

**UNIVERSIDADE DE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIAS**

Priscilla Narciso Justi

**Valorização de frutos do cerrado:
Desenvolvimento de tempero em pó de pequi**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL**

DOURADOS/MS

FEVEREIRO/2012

Priscilla Narciso Justi

**Valorização de frutos do cerrado:
Desenvolvimento de tempero em pó de pequi**

**ORIENTADORA: Eliana Janet Sanjinez-Argandoña
CO-ORIENTADORA: Cândida Aparecida Leite Kassuya**

Dissertação de mestrado submetida ao programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como um dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração Tecnologia Ambiental

DOURADOS/MS

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central - UFGD

664.8 Justi, Priscilla Narciso.
J96v Valorização de frutos do cerrado : desenvolvimento de tempero em pó de pequi / Priscilla Narciso Justi. – Dourados, MS : UFGD, 2012.
34 f.

Orientadora: Profa. Dra. Eliana Janet Sanjinez-Argandoña.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Pequi. 2. Tempero de pequi. 3. Tecnologia de alimentos. 4. Fruto do cerrado. I. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
Ari Rodrigues Justi e
Maria Aparecida Narciso Justi

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, autor da vida

Aos meus irmãos, Rejane Narciso Justi e Bruno Ary Narciso Justi.

Aos meus pais, pelo incentivo, carinho, força, atenção e apoio incondicional fornecidos durante estes dois anos de estudo.

As minhas sobrinhas, Beatriz e Lorena

A minha segunda mãe (Bel), por toda força, apoio, incentivo, amizade, afeto. Agradeço a Deus todos os dias por ter tido a oportunidade de conhecê-la.

A minha orientadora, Eliana Janete Sanjinez-Argandoña pela amizade, carinho, paciência, compreensão, ajuda e motivação.

Aos amigos de trabalho e de todas as horas, Davi Vriesman, Wagner Shimada, Suely, Elaine, Josilaine, José Carlos Venturin, Andressa, Marcos Wondracek, Wesley Pereira, Ana Cristina, Klerisson Souza Duro e Bruno Pontim, Janina Zanoni, Roberto Araújo, Cíntia Andrade, Mariana Menegazzo, Rosmarie, Keurisson, Willian Facco, Irlon e Marcelo.

Aos professores do curso de Engenharia de Alimentos: Rosalinda Arévalo, Ângela Cavenaghe, Gustavo Graciano, Pierre Correa, Cristina Filgueiras, Sueli Ohata e Gerson Homem.

Aos integrantes do grupo GEPPAC, Rogério Melo, Bruna, Débora Baldívia, Renatinha, Tuany, Caroline Lescano, Luan Ramos e Fernando.

As minhas irmãs de coração, Caroline Alves Breda, Marisa Scherer, Daniele Cordeiro, Rafaela Cunha e Neiva Folle.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1 - Lista de modelos matemáticos empregados no ajuste de cinéticas de secagem.....5
- Tabela 2 - Parâmetros obtidos dos modelos, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e erro relativo médio (ERM), calculados para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem da polpa de pequi obtidos nas temperaturas de 55, 65 e 70 °C9
- Tabela 3 - Valores da difusividade efetiva (Def) e Energia de ativação (Ea) para a secagem de polpa de pequi.....11
- Tabela 4 - Características nutricionais da polpa de pequi fresca e desidratada em função da temperatura de secagem.....12

CAPÍTULO II

- Tabela 1 - Valores variáveis e valores fixos para obtenção de tempero em pó de pequi.....21
- Tabela 2 - Coeficientes de regressão para a resposta aceitabilidade dos temperos de pequi em pó.....28
- Tabela 3 - Características físicas e químicas da polpa desidratada e do tempero em pó de pequi.....29

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1 - Cinética da umidade base seca em função do tempo de secagem da polpa de pequi desidratada a 55, 65 e 70 °C.....8
- Figura 2 - Cinética da razão de umidade adimensional da polpa de pequi (Y) em função do tempo e da temperatura de secagem a 55, 65 e 70 °C. Valores experimentais (símbolo) e estimados pelo modelo de Page (linha contínua).....10
- Figura 3 - Fluxo de massa do vapor de água em função da umidade da polpa de pequi e da temperatura de secagem.....10

CAPÍTULO 2

- Figura 1- Avaliação sensorial de arroz com tempero de pequi de sete formulações.....24
- Figura 2- Avaliação da intenção de compra do tempero em pó de pequi.....26
- Figura 3- Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) da aceitabilidade do tempero de pequi em função da concentração de cloreto de sódio, *mix* de especiarias e farinha de pequi.....27

RESUMO

A *Caryocar brasiliense* Camb. é espécie nativa do Cerrado brasileiro de grande valor econômico devido às características nutritivas, sensoriais e fitoterápicas de suas folhas, frutos e sementes representando fonte de renda das famílias que se dedicam à coleta e venda de seus frutos. O objetivo principal deste trabalho foi a valorização dos frutos do Cerrado através do desenvolvimento do tempero de pequi em pó e para alcançar este objetivo o estudo foi dividido em duas partes. Na primeira parte estudou-se o efeito da secagem da polpa de pequi em diferentes temperaturas e foram avaliadas as características nutricionais da polpa desidratada, visando sua aplicação na elaboração de um tempero de pequi em pó. A secagem da polpa de pequi foi realizada em um secador de bandejas com fluxo de ar constante a $0,5 \text{ m s}^{-1}$ em três diferentes temperaturas 55, 65 e 70 °C. As cinéticas de secagem foram avaliadas ajustando-se os dados experimentais através de sete modelos matemáticos por regressão não linear. Determinou-se a difusividade efetiva e a energia de ativação requerida para evaporar a umidade do produto. Na segunda parte foram elaboradas sete formulações de tempero em pó a base de pequi com adição de especiarias, através do planejamento experimental Simplex. Foram feitas combinações de três variáveis (pequi desidratado, sal e *mix* de especiarias) e o resultado foi avaliado pela aceitabilidade sensorial e intenção de compra. Os resultados mostraram a influência da temperatura de secagem na redução do tempo de processo, porém não se observou diferença significativa nos constituintes nutricionais. A secagem do pequi a 65°C durante 240 min foi definida como condição de processo, obtendo-se um produto na forma de farinha com umidade final de até 10%. Dentre os modelos matemáticos utilizados no ajuste das curvas de secagem o modelo que melhor representou a secagem em camada delgada da polpa de pequi, para as condições estudadas, foi o modelo de Page. Os valores da difusividade efetiva nas condições de temperatura estudadas estão entre 4,04 a $5,57 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e a energia de ativação foi de $2,03 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$. Os resultados do desenvolvimento do tempero de pequi a partir da farinha mostraram que, entre as 7 formulações não houve diferença sensorial significativa ($P < 0,05$), sendo todas aceitas. A formulação ideal do tempero, definida pela metodologia de superfície de resposta, foi constituída de 58,24% de farinha de pequi, 32,36% de sal e 8% de *mix* de especiarias e 1,4% do tempero base (pimenta, açafraão e glutamato monossódico). As características nutricionais e o valor energético do tempero de pequi em pó demonstram potencial de utilização como complemento alimentar.

Palavras-Chave: pequi, secagem, desenvolvimento de produto

ABSTRACT

The *Caryocar brasiliense* Camb. is native to the Brazilian Cerrado with high economic value due to the nutritional quality of their sensory and herbal leaves, fruits and seeds representing a source of family income dedicated to collecting and selling fruit. The main objective of this work was the recovery of the fruits of the Cerrado through the development of pequi spice powder and to achieve this aim the study was divided into two parts. In the first part we studied the effect of drying the pulp pequi at different temperatures and evaluated the nutritional characteristics of dried flesh, for their application in developing a pequi spice powder. Drying pequi pulp was carried out in a tray dryer with constant air flow of $0,5 \text{ m s}^{-1}$ at three different temperatures 55, 65 and $70 \text{ }^\circ\text{C}$. The drying kinetics were evaluated by adjusting the experimental data using mathematical models by seven non-linear regression. The determination of the effective diffusivity and activation energy required to evaporate moisture from the product. In the second part seven formulations were prepared seasoning powder base pequi with added spices through simplex experimental design. We made combinations of three variables (pequi dehydrated, salt and spice mix) and the result was evaluated by sensory acceptability and purchase intent. The results showed the influence of drying temperature on the reduction of process time, but there was no significant difference in nutritional constituents. Drying pequi at $65 \text{ }^\circ\text{C}$ for 240 min was defined as process condition, yielding a product in the form of flour final moisture of up to 10%. Among the mathematical models used to adjust the drying curves of the model that best represented the thin layer drying of pulp pequi for the conditions studied, was the Page model. The effective diffusivity values in the temperature are studied from $4,04$ to $5,57 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ and the activation energy was $2,03 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$. The results of the development of seasoning pequi from flour showed that among the seven formulations there was no significant sensory difference ($P < 0,05$), which are all accepted. The optimal formulation of the spice, defined by response surface methodology, was composed of 58,24% pequi flour, salt and 32.36%, 8% mix of spices and seasoning base 1.4% (pepper, turmeric and monosodium glutamate). The nutritional and energy value of the seasoning powder pequi show potential for use as a food supplement.

Keywords: pequi, drying, product development

INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado brasileiro é o segundo maior do Brasil e da América do Sul, ocupando 24% da área total do País (204 milhões de hectares), estando presente em 13 estados brasileiros (SILVA et al., 2001). Este bioma se destaca pela riqueza de sua biodiversidade, que pode ser verificada em sua vasta extensão territorial, posição geográfica e pela heterogeneidade vegetal e animal.

Além de sua importância ambiental, o Cerrado tornou-se capaz de gerar riquezas, contribuindo para a produção permanente de alimentos e outros produtos, em quantidade e qualidade adequadas às necessidades e exigências do mercado, e de promover o desenvolvimento integrado e sustentável, garantindo qualidade de vida para a população. No entanto, a exploração do Cerrado para a atividade agropecuária tem causado expressivos danos ambientais, comprometendo a vegetação nativa e colocando em risco a sobrevivência da sua fauna e flora (MELO JÚNIOR et al., 2004; VILELA, 2009).

Os frutos das espécies nativas do Cerrado oferecem um alto valor nutricional, além de atrativos como cor, sabor, aromas peculiares e intensos, ainda pouco explorados comercialmente. O uso sustentável dessas frutas nativas pode ser uma excelente opção para melhorar a saúde da população, e para agregar valor aos recursos naturais disponíveis no cerrado, melhorando a renda das pequenas comunidades rurais e favorecendo a preservação das espécies nativas (RODRIGUES, 2005).

Dentre as espécies economicamente viáveis para o cerrado e que servem como fonte alimentícia, o pequi (*Caryocar brasiliense*), é uma das que apresenta grande potencial. O interesse por essa frutífera se deve pela ampla utilização de seus frutos, flores, tronco e folhas (ÁVIDOS et al., 2000; BARBOSA, 2003).

O fruto do pequi possui curto período de vida útil na forma *in natura*, devendo ser consumido rapidamente ou conservado sob congelamento durante a sua entressafra. O emprego da técnica de conservação como a desidratação, confere outras formas de utilização e preservação da polpa, além de aumentar a vida útil do produto e promover a fabricação de alimentos diferenciados.

O estudo de sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e a determinação da viabilidade de sua aplicação comercial, podem ser feitos por simulação

matemática. A aplicação de modelos matemáticos podem representar satisfatoriamente a perda de umidade do produto durante o período de secagem. Com isto, o ajuste das curvas de secagem podem auxiliar na determinação do tempo e da temperatura de secagem de um produto.

