O valor obtido para acidez titulável de 0,68%, ficou acima do encontrado por Robles (2003), de 0,19%, para a mesma cultivar de batata estudada no trabalho. No entanto, valores próximos foram relatados por Públio (2008) nas batatas cultivar Ágata,

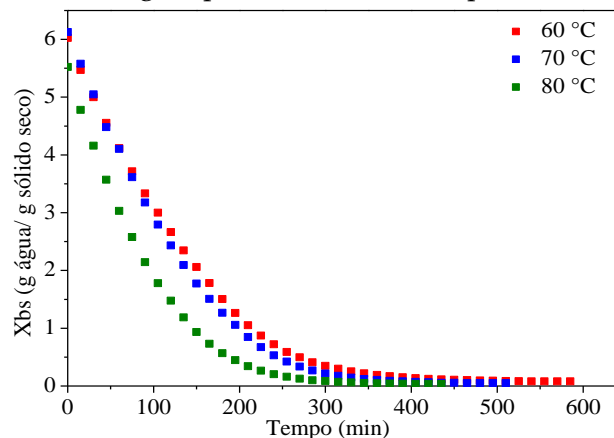
submetidas a diferentes concentrações de adubação com sulfato e cloreto de potássio, com as médias de acidez titulável variando de 0,60 e 0,61%, respectivamente.

### 3.3 CINÉTICA DE SECAGEM

Na Figura 2, estão apresentadas as curvas de secagem do resíduo da batata, na qual expressa a redução da umidade em relação ao tempo para cada condição de secagem. Pela Figura 2, nota-se que o processo de secagem se comportou de maneira bem definida, uniforme e contínua, nas três condições de temperatura, mostrando diferença apenas nos tempos de secagem, cuja estabilização, para a temperatura mais baixa (60°C), ocorre num período de tempo de, aproximadamente, 9h e 45min e, para mais alta (80°C), foram necessárias 7h e 15min. Fica evidente que o tempo total do processo foi influenciado pela temperatura, que quanto maior a temperatura do ar, menor o tempo de desidratação.

Nos 125 minutos iniciais, ocorre uma rápida redução da umidade, pois parte da água está livre na superfície da casca. Nas temperaturas de 60 e 70°C, percebe-se pouca diferença na retirada de umidade, podendo assumir que o teste a 60°C terá melhor aplicação, uma vez que, de acordo com Souza (2013), o custo do processo de secagem é diretamente proporcional à temperatura do processo.

Figura 2 - Curva de secagem para a casca nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.



Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

Para os tempos posteriores, a perda de umidade apresenta pouca diferença de um instante para o outro, o que se deve à resistência interna ao transporte de umidade, pois a água pode estar na forma de suspensão de células ou de soluções de açúcares, apresentando uma pressão de vapor inferior à da água pura, dificultando o processo de evaporação (GOUVEIA *et al.*, 2003; ALVES *et al.*, 2013).

O teor de água inicial das cascas de batata foi de, aproximadamente, 6,0 (g água/g sólido seco), sendo esse teor reduzido para 0,079; 0,048 e 0,035 (g água/g sólido seco), para as secagens nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, respectivamente. Observa-se que quanto maior a temperatura, menor é a umidade final do produto, pois, ao final da secagem com temperatura de 60°C, a amostra obteve 98,68% de sua massa total



desidratada (umidade perdida), já para as temperaturas de 70 e 80°C foram de 99,21% e 99,36%, respectivamente.

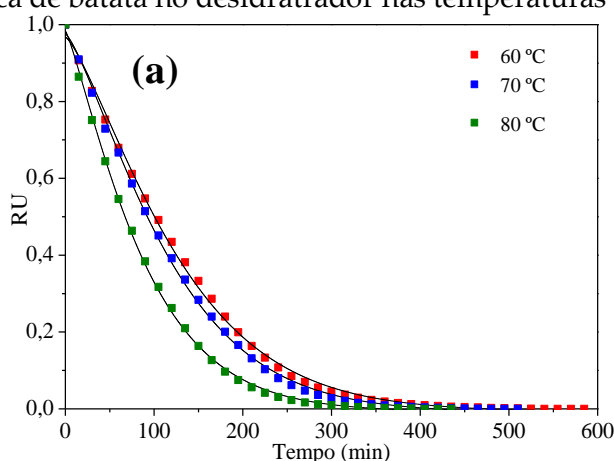
Os ajustes dos dados experimentais aos modelos teóricos de cinética de secagem são apresentados pela Figura 3, que explicita as curvas de cinética de secagem da casca de batata no desidratador, para as equações que melhor descreveram o processo, sendo a de Midilli *et al.* (2002), Page (BRUCE, 1985) e Overhults *et al.* (1973) nas temperaturas de 60, 70 e 80°C. As curvas foram construídas na forma de adimensional de umidade conforme equação 2 em função do tempo.

