

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ANA PAULA DA SILVA SBRUNHERA

**EFEITO DO PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DA
BATATA DOCE REIDRATADA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Campo Mourão

2016

ANA PAULA DA SILVA SBRUNHERA

**EFEITO DO PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DA
BATATA DOCE REIDRATADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos do Departamento de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira.

Orientador: Prof. Dr. Bogdan Demczuk Jr.

Co-orientadora: Prof. Dr.^a Fernanda Vitória Leimann

CAMPO MOURÃO

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

EFEITO NO PROCESSAMENTO NAS CARACTERÍSTICAS DA BATATA DOCE REIDRATADA

POR

ANA PAULA DA SILVA SBRUNHERA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado em 21 de Novembro de 2016 às 10:20 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O(A) candidato(a) foi argüido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Jr.

Professor Orientador

Prof^a. Dr^a. Fernanda Vitória Leimann.

Professor Orientador

Prof. Dr. Alexandre Azevedo

Membro da banca

Prof. Dr. Augusto Tanamati

Membro da banca

Nota: O documento original e assinado pela Banca Examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

Em memória deNestor Oliveira, André Luís e Maria Aparecida, avô e tios
amados que fizeram parte da minha formação e até hoje se mantêm
presentesem coração e memória.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha mãe, Maria Olivia que juntamente com minha avó Angelina tornaram possível que eu chegasse até aqui. Sem o empenho, amor e educação recebido por elas, eu jamais teria conseguido e com certeza não seria quem sou em essência.

Agradeço também ao meu pai Claudio Fileto, por ter escolhido ser meu pai e ter desempenhado tal papel com maestria. Muitas das minhas conquistas só foram possíveis com o seu apoio.

Gostaria de agradecer a todos os professores que fizeram parte de minha formação, em especial, ao Professor Bogdan e a Professora Sthéphani que foram fundamentais nessas últimas etapas.

Com muito carinho, gostaria de agradecer aos meus amigos que percorreram este caminho comigo, sendo minha família e amparo nesses últimos seis anos. Em especial às minhas amigas Mariana Rodelli e Luiza Mariano pela relação de amizade ímpar.

RESUMO

SBRUNHERA, Ana S. Efeito do processamento nas características da batata doce reidratada. 2016. 38 f. **Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Alimentos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

A batata doce é uma cultura rústica de alta adaptabilidade, sendo produzida em todo o Brasil. Destaca-se por seu baixo índice glicêmico e apresentando inúmeras aplicações tanto no âmbito doméstico, quanto na indústria. Com base nas crescentes aplicações para a batata doce, este trabalho teve o objetivo de estudar as variações nas características da batata doce reidratada após passar pelo processo de secagem em diferentes temperaturas (50°C, 60°C e 70°C) e com diferentes concentrações de ácido cítrico (0,2%, 0,6%, 1,0%). Foram avaliados além da cinética de secagem, os parâmetros instrumentais de cor e textura e a capacidade de reidratação da batata doce desidratada. Dentre os parâmetros utilizados, a temperatura foi a de maior influência nos resultados obtidos para as características colorimétricas, perfis de textura, cinética de secagem e capacidade de reidratação. Os modelos de Hederson-Pabis, Page e Newton apresentaram um bom ajuste (P menor que 10%, variando de 0,0069 a 2,369), onde os valores de R² variaram de 0,91431 a 0,99816, sendo a melhor condição experimental verificada para a secagem a 60 °C da batata doce sem tratamento com ácido cítrico, pelo modelo de Page. Como consequência dos resultados obtidos, notou-se que a melhor temperatura de secagem é a de 60 °C e que ácido cítrico têm um efeito mínimo, dispensando assim sua utilização.

Palavras-chave: batata doce, reidratação, temperatura e ácido cítrico.

ABSTRACT

SBRUNHERA, Ana S. Effect of processing on the characteristics of sweet potato rehydrated. 2016. 38 f **Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia de Alimentos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

The sweet potato is a rustic culture of high adaptability, being produced in Brazil. It stands out for its low glycemic index and presenting numerous applications both domestically, and in industry. Based on the growing applications for sweet potatoes, this work was to study the variations in sweet potato characteristics rehydrated after passing through the drying process at different temperatures (50°C, 60°C and 70°C) and with different citric acid concentrations (0.2%, 0.6%, 1.0%). Besides the drying kinetics, the color and texture instrumental parameters and the dehydrated sweet potato rehydration capacity were evaluated. Among the parameters used, the temperature was the highest influence on the results obtained for the color and texture characteristics. Models Hederson-Pabis, Page and Newton showed a good fit (P less than 10%, ranging from 0.0069 to 2.369), where the R² values ranged from 0.91431 to 0.99816, being the best verified experimental condition for drying at 60 ° C sweet potato without treatment with citric acid, the Page model. As a consequence of the results obtained, it was noticed that the best drying temperature is 60 ° C and that citric acid has a minimal effect, thus not requiring its use.

Keywords: sweet potato, rehydration, temperature and citric acid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação das curvas de secagem entre as temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C para a batata-doce desidratada sem tratamento e com tratamento em solução a 1% de ácido cítrico (AC).....	21
Figura 2: Diagramas de pareto para influência da concentração de ácido cítrico e temperatura de secagem nos parâmetros colorimétricos de batata-doce desidratada e reidratada.....	24
Figura 3: Diagrama de pareto para a capacidade de reidratação da batata-doce desidratada.....	25
Figura 4: Diagramas de pareto da influência da temperatura e concentração de ácido cítrico sobre a textura (dureza e resiliência) para a batata doce desidratada e reidratada.....	27
Figura 5: Superfície de resposta da resiliência da batata doce desidratada.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados sobre áreas, quantidade produzida e rendimento médio por região produtora nos anos de 2010 a 2014.....	13
Tabela 2: Fatores utilizados e seus respectivos níveis codificados e não codificados.	18
Tabela 3: Delineamento fatorial completo com três repetições no ponto central.	18
Tabela 4: Parâmetros calculados, R ² e P(%) para ajuste dos dados de secagem de batata doce com modelos matemáticos selecionados a diferentes temperaturas.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS	11
	2.1 Objetivo Geral	11
	2.2 Objetivos Específicos	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	12
	3.1 Batata Doce	12
	3.2 Secagem	14
	3.3 Reidratação	15
	3.4 Modelagem matemática	15
	3.5 Ácido Cítrico	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS	16
	4.1 Materiais	16
	4.2 Métodos	17
	4.2.1 Preparo das amostras	17
	4.2.2 Secagem	17
	4.2.2.1 Modelagem da cinética de secagem	17
	4.2.3 Delineamento experimental	18
	4.2.4 Reidratação	19
	4.2.4.1 Capacidade de reidratação	19
	4.2.5 Análise colorimétrica	19
	4.2.6 Análise do perfil de textura	20
	4.2.7 Análise estatística	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
	5.1 Cinética de secagem	20
	5.2 Análise colorimétrica	23
	5.3 Reidratação	25
	5.4 Análise de textura	26
6	CONCLUSÃO	269
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1 INTRODUÇÃO

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente da família das Convolvulaceas, é uma hortaliça tuberosa, originária da América do Sul (SOUZA; RESENDE,2001). Ocorre em 111 países, sendo que cerca de 90% da produção é obtida na Ásia e 5% no restante do mundo (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2004). A China é o maior produtor mundial, destacando-se com 120 milhões de toneladas/ano (ZHANG; UM, 2011).