A utilização de substâncias naturais no desenvolvimento de novos produtos torna-os atrativos ao consumidor. Os temperos ou condimentos que são misturas de especiarias vegetais, além de serem empregados para agregar sabor ou aroma aos alimentos também possuem a finalidade de conservação, devido as suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e medicinais (MORAIS et al., 2009; BRASIL, 2004)

Diante do exposto, o objetivo principal deste trabalho foi a valorização dos frutos do Cerrado através do desenvolvimento do tempero em pó de pequi. E teve como objetivos específicos:

- Estudar as cinéticas de secagem da polpa de pequi sob diferentes temperaturas, aplicando modelos matemáticos que auxiliem na predição de tempos de secagem e determinando o tempo de secagem ideal para obter um produto estável a temperatura ambiente;
- Determinar o rendimento da farinha de pequi e sua composição nutricional;
- Elaborar o tempero em pó de pequi a partir de formulações definidas através de planejamento experimental Simplex, considerando diferentes concentrações de farinha de pequi, sal e especiarias;
- Avaliar a qualidade nutricional e microbiológica do tempero em pó de pequi;
- Avaliar a aceitabilidade e intenção de compra do tempero de pequi através da degustação de arroz preparado com o tempero elaborado nas diferentes formulações;
- Quantificar carotenóides totais e compostos fenólicos na polpa desidratada (farinha) e no tempero em pó de pequi.

A apresentação deste trabalho encontra-se dividida da seguinte forma:

Introdução: Aborda de forma geral o tema em estudo, justifica o trabalho e apresenta o objetivo principal e os objetivos específicos do mesmo.

Artigo 1. A secagem na qualidade da polpa desidratada de pequi

Cinéticas de secagem da polpa de pequi e sua modelagem matemática foram realizadas para avaliar a influência da temperatura e determinar o tempo de secagem necessário para obter produtos com teor de umidade ao redor de 10%. O produto desidratado foi considerado farinha em função da granulometria e sua composição nutricional foi determinada.

Artigo 2. Desenvolvimento, aceitabilidade e intenção de compra do tempero de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em pó

Foram apresentadas as formulações para elaboração do tempero de pequi em pó, realizados de acordo com o planejamento experimental Simplex, tendo como variáveis independentes diferentes concentrações de farinha de pequi, sal e *mix* de especiarias e variáveis dependentes a aceitabilidade do produto servido com arroz e intenção de compra caso o produto estivesse à venda. Através da metodologia de superfície de resposta foi obtido um modelo preditivo. No tempero de pequi em pó da formulação escolhida foi determinada a composição nutricional, o teor de carotenóides e os compostos fenólicos com o intuito de verificar a qualidade nutricional e presença de compostos bioativos.

Conclusões gerais: são apresentadas as conclusões gerais da dissertação em concordância com os objetivos propostos.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
INTRODUÇÃO GERAL.....	

CAPÍTULO I – A SECAGEM NA QUALIDADE DA POLPA DESIDRATADA DE PEQUI.....	1
RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	1
INTRODUÇÃO.....	2
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	7
CONCLUSÕES.....	13
AGRADECIMENTOS.....	13
LITERATURA CITADA.....	14

CAPÍTULO II – DESENVOLVIMENTO, ACEITABILIDADE E INTENÇÃO DE COMPRA DO TEMPERO DE PEQUI (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) EM PÓ.....	17
RESUMO.....	17
ABSTRACT.....	17
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
2.1 Material.....	19
2.2 Preparo das amostras.....	20
2.3 Desidratação da polpa de pequi.....	20
2.4 Planejamento experimental.....	20
2.5 Análise sensorial.....	21
2.6 Análises físicas e químicas.....	22

2.7 Avaliação microbiológica.....	23
2.8 Determinação do valor energético.....	23
2.9 Análise estatística.....	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS.....	31
CONCLUSÃO GERAL.....

CAPÍTULO I

A SECAGEM NA QUALIDADE DA POLPA DESIDRATADA DE PEQUI

Artigo escrito no formato para ser submetido a Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

A secagem na qualidade da polpa desidratada de pequi

Resumo: O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito da secagem da polpa de pequi em diferentes temperaturas e avaliar as características nutricionais da polpa desidratada visando sua aplicação na elaboração de um tempero de pequi em pó. A secagem da polpa de pequi foi realizada em um secador de bandejas com fluxo de ar constante a $0,5 \text{ m s}^{-1}$ em três temperaturas 55, 65 e 70 °C. As cinéticas de secagem foram avaliadas ajustando-se os dados experimentais através de sete modelos matemáticos por regressão não linear. Determinaram-se a difusividade efetiva e a energia de ativação requerida para a evaporação da umidade do produto. Os resultados mostraram redução do tempo de secagem com o aumento da temperatura do processo. As características nutricionais não foram influenciadas pela temperatura, com exceção do teor de lipídios. O ajuste dos modelos foi avaliado em função dos valores de R^2 , χ^2 e ERM. Todos os modelos apresentaram bons ajustes, entretanto, o modelo que melhor representou a secagem em camada delgada da polpa de pequi, para as condições estudadas, foi o modelo de Page. Os valores da difusividade efetiva nas condições de temperatura estudadas estão entre $4,04$ a $5,57 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ e a energia de ativação foi de $2,03 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*, cinéticas de secagem, difusividade efetiva

The drying quality of the pulp dehydrated pequi

Abstract: The objective of this work was to study the effect of drying pulp pequi at different temperatures and evaluate the nutritional characteristics of dried pulp aiming its application in developing a pequi spice powder. The drying of pulp pequi was held in a tray dryer with air flow constant at three temperatures 55, 65 and 70 °C. The kinetics of drying was evaluated by adjusting the experimental results by seven nonlinear regression models. We determined the effective diffusivity and activation energy required for evaporation of moisture from the product. The results showed a reduction in drying time by increasing the process temperature. The nutritional characteristics were not influenced by temperature, with the exception of lipid content. The fit of the models was evaluated against the values of R^2 , χ^2 and ERM values. All the models showed good adjustments, however, the Page model was found to be the best model for the drying curves of pulp pequi. The values of effective diffusivity in the temperature conditions studied are between $4,04$ to $5,57 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ and the activation energy was $2,03 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

Key words: *Caryocar brasiliense*, drying kinetics, effective diffusivity

INTRODUÇÃO

A região do Cerrado apresenta uma rica diversidade dentro da vegetação savânica do mundo, correspondendo a 24% do território brasileiro (Silva et al., 2001), essa vegetação deve-se à sua localização entre as florestas Amazônica, Atlântica e Caatinga, além da sua diversidade interna, que varia de campos abertos a matas de galeria, cerradões e matas secas (Meio et al., 2003).

O Cerrado tem sido desprezado ou mesmo visto como alternativa ao desmatamento na Amazônia. Por ser a principal área de expansão agrícola do País, alguns recursos naturais, que são de interesse sócio-econômico para as populações dessa região, estão sendo eliminados para dar lugar ao estabelecimento de extensas áreas agropecuárias, impossibilitando a exploração destes recursos.

Este bioma oferece às suas populações uma grande variedade de produtos que podem ser importantes na promoção de meios de vida sustentáveis, onde a geração de renda e qualidade de vida esteja em consonância com a conservação de recursos naturais.

Na vegetação do Cerrado as fruteiras nativas ocupam lugar de destaque. Segundo Ávidos et al. (2000) atualmente existem mais de 58 espécies de frutas nativas conhecidas e utilizadas pela população

da região e de outros estados. Entre essas espécies a *Caryocar brasiliense* representa importante fonte de alimento e de renda de famílias.

A comercialização do pequi baseia-se na venda de caroços, polpa em fatias, amêndoas, óleos da polpa e da amêndoa, conservas e licores (Barbosa, 2003). É um fruto que possui curto período de vida útil na forma *in natura*, devendo ser consumido rapidamente ou conservado sob congelamento durante a sua entressafra.

Diante disso, técnicas alternativas que favoreçam a disponibilidade da polpa vêm sendo utilizadas visando rapidez e praticidade ao consumidor, assim como, a manutenção das propriedades nutritivas presentes no alimento após seu processamento. No entanto, ainda são necessários estudos que contribuam para o melhor aproveitamento dos frutos na obtenção de novos gêneros alimentícios que possam promover a valorização das plantas naturais do cerrado.

A secagem é uma técnica de conservação que se baseia no fato de que tanto os microrganismos, enzimas e mecanismo metabólico, necessitam de certa quantidade de água para suas atividades. Com a redução da água, conseqüentemente serão reduzidas a atividade de água, a velocidade das reações químicas no produto e o crescimento de microrganismos (Chirife, 1983).

Na secagem da maioria dos produtos de origem agrícola, o mecanismo de transporte de umidade mais empregado tem sido a difusão líquida, embora existam algumas considerações para sua aplicação, como: redução do volume desprezado, inexistência do efeito de capilaridade, equilíbrio térmico instantâneo com o ar e os efeitos da transferência de energia e massa de um corpo, admitidos como desprezíveis (Park et al., 2002; Queiroz e Nebra, 2001).

Os modelos teóricos que descrevem a taxa decrescente de secagem de um sólido consideram, geralmente, como mecanismo principal, a difusão baseada na segunda Lei de Fick, que expressa que o fluxo de massa por unidade de área é proporcional ao gradiente de concentração de água (Park et al., 2002).

Estudos sobre a cinética de secagem em camada delgada dão ênfase aos modelos semiteóricos que se baseiam na Lei de Newton para resfriamento, aplicada à transferência de massa. Entre os modelos semiteóricos, o modelo de Dois Termos, de Henderson e Pabis, de Lewis e o de Page têm sido utilizados (Mohapatra e Rao, 2005).

Embora a secagem favoreça à conservação dos alimentos, as etapas durante a desidratação podem ocasionar a destruição de nutrientes devido a quebra da estrutura celular e complexação com proteínas. A estabilidade pode ser afetada por diversos fatores como: temperatura, disponibilidade de oxigênio, exposição à luz, atividade de água, acidez, presença de metais e da própria estrutura (Rodrigues-Amaya, 1993).

Contudo, o emprego da técnica de conservação pela desidratação, confere outras formas de utilização e preservação da polpa, além de aumentar a vida útil do produto e promover a elaboração de alimentos diferenciados.

Ante o exposto objetivou-se, através do presente estudo, ajustar modelos matemáticos de secagem em camada delgada aos dados experimentais obtidos na secagem da polpa de pequi, a diferentes temperaturas do ar e, avaliar as características nutricionais da polpa desidratada visando sua aplicação na elaboração de um tempero de pequi em pó.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho os frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) foram adquiridos no assentamento Lagoa Grande em Dourados/MS, no período de dezembro de 2010 a janeiro de 2011 e foram selecionados de acordo com seu estado de maturação e sanidade fisiológica, em seguida transportados para o laboratório de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia da UFGD.

Os frutos de pequi foram lavados em água corrente, sanitizados com solução de dicloroisocianurato de sódio desidratado 0,66% (Sumaveg®), imersos em água a 70 °C por cinco minutos e então escorridos. Em seguida, os pequis foram despulpados manualmente com faca de aço inoxidável, cortados em pedaços, acondicionados em embalagens de polietileno e congelados a -18 °C até a realização das análises.