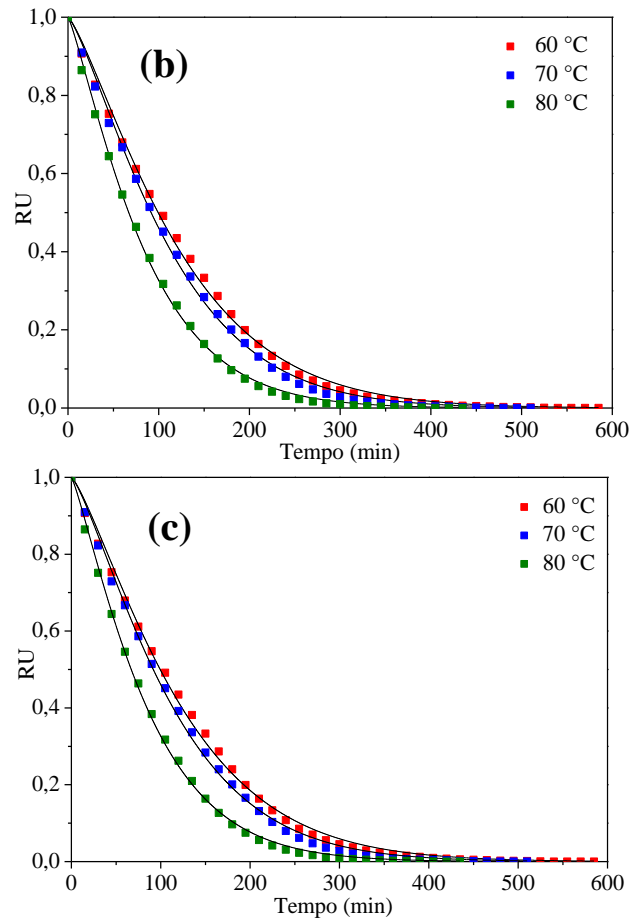
Os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os parâmetros “k”, “n”, “a” e “b” dos modelos utilizados para a secagem da casca de batata são apresentados na Tabela 4, onde, através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio médio quadrático (DQM), identificam-se os bons ajustes.

A partir de uma análise detalhada dos valores demonstrados na Tabela 4, observa-se que não foram todos os modelos matemáticos que mostraram coeficiente de determinação ( $R^2$ ) acima de 0,99. O valor de 0,99 para o coeficiente de determinação, segundo Madamba *et al.* (1996), é um bom indicativo de ajuste ao modelo teórico na representação dos dados experimentais.

Na discriminação estatística de modelos Tabela 4, considerando-se todos os aspectos estatísticos, o modelo cinético que apresentou melhores resultados foi o modelo de Midilli *et al.* (2002), uma vez que constata os maiores valores de  $R^2$  e menores de DQM para as temperaturas estudadas, o que é explicado pelo fato da equação ter uma maior quantidade de parâmetros. Porém, não podem ser desprezados os modelos de Page (BRUCE, 1985) e Overhults *et al.* (1973), pois seus parâmetros cinéticos mostram pouca diferença em relação ao modelo destaque. Para os três modelos analisados, constata-se que os melhores resultados foram obtidos nas temperaturas de 70 e 80°C.

Figura 3 - Ajustes dos modelos matemáticos de Midilli (a), Page (b) e Overhults (c) para a secagem da casca de batata no desidratador nas temperaturas de 60, 70, e 80°C.





Fonte: Dados de pesquisa, 2005.

Tabela 4- Coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e parâmetros “k”, “n”, “a” e “b” para os modelos aplicados aos dados de secagem da casca da batata.