No Brasil é cultivada em todas as regiões, sendo mais presente nas regiões Sul e Nordeste, onde destacam-se os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Pernambuco e Paraíba (EMBRAPA, 2008). Segundo o IBGE, no ano de 2010 a produção da região sudeste, sul e centro-oeste somadas chegou a 307169 toneladas, destacando-se a região sul com aproximadamente 86,5% do valor total (IBGE, 2010).

Trata-se de uma cultura rústica, típica de clima tropical e subtropical, de fácil manutenção, boa resistência contra seca e ampla adaptação (MIRANDA *et al.*, 1989). As raízes apresentam micronutrientes em sua composição, como Ca e K⁺ e ainda um teor de carboidratos variando entre 25% e 30%, dos quais 98% são facilmente digeríveis (CLARK; MOYER, 1988).

Com base na digestibilidade dos carboidratos, o consumo de alimentos com baixo índice glicêmico e ricos em fibras vem aumentando, com o intuito de reduzir a obesidade e seus problemas associados, como diabetes e doenças cardíacas, bem como em exercer efeitos protetores contra certos tipos de câncer (BUTTRISS; STOKES, 2008). A batata-doce é um alimento altamente reconhecido pelo seu baixo índice glicêmico (BJÖRCK; LILJEBERG; OSTMAN,2000) e dependendo da coloração são ricas em β -caroteno, antocianinas, compostos fenólicos, fibra dietética e sais minerais (ILSI, 2008).

A batata-doce tem inúmeras aplicações na culinária doméstica, na elaboração de pratos salgados, doces e aperitivos. Já na indústria, é fonte de matéria-prima para doces enlatados, confeitaria e na produção de fécula. Na alimentação animal constitui componente para rações de bovino e suínos, podendo principalmente, ser aproveitada na forma natural picada, ensilada, ou na forma de farinha seca (MONTEIRO; PERESSIN,1995).

Entre os métodos de industrialização de alimentos, a secagem surge como uma alternativa de conservação alimentícia sendo uma tecnologia amplamente utilizada, uma vez que esse processo melhora a estabilidade de alimentos, reduzindo consideravelmente a atividade de água e a carga microbiológica do material. Conseqüentemente, esta operação unitária minimiza as alterações físicas e químicas durante o armazenamento dos produtos (HATAMIPOUR *et al.*, 2007).

Atualmente, o método de secagem mais utilizado baseia-se na remoção da água por meio de convecção forçada de ar, através de equipamentos relativamente simples e de baixo custo (MARABI; SAGUY, 2009).

A técnica é empregada visando diversas finalidades, como produção de novos produtos, redução de massa e volume, mas o objetivo principal é o aumento do tempo de conservação do alimento. Associado a perda de massa que ocorre quando um alimento é seco, diminuem-se assim, consideravelmente os custos de transporte e manuseio (AREVÁLO-PINEDO; MURR, 2005).

Uma das mais importantes mudanças físicas que o alimento sofre durante a secagem é a redução do seu volume externo. Frutas e vegetais têm teores de umidade iniciais elevados e sofrem alterações da sua forma original durante o processo de secagem, devido à retração significativa. As células animais e vegetais apresentam uma propriedade denominada turgescência, onde o líquido contido na parede da célula cria uma pressão sobre a mesma, que comprime o líquido no seu interior. Durante o processo de secagem, a água deixa a célula, causando uma diminuição da tensão que o líquido exerce de encontro à parede da célula, resultando no encolhimento do material. A quantificação deste fenômeno é importante pois permite a análise da cinética de secagem e, conseqüentemente, de todo o fenômeno envolvido (PRADO, 1998).

Outras alterações indesejáveis durante a secagem, como alterações de cor e textura, podem ser reduzidas através da utilização de pré-tratamentos que consistem na imersão de vegetais em soluções de sais ou ácidos (DOYMAZ; ISMAIL, 2012). Entre os compostos permitidos em legislação, está o ácido cítrico, sendo largamente usado na indústria de alimentos, devido sua elevada solubilidade, toxicidade baixa e palatabilidade (WANG; LIU, 1996).

A utilização de produtos desidratados em muitos alimentos processados ou prontos para consumo, como substitutos de alimentos frescos, tem várias vantagens, como a comodidade no transporte, armazenamento e preparo (LEWICKI *et al.*, 1998). Muitos dos alimentos secos necessitam ser reidratados antes de serem consumidos (WEERTS *et al.*, 2005). Com a reidratação, o produto deverá mostrar características semelhantes ao produto fresco (BILBAO-SÁINZ; ANDRES; FITO, 2005).

Durante o processo de reidratação o material seco é submerso em água ou algum outro meio aquoso, sofrendo diversas alterações físico-químicas (volume, umidade, conteúdo de sólidos e textura) (MALDONADO; ARNAU; BERTUZZI, 2010). Ocorrem três processos simultâneos durante o processo de reidratação, sendo eles, a embebição de água no material seco, o inchaço e a lixiviação dos sólidos solúveis (MARKOWSKI; ZIELINSKA, 2011).

É crescente o número de estudos envolvendo as características cinéticas de reidratação de produtos agrícolas desidratados, bem como a influência dos pré-tratamentos de secagem e a influência dessas etapas na cinética de reidratação. Aghbashlo, Kianmehr e Hassan-Beygi, (2008) analisaram a capacidade de reidratação da cereja seca em três temperaturas diferentes e em três velocidades de ar. Noshad *et al.*, (2012) reidrataram marmelo e analisaram os efeitos do pré-tratamento e do tempo de reidratação na cinética de reidratação. Vergeldt *et al.*, (2014) estudaram a capacidade de absorção de água de cenoura liofilizada.

2 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

2.1 Objetivo Geral

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o efeito do pré-tratamento e da secagem sobre as características da batata doce reidratada.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar o efeito do pré-tratamento com ácido cítrico (0,2%, 0,6% e 1,0%) sobre a cinética de secagem da batata doce nas temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C;
- b) Analisar o efeito do pré-tratamento com ácido cítrico (0,2%, 0,6% e 1,0%) sobre os parâmetros instrumentais de cor e textura da batata doce seca;
- c) Analisar o efeito do pré-tratamento com ácido cítrico (0,2%, 0,6% e 1,0%) sobre os parâmetros instrumentais de cor e textura da batata doce reidratada;
- d) Estudar o efeito da secagem nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C sobre a capacidade de reidratação da batata doce.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Batata Doce

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente à família das Convolvulaceas, é uma hortaliça tuberosa, originária da América do Sul (SOUZA; RESENDE, 2001). É uma cultura bastante popular e apreciada em todo o território brasileiro, sendo a quarta hortaliça mais consumida no país, e uma das mais cultivadas na região Nordeste (NUNES *et al.*, 2012)

A planta é rústica, de ampla adaptação, apresenta alta tolerância à seca e é de fácil cultivo (MIRANDA *et al.*, 1989; EMBRAPA, 1995). De acordo com Silva e seus colaboradores (2004) a batata-doce pode ser plantada em regiões localizadas desde a latitude de 42°N até 35°S, desde o nível do mar até uma altitude de 3.000 metros e clima variável, podendo ser encontrada em clima como da Cordilheira dos Andes; regiões de clima tropical, como o da Amazônia; e clima desértico como o da costa do Pacífico.