No processo de secagem a polpa de pequi foi previamente descongelada a 10 °C por 24 h e em seguida colocada em bandejas de aço inoxidável formando uma camada homogênea de espessura aproximada de 5 mm e desidratada em um secador de leito fixo a temperaturas de 50, 65 e 70 °C com velocidade do ar de secagem a 0,5 m s⁻¹, medidos com anemômetro digital, para a realização da cinética de secagem.

Durante a operação de secagem realizaram-se pesagens periódicas em intervalos regulares de 10 min na primeira hora e de 30 min nas horas subsequentes, até que o teor de água da polpa atingisse o equilíbrio higroscópico. Após a secagem o material foi resfriado e triturado em moinho de facas.

A farinha obtida foi peneirada em peneiras com abertura de 1,41 mm com a finalidade de se obter uniformidade na granulometria do material.

A análise do teor de água da polpa fresca e da polpa seca do pequi foi realizada, em triplicata, pelo método gravimétrico em estufa de circulação de ar a 70±1 °C por 24 h.

Para cada temperatura foram realizadas curvas de secagem expressas como a variação da razão de umidade em função do tempo de secagem.

As razões da umidade do produto foram calculadas pela Eq. (1).

$$Y = \frac{U - U_e}{U_o - U_e} \quad (1)$$

em que:

Y - razão de umidade do produto, adimensional

U - teor de água do produto, decimal b.s.

U_o - teor de água inicial do produto, decimal b.s.

U_e - teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.

Para o ajuste dos dados experimentais das cinéticas de secagem foram utilizados os modelos matemáticos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Lista de modelos matemáticos empregados no ajuste de cinéticas de secagem

Modelo	Equação	Referências
--------	---------	-------------

Difusão (lei de Fick)	$y = a - c \left(\frac{t}{L} \right)^2$	Diamante e Munro (1991)
Dois termos	$Y = a \left(1 - e^{-k_0 t} \right) + b \left(1 - e^{-k_1 t} \right)$	Henderson (1974) e Ozdemir e Dreves (1999)
Henderson e Pabis	$Y = a e^{-k_1 t}$	Henderson e Pabis (1961)
Logarítmico	$Y = a e^{-k_1 t} + c$	Togrul e Pehlivan (2002) e Yaldiz et al. (2001)
Newton	$Y = e^{-k_1 t}$	Abe e Afzal (1997)
Page	$Y = e^{-k_1 t^n}$	Page (1949)
Wang e Singh	$Y = 1 - a t^b$	Wang e Singh (1978)

em que:

a, b, c, k, k₀, k₁ e n - constantes dos modelos, adimensional

t - tempo, s

L - espessura da placa, m

A avaliação da adequação dos modelos empregados na descrição das cinéticas foi feita em função do coeficiente de determinação (R²) estimado como o quadrado do coeficiente de correlação linear entre valores preditos e observados para a variável dependente razão de umidade; do qui-quadrado (χ²) e do erro médio relativo (EMR) calculado a partir das Eq. (2), (3) e (4). Os modelos que apresentaram EMR < 10% foram considerados preditivos.

$$R^2 = \frac{SSr}{SST} \tag{2}$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (V - V_e)^2}{n - z} \tag{3}$$

$$EMR = \frac{100 \sum_{i=1}^n |V - V_e|}{n \sum_{i=1}^n V} \tag{4}$$

em que:

SSr - soma quadrática devido à regressão

SST - soma quadrática em torno da média

n - número de observações

V - valores observados

V_e - valores estimados

z - número de constantes

O coeficiente de difusão para as condições de secagem foi calculado ajustando-se o modelo baseado na teoria de difusão líquida aos dados observados. A Eq. (5) é a solução analítica para a segunda

Lei de Fick nas condições de geometria de placa plana infinita, coeficiente de difusão constante, umidade inicial uniformemente distribuída no interior do produto, resistência externa desprezível, encolhimento desprezível e umidade constante na superfície sendo igual à umidade de equilíbrio (Crank, 1975).

$$y = \frac{8}{\pi^2} \sum \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left[-(2i+1)^2 \frac{\pi^2}{4L^2} D_{ef} \cdot t\right] \quad (5)$$

em que:

Y - razão de umidade do produto, adimensional

D_{ef} - coeficiente de difusão efetivo, $m^2 s^{-1}$

i - número de termos da série

t - tempo, s

L - espessura da amostra, m

A dependência do coeficiente de difusão efetivo com a temperatura foi analisada pela equação de Arrhenius. (Eq. 6).

$$D_{ef} = D_0 \cdot \exp\left(\frac{-E_a}{RT_a}\right) \quad (6)$$

em que:

D_{ef} - coeficiente de difusão efetivo, $m^2 s^{-1}$

D_0 - fator pré-exponencial, $m^2 s^{-1}$

E_a - energia de ativação, $J mol^{-1}$

R - constante universal dos gases ($8,134 \times 10^3 J mol^{-1} K^{-1}$)

T_a - temperatura absoluta, K^{-1}

Os coeficientes da expressão de Arrhenius foram linearizados com a aplicação do logaritmo Eq. (7). A energia de ativação foi calculada pela inclinação da reta (E_a/R).

$$\ln D_{ef} = \ln D_0 - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T_a} \quad (7)$$

O rendimento da polpa desidratada foi determinado pela relação entre a massa da polpa desidratada e a massa da polpa fresca antes da secagem (Medeiros, 2009).

A avaliação das características nutricionais da polpa fresca e desidratada, nas três temperaturas de secagem utilizadas, foi feita por: análise do teor de umidade, resíduo mineral, proteínas e lipídios (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O teor de carboidratos foi calculado por diferença (Arévalo-Pinedo et al., 2010). Todas as análises foram realizadas em triplicata a partir de diferentes lotes e os resultados expressos pela média com o desvio padrão.

O delineamento experimental utilizado na secagem foi inteiramente casualizado composto de três tratamentos e três repetições por tratamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a cinética de secagem da polpa de pequi a 55, 65 e 70 °C em função da razão de umidade em função do tempo. Observa-se que o aumento da temperatura de 65 para 70 °C pouco influenciou na perda de umidade do produto.

De acordo com a legislação brasileira, a umidade máxima permitida em farinhas é de 15% (BRASIL, 1996) e 5% para frutas liofilizadas conforme BRASIL (1978), considerou-se a umidade final do pequi até 10%, como sendo a umidade necessária para manter o produto estável por maior tempo de estocagem. Os tempos de secagem necessários para se obter um produto estável com 10% de umidade (base úmida) ou $0,16 \text{ kg}_{\text{água}} \text{ kg}_{\text{sólido seco}}^{-1}$ (base seca) de acordo com a figura 1 foram 220, 240 e 300 min para 70, 65 e 55 °C respectivamente.

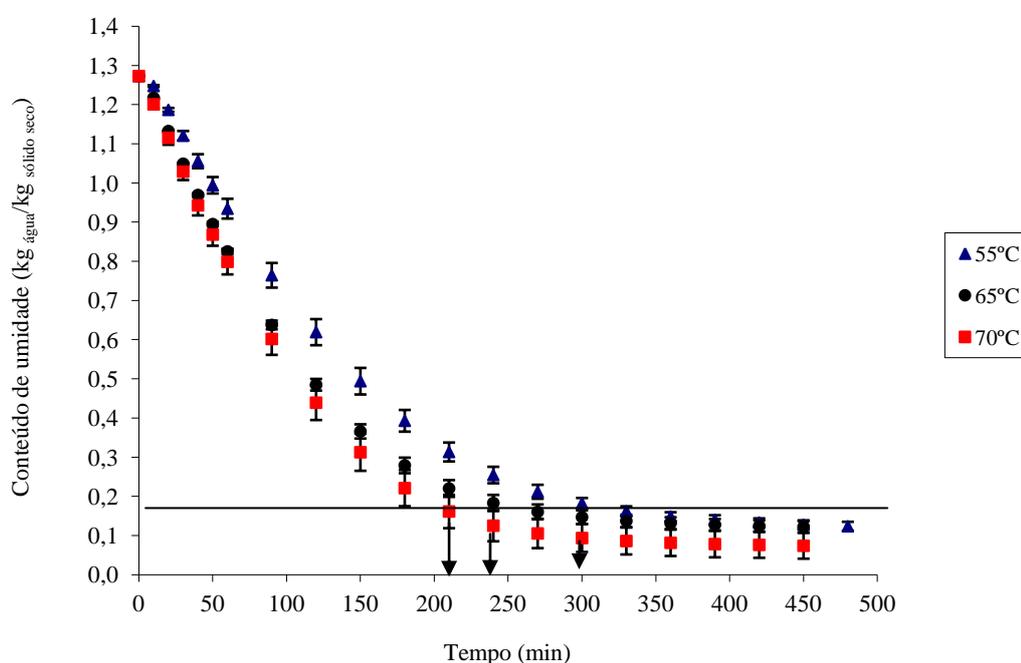


Figura 1. Conteúdo de umidade (base seca) em função do tempo de secagem da polpa de pequi desidratada a 55, 65 e 70 °C.

Os valores dos parâmetros obtidos em cada modelo matemático e os parâmetros estatísticos para as diferentes condições de secagem estão apresentados na Tabela 2. Os valores de R^2 , χ^2 e ERM variaram de 0,9860 a 0,9999, de 0,0000 a 0,0022 e 0,4082 a 4,4897, respectivamente. Isto indica que houve bom ajuste entre os valores observados e os preditos (ERM<10%). Portanto, os modelos podem ser utilizados para prever os dados experimentais.

Contudo, o modelo que melhor representou a secagem em camada delgada da polpa de pequi para as condições estudadas foi o modelo de Page ($R^2 = 0,9999$). Para este modelo, o parâmetro k aumentou com o aumento da temperatura e o parâmetro n parece não apresentar dependência da temperatura. De acordo com Azzouz et al. (2002) o parâmetro k é influenciado pela temperatura e umidade inicial do produto e o parâmetro n pela velocidade do ar de secagem e da umidade inicial. Com base nos valores

apresentados realizou-se o ajuste dos dados. A Figura 2 mostra o desempenho dessa equação na estimativa da secagem a 55, 65 e 70 °C.