Modelos	Temp (°C)	$R^2$	k ( $\text{min}^{-1}$ )	n	a	b ( $\text{min}^{-1}$ )	DQM
Henderson e Pabis	60	0,9618	0,0084	-	1,0672	-	0,0309
	70	0,9644	0,0092	-	1,0722	-	0,0319
	80	0,9846	0,0119	-	1,047	-	0,0226
Midilli <i>et al.</i>	60	0,9955	0,0015	1,3217	0,9674	-1,118E-5	0,0106
	70	0,9969	0,0018	1,3116	0,9758	-1,87E-5	0,0094
	80	0,9984	0,0042	1,2092	0,9834	-1,68E-5	0,0074
Newton e Lewis	60	0,9494	0,0079	-	-	-	0,0356
	70	0,9511	0,0086	-	-	-	0,0374
	80	0,98	0,0114	-	-	-	0,0258
Overhults <i>et al.</i>	60	0,993	0,0075	1,2706	-	-	0,0132
	70	0,995	0,0082	1,2842	-	-	0,0119
	80	0,9975	0,011	1,1961	-	-	0,0091
Page	60	0,993	0,002	1,2706	-	-	0,0132
	70	0,995	0,0021	1,2842	-	-	0,0119
	80	0,9975	0,0045	1,1961	-	-	0,0091

Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

Martins *et al.* (2014) também certificam que o modelo de Midilli *et al.* (2002) mostrou-se com os melhores parâmetros de ajustes para secagem de cascas de mulungu, apresentando os menores valores de DQM e os maiores valores de R<sup>2</sup>.

Analisando os dados obtidos para o modelo de Midilli *et al.* (2002), observa-se que o coeficiente de secagem “k” é diretamente proporcional à temperatura, entretanto efeito inverso ocorre com o parâmetro “n”. Para Goneli *et al.* (2009), o incremento da constante “k” é justificado pelas condições externas de secagem, uma vez que o aumento de temperatura está diretamente relacionado com a elevação desse parâmetro. Além disso, o aumento no coeficiente “k” mostra que houve uma maior facilidade para retirar a água do alimento (BOFFO *et al.*, 2014). A diminuição da constante “n”, para as diferentes temperaturas, pode ser justificada pela resistência interna do produto à secagem (MISRA; BROOKER, 1980). Resultados similares foram obtidos por Boffo *et al.* (2014) na secagem de bagaço de malte e levedura.

Para os modelos de Page (BRUCE, 1985) e Overhults (1973), constata-se que, com o aumento de temperatura, ocorre uma elevação no coeficiente de secagem “k”. Para o parâmetro “n”, não foram observadas tendências de comportamento. Resultados similares foram obtidos por Cunha *et al.* (2013) em estudos com a casca de abacate durante a aplicação do modelo Overhults (1973). Cardoso (2013), aplicando o modelo de Page (BRUCE, 1985) na secagem de borra de café expresso, também encontrou a mesma tendência para os parâmetros “k” e “n”.

### 3.4 EFEITO DAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (TEMPERATURA E PULVERIZAÇÃO DE ETANOL) SOBRE A SECAGEM E A COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

Foram analisados os teores de ácido ascórbico, proteína e ácido cítrico (acidez) presentes na casca de batata após a secagem nas temperaturas de 60 e 80°C. Os ensaios foram realizados na presença e na ausência de pré-tratamento. Na Tabela 5, são apresentados os resultados provenientes da desidratação, obtidos por meio das triplicatas, sendo avaliados estatisticamente pelo programa STATISTICA 8.0, adotando-se nível de significância (p) de 0,05, conforme Tabela 6.

Tabela 5- Caracterização físico-química das cascas de batata desidratadas

Temperatura (X <sub>1</sub> )	Tratamento (X <sub>2</sub> )	Acido Ascórbico (mg/100g)	Proteína (%)	Acidez (mg/100g)	Umidade Final (%)
-1(60°C)	-1(sem etanol)	7,94 ± 0,00	14,37 ±0,01	2527,42 ±15,88	6,31
+1(80°C)	-1 (sem etanol)	7,08 ±1,11	13,18 ±0,56	2212,44 ±14,15	1,04
-1(60°C)	+1(com etanol)	3,46 ±0,44	8,96 ±1,41	1254,23 ±11,59	4,49
+1(80°C)	+1(com etanol)	3,28 ±0,00	3,18 ±1,12	1221,15 ±12,07	0,64
<i>In natura</i>		5,78 ± 1,50	15,24 ± 0,04	680,87 ± 53,80	71,40 ±4,41

Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

Tabela 6 - Parâmetros obtidos pelo programa STATISTICA 8.0.