Segundo Firetti e Montes (2006) é possível cultivar a batata-doce sem aplicação de agrotóxicos, porém algumas pragas de solo, fungos, vírus, nematoides, micoplasmas e bactérias podem utilizar a planta como hospedeira, podendo alcançar níveis prejudiciais caso tenha condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento.

A produção da batata-doce ocorre em 111 países, sendo que cerca de 90% da produção é obtida na Ásia e 5% no restante do mundo (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2004). A China é o maior produtor mundial, destacando-se com 120 milhões de toneladas/ano (ZHANG; UM, 2011).

No Brasil a hortaliça é cultivada em todas as regiões, sendo mais presente nas regiões Sul e Nordeste, onde destacam-se os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Pernambuco e Paraíba (EMBRAPA, 2008).

Segundo o IBGE, no ano de 2010 a produção da região sudeste, sul e centro-oeste somadas chegou a 307169 toneladas, destacando-se a região sul com aproximadamente 70,5% do valor total. Já em 2014, a produção foi de 369457 toneladas, sendo a região sul a que mais produziu entre as analisadas (IBGE, 2010; IBGE 2014).

A análise da Tabela 01 permite concluir que no período compreendido entre 2010 e 2014, a região sul foi a que mais produziu batata-doce, em toneladas. Porém, ao avaliar a produtividade, ou seja, a produção em quilos por hectare verifica-se que a região centro-oeste é a que apresenta uma melhor relação desde o ano de 2011.

Tabela 1: Dados sobre áreas, quantidade produzida e rendimento médio por região produtora nos anos de 2010 a 2014

Ano	Grandes Regiões produtoras	Áreas (ha)		Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)
		Plantada	Colhida		
2010	Norte	493	482	8.937	18.541
	Nordeste	19.527	19.445	179.076	9.209
	Sudeste	5.454	5.374	87.901	16.357
	Sul	16.362	16.338	216.512	13.252
	Centro – Oeste	163	163	2.756	16.908
2011	Norte	734	732	9.935	13.572
	Nordeste	19.808	19.775	184.633	9.336
	Sudeste	6.498	9.497	107.135	16.489
	Sul	16.594	16.594	235.853	14.213
	Centro – Oeste	245	245	7264	29.648
2012	Norte	527	506	6.479	12.804
	Nordeste	16.717	15.940	139.992	8.782
	Sudeste	6.028	6.028	95.469	15.838
	Sul	16.560	16.559	229.425	13.855
	Centro – Oeste	288	288	8.060	27.986
2013	Norte	533	519	6.471	12.468
	Nordeste	15.839	15.062	142.053	9.341
	Sudeste	6.867	6.867	119.414	17.390
	Sul	15.835	15.835	227.354	14.358
	Centro – Oeste	319	319	10.058	31.530
2014	Norte	546	538	6.100	11.338
	Nordeste	16.559	15.938	150.257	9.428
	Sudeste	7.079	7.075	120.306	17.004
	Sul	15.723	15.723	233.515	14.852
	Centro – Oeste	436	431	15.636	36.278

Fonte: IBGE (2010), IBGE (2011), IBGE (2012), IBGE (2013) e IBGE (2014).

De acordo ainda com os dados do IBGE de 2014, a região sul foi a principal produtora, responsável por 44,41% da produção e seguida pelo Nordeste, com 28,56%. Dentre os estados com maior participação nacional, se

destacam o Rio Grande do Sul, que produz em torno de 30,67% da batata-doce brasileira, São Paulo (14,26%) e Paraná (7,88%).

A batata-doce, embora seja uma espécie perene, vem sendo destinada, no mundo, prioritariamente para consumo humano e animal, possuindo potencial alimentício alto por armazenar reservas nutritivas em suas raízes. O consumo humano pode ser de forma cozida, assada, frita ou na forma de doces. Na indústria, a batata-doce é matéria prima para produção de doces, salgadinhos, pães, álcool e é um amido de alta qualidade, empregada na fabricação de tecidos, papel, cosmético, adesivos e glucose. Já o consumo animal, principalmente de bovinos e suínos, normalmente é feito *in natura* ou como silagem, nesse caso apenas as ramas (EMBRAPA, 1995; NUNES et al., 2012).

As raízes apresentam micronutrientes em sua composição, como Ca e K, e ainda um teor de carboidratos variando entre 25% e 30%, dos quais 98% são facilmente digeríveis (CLARK; MOYER, 1988).

3.2 Secagem

A secagem é uma importante operação unitária, onde ocorre o fenômeno de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem (OZDEMIR; DEVRES, 1999).

A conservação através do processo de secagem baseia-se na necessidade de água dos micro-organismos, enzimas e processos metabólicos. A retirada da água livre a níveis seguros de armazenamento reduz a atividade de água e velocidade das reações químicas, bem como, o desenvolvimento de microrganismos (CORREA et al. 2011).

Existem muitos métodos de secagem e a escolha do método depende de inúmeros fatores como o tipo de produto, custo, consumo de energia e a qualidade exigida do produto final (RAGHAVAN et al. 2005).

O processo de secagem por convecção de ar é largamente utilizado para a secagem de frutas e vegetais (NIJHUIS et al. 1998). Porém, estudo apontam uma série de problemas associados a esse processo por convecção, como alteração físicas de cor, textura e alterações químicas (CHUA et al. 2000).

A qualidade do produto seco está diretamente ligada a temperatura utilizada no processo, sendo que altas temperaturas estão associadas a perda de qualidade e em contrapartida, baixas temperaturas associadas ao tempo de secagem, tornam o processo inviável pelo consumo energético (NINDO *et al.*, 2003, BEAUDRY *et al.*, 2004).

3.3 Reidratação

Processo baseado no umedecimento do material seco (FEMENIA *et al.*, 2000). É normalmente realizada pela embebição do material seco em grandes quantidades de água, ou ainda, outros líquidos como sucos de frutos, sacarose, glicose e soluções de glicerol (MALDONADO *et al.*, 2010).

O processo sofre influência de fatores intrínsecos como pré-tratamento, técnicas e condições de secagem, e procedimentos pós secagem e de fatores extrínsecos como composição do meio de imersão e temperatura (RASTOGI *et al.*, 2002).

Na prática, as alterações sofridas ao longo do processo de secagem são irreversíveis, logo a reidratação não pode ser simplesmente considerada o processo reverso da secagem (LEWICKI, 1998).

3.4 Modelagem matemática

Os modelos matemáticos variam de acordo com o sistema considerado, com as particularidades de cada função, sendo então, uns mais adequados do que outros. Uma vez obtido o modelo matemático de um sistema, são diversas as ferramentas analíticas que podem ser utilizadas para fins de análise e síntese (OGATHA, 2003).

Nos processos capazes de serem modelados, como os processos de secagem e reidratação, por exemplo, podem ser utilizados os modelos empíricos e teóricos (MASKAN, 2002).

Os modelos empíricos geralmente não possuem formulação teórica sendo obtidos por analogias matemáticas simples com base nos dados experimentais, análise dimensional e estatística. Apesar de frequentemente apresentarem bom ajuste para os dados, sua utilização é limitada devido à

dependência das condições experimentais nas quais os dados foram obtidos e as características do material de estudo (MAYOR; SERENO, 2004)

Os modelos teóricos são baseados em leis e teorias. A dificuldade da interpretação do seu comportamento é devido às várias funções e parâmetros, não sendo conveniente para análises computacionais (MASKAN, 2002).