Tabela 2. Parâmetros obtidos dos modelos, coeficiente de determinação (R^2), qui-quadrado (χ^2) e erro relativo médio (ERM), calculados para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem da polpa de pequi obtidos nas temperaturas de 55, 65 e 70 °C

Modelos matemáticos	Parâmetros dos modelos					Parâmetros estatísticos		
	T (°C)	A	k	c		R^2	χ^2	ERM (%)
De difusão	55	1,080818		0,000018		0,9932	0,0010	3,0318
	65	1,064256		0,000025		0,9945	0,0008	2,6707
	70	1,060819		0,000012		0,9936	0,0009	2,8943
Dois termos	T (°C)	A	k_0	b	k_1	R^2	χ^2	ERM (%)
	55	0,367218	0,008037	0,712850	0,008038	0,9930	0,0011	3,0315
	65	0,392448	0,010135	0,671221	0,010135	0,9950	0,0009	2,6705
	70	0,699431	0,010470	0,361383	0,010470	0,9940	0,0017	3,6894
Henderson e Pabis	T	A	k			R^2	χ^2	ERM (%)
	55	1,080070	0,008038			0,9930	0,0010	3,0315
	65	1,063676	0,010135			0,9950	0,0008	2,6705
	70	1,060815	0,010470			0,9940	0,0009	2,8943
Log	T (°C)	A	k	c		R^2	χ^2	ERM (%)
	55	1,108033	0,007192	-0,042708		0,9960	0,0007	2,4461
	65	1,086112	0,009239	-0,035046		0,9960	0,0006	2,1696
	70	1,085521	0,009465	-0,038388		0,9960	0,0006	2,2982
Newton	T (°C)		k			R^2	χ^2	ERM (%)
	55		0,007340			0,9860	0,0019	4,3146
	65		0,009393			0,9900	0,0014	3,5857
	70		0,009741			0,9900	0,0014	3,6740
Page	T (°C)	K	n			R^2	χ^2	ERM (%)
	55	0,001729	1,292127			0,9999	0,0000	0,4082
	65	0,003085	1,239125			0,9999	0,0000	0,4237
	70	0,003132	1,245417			0,9998	0,0002	1,4332
Wang	T (°C)	A	b			R^2	χ^2	ERM (%)
	55	-0,005062	0,000006			0,9910	0,0013	3,4932
	65	-0,006320	0,000010			0,9860	0,0020	4,2543
	70	-0,006450	0,000010			0,9840	0,0022	4,4897

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar que a secagem ocorreu predominantemente no período de taxa decrescente, onde ocorre uma acentuada variação da umidade da amostra em função do tempo, sendo o mecanismo de difusão de vapor responsável pela migração interna da umidade.

A utilização das temperaturas do ar de 65 e 70 °C resultou em maiores taxas de secagem (Figura 3). Posteriormente, observa-se menor intensidade da variação da taxa de secagem em função da umidade das amostras, provavelmente devido ao processo passar a ser controlado pelo mecanismo de difusão de vapor do material, na medida em que a água se encontra ligada aos constituintes da polpa.

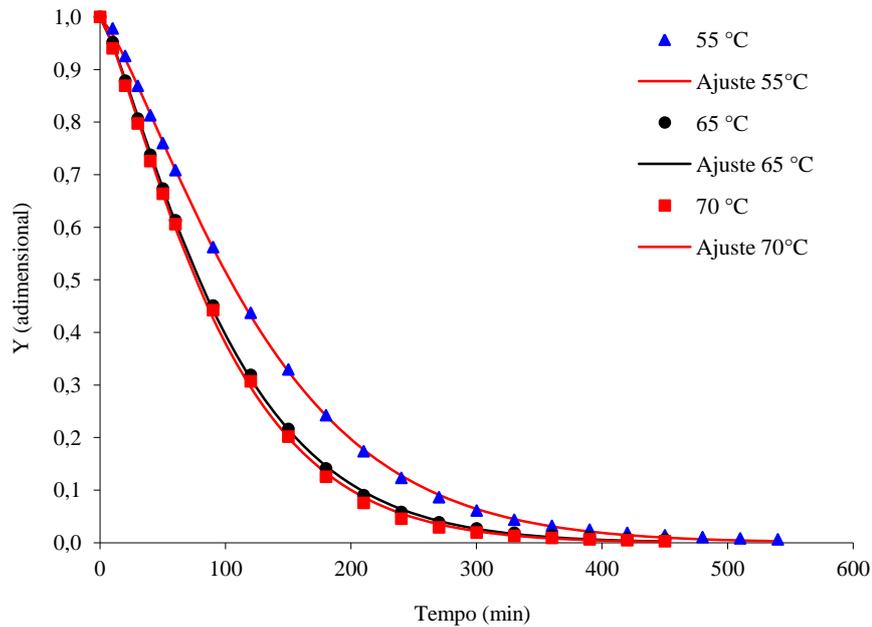


Figura 2. Cinética da razão de umidade adimensional da polpa de pequi (Y) em função do tempo e da temperatura de secagem. Valores experimentais (símbolo) e estimados pelo modelo de Page (linha contínua)

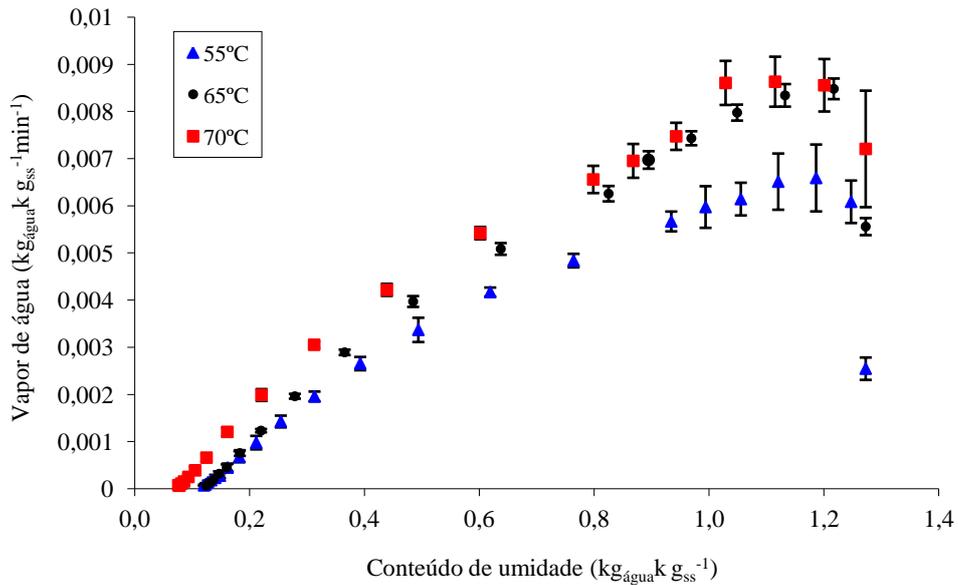


Figura 3. Fluxo de massa do vapor de água em função do conteúdo de umidade da polpa de pequi e da temperatura de secagem

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de difusividade efetiva (D_{ef}). O aumento da temperatura conduz ao aumento do coeficiente de difusão do vapor da água, acelerando o processo de secagem (Queiroz e Nebra, 2001; Borges et al. 2008). O aumento da temperatura influenciou na troca térmica entre o ar e a polpa de pequi, os valores de D_{ef} calculados para a polpa desidratada de pequi encontram-se dentro da faixa de valores do coeficiente de difusão para alimentos, relatada por Chirife (1983) que estão entre 10^{-11} a $10^{-9} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

A partir dos valores da difusividade efetiva foi calculada a energia de ativação (Tabela 3). O valor de energia de ativação apresenta uma grandeza próxima aos valores referenciados por Chirife (1983) para vários produtos alimentícios que é de $1,42 \times 10^4$ a $3,97 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$ (Park et al., 2001; Almeida et al., 2009; Silva et al., 2009).

Tabela 3. Valores da difusividade efetiva (D_{ef}) e Energia de ativação (E_a) para a secagem de polpa de pequi

T(°C)	$D_{ef} (\text{m}^2 \text{s}^{-1})$	R^2	T (K)	$E_a (\text{J mol}^{-1})$
55	$4,04 \times 10^{-10}$	0,998	328,15	$2,03 \times 10^4$
65	$5,13 \times 10^{-10}$	0,995	338,15	
70	$5,57 \times 10^{-10}$	0,997	343,15	

Termodinamicamente a energia de ativação é definida como a facilidade com que as moléculas de água superam a barreira de energia durante a migração do interior do produto (Corrêa et al., 2005). Nos processos de secagem, quanto menor a energia de ativação maior será a difusividade de água do produto. A energia de ativação encontrada neste trabalho foi menor que a obtida por Costa et al. (2011) na secagem de sementes de crambe nas temperaturas de 30, 40, 50, 60 e 70 °C cujo valor foi de $3,71 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$.

Outro estudo por Barbosa et al. (2007) mostra valores de $3,18 \times 10^4 \text{ J mol}^{-1}$ na secagem em camada delgada de folhas de erva cidreira brasileira a 40, 50, 60, 70, e 80 °C. Valores menores que os determinados neste estudo foram relatados por Reis et al. (2011) na secagem da pimenta Cumari do Pará ($5,02 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$) nas temperaturas 45, 55 e 65 °C. Analisando o teor de umidade e a estrutura celular característica dos produtos desidratados por estes autores e do pequi, pode-se afirmar que o valor da energia de ativação calculado para a polpa de pequi reflete as características do material biológico.

As amostras desidratadas nas temperaturas de 55, 65 e 70 °C neste estudo, apresentaram rendimento de 49,45, 49,71 e 47,94% respectivamente. No trabalho de Medeiros (2009) o rendimento da polpa desidratada de pequi foi de 28% nas condições de secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C por 24 h.

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios dos componentes nutricionais do pequi fresco e desidratado nas três temperaturas de secagem 55, 65 e 70 °C. A umidade inicial da polpa fresca (54,63%) foi reduzida a 10% com a secagem, a evaporação da água contida na polpa favoreceu a concentração de alguns nutrientes.

Tabela 4. Características nutricionais da polpa de pequi fresca e desidratada em função da temperatura de secagem

Constituinte	Polpa fresca	Polpa seca 55°C	Polpa seca 65°C	Polpa seca 70°C
Umidade ($\text{g}_{\text{água}} 100\text{g}_{\text{amostra}}^{-1}$)	54,63 (\pm) 0,24	10,0 (\pm) 0,05	10,0 (\pm) 0,05	10,0 (\pm) 0,11
Umidade ($\text{g}_{\text{água}} \text{g}_{\text{SS}}^{-1}$)	1,20 (\pm) 0,01	0,10 (\pm) 0,00	0,10 (\pm) 0,00	0,11 (\pm) 0,00
Resíduo mineral ($\text{g g}_{\text{SS}}^{-1}$)	0,01 (\pm) 0,00	0,01 (\pm) 0,05	0,01 (\pm) 0,15	0,01 (\pm) 0,05
Proteínas ($\text{g g}_{\text{SS}}^{-1}$)	0,04 (\pm) 0,01	0,07 (\pm) 0,00	0,07 (\pm) 0,07	0,07 (\pm) 0,17

Lipídios (g g _{ss} ⁻¹)	0,78 (±) 0,06	0,61 (±) 0,12	0,63 (±) 0,04	0,62 (±) 0,14
Carboidratos (g g _{ss} ⁻¹)	0,17	0,36	0,34	0,35

* Os valores são seguidos pelo desvio padrão (±)

O teor de umidade da polpa fresca (54,63%) corrobora com os resultados de Santos et al. (2010) para a mesma espécie que foi de 56,53%, porém, Ferreira et al. (1988), apresentaram valores de 76% de umidade. Vera et al. (2005) ao caracterizar fisicamente os frutos de pequi no Estado de Goiás verificaram que os frutos são diferentes entre áreas, entre plantas e também dentro da mesma planta; o que pode justificar as diferenças encontradas por outros autores. Por outro lado as condições edafoclimáticas, a propagação e o crescimento da planta nas regiões onde a espécie é nativa são naturais, sem nenhuma interferência do homem, o que reforça a variabilidade dos componentes nutricionais (Rodrigues-Amaya, 1993).

Os valores encontrados para o resíduo mineral para polpa fresca (0,01 g g_{ss}⁻¹) foram os mesmos obtidos por Lima et al. (2007) que foi de 0,63% que corresponde a 0,01 g g_{ss}⁻¹ para a polpa fresca e Santos et al. (2010) que obtiveram 0,01 g g_{ss}⁻¹ para a polpa desidratada.