Parâmetro estatístico	Ácido Ascórbico	Proteína	Acidez
(p) temperatura	0,255813	0,032049	0,041003
(p)pré-tratamento	0,000160	0,001289	0,000010
R <sup>2</sup>	0,954330	0,910540	0,984810

Fonte: Dados de pesquisa, 2015.

Observa-se que, para as secagens realizadas nas temperaturas de 60 e 80°C, sem o uso de álcool, ocorreu um aumento no teor de ácido ascórbico em relação ao resíduo *in natura*, mostrando o efeito benéfico da secagem nesse parâmetro, conforme a Tabela 5. Comportamento semelhante foi relatado por Duzzioni *et al.* (2013) nos estudos com resíduos de acerola em leito fixo. De acordo com Silva *et al.* (2014), isso tende a ocorrer, pois o aumento da temperatura provoca a desativação de enzimas responsáveis pela degradação do ácido ascórbico.

Os resultados estatísticos para ácido ascórbico mostram que, na casca de batata desidratada, os teores são estatisticamente iguais ( $p > 0,05$ ) com relação à temperatura, ou seja, com confiança de 95% infere-se que não existe diferença entre as temperaturas adotadas, como mostrado na Tabela 6. No entanto, aplicando o tratamento com e sem álcool, é observada diferença estatística ( $p < 0,05$ ), ou seja, com confiança de 95% afirma-se que os tratamentos adotados são diferentes, ou seja, a pulverização de etanol acarreta variações estatísticas significativas nos teores de ácido ascórbico. Nota-se que a pulverização de etanol acarretou em decréscimos dos teores de ácido ascórbico, para as duas temperaturas avaliadas.

Analisando-se os teores de proteína (Tabela 5), percebe-se que a pulverização acarreta a redução dos teores proteicos, quando confrontados com o resíduo *in natura*. Fato esse acarretado pelo acréscimo da temperatura (CISTERNAS, 2001).

A partir da análise estatística, infere-se que as variáveis independentes, temperatura e pré-tratamento, exercem influência sobre os teores de proteína. Efeitos análogos foram obtidos para a acidez, onde o aumento de temperatura, assim como a aplicação ou não do tratamento com álcool, influencia a acidez final do produto.

Nos experimentos de secagem, percebe-se que o aumento de temperatura, tanto no tratamento com quanto no sem álcool, provoca uma redução no conteúdo de acidez. Isso ocorre devido à baixa estabilidade do ácido cítrico ao ser submetido a tratamentos térmicos (PODSEDEK, 2007).

Os resultados sugerem que o pré-tratamento com etanol foi eficiente na remoção de água do alimento, alcançando os menores teores de água, sendo 4,49% e 0,69% nas temperaturas de 60 e 80°C, respectivamente. No entanto, levando-se em consideração os aspectos nutricionais, tal tratamento não se justifica.

Com relação à umidade final, os teores 6,31 e 1,04% para as temperaturas de 60 e 80°C se encontram dentro do valor máximo adotado pela ANVISA (2005b), que é de 14% para farinhas. No entanto, por questões econômicas, sugere-se o tratamento a 60°C, pois, de acordo com Souza (2013), o custo do processo de secagem está

diretamente ligado à temperatura, confirmando que quanto maior a temperatura de secagem, maior será o gasto energético.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem que a desidratação de cascas de batata em desidratador de bandejas pode ser uma alternativa viável no aproveitamento desse resíduo, podendo ser adotado na agricultura familiar. A desidratação tem sido a melhor forma para aproveitar a casca de batata, podendo a farinha obtida ser adotada como fonte de enriquecimento na elaboração de novos produtos alimentícios, devido ao seu elevado teor nutricional.

Conforme esperado, a cinética de secagem de cascas de batata está intrinsecamente relacionada com a temperatura, visto que aumentando-se a temperatura, diminui-se o tempo de secagem, o que reduz, conseqüentemente, a umidade final do produto. Para a secagem de casca de batata no desidratador de bandejas, foram necessárias 9h e 45min para a temperatura mais baixa (60°C) e, para a temperatura mais alta (80°C), foram necessárias 7h e 15min, obtendo-se teores de água de 0,079 e 0,035 (bs.) para as temperaturas menor e maior, respectivamente.