3.5 Ácido Cítrico

Desde as antigas civilizações existem relatos da utilização de cloreto de sódio e ervas para a conservação de alimentos como carnes e peixes. Os aditivos podem ser utilizados para diferentes fins, sendo que estes dependendo do grupo em que se encaixam, podem atuar como antioxidantes, acidulantes, emulsificantes, estabilizantes, espessantes, umectantes, anti-umectantes, corantes, flavorizantes e adoçantes (AUN et al, 2011).

Os acidulantes têm como propriedade aumentar a acidez e conferir sabor ácido aos alimentos e bebidas, além de influir na conservação microbiológica dos alimentos. Dentre os acidulantes conhecidos, o ácido cítrico é amplamente utilizado na indústria alimentícia, não sendo este seu único benefício agregado. O ácido cítrico também é utilizado como antioxidante, agente tamponante e estabilizantes (CARVALHO et al, 2005; AUN et al, 2011).

O ácido cítrico ($C_3H_5O(COOH)_3$), é um sólido cristalino branco, inodoro, de sabor levemente ácido, é um ácido orgânico fraco, que pode ser encontrado em frutos cítricos. A acidez do ácido cítrico é proveniente de seus grupos carboxilas (-COOH) que eventualmente pode perder prótons em soluções, formando íons citrato. (THE COLUMBIA ENCYCLOPEDIA, 2001; CARVALHO et al., 2005).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Materiais

As batatas-doce foram adquiridas no mercado local de Campo Mourão (PR). O ácido cítrico, bem como todos os equipamentos utilizados no

experimento estavam disponíveis nos laboratórios da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão (PR).

4.2 Métodos

4.1.14.2.1 Preparo das amostras

As batatas-doce foram higienizadas com hipoclorito de sódio em uma solução de 2 ppm, descascadas manualmente e cortadas de maneira uniforme com utensílios domésticos, na dimensão de 1 cm de altura por 1 cm de espessura e 5 cm de comprimento. As amostras foram submetidas ao pré-tratamento com solução de ácido cítrico (0,2%, 0,6% e 1,0%). As amostras permaneceram imersas à temperatura ambiente por um período de 3 minutos e em seguida drenadas em papel absorvente.

4.2.2 Secagem

A secagem foi realizada em uma estufa com circulação de ar, onde as amostras foram alocadas em bandejas, que por sua vez, foram acondicionadas nas prateleiras da estufa. A leitura de massa foi realizada a cada 1 minuto, durante 10 minutos. Em seguida a cada 5 minutos, durante 50 minutos posteriormente, a cada 10 minutos, até que não houvesse variação significativa de massa. O processo foi realizado nas temperaturas de 50 °C, 60 °C e 70 °C.

4.2.2.1 Modelagem da cinética de secagem

A variação da umidade ao longo do processo foi representada pelos modelos matemáticos de Newton, Henderson-Pabis e Page (Equações 1, 2 e 3, respectivamente) (REIS, 2011).

$$MR = a \exp(-dt) \text{ (Equação 1)}$$

$$MR = a \exp(-bt) \text{ (Equação 2)}$$

$$MR = \exp(-ct^n) \text{ (Equação 3)}$$

Onde MR é a razão entre as umidades; a, b, c, n são as constantes das equações e t é o tempo, em minutos.

4.2.3 Delineamento experimental

O experimento de secagem foi realizado sob diferentes condições, seguindo um delineamento fatorial com três níveis e dois fatores (3^2). As variáveis do processo escolhidas foram a temperatura (fator 1) e a concentração de ácido cítrico (fator 2). As respostas avaliadas foram a taxa de secagem, a taxa de reidratação, os parâmetros de cor e de textura. Na Tabela 2 são mostrados os níveis codificados e não codificados dos fatores.

Tabela 2: Fatores utilizados e seus respectivos níveis codificados e não codificados

Fator	Nível		
	-1	Ponto central	+1
Temperatura (°C)	50	60	70
Concentração de ácido cítrico (g/100 mL)	0,2	0,6	1,0

Na Tabela 3 é mostrado o delineamento experimental para as condições propostas expresso na forma de variáveis codificadas.

Tabela 3: Delineamento fatorial completo com três repetições no ponto central.

Experimentos	Níveis das variáveis independentes codificadas	
	Fator 1	Fator 2
1	-1	-1
2	-1	0
3	-1	+1
4	0	-1
5	0	+1
6	+1	-1
7	+1	0
8	+1	+1

9	0	0
10	0	0
11	0	0

4.1.34.2.3 Reidratação

As amostras de batata-doce após passarem pelo processo de secagem, foram submergidas em água destilada a 40 °C. Durante 180 minutos, as amostras foram retiradas, drenadas e pesadas em um intervalo de 10 minutos nos primeiros 60 minutos e posteriormente a cada 30 minutos, para determinar o ganho de massa correspondente a reabsorção de água.

4.1.3.14.2.3.1 Capacidade de reidratação

O índice mais comumente utilizado para expressar a reidratação em tecidos vegetais é a capacidade de reidratação e foi calculada conforme a equação 4 (LEWICKI, 1998).

$$\text{capacidade de reidratação} = \left[\frac{\text{massa após a reidratação}}{\text{massa inicial}} \right] \text{ (Equação 4)}$$

4.1.44.2.4 Análise colorimétrica

Os parâmetros de cor das amostras foram medidos no início, após o pré-tratamento, após o processo de secagem e após o processo de reidratação utilizando um espectrofotômetro de reflectância difusa MiniScan EZ (HunterLab, MSEZ-4000S, USA). O instrumento com sensor ótico geométrico de esfera, utilizando ângulo de observação de 2°, iluminante principal D75 e escala CIELab. O eixo L^* representa a luminosidade, de 0 (preto) a 100 (branco). O parâmetro a^* expressa o eixo verde/vermelho ($-a^*/a^*$) e b^* , o eixo azul/amarelo ($-b^*/b^*$).

4.1.54.2.5 Análise do perfil de textura

As amostras *in natura* e após as etapas de pré-tratamento, secagem e reidratação foram submetidas à análise do perfil de textura instrumental, realizada com um analisador de textura TA-XT Express (Stable Micro Systems) e o Software Expression foi utilizado para análise dos dados. Os testes foram realizados à temperatura ambiente e foram testados os parâmetros a partir das curvas força-tempo (resiliência e dureza) (BOURNE, 1978).

4.2.7 Análise estatística

Para verificar a qualidade do ajuste de cada modelo matemático, foi realizada análise de regressão não-linear, através do método de Gauss-Newton, utilizando o programa computacional STATISTICA 7.0. A seleção dos modelos ocorreu de acordo com o coeficiente de determinação (R^2), do erro percentual e do erro padrão (LEWICKI, 2008).

Os resultados médios das determinações de cor e textura em cada tratamento foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de 5% de significância, e as médias comparadas pelo Teste de Tukey, através da ferramenta computacional STATISTICA 7.0.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cinética de secagem

Na figura 1 é mostrada a variação da taxa de umidade (MR) em função do tempo de secagem da batata-doce com e sem tratamento com ácido cítrico.