O teor de proteínas da polpa fresca foi menor que os relatados por Lima et al. (2007) e Hiane et al. (1992), cujos valores foram de 3% (0,05 g g_{ss}⁻¹) e 2,36% (0,05 g g_{ss}⁻¹), respectivamente. Em relação aos lipídios, os valores médios do teor quantificado na polpa fresca são maiores que os dados encontrados por Arévalo-Pinedo et al. (2010) que foi de 0,50 g g_{ss}⁻¹ e Hiane et al. (1992) que constatou (0,67 g g_{ss}⁻¹) para a mesma espécie em estudo. Na polpa desidratada, houve redução de 25% do teor de lipídios em relação à polpa fresca para as três temperaturas de secagem estudadas.

Os resultados indicam que alguns componentes não foram influenciados pela temperatura de secagem. No entanto, observou-se escurecimento da polpa com o aumento da temperatura, provavelmente devido às reações de escurecimento não enzimático, as quais estão associadas com o calor. Em função das características da polpa (alto teor de carboidratos) e as temperaturas de secagem (até 70 °C), o mecanismo de reação de escurecimento predominante é a reação de Maillard, que ocorre entre açúcares redutores e aminoácidos (Pena et al., 2008).

Neste estudo a secagem a 65 °C foi considerada a temperatura de processo mais indicada para a obtenção de farinha de pequi por fornecer um produto com melhor aparência visual e preservar minerais e proteínas presentes na polpa do fruto.

CONCLUSÕES

O aumento da temperatura de secagem reduz substancialmente o tempo de processo para obter um produto estável em condições ambiente.

A secagem a 65°C por 240 min foi a mais indicada para a obtenção de farinha de pequi com 10% de umidade, fornecendo um produto com melhor aparência visual e preservando alguns constituintes nutricionais.

O modelo matemático de secagem em camada delgada proposto por Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de secagem da polpa de pequi.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (FUNDECT) e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPq), pelo suporte financeiro.

LITERATURA CITADA

- Abe, T.; Afzal, T.M. Thin-layer in infrared radiation drying of rough rice, *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 67, p. 289-297, 1997.
- Almeida, D. P.; Resende, O.; Costa, L. M.; Mendes, U. C.; Sales, J. F. Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). *Global science and technology*, v.02, n.01, p.72 - 83, jan/abr, 2009.
- Arévalo-Pinedo, A.; Maciel, V. B. V.; Carvalho, K. M.; Coelho, A. F. S.; Giraldo-Zunicã, A. D.; Arévalo, Z. D. S.; Alvim, T. C. Processamento e estudo da estabilidade de pasta de pequi (*Caryocar brasiliense*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 30(3): 664-668, jul.-set. 2010.
- Ávidos, M. F. D.; Ferreira, L. T. Frutos dos Cerrados: preservação gera muitos frutos. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, v.3, n.15, p.36-41, 2000.
- Azzouz, S.; Guizani, A.; Jomaa, W.; Belghith, A. Moisture diffusivity and drying kinetic equation of convective drying of grapes. *Journal of Food Engineering*, v.55, p.323–330, 2002.
- Barbosa, F. F., Melo, E. C. M.; Santos, R. H. S.; Rocha, R. P.; Martinazzo, A. P.; Radunz, L. L.; Gracia, L. M. N. Evaluation of mathematical models for prediction of thin-layer drying of brazilian lemon-scented verbena leaves (*Lippia alba* (MILL) N.E. BROWN). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.9, n.1, p.71-80, 2007.
- Barbosa, R. C. M. V. Desenvolvimento e análise sensorial do tablete de pequi (*Caryocar brasiliense*). Florianópolis: UFSC, 2003. 70p. Dissertação Mestrado.
- Borges, S. V.; Mancini, M. C.; Correa, J. L. G.; Nascimento, D. A. Secagem de fatias de abóboras (*Cucurbita moschata*, L.) por convecção natural e forçada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28 (Supl.): 245-251, dez. 2008.
- Brasil. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. Aprova a norma técnica referente a farinha de trigo. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 1996.
- Brasil. Resolução nº 12 de 1978. Aprova norma técnica referente a frutas liofilizadas. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, 1978.
- Chirife, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of foods. In *Advances in Food Drying* /ed. A.S. Majumdar/, Hemisphere Publishing Corporation: New York, p.73-102, 1983.
- Corrêa, P. C.; Resende, O.; Goneli, A. L. D.; Figueiredo Neto, A. Modelagem da difusão líquida na secagem do arroz em casca. In: BARBOSA, O. A. Avances en ingeniería agrícola: 2003 - 2005. Villa De Merlo: CADIR, 2005, p.323-328.

- Costa, L. M.; Resende, O.; Souza, K. A.; Gonçalves, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.10, p.1089–1096, 2011.
- Crank, J. *The Mathematics of Diffusion*. 2nd ed. Claredon Press, p. 114, 1975.
- Diamante, L. M.; Munro, P.A. Mathematical modelling of hot air drying of sweet potato slices. *International Journal of Food Science and Technology*, v. 26, n.1, p.99–109, 1991.
- Ferreira, F. R.; Bianco, S.; Durigan, J.F.; Belingieri, P.A. Caracterização física e química de frutos maduros de pequi. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 9., 1987, Campinas, Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988. v. 2, p. 643-646.
- Henderson, S. M. Progress in developing the thin layer drying equation. *Transactions of ASAE* v.17, n.6, p.1167–1172, 1974.
- Henderson, S. M.; Pabis S. Grain drying theory. II. Temperature effects on drying coefficients. *Journal of Agricultural Engineering Research*, v. 6, n. 3, p.169–174, 1961.
- Hiane, P. A.; Ramos, M. I.; Ramos Filho, M. M.; Barrocas, G. E. G. et al. Teores de minerais de alguns frutos do Estado de Mato Grosso do Sul. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, v.10, n. 2, p. 209-214, 1992.
- Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. 4 ed. São Paulo, 2008.
- Lima, A.; Silva, A. M. O.; Trindade, R. A.; Torres, R. P.; Mancini-Filho, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007.
- Medeiros, P. R. M. S. 2009. 72p. Composição química e avaliação sensorial de biscoitos elaborados com polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) desidratada. Goiás: UFG, 2009. 72p. Dissertação Mestrado.
- Meio, B. B.; Freitas, C. V.; Jatobá, L.; Silva, M. E. F.; Ribeiro, J. F.; Henriques, R. P. B. Influência da flora das florestas Amazônica e Atlântica na vegetação do cerrado *sensu stricto*. *Revista Brasileira de Botânica*, v.26, n.4, p. 437- 444, 2003.
- Mohapatra, D.; Rao, P.S. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering*, v.66, n.4, p.513-518, 2005.
- Özdemir, M.; Devres, Y.O. The thins layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, v.42, n.4, p. 225-233, 1999.
- Page, G. E. Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers. Indiana: Purdue University, 1949.Thesis
- Park, K. J.; Vohnikoza, Z.; Brod, F. P. R. Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering*, v.51, n.3, p.193-199, 2002.
- Park, K. J.; Yado, M. K. M.; Brod, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 3, p. 288-292, 2001.

- Pena, R. S.; Silva, D. M. S.; Mendonça, N. B.; Almeida, M. D. C. Estudo da secagem da fibra residual do maracujá. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v. 02, n. 01, p. 1-13, 2008.
- Queiroz, M. R.; Nebra, S. A. Theoretical and experimental analysis of the drying kinetics of bananas. *Journal of Food Engineering*, 47, p. 127-132, 2001.
- Reis, R.C.; Barbosa, L. S.; Lima, M. L.; Reis, J. S.; Devilla, I. A.; Ascheri, D. P. R. Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.4, p.347-353, 2011.
- Rodriguez-Amaya, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: Charalambous G. (Ed.). *Shelf-life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects*. Amsterdam: Elsevier, 1993. p.547-589.
- Santos, P.; Porto, A. G.; Silva, F. S.; Furtado, G. F. Avaliação físico-química e sensorial do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) submetido à desidratação. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.12, n.2, p.115-123, 2010.
- Silva, A. S.; Melo, K. S.; Alves, N. M. C.; Fernandes, K. S.; Farias, P. A. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.11, n.2, p.129-136, 2009.
- Silva, D. B.; Silva, J. A.; Junqueira, N. T. V.; Andrade, L. R. M. *Frutas do cerrado*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2001, 178p.
- Togrul I.T.; Pehlivan D. Mathematical modeling of solar drying of apricots in thin layer dryers. *Journal of Food Engineering*, v.55, p.209-216, 2002.
- Vera, R.; Naves, R. V.; Nascimento, J. L.; Chaves, L. J.; Leandro, W. M., Souza, E. R. B Caracterização física de frutos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.
- Wang, C. Y.; Singh, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *Transaction of ASAE*, v.78, n.6, p.6505, 1978.
- Yaldiz, O.; Ertekin, C.; Uzun, H.I. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, v.26, p.457-465, 2001.

CAPÍTULO II

DESENVOLVIMENTO, ACEITABILIDADE E INTENÇÃO DE COMPRA DO TEMPERO DE PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) EM PÓ

Artigo escrito no formato para ser submetido a Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Desenvolvimento, aceitabilidade e intenção de compra do tempero de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em pó

*Development, acceptability and purchase intent seasoning pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) powder*

Priscilla Narciso Justi, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil,
priscillajusti@ufgd.edu.br

Cândida Aparecida Leite Kassuya, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
candidakassuya@ufgd.edu.br

Eliana Janet Sanjinez-Argandoña, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, Brasil,
elianaargandona@ufgd.edu.br

Resumo

Neste trabalho desenvolveu-se sete formulações de tempero em pó a base de pequi com adição de especiarias que foram empregados na elaboração de arroz para avaliar a preferência e aceitabilidade sensorial. As formulações foram realizadas de acordo com o planejamento experimental Simplex tendo como variáveis independentes o pequi desidratado, o sal e o *mix* de especiarias e como resposta a aceitabilidade sensorial. No pequi desidratado foram determinados os teores de umidade, resíduo mineral, proteínas, lipídios, carboidratos, carotenóides totais e compostos fenólicos. O arroz preparado com diferentes concentrações de pequi foi submetido à análise sensorial aplicando-se teste de aceitabilidade e intenção de compra. Dentre as formulações de tempero em pó de pequi verificou-se que não houve diferença sensorial significativa ao nível de 5%, sendo todas as formulações aceitas. A formulação ideal do tempero foi definida pela metodologia de superfície de resposta constituída de 58,24% de farinha de pequi, 32,36% de sal e 8% de mix de especiarias. As características nutricionais do tempero foram estatisticamente semelhantes à polpa desidratada. A inclusão do fruto na alimentação torna-se facilitada quando novas formas de utilização como o tempero de pequi, são levadas ao conhecimento da população.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense*, desenvolvimento de produto, avaliação sensorial

Abstract

This work has developed seven spice powder formulations based pequi with added spices that were used in the preparation of rice to evaluate the preference and sensory acceptability. The formulations were performed according to the experimental design Simplex having as independent variables pequi powder, salt and spices and mix in response to sensory acceptability. Were dehydrated in pequi. The contents of moisture, ash, proteins, lipids, carbohydrates total, carotenoids and phenolic. The rice prepared with different concentrations of pequi was subjected to sensory analysis by applying the test of acceptability and purchase intent. Among the formulations seasoning powder pequi there was no difference sensory significant at 5%, all formulations accepted. The optimal formulation of the spice was defined by response surface methodology consists of 58,24% pequi flour, salt 32,36% and 8% mix of spices. The nutritional characteristics of seasoning were statistically similar to the dehydrated pulp. The inclusion of the fruit in the diet becomes easier when new forms of use as seasoning pequi are brought to the attention of the population.