Dentre os modelos teóricos, o de Midilli *et al.* (2002) se ajustou melhor aos dados experimentais, obtendo-se os maiores valores de R<sup>2</sup> e os menores de DQM para as temperaturas estudadas. O modelo matemático de Page (BRUCE, 1985) e Overhults *et al.* (1973) também ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais, mostrando pouca diferença em relação ao modelo de Midilli *et al.* (2002), podendo também ser utilizado com boa aproximação na descrição do processo de secagem de cascas de batata.

A partir do planejamento experimental, conclui-se que a utilização do etanol acarretou, para a casca de batata, reduções da acidez. Os resultados apontam que o pré-tratamento utilizando etanol não se mostrou favorável, quando se leva em consideração os teores nutricionais.

Assim, define-se a secagem a 60°C sem a pulverização de etanol como sendo a condição operacional mais indicada para a desidratação de cascas de batata, pois, além de diminuir a umidade do resíduo a padrões abaixo do exigido pela ANVISA (2005b), que é de (14 %) para farinhas com menor custo energético, preservam-se as características nutricionais. Sugere-se a continuidade do estudo com o desenvolvimento de novos ensaios de secagem no desidratador e por meio de análises microbiológicas e sensoriais, visando adotar a farinha obtida na fabricação de produtos de panificação, barra de cereais etc.

#### REFERÊNCIAS

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução – RDC n° 263*, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE BATATA. *Valor nutricional*.

2008b. Disponível em:

<[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id\\_BAT=3](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/2008/abatata.asp?id_BAT=3)> Acesso em: 25 out.2014.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*.16.ed.AOAC: Washington, DC, 1995.

ALVES, G. E. *et al.* Cinética de secagem de café natural para diferentes temperaturas e baixa umidade relativa. *Coffee Science*, Lavras, v.8, n. 2, p. 238-247, abr./jun. 2013.

ANDREUCCETTI, C. *et al.* Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. *Andréa* tratados com etileno. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.25, n. 1, p. 122-126, 2007.

ANDREU, M.A. Industrialização e melhoramento genético da batata: Desafios para um futuro próximo. *Batata Show*, São Paulo, n.3, p.22, dez.2003. Disponível em:

<[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista08\\_007.htm](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista08_007.htm).> Acesso em:15 jan. 2015.

BOFFO, E.V. *et al.* Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da mistura de bagaço de malte e levedura (*Saccharomyces cerevisiae*).In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2014, Florianópolis. *Anais do XX COBEQ*, 2014.

BORTOLOTTI, C. T. *Estudo experimental da fluidodinâmica de uma mistura de resíduo de acerola e soja em leito de jorro*. 2012.101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

BRUCE, D. M. Exposed-layer barley drying, three models fitted to new data up to 150°C. *Journal of Agricultural Engineering Research*, [S.l.], v. 32, p. 337-348, 1985.

CARDOSO, Bruno Trindade. *Caracterização química e estudo da secagem da borra de café expresso*. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracaju, 2013.

CARVALHO, L. M. da. S.*et al.* Aproveitamento alternativo da casca da batata inglesa para elaboração de bolo frito. In: IV CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2009, Belém, PA. *Anais do IV CONNEPI*, 2009.

CISTERNAS, Joé Raul. *Fundamentos de bioquímica experimental*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 275 p.

CUNHA, P. M.C. *et al.* Secagem da casca do abacate (*Persea Americana*) e a avaliação do comportamento do teor compostos bioativos. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA QUÍMICA INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 2013, Vassouras-RJ. *Anais do VIII COBEQ-IC*, 2013.

DIETARY REFERENCE INTAKES. *Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids*. Washington, D.C.: Academic Press, 2004. 640p. Disponível em: <www.nap.edu>. Acesso em: 02 jun. 2015.

DUZZIONI, A.G. *et al.* Effect of drying kinetic sonma is bioactive compoundes and antioxidante activy of acerola(Malpighia emarginata D. C.) residue. *International Journal of Foods Science &Tecnology*, [S.l.], v.48, p. 1041-1047, 2013.

FERNANDES, A. F. *Utilização de farinha de casca de batata inglesa (Solanum tuberosumL.) na elaboração de pão integral*.2006. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

FERNANDES, A. F. *et al.* Efeito da substituição parcial da farinha de trigo por farinha de casca de batata (*SolanumTuberosum L.*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, p. 56-65, 2008.