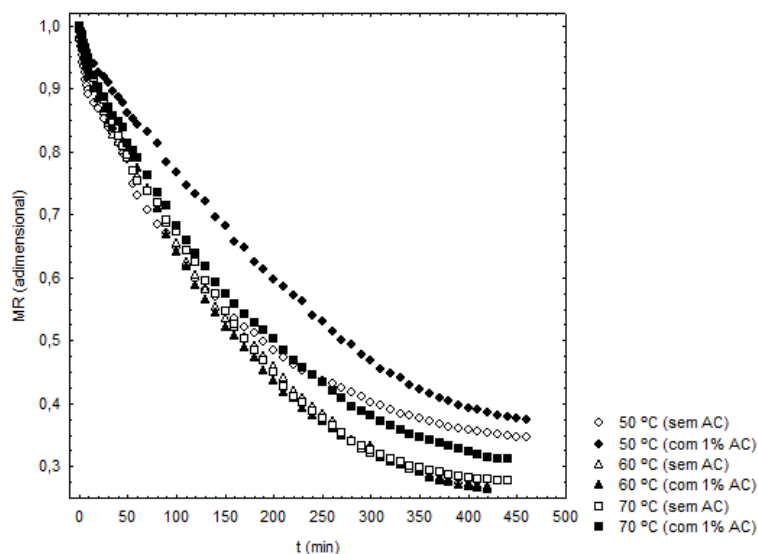


Figura 1: Comparação das curvas de secagem entre as temperaturas de 50°C, 60°C e 70°C para a batata-doce desidratada sem tratamento e com tratamento em solução a 1% de ácido cítrico (AC).

Os dados experimentais sugerem que o processo apresentou, em todas as condições de temperatura estudadas, comportamento semelhante, uniforme e contínuo. A principal diferença verificada foi em relação ao tempo de secagem em função da temperatura. A umidade de equilíbrio do produto foi atingida aos 440 minutos para a secagem a 70 °C, 420 minutos para 60 °C e 460 minutos para 50 °C. O comportamento atípico nas curvas de secagem a 70 °C pode ser associado a uma rápida desidratação da superfície do alimento, dificultando assim a difusão da umidade interna, resultando em um tempo de secagem e uma razão de umidade maiores que os verificados a 60 °C.

Na tabela 4 são mostrados os parâmetros dos modelos utilizados para ajustar os dados de secagem da batata-doce a diferentes temperaturas e pré-tratamentos utilizados.

Tabela 4: Parâmetros calculados, R^2 e $P(\%)$ para ajuste dos dados de secagem de batata doce com modelos matemáticos selecionados a diferentes temperaturas.

50 °C sem AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,909426$	0,96323	0,1092
	$b = 0,002714$		
	$c = 0,023262$		
Page	$n = 0,638501$	0,99503	0,0147
	$d = 0,003182$		
Newton		0,91431	0,2546
50 °C com 1% AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,977184$	0,99626	0,0110
	$b = 0,002363$		
	$c = 0,004772$		
Page	$n = 0,881879$	0,99782	0,0064
	$d = 0,002463$		
Newton		0,99290	0,0210
60 °C sem AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,959821$	0,99296	0,0266
	$b = 0,003597$		
	$c = 0,009948$		
Page	$n = 0,822835$	0,99816	0,0069
	$d = 0,003829$		
Newton		0,98585	0,0534
60 °C com 1% AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,959927$	0,99195	0,0309
	$b = 0,003667$		
	$c = 0,009955$		
Page	$n = 0,825839$	0,99702	0,0114
	$d = 0,01060$		
Newton		0,9850	2,369
70 °C sem AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,968143$	0,98978	0,0416
	$b = 0,003549$		
	$c = 0,009067$		
Page	$n = 0,836093$	0,99597	0,0164
	$d = 0,003726$		
Newton		0,98560	0,0587
70 °C com 1% AC			
MODELO	PARÂMETRO	R^2	$P(\%)$
Henderson-Pabis	$a = 0,963519$	0,98962	0,0364
	$b = 0,003072$		
	$c = 0,009179$		
Page	$n = 0,811029$	0,99769	0,0081
	$d = 0,003261$		
Newton		0,98299	0,0597

Todos os modelos selecionados apresentaram um bom ajuste (P menor que 10%, variando de 0,0069 a 2,369). Os valores de R^2 variaram de 0,91431 a 0,99816, sendo a melhor condição experimental verificada para a secagem a 60 °C da batata doce sem tratamento com ácido cítrico, pelo modelo de Page. O mesmo modelo apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais em todas as temperaturas estudadas e o comportamento pode ser justificado pelo maior número de parâmetros da equação e à incorporação do parâmetro n na forma exponencial.

Reis (2011), ao estudar a secagem à vácuo de fatias de yacon, também verificou que o modelo de Page foi o que apresentou melhores ajustes aos dados experimentais. Véga-Galvez et al. (2008) encontraram o melhor ajuste com o modelo de Page modificado para representar a secagem de fatias de maçã a temperaturas entre 40 °C e 80 °C.

5.2 Análise colorimétrica

Na figura 2 são mostrados os diagramas de Pareto que representam a influência da concentração de ácido cítrico usada no pré-tratamento e da temperatura de secagem e sobre os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) da batata doce desidratada e reidratada.