Keywords: *Caryocar brasiliense*, product development, sensory evaluation

1 Introdução

A região do Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e da América do sul, ocupando uma extensão de 24% do território brasileiro. Possui uma área de 204 milhões de hectares distribuídos nos estados de: Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Bahia, Piauí, Maranhão e Distrito Federal (SILVA et al., 2001).

A vegetação do Cerrado é considerada um recurso natural que se manejado de forma adequada pode desenvolver ocupação humana permanente, oferecer matéria-prima para a indústria e colaborar na preservação da biodiversidade (SANTOS et al., 2004). No entanto, a expansão agrícola e a mecanização das lavouras têm contribuído para a devastação do Cerrado, comprometendo a sua vegetação nativa (MELO JÚNIOR et al., 2004; VILELA, 2009).

A flora do Cerrado possui diversas espécies frutíferas com grande potencial de aproveitamento, dentre elas podemos citar o pequi devido à ampla utilização de seus frutos, flores, tronco e folhas. O fruto do pequi representa importante fonte de alimento para o homem e também de renda das famílias que se dedicam à coleta e venda de seus frutos (BARBOSA, 2003). A sua comercialização baseia-se na venda de caroços, amêndoas, óleos da polpa e da amêndoa, conservas e licores (ALMEIDA et al., 1994).

O pequi possui curto período de vida útil na forma *in natura*, devendo ser consumido rapidamente ou conservado sob congelamento durante a sua entressafra. Técnicas alternativas que favoreçam a disponibilidade da polpa e a preservação das suas propriedades nutritivas vêm sendo utilizadas fornecendo maior praticidade ao consumidor após seu processamento. No entanto, são escassos os trabalhos relacionados à obtenção de novos produtos alimentícios a partir do pequi. Estudos que contribuam para a minimização de perdas e o melhor aproveitamento do fruto ainda são necessários (RODRIGUES, 2005).

Os temperos ou condimentos são produtos obtidos da mistura de especiarias de origem vegetal e outros ingredientes, empregados para agregar sabor ou aroma aos alimentos e bebidas (BRASIL, 2004) e com a finalidade de conservação, devido as suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e medicinais (MORAIS et al., 2009).

O uso de substâncias naturais, de origem vegetal, torna o alimento atrativo ao consumidor por não apresentar efeito tóxico, mesmo quando utilizados em concentrações elevadas. Além dos benefícios proporcionados à saúde, diversos estudos têm demonstrado o efeito inibidor dos condimentos no desenvolvimento de microrganismos deterioradores e patogênicos veiculados por alimentos (PEREIRA et al., 2006).

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um tempero em pó de pequi e avaliar a aceitabilidade sensorial e intenção de compra do produto visando a disponibilidade da fruta como condimento na entressafra em diferentes regiões do Brasil.

2 Material e métodos

2.1 Material

Os frutos de pequi (*Caryocar brasiliense*) provenientes das localidades de Campo Grande (MS), Itahum (MS) e Montes Claros (GO), coletados no período de dezembro de 2010 e janeiro de 2011, foram selecionados de acordo com seu estado de maturação e sanidade fisiológica. Como condimento e especiarias foram utilizados: alho desidratado, cebola desidratada, salsa desidratada, sal, pimenta do reino, açafrão e glutamato monossódico, adquiridos no mercado local.

2.2 Preparo das amostras

Os frutos de pequi foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de dicloroisocianurato de sódio dihidratado 0,66% (Sumaveg®). Após foram imersos em água a 70°C por cinco minutos e então escorridos. Em seguida, os pequis foram despulpados manualmente com faca de aço inoxidável, cortados em pedaços, acondicionados em embalagens de polietileno e congelados a -18°C até a realização dos experimentos.

2.3 Desidratação da polpa de pequi

A polpa de pequi foi previamente descongelada a 10 °C por vinte e quatro horas e em seguida colocada em bandejas de aço inoxidável formando uma camada homogênea de espessura aproximada de 5 mm e desidratada em um secador de leito fixo (NG Científica) a 65 °C com velocidade do ar de secagem a 0,5 m s⁻¹ por 240 min, até chegar a um conteúdo de umidade final em torno de 6% (umidade em base úmida). Após a secagem o material foi triturado em moinho de facas (Solab) e conservado em embalagens flexíveis de polietileno, recobertas com papel alumínio e mantidas em dessecador a temperatura ambiente, para posterior formulação do tempero em pó.

2.4 Planejamento experimental

Com o pequi em pó foram elaboradas sete formulações de tempero todas constituídas de: farinha de pequi, sal e especiarias (alho desidratado, cebola desidratada, salsa desidratada) denominados neste trabalho de *mix* e ainda pimenta do reino, açafrão e glutamato monossódico. Em todas as formulações foram mantidas os valores fixos para pimenta do reino (0,2%), açafrão (0,2%) e glutamato monossódico (1%). O conjunto desses ingredientes representou 1,4% da formulação e foi utilizado o planejamento experimental Simplex para a escolha da formulação em relação à farinha de pequi, sal e *mix* de especiarias (variáveis independentes) e a aceitabilidade do produto. Na Tabela 1 encontram-se as sete formulações com base em ensaios preliminares.

Tabela 1. Valores variáveis e valores fixos para obtenção de tempero em pó de pequi

Ensaio (amostras)	Variáveis codificadas			Variáveis reais		
	Farinha de pequi	Sal	C (<i>Mix</i>)	Farinha de pequi	Sal	C (<i>Mix</i>)
1	1	0	0	62,24%	30,36%	6%
2	0	1	0	56,24%	36,36%	6%
3	0	0	1	56,24%	30,36%	12%
4	0,5	0,5	0	59,24%	33,36%	6%
5	0,5	0	0,5	59,24%	30,36%	9%
6	0	0,5	0,5	56,24%	33,36%	9%
7	0,33	0,33	0,33	58,24%	32,36%	8%

2.5 Análise sensorial

O teste sensorial foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do curso de Engenharia de Alimentos da UFGD, através da escala hedônica de nove pontos (aceitabilidade) segundo CHAVES & SPROESSER (1996). Foram selecionados aleatoriamente 50 julgadores não treinados, adultos saudáveis de 18 a 50 anos, de ambos os sexos, sem vínculo de subordinação com os pesquisadores e que manifestaram seu consentimento assinando o termo de consentimento livre e esclarecido conforme a Resolução 196/96 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2003a).

A amostra para análise sensorial foi arroz agulha Tipo 1 preparado com o tempero de pequi, onde 200g de arroz limpo foi adicionada 400mL de água a temperatura ambiente e 20g do tempero e cozido em fogão doméstico por aproximadamente 20 minutos.

A análise sensorial foi realizada em duas etapas, na primeira etapa foram apresentadas aos julgadores amostras de quatro formulações elaboradas de acordo com o planejamento Simplex, escolhidas ao acaso (formulações 2, 4, 6, 1). Na segunda etapa foram avaliadas as amostras das formulações 3, 5, 7 e da amostra que teve melhor aceitação na primeira etapa do teste.

Os julgadores realizaram os testes em cabines individuais com luz branca, em temperatura ambiente e com copo de água descartável com água potável para limpeza da boca entre as avaliações das amostras.

2.6 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas na polpa desidratada de pequi e na formulação que teve melhor preferência e aceitabilidade. Os teores de umidade foram determinados pelo método gravimétrico em estufa com circulação forçada de ar (Solab) a 70°C por 24 horas. O resíduo mineral fixo foi quantificado a partir da incineração em mufla (Fornitec) a 550°C, as proteínas foram determinadas pelo método micro-Kjeldahl em destilador de nitrogênio (Marconi) e o conteúdo de lipídios verificado pelo método de Soxhlet em determinador de óleos (Marconi).

Todas as análises foram realizadas de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de carboidratos foi calculado por diferença (TERRA et al., 2010), a quantificação de carotenóides totais foi determinada de acordo com o procedimento descrito por (RODRIGUEZ et al.,

1976; ALMEIDA & PENTEADO, 1998) e o teor de fenólicos totais verificados segundo a metodologia descrita por (SWAIN & HILLS, 1995; GEORGÉ et al., 2005), em espectrofotômetro (Nova Instruments).

2.7 Avaliação microbiológica

O tempero obtido da formulação melhor aceita foi avaliado quanto à presença de coliformes fecais e totais e *salmonella*, conforme padrão microbiológico para tempero em pó (BRASIL, 1978) depois de 5 dias de armazenamento a temperatura ambiente.

2.8 Determinação do valor energético

O valor energético dos temperos foi calculado pela soma e multiplicação dos macronutrientes (proteína, carboidrato, lipídio) pela quantidade de energia fornecida por cada um (% de proteína x 4 kcal + % de lipídios x 9 kcal + % de carboidratos x 4 kcal) expresso em Kcal 100g⁻¹ (WATT & MERRIL, 1963).

2.9 Análise estatística

A descrição matemática da modelagem de misturas Simplex foi realizada no programa Statistica, versão 8.0 (STATSOFT, 2007). Foram avaliadas as influências de cada variável do processo e as suas interações sobre as respostas de interesse. O modelo obtido para a resposta foi avaliado em termos de sua significância ($P < 0,05$) e coeficientes de determinação (R^2) ao nível de 5% de probabilidade. As curvas de contorno foram utilizadas para analisar o comportamento da aceitabilidade do produto em função das proporções de farinha de pequi, sal e *mix* de especiarias, assim como para a seleção da melhor formulação.

Os resultados do teste sensorial foram avaliados pela análise de variância (ANOVA) e a comparação das médias pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância utilizando o programa Statistica versão 8.0 (STATSOFT, 2007).

3. Resultados e discussão

A Figura 1 apresenta os valores médios das notas atribuídas ao arroz preparado com o tempero de pequi a partir das sete formulações. As médias das notas atribuídas ao arroz cozido com os 7 temperos de pequi variaram de 5,4 a 7,1 que correspondem a “nem gostei/ nem desgostei” e “gostei moderadamente” respectivamente na escala de notas. O tratamento estatístico da análise de variância mostrou que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os resultados obtidos para as formulações 2, 5, 6 e 7, sendo todas aceitas pelos julgadores com nota 7 (gostei moderadamente).

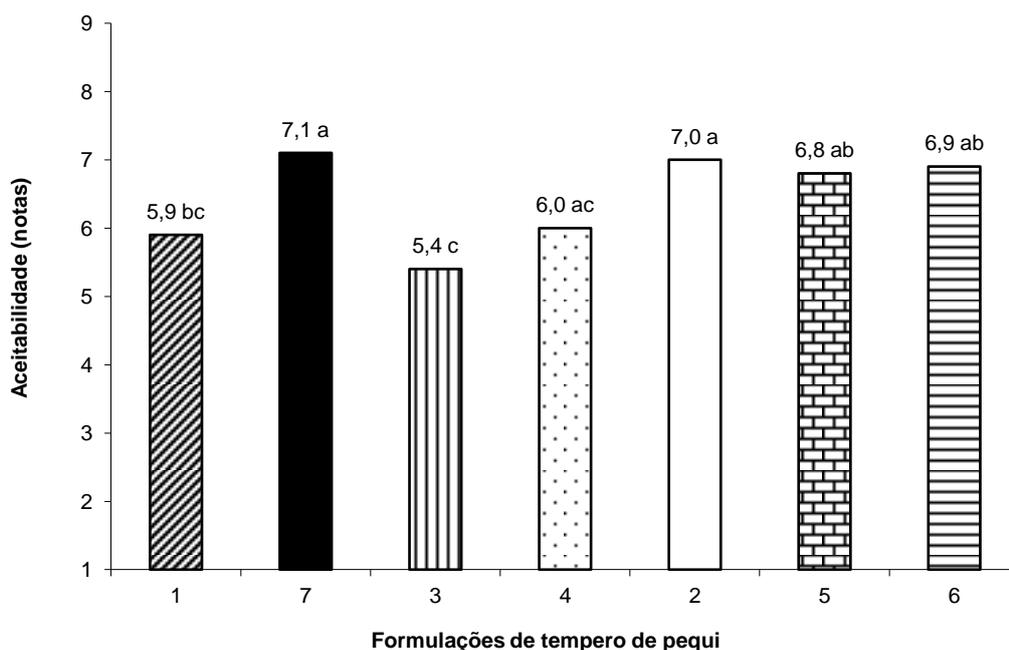


Figura 1 - Avaliação sensorial de arroz com tempero de pequi de sete formulações.