FILGUEIRA, Fernando Antônio Reis. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Lavras: UFLA, 2003. 333p.

GARMUS, T.T. *et al.* Elaboração de Biscoitos com Adição de Farinha de Casca de Batata (*Solanum tuberosum L.*).*Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, p.56-65, 2009.

GONELI, A. L. D. *et al.* Cinética de secagem de grãos de café descascados em camada delgada. *Revista Brasileira de Armazenamento*, Viçosa, n.11, p. 64-73, 2009.

GOUVEIA, J. P. G. de. *et al.* Determinação das curvas de secagem em frutos de cajá. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, Especial, n.1, p.65-68, set. 2003.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agriculture Engineering Research*, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ – *Métodos Físico-Químicos para análises de alimentos*. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/191282018/Analise-Fisico-quimica-de-Alimentos-Instituto-Adolfo-Lutz#scribd>>. Acesso em: 17 mar. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estatística da produção agrícola: batata-inglesa*. Setembro. 2013.

JESUS, M. M. S de *et al.* Inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente Processado. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 39, n. 4, p. 524-530, out./dez. 2008.

MADAMBA, P. S. *et al.* Thin-layer drying characteristics of garlic slices. *Journal of Food Engineering*, [S.l.], v. 29, p. 75-97, 1996.

MAFFIA, U.C.C. *Avaliação do farelo de arroz em substituição à farinha de trigo na panificação*. 1991. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.

MARTINS, J. J. A. *et al.* Modelagem Matemática da secagem de cascas de Mulungu. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, Nov./Dec. 2014.

MENEZES, M. L. de. *Remoção do corante reativo azul 5G a partir de soluções aquosas utilizando o bagaço do maracujá amarelo como adsorvente*. 2010. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos)- Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

MIDILLI, A. *et al.* A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, [S.l.], v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.

MISRA, M. K.; BROOKER, D. B. Thin-layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. *Trans. ASAE*, St Joseph, v. 23, n. 4, p. 1254-1260, 1980.

NORI, N. Y. A indústria e seu papel na profissionalização da cadeia produtiva da batata. *Batata show*, São Paulo, n.2, p.13, jul. 2001. Disponível em:<[http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista02\\_014.htm](http://www.abbabatatabrasileira.com.br/revista02_014.htm)>. Acesso em: 15 jan. 2015.

O'CALLAGHAN, J. R. *et al.* Digital simulation of agricultural dryer performance. *Journal of Agricultural Engineering Research*, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 223- 244, 1971.

OVERHULTS, D. G. *et al.* Drying soybeans with heated air. *Transactions of the ASAE*, [S.l.], v.16, n. 1, p. 112- 113, 1973.

PODSEDEK, A. *Natural antioxidants and antioxidant capacity of brassic vegetables: a review*. *LWT: Journal of Food Composition and Analysis*, v. 40, p. 1-11, 2007.

PÚBLIO, Ana Paula Prado Barreto. *Características físico-químicas de tubérculos de batata submetidos a fontes e concentrações de potássio*. 2008. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área concentração Fitotecnia) - Universidade estadual do sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2008.



QUADROS, D. A. de. *Qualidade da batata, Solanum tuberosum L., cultivadas sob diferentes doses e fontes de potássio e armazenadas a temperatura ambiente*. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

ROBLES, W.G.R. *Dióxido de carbono via fertirrigação em batateira*. 2003. 160 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SARAIVA, S. H. *et al.* Avaliação de agentes preservantes do escurecimento enzimático no processo de secagem de maçã. *Enciclopédia Biosfera, Goiânia*, v.6, n.11, p. 1-8, 2010.

SILVA, Priscila Bernardes. *Secagem de resíduos de frutas em secador roto-aerado*. 2014.93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SILVA, P. B. *et al.* Desidratação de resíduos de frutas usando diferentes tipos de pré-tratamentos. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 2014, Florianópolis-SC. *Anais do XX COBEQ*, 2014.

SOUZA, Michelle Carvalho. *Estudo da cinética de secagem e análise da farinha de yacon (Smallanthus sonchifolius)*. 2013. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2013.

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

TOSATO, Poliana Gaspar. *Influência do etanol na secagem de maçã fuji*. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, n. 2, p. 387-394, 2008.