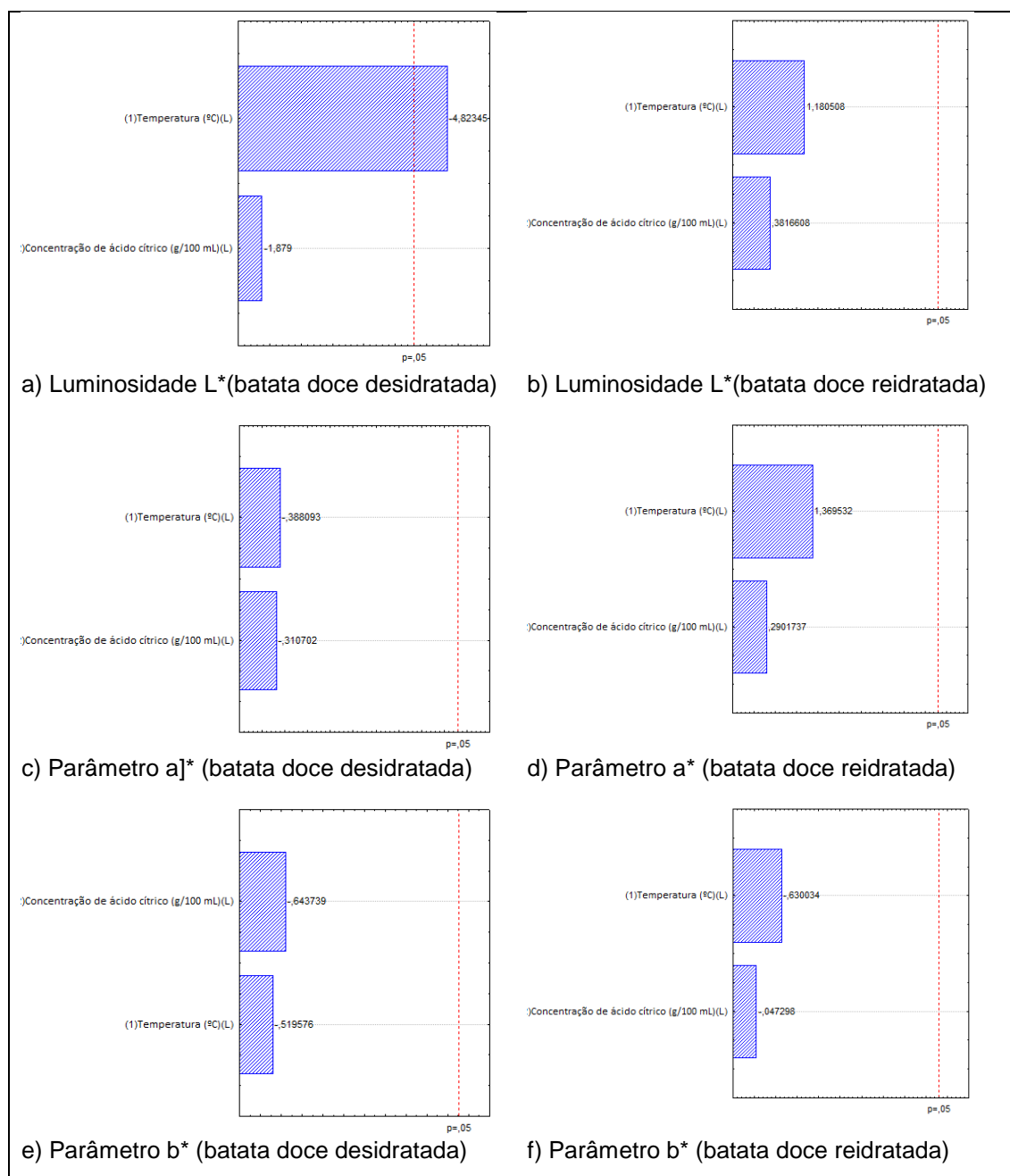


Figura 2: Diagramas de pareto para influência da concentração de ácido cítrico e temperatura de secagem nos parâmetros colorimétricos de batata-doce desidratada e reidratada.

Através da figura 2, pode-se verificar que somente a temperatura de secagem influenciou significativamente a coloração da batata doce desidratada, com reflexo na Luminosidade L^* das amostras. Foi constatado que, quanto maior a temperatura, menor o valor de L^* e conseqüentemente, mais escuro é o produto obtido.

Apesar de não se apresentar estatisticamente influência significativa, a concentração de ácido cítrico utilizada no pré-tratamento mostrou influência negativa nos parâmetros de cor analisados na batata-doce desidratada. Foi verificado, através dos resultados obtidos, que quanto maior a concentração de ácido cítrico, maior a manutenção da cor original da batata doce. Já os parâmetros de cor avaliados na batata-doce após a reidratação, não sofreram influência significativa de nenhuma das variáveis empregadas (temperatura de secagem e concentração de ácido cítrico no pré-tratamento).

5.3 Reidratação

Na figura 3, é apresentado o diagrama de pareto para as variáveis estudadas (temperatura de secagem e concentração de ácido no pré-tratamento) na capacidade de reidratação da batata doce desidratada.

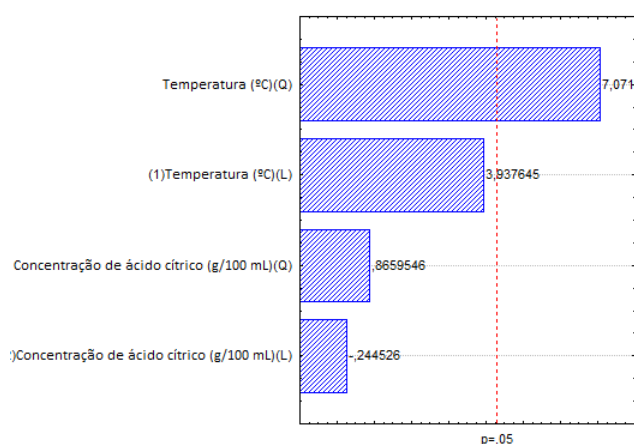


Figura 3: Diagrama de pareto para a capacidade de reidratação da batata-doce desidratada.

Verifica-se, através da figura 3, que a variável temperatura de secagem, apresentou influência significativa positiva na capacidade de reidratação da batata-doce desidratada. Já para a variável concentração de ácido cítrico no pré-tratamento, não foi verificada influência significativa no processo de reidratação.

Encontrou-se uma maior capacidade de reidratação para as amostras que foram secas a 60 °C, fato que pode ser correlacionado com a secagem onde em 60 °C o equilíbrio mássico foi atingido mais rapidamente.

Apati *et al* (2010) estudaram a capacidade de reidratação de cogumelos desidratados e também encontraram uma relação entre a temperatura de secagem e a capacidade de reidratação. Onde em temperaturas intermediárias a reidratação é maior.

5.4 Análise de textura

Na Figura 4 temos os diagramas de pareto que nos mostram quais parâmetros foram significativos ou não nos perfis de textura.

Quanto ao perfil de dureza da batata doce desidratada, nota-se que não houve influência significativa da temperatura nem da concentração de ácido cítrico (Figura 4b), entretanto percebe-se que quanto maior a temperatura em concentrações de ácido cítrico menores, mais dura será a batata doce desidratada.

Com relação a resiliência da batata doce desidratada, os maiores valores foram encontrados para concentrações de ácido cítrico maiores e em temperaturas intermediárias (Figura 5), onde a temperatura e a concentração tem grande influência no comportamento desse perfil (Figura 4c).

Para as batatas doce reidratadas, a maior dureza é verificada para as amostra que foram secas a maiores temperaturas e com menores concentrações de ácido, fato que nos permite correlacionar secagem com a resiliência das amostras reidratadas, sendo que quanto menor a temperatura e maior a concentração de ácido, maior será a resiliência.