* Mesmas letras minúsculas não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5%

As diferenças observadas entre as notas atribuídas ao arroz preparado com o tempero de cada formulação podem estar relacionadas à preferência do consumidor por sabores conhecidos. Embora o pequi seja do Cerrado, o fruto é pouco consumido na região de Dourados - MS. Contudo, os julgadores atribuíram maiores notas ao arroz com tempero de pequi obtido da formulação 7 constituída por 58,24%

de farinha de pequi, 32,36% de cloreto de sódio e 8% de especiarias, provavelmente devido à interação dos três ingredientes fornecendo um produto com melhor aceitação. A formulação 3 com menor concentração de sal (30,36%) e maior de mix de especiarias (12%), obteve menores níveis de aceitabilidade (5,4).

O sabor é muito importante nos alimentos, portanto é fundamental a preocupação pela qualidade sensorial associando o prazer de comer ao aspecto do aproveitamento de frutos regionais restritos a uma população local. O fato de gostar do produto não significa necessariamente em adquirir o mesmo.

Diante disso, a intenção de compra é tão importante quanto à aceitabilidade. Neste sentido, observa-se na Figura 2 a intenção de compra do provável consumidor. Se o produto estivesse à venda a intenção de compra seria de: 76% “certamente compraria”, “compraria” e “provavelmente compraria”, 22% responderam “talvez comprasse”, 1% “talvez não comprasse” e 1% “não compraria” o produto, concluindo-se que o produto obteve percentual de aceitação em grau elevado.

Lima et al. (2007a) na análise sensorial de arroz utilizando o pequi em conserva, verificaram que o produto obteve 82,6% de aceitação dos julgadores. A nota média foi de 7,4 (gostei moderadamente), porém, na formulação de iogurte com sabor pequi, Rocha et al. (2008) obtiveram a menor média de aceitação (5,61) que na escala utilizada pelos autores representava “gosto disso e comeria de vez em quando” em relação a outros frutos do Cerrado.

Outro estudo sensorial de *mousse* de pequi em diferentes concentrações de polpa (70, 50 e 30%) realizado por Miranda (2009) indicou que a amostra com 30% de pequi obteve maior nota (6,46 “gostei ligeiramente”) na avaliação do produto.

Os produtos formulados com pequi, iogurte e *mousse* foram avaliados sensorialmente por pessoas da região de São Paulo, Goiânia e Minas Gerais respectivamente, contudo, embora tenham sido desenvolvidos esses trabalhos em localidades caracterizadas como Cerrado, o baixo consumo desses frutos ainda limita sua utilização e divulgação.

De acordo com Silva et al. (1998) os alimentos preparados com ingredientes pertencentes aos hábitos alimentares de uma determinada população são mais bem aceitos, pois o comportamento alimentar é resultado da relação ambiental, psicológica, sociocultural e econômica. Sendo assim, características sensoriais e culturais como sabor, satisfação e conveniência podem afetar a escolha do alimento.

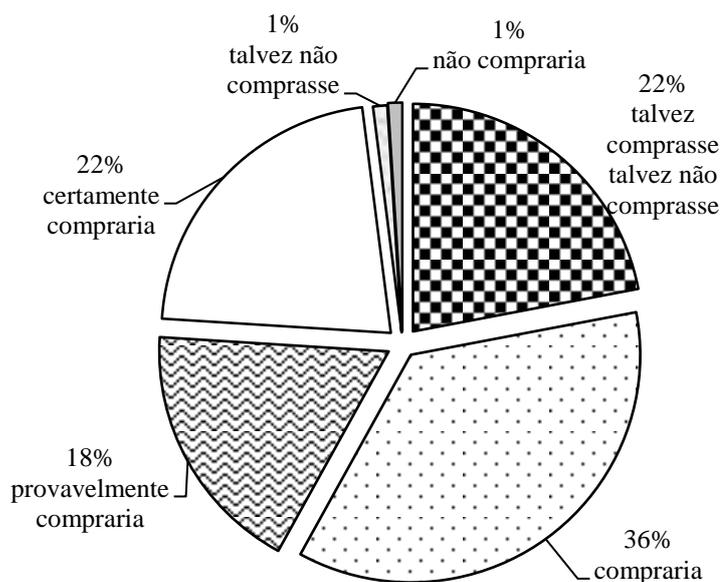


Figura 2. Avaliação da intenção de compra do tempero em pó de pequi

A mistura de ingredientes para a melhor formulação foi definida pela metodologia de superfície de resposta a partir do delineamento experimental de misturas Simplex, considerando as variáveis: farinha de pequi, sal e *mix* de especiarias e suas interações em função da resposta (aceitabilidade).

Foram testados os modelos de regressão linear e quadrático ao nível de significância de 5%, onde a decisão do modelo mais adequado foi baseada no ajuste do modelo e no coeficiente de determinação R^2 . O modelo quadrático foi o que apresentou melhor ajuste aos dados experimentais com valor de R^2 de 0,985 e baixo valor de erro residual (0,04). A análise de falta de ajuste não foi significativa demonstrando que o modelo obtido é preditivo e estatisticamente aceitável (Equação 1).

$$\text{Aceitabilidade} = 5,98x_1 + 6,98x_2 + 5,40x_3 - 1,65 x_1x_2 + 5,51x_1x_3 + 3,51 x_2 x_3 \quad (\text{Equação 1})$$

A superfície de resposta apresentada na Figura 3a mostra que a aceitabilidade do tempero de pequi é influenciada significativamente ($P < 0,05$) pelos três componentes estudados (farinha de pequi, sal e *mix* de especiarias) como pode ser observado na Tabela 2. Embora não seja observada a influência da interação dos pares pequi: sal, pequi: *mix* e *mix*: sal, a superfície de resposta e a curva de contorno mostram a influencia dos três componentes na aceitabilidade, sugerindo interação entre as três variáveis.

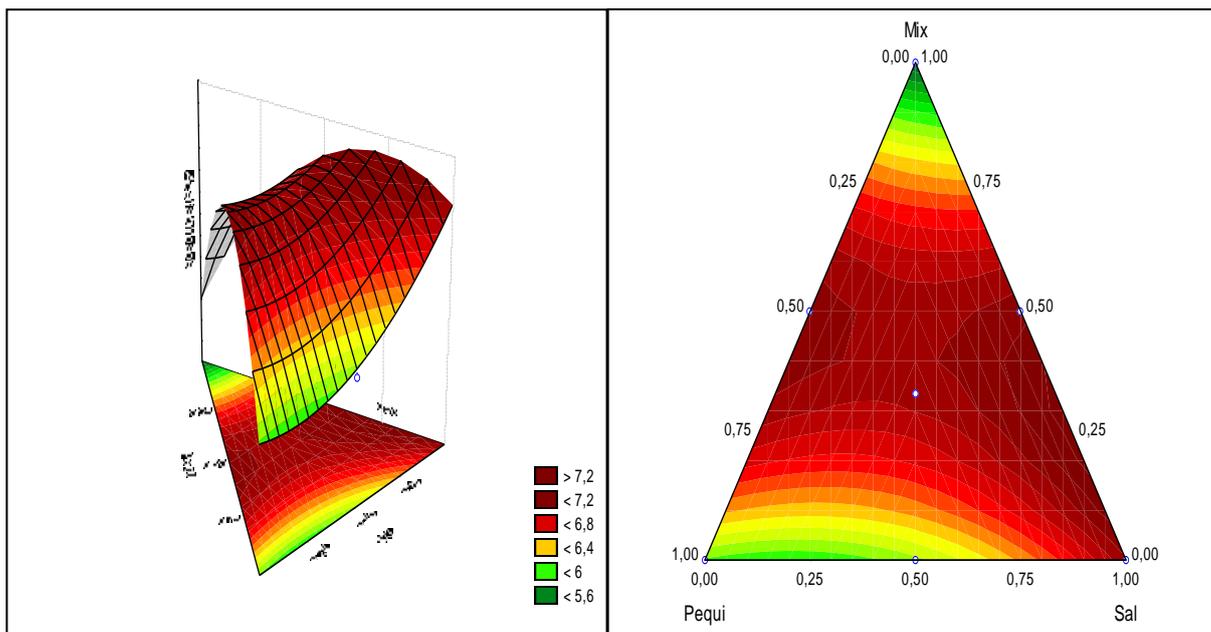


Figura 3 – Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) da aceitabilidade do tempero de pequi em função da concentração de cloreto de sódio, *mix* de especiarias e farinha de pequi

De acordo com a Figura 3 pode-se observar que a aceitabilidade do produto é maior em formulações com quantidade de pequi ao redor de 60% (0,5), *mix* de especiarias de 4,5% a 6% (0,2 a 0,6) e sal de 34 a 36% (0,7 a 1). O aumento do *mix* de especiarias compromete a aceitabilidade do tempero, o que pode ser justificado pelo aumento da intensidade do aroma e sabor das especiarias e não do pequi. Por outro lado, o excesso de farinha de pequi, devido ao aroma intenso, pode provocar rejeição, conforme se observa nas Figuras 3a e 3b (cor amarela e verde).

Diante disso, concluiu-se que a formulação 7, constituída de farinha de pequi (58,24%), sal (32,36%) e *mix* de especiarias (8%), além dos ingredientes fixos: açafraão (0,2%), pimenta do reino (0,2%) e glutamato monossódico (1%), foi a melhor formulação para o tempero de pequi em pó.

Tabela 2. Coeficientes de regressão para a resposta aceitabilidade dos temperos de pequi em pó

Variáveis	Coefficiente de regressão	Erro padrão	t	p
Pequi	5,982	0,201	29,739	0,021
Sal	6,982	0,201	34,710	0,018
<i>Mix</i> (especiarias)	5,402	0,201	26,855	0,023
Pequi x Sal	-1,648	0,924	-1,782	0,325
Pequi x <i>Mix</i>	5,511	0,924	5,960	0,105

Sal x <i>Mix</i>	3,511	0,924	3,797	0,163
------------------	-------	-------	-------	-------

As características físicas e químicas da polpa desidratada (farinha) e do tempero de pequi em pó da formulação escolhida estão apresentadas na Tabela 3. Os valores de atividade de água variaram entre 0,526 (polpa desidratada) e 0,666 (tempero), podendo ser classificado como alimento de atividade de água intermediário (0,60 – 0,85), sujeitos a processos de deterioração provocados principalmente por bolores e leveduras (UBOLDI EIROA, 1981). Embora o teor de umidade seja um parâmetro importante na conservação dos alimentos, em muitos casos a atividade de água (Aa) tem sido o parâmetro preferido para ser medido e acompanhado, por representar melhor a água disponível ou o estado da água disponível que melhor se correlaciona com a conservação dos alimentos (CHIRIFE & BUERA, 1995).