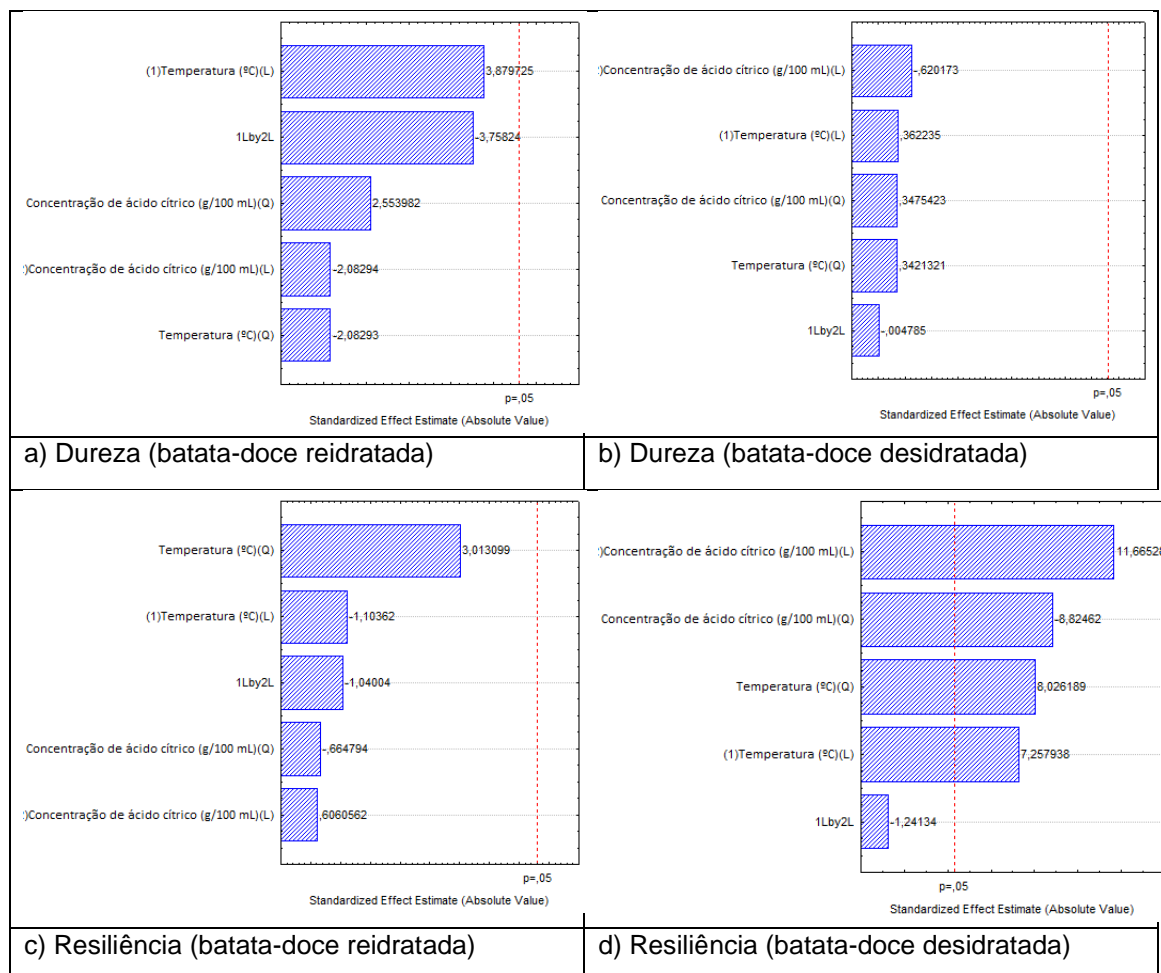


Figura 4: Diagrams de pareto da influência da temperatura e concentração de ácido cítrico sobre a textura (dureza e resiliência) para a batata doce desidratada e reidratada.

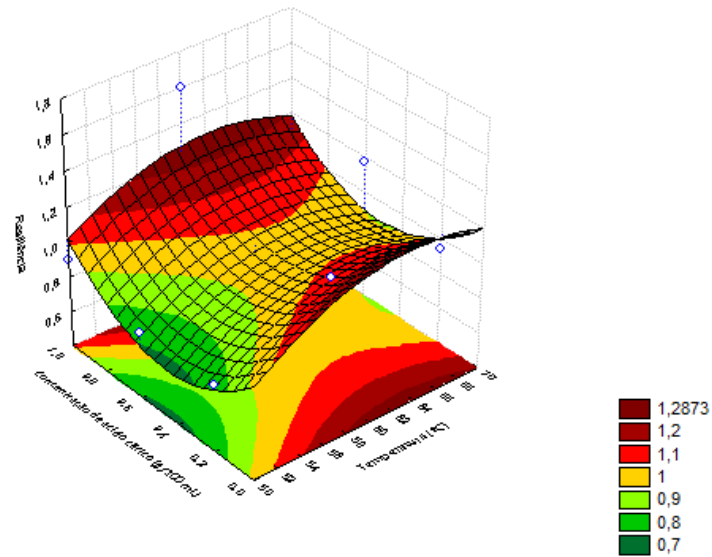


Figura 5: Superfície de resposta da resiliência da batata doce desidratada.

6 CONCLUSÃO

O ácido cítrico não apresenta influência significativa sobre a cinética de secagem, tendo as curvas apresentado comportamento semelhante, uniforme e contínuo, onde a principal diferença verificada foi em relação a temperatura de secagem.

Quanto ao parâmetro instrumental de cor, apesar de não ter estatisticamente influência significativa, a concentração ácido cítrico apresentou influência negativa sobre os parâmetros de cor da batata doce desidratada e não apresentou nenhuma influência quanto as amostras reidratadas.

Já com relação aos parâmetros de textura o ácido cítrico apresentou influência na resiliência das amostras desidratadas, sendo obtidos valores de resiliência maiores em maiores concentrações de ácido cítrico. E apesar de não ter influência significativa, percebeu-se que para as amostras reidratadas, a concentração de ácido influenciou da mesma forma que o verificado sobre as amostras desidratadas

Quanto ao efeito da temperatura de secagem sobre a capacidade de reidratação da batata doce, notou-se que a maior reabsorção de água ocorreu na temperatura de 60°C, que por sua vez, foi a que atingiu o equilíbrio gravimétrico mais rápido.

Uma vez que o ácido cítrico não apresenta influência significativa sobre os parâmetros estudados, sua utilização é dispensável. Já a temperatura de secagem apresenta influência sob alguns parâmetros e indica-se neste a temperatura de 60 °C uma vez que atinge o equilíbrio mássico mais rapidamente.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHBASHLO, M; KIANMEHR, M. H; HASSAN-BEYGI, S. R. Drying and rehydration characteristics of sour cherry (*Prunus cerasus L.*). **Department of Agricultural Technical Engineering**. Faculty of Agricultural Engineering.2008.

APATI, G. P.; FURLAN, S. A.; LAURINDO, J. B. Drying and rehydration of oyster mushroom. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 4, 2010

AREVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X.; Influência da Pressão, Temperatura e Pré-tratamentos na Secagem a Vácuo de Cenoura e Abóbora. **Ciên. Tecnol. Alim.** Campinas, v..25, n. 4, p. 636-643, 2005.

AUN, M. V.; MAFRA, C.; PHILIPPI, J. C.; KALIL, J.; AGONDI, R. C.; MOTTA, A. A. Aditivos em alimentos. **Revista Brasileira de Alergia Immunopatologia**, v. 34, n. 5, 2011.

BEAUDRY, C.; RAGHAVAN, G. S. V.; RATTI, C.; RENNIE, T. J. Effect of four drying methods on the quality of osmotically dehydrated cranberries. **Drying Technology**, v.22, p. 521-539, 2004.

BILBAO-SÁINZ, C.; ANDRES, A.; FITO, P. Hydration kinetics of dried apple as affected by drying conditions. **J. Food Eng.**v. 68, pp. 369–376, 2005.

BJÖRCK, I.; LILJEBERG, H.; OSTMAN, E. Low glycaemic-index foods. **British Journal of Nutrition**, v. 83, p. 149–155. 2000.

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**. 62-66, 1978.

BUTTRISS, J. L.; STOKES, C. S. Dietary fibre and health. **Nutrition Bulletin**, v. 33, pp. 186–200, 2008.

CARVALHO, W.; SILVA, D. D. V.; CANILHA, L.; MANCHILHA, I. M. Aditivos alimentares produzidos por via fermentativa. Parte 1: ácidos orgânicos. **Revista Analytica**, v.1, p. 70-76, 2005.

CHUA, K. J.; MUJUMDAR, A. S.; CHOU, S. K. HAWLANDER, M. N. A.; HO, J. C. Convective drying of banana, guava and potato picces: effect of cyclical

variations of air temperature on convective drying kinetics and color change. **Drying Technology**, v.18, p. 907-936, 2000.

CLARK, C. A.; MOYER, J. W. *Compedium of sweet potato diseases*. St. Paul: **APS Press**, 1988.

CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; GARIN, S. A.; JAREN, C.; OLIVEIRA, G. H. H. Mathematical models to describe the volumetric shrinkage rate of red beans during drying. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 716-726, 2001.

DOYMAZ, I; ISMAIL, O. Modeling of rehydration kinetics of green bell peppers. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2012.

EMBRAPA. **A cultura da batata-doce**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional Pesquisa de Hortaliças. Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 94, 1995. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/755115/a-cultura-da-batata-doce>>. Acesso feito em 08 de maio de 2016.

EMBRAPA. **Sistemas de Produção**, 6. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, ISSN 1678-880X Versão Eletrônica, 2008. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/autores.htm>. Acesso feito em 20 de outubro de 2015.

FEMENIA, A.; BESTARD, M. J.; SANJUAN, N.; ROSSELLO, C.; MULET, A. Effect of rehydratation temperature on the cell wall componentes of broccoli (*Brassica oleracea L. Var. itálica*) plant tissues. **Journal of Food Engineering**, v.46, p. 157-163, 2000.

FIRETTI, R.; MONTES, S. M. N. M. A cultura da batata doce na região de Presidente Prudente. **Pesquisa & Tecnologia**, vol. 3, n.1, jan-jun 2006. Disponível em:<<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2006/2006-janeiro-junho/221-a-cultura-da-batata-doce-na-regiao-de-presidente-prudente/file.html>>. Acesso feito em 10 de maio 2016.

HATAMIPOUR, M. S.; KAZEMI, H. H.; NOORALIVAND, A.; NOZARPOOR, A. Drying characteristics of six varieties of sweet potatoes in different dryers. **Food Bioprod. Process**,v. 85 (C3), p. 171–177. 2007.

IBGE 2010, Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. volume 37. Disponível

em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2011_v37_br.pdf>. Acesso feito em 20 de outubro de 2015.

IBGE 2011, Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. volume 38. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2011_v38_br.pdf>. Acesso feito em 09 de maio de 2016.

IBGE 2012, Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. volume 39. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2012_v39_br.pdf>. Acesso feito em 09 de maio de 2016.

IBGE 2013, Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. Volume 40. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2013_v40_br.pdf>. Acesso feito em 09 de maio de 2016.

IBGE 2014, Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes. volume 41. Disponível em:<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2014_v41_br.pdf>.

LEWICKI, P.; WITROWA-RAJCHERT, D.; POMARANSKA-LAZUKA, W.; NOWAK, D. Rehydration properties of dried onion. **Int. J. Food Prop.** v.1, pp. 275–290, 1998.

LEWICKI, P. P. Data and Models of Water Activity. II: Solid Foods. In: RAHMAN, M. S. (Ed.) **Food Properties Handbook**, p. 73-141, CRC Press: Boca Raton, 2008.

LEWICKI, P. P. Some Remarks on Rehydration of Dried Foods. **Journal of Food Engineering**, 36, p. 81-87, 1998.

MALDONADO, S.; ARNAU, E.; BERTUZZI, M. A. Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes. **Journal of Food Engineering**, v. 96, p. 333–341. 2010.

MARABI, A.; SAGUY, I. S. Rehydration and reconstitution of foods. **Advances in Food Dehydration**. CRC Press, Boca Raton, FL, p. 237–277. 2009.

MARKOWSKI, M.; ZIELINSKA, M. Kinetics of water absorption and soluble-solid loss of hot-air dried carrots during Rehydration. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, p. 1122–1128. 2011.

MASKAN, M. Effect of processing on hydration kinetics of three wheat products of the same variety. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 4, p. 337-341, 2002.

MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, v.61, p. 373-386, 2004.

MIRANDA, J. E. C; FRANÇA, F. H; CARRIJO, O. A; SOUZA A. F. Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Brasília: EMBRAPA-CNPB, 1989. (Circular técnica, n. 3). Disponível em:< <http://www.cnpb.embrapa.br/cultivares>>. Acesso em: 27 out. 2015.

MONTEIRO, D. A; PERESSIN, V.A.Instruções agrícolas para o estado de São Paulo – Boletim Nº 200. 6ª edição. **Instituto Agrônomo de Campinas**, p. 341-342. 1995.

NIJHUIS, H. H.; TORRINGA, H. M.; MURESAN, S.; YUKSEL, D.; LEGUIJT, C.; KLOEK, W. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v.9, n.1, p. 13-20, 1998.

NINDO, C. I.; SUN, T.; WANG, S. W.; TANG, J.; POWERS, J. R. Evaluation of drying technologies for retention of physical quality and antioxidants in asparagus (*Asparagus officinalis*, J.). **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 36, p. 507-516, 2003.

NOSHAD, M. Kinetic modeling of rehydration in air-dried quinces pretreated with osmotic dehydration and ultrasonic. **Journal of Food Processing and Preservation**. 2010.

NUNES, M. U. C.; CRUZ, D. P. da; FORTUNA, A. **Tecnologia para Produção de Farinha de Batata-doce: Novo Produto para os Agricultores Familiares**. 2012. Circular Técnico. Aracaju, SE. Dezembro, 2012. Disponível em:<http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2012/ct_65.pdf>. Acesso feito em 08 de maio de 2016.

OGATHA, K. Engenharia de controle moderno, 4^o edição. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

OZDEMIR, M.; DEVRES, Y. O. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 42, n. 04, p. 225-233, 1999.

PRADO, M. E. T. Drying of dates (*Phoenix dactylifera* L.) to obtain dried date (*passa*). Campinas, UNICAMP, **Master Degree Thesis**. 1998.

RAGHAVAN, G. S. V.; RENNIE, T. J.; SUNJKA, P. S.; ORSAT, V.; PHAPHUANGWITTAYAKUL, W.; TERDTON, P. Overview of new techniques for drying biological material with emphasis on energy aspects. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.22, p. 191-205, 2005.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K.; KNORR, D. Recent developments in osmotic dehydration: Methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science and Technology**, v.13, p. 48-59, 2002.

REIS, F. R. Secagem a vácuo de Yacon: influência das condições de processo sobre parâmetros de qualidade e cinética de secagem, **Tese** (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Curitiba, PR, 2011.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.). Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 2004. (Sistema de produção, n. 6). Disponível em: . Acesso em: 27 out. 2015.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. L. Cultivo Orgânico de Alho, Cenoura, Baroa, Beterraba e Batata-Doce. **Centro de Produções Técnicas**. Viçosa, MG. 2001.

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; BILBAO-SÁINZ, C.; URIBE, E.; LEMUSMONDACA, R. Empirical modeling of drying process for apple (cv. granny smith) slices at different air temperatures. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 32, 972-986, 2008.

VERGELDT, F. J.; VAN DALEN, G; DUIJSTER, A. J; VODA, A; KHALLOUFI, S; VAN VLIET, L. J; VAN AS, H; VAN DUYNHOVEN, J. P. M; VAN DER SMAN, R. G. M. Rehydration kinetics of freeze-dried carrots. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 2014.

WANG, J.; LIU, P. Improvement of citric acid production by *Aspergillus niger* immobilized in gels and cryogels of polyacrylamide. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 16, p. 351-353, 1996.

WEERTS, A. H.; MARTIN, D. R.; LIAN, G.; MELROSE, J. R. Modelling the hydration of foodstuffs. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 13, p. 119–128. 2005.

ZHANG, C. P; UM, T. H. Optimization of pectin extraction from sweet potato (*Ipomoea batatas*, Convolvulaceae) residues with disodium phosphate solution by response surface method. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, pp. 2274–2280, 2011.