A adição dos condimentos e especiarias na formulação do tempero de pequi, influenciou na redução dos teores de umidade, lipídios, proteínas, carboidratos e carotenóides; conseqüentemente, na redução do valor energético. Porém, o resíduo mineral aumentou significativamente ($P < 0,05$) devido à adição de sal.

Tabela 3 - Características físicas e químicas da polpa desidratada e do tempero em pó de pequi

Análises	Polpa desidratada	Tempero em pó de pequi
Umidade (%) b.u.	6,00 ± 0,01	3,00 ± 0,93
Resíduo mineral (%)	0,80 ± 0,15	33,00 ± 0,01
Lipídios (%)	60,20 ± 0,35	38,60 ± 1,66
Proteínas (%)	6,50 ± 0,17	5,30 ± 0,07
Carboidratos totais (%)	32,50 ± 0,17	23,10 ± 0,67
Atividade de água (Adimensional)	0,526 ± 0,01	0,666 ± 0,01
Carotenóides ($\mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$)	82,76 ± 0,30	76,50 ± 0,20
Fenólicos totais (GAE mg^{-1})	4,01 ± 0,40	4,77 ± 0,20
Valor energético (kcal)	697,80	461,00

b.u. umidade em base úmida; ± desvio padrão ; g ss grama de sólido seco; GAE mg^{-1} equivalente da ácido

gálico

De acordo com as necessidades diárias de nutrientes (IDRs), o percentual de lipídios para um adulto é de 25% a 35% do valor energético total consumido (INSTITUTE OF MEDICINE, 2002). Uma porção de 100g de arroz com tempero de pequi fornece aproximadamente 38,60g das necessidades de lipídios recomendadas para um adulto (55g) em uma dieta de 2000 kcal, de acordo com o valor diário de referência (BRASIL, 2003b).

Barbosa et al. (2003) na avaliação nutricional do tempero de pequi na forma de tablete, obtiveram menor conteúdo de lipídios (6,56%). No tempero em pó o teor de lipídios foi de 38,60%, no entanto, o teor de minerais no tablete foi maior (66,30%) do que encontrado neste estudo (33,00%). No que se refere ao conteúdo de proteínas os valores encontrados pelos autores foram de 1,18%. As diferenças observadas podem ser justificadas pelo teor de umidade de ambas as amostras, pois o formato em tablete exige maior conteúdo de água, o que conseqüentemente reduz a concentração dos nutrientes.

O teor de carotenóides encontrados na polpa desidratada de pequi foi de $82,76 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$, não foram encontrados estudos que relatem o teor de carotenóides para a polpa desidratada. Para a polpa fresca Lima et al. (2007b) reportou valores de $72,5 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$ e Ramos et al. (2001) teores de $231,09 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$ na polpa crua e $154,6 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$ na polpa cozida.

De acordo com os valores obtidos por Ramos et al. (2001) para a polpa fresca ($231,09 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$), pode-se considerar que após a desidratação ($82,76 \mu\text{g g}_{\text{ss}}^{-1}$) ainda permanecem na polpa seca 35,83% dos carotenóides. Segundo Rodriguez-Amaya (1993; 1997) a estabilidade dos carotenóides varia de um alimento a outro em decorrência do tempo, da temperatura de armazenamento e da presença de luz e o seu conteúdo pode ser afetado pela constituição genética da planta, pela forma e ambiente de cultivo e pelo grau de maturação dos frutos.

No estudo de níveis de compostos fenólicos totais nas frações hexânica, etérea, clorofórmica e etanólica do extrato etanólico de folha, mesocarpo e polpa de pequi secos, Porto (2008) verificou que o teor de fenólicos totais foram maiores na folha ($255,24 \text{ mg g}_{\text{ss}}^{-1}$) e no mesocarpo ($265,48 \text{ mg g}_{\text{ss}}^{-1}$). Esses resultados corroboram com os encontrados por (Roesler et al., 2007) que obtiveram maior percentual de compostos fenólicos na casca do pequi ($209,37 \text{ gGAE kg}_{\text{ss}}^{-1}$). De acordo com os autores, a correlação entre fenóis totais e a capacidade antioxidante pode depender do método escolhido e também das características hidrofóbicas ou hidrofílicas do sistema teste e dos antioxidantes testados.

A avaliação microbiológica do tempero de pequi em pó para sete formulações mostrou que o número mais provável de coliformes totais e fecais foi menor que 10 unidades formadoras de colônias

(UFC g⁻¹). Não se detectou presença de *salmonella* em 25g de amostra analisada, portanto, o tempero de pequi em pó encontra-se dentro dos padrões microbiológicos exigidos pela legislação brasileira para tempero em pó (BRASIL, 1978).

4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

Temperos de pequi de boa qualidade tecnológica e características sensoriais aceitáveis podem ser elaborados com até 60% de farinha de pequi.

A aceitabilidade sensorial e intenção de compra do arroz elaborado com o tempero de pequi em pó, independente da formulação, foi de 76%.

As características nutricionais da polpa desidratada foram preservadas no tempero em pó com exceção do resíduo mineral que foi influenciado pela adição de sal.

Referências

ALMEIDA, L. B.; PENTEADO, M. V. C. Carotenoids and pro-vitamin A value of white fleshed Brazilian sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Lam.) **Journal of Composition and Analysis**, v.1, p. 249-258, 1998.

ALMEIDA, S. P.; SILVA, J. A. Pequi e Buriiti. Importância alimentar para a população dos cerrados. **Platina: Embrapa - CPAC**, 1994. 38 p.

BARBOSA, R. C. M. V. **Desenvolvimento e análise sensorial do tablete de pequi (*Caryocar brasiliense*)**. 2003. 70p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BRASIL. Resolução - CNNPA n° 12, de 1978. Normas técnicas especiais para condimentos ou temperos. Brasília: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária – BRASIL**, 1978.

BRASIL(a). Ministério da Saúde. Normas para pesquisa envolvendo seres humanos (Resolução CNS no 196/96 e outras). 2. ed. ampliada. Brasília: **Ministério da Saúde**, 2003. 64 p.

BRASIL(b). Resolução – RDC 360, de dezembro de 2003. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Brasília: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasil**, 2003.

BRASIL. Consulta Pública n°88 de 13 de 2004. Regulamento técnico para especiarias, temperos e molhos. Brasília: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Brasil**, 2004.

CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 81 p.

CHIRIFE, J.; BUERA, M. P. A critical review of some non-equilibrium situations and glass transitions on water activity values of foods in the microbiological growth range. **Journal of Food Engineering**, Barking, v.25, p. 531-552, 1995.

GEORGÉ, S. et al. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p. 1370-1373, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos** - 4ª Edição, 1ª Edição Digital, Capítulo VI - Análise sensorial, p. 279-320, 2008.

INSTITUTE OF MEDICINE. **Dietary reference intakes: Macronutrients**. Washington, DC: National Academy Press, 2002.

LIMA, A. et al (a). Avaliação da aceitação de arroz com pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, 13 (3): 45-51, dez. 2007.

LIMA, A. et al (b). Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa do pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 695-698, dez. 2007.

MELO JÚNIOR, A.F. et al. Estrutura genética de populações naturais de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) **Scientia Forestalis**, v.66, p.56-65, 2004.

MIRANDA, Cecília M. P. B., SILVA, Janair F. et al. Análise sensorial de mousse de pequi com diferentes concentrações. **NUTRIR GERAIS - Revista Digital de Nutrição**, Ipatinga, v. 3, n. 4, p. 362-370, fev./jul, 2009.

MORAIS, S. M. et al. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v.19, p. 315-320, jan./mar. 2009.

PEREIRA, M.C. et al. Inibição do desenvolvimento fúngico através da utilização de óleos essenciais de condimentos. **Ciência agrotecnica.**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 731-738, jul./ago, 2006

PORTO, C.S. **Potencial antioxidante de extratos obtidos a partir de frutos e folhas do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2008. 41p. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, 2008.

RAMOS, Maria I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenóides pró-vitâmicos “A” da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). **Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos**, Curitiba, v.19, n.1, p.23-32, jan./jun, 2001.

ROCHA, C. et al. Elaboração e avaliação de iogurte sabor frutos do cerrado. **Boletim do centro de pesquisa de processamento de alimentos**, Curitiba v.26, n.2, p.255-266, jul./dez, 2008.

RODRIGUES, L. J. **O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): Ciclo vital e agregação de valor pelo processamento mínimo**. 2005. 152p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2005.

RODRIGUEZ, D.B. et al. Carotenoids pigments changes in ripening *Momordica charantia* fruits. **Annals of Botany**; London, v. 40, p. 61524, 1976.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: Chara-lambous G. (Ed.). **Shelf-life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier, 1993. p.547-589.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin Carotenoids. In: Prepared, Processed, and Stored Foods. **Opportunities for Micronutrient Intervention (OMNI)**, Arlington, 1997.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.1, p. 53-60, jan./mar, 2007.

SANTOS, B.R. et al. Pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.): uma espécie promissora do cerrado brasileiro. **Boletim Agropecuário da Universidade Federal de Lavras**, n.64, 2004.

SILVA, M. R. et al. Utilização da farinha de Jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.18, n.1, jan./abr, 1998.

SILVA, D. B. et al. Frutas do cerrado. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, DF, 2001.

STATSOFT, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8. www.statsoft.com.

SWAIN, T.; HILLS, W.E. The phenolic constituents of *Punus domestica*. I-quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal Science of Food Agricultural**, London, v.19, p.63-68, 1995.

TERRA, J. et al. Um método verde, rápido e simples para determinar o valor energético de farinhas e cereais matinais. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p.1098-1103, 2010.

UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microrganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do Ital**, Campinas, v.3, n. 18, p.353-383, 1981.

VILELA, Ana Luisa Miranda. **Avaliação dos efeitos antigenotóxicos, antioxidantes e farmacológicos de extratos da polpa do fruto de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.)**. 2009. 171p. Tese de Doutorado, UnB, Brasília, 2009.

WATT, B. & MERRILL, A. L. **Composition of foods: raw, processed, prepared**. Washington, DC: Consumer and Food Economics Research Division / Agricultural Research Service, 1963. 198p. (Agriculture Handbook, 8).

CONCLUSÃO GERAL

O aumento da temperatura de secagem reduz substancialmente o tempo de processo para obter um produto estável em condições ambiente.

A secagem a 65°C por 240 min foi a mais indicada para a obtenção de farinha de pequi com 10% de umidade, fornecendo um produto com melhor aparência visual e preservando alguns constituintes nutricionais.

O modelo matemático de secagem em camada delgada proposto por Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das cinéticas de secagem da polpa de pequi.

Temperos de pequi de boa qualidade tecnológica e características sensoriais aceitáveis podem ser elaborados com até 60% de farinha de pequi.

A aceitabilidade sensorial e intenção de compra do arroz elaborado com o tempero de pequi em pó, independente da formulação, foi de 76%.

As características nutricionais da polpa desidratada foram preservadas no tempero em pó com exceção do resíduo mineral que foi influenciado pela adição de sal.