



LAÍS GAVA BIANCHETTI

**INFLUÊNCIA DO ETANOL NA SECAGEM CONVECTIVA DE
FATIAS DE CAQUI GIOMBO**

**LAVRAS – MG
2019**

LAÍS GAVA BIANCHETTI

**INFLUÊNCIA DO ETANOL NA SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE CAQUI
GIOMBO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação de Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa

Coorientadora

Prof(a). Dr(a). Bruna de Souza Nascimento

**LAVRAS - MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Bianchetti, Laís Gava.

Influência do etanol na secagem convectiva de fatias de
caqui Giombo / Laís Gava Bianchetti. - 2019.

63 p.: il.

Orientador(a): Jefferson Luiz Gomes Corrêa.

Coorientador(a): Bruna de Souza Nascimento.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal
de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Secagem convectiva. 2. Pré-tratamento com etanol. 3.
Secagem de caquis. I. Corrêa, Jefferson Luiz Gomes. II.
Nascimento, Bruna de Souza. III. Título.

LAÍS GAVA BIANCHETTI

**INFLUÊNCIA DO ETANOL NA SECAGEM CONVECTIVA DE FATIAS DE CAQUI
GIOMBO**

**INFLUENCE OF ETHANOL ON CONVECTIVE DRYING OF PERSIMMONS
SLICES GIOMBO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação de Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 22 de fevereiro de 2019.

Dr. Washington Azêvedo da Silva UFSJ
Dr. Irineu Petri Júnior UFLA

Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa
Orientador
Dra. Bruna de Souza Nascimento
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2019**

A Deus.

Aos meus amados pais José Ricardo e Rosilene.

Aos meus queridos padrinhos D'Ávila e Elisa.

Ao meu irmão Lukas e ao meu namorado Fillipe.

Aos meus avós Carlino e Marta, Carlinho e Elizena (in memoriam).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida e por me proporcionar viver essa experiência acadêmica com humildade, perseverança e resiliência. A Ele que me guiou e guiará sempre para o caminho do bem e me ensinou a lidar com toda e qualquer dificuldade encontrada pelo caminho e me mostrou que tudo acontece a seu tempo.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de elevar meus conhecimentos.

A CAPES pelo auxílio financeiro concedido ao longo desses dois anos, através da bolsa.

Ao querido professor e orientador, Doutor Jefferson Luiz Gomes Corrêa, agradeço por ser esse ser humano incrível, que se preocupa, entende e compreende. Obrigada pela sua amizade, paciência, orientação, por ter me recebido de braços abertos e por não me deixar desistir e acreditar no meu potencial.

À minha querida coorientadora Bruna de Souza Nascimento agradeço por todo carinho, paciência e ensinamentos.

Agradeço à banca pelos conselhos e pela disponibilidade.

Agradeço a todos os professores, técnicos e funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos que, de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos meus pais, José Ricardo e Rosilene, alicerces da minha vida, por confiarem em mim e nos meus sonhos e por acreditarem que sou capaz. Agradeço por todas as orações, elas com toda certeza me fizeram mais forte. Ao meu irmão Lukas, por todo o carinho. Ao Fillipe, por todo amor, paciência, compreensão e afeto, por sempre estar ao meu lado e não fazer da distância uma dificuldade entre nós. Aos meus padrinhos, exemplos de amor e fé, agradeço por toda a ajuda, apoio, comprometimento, e por todas as orações, vocês são meus exemplos. A toda minha família, por todos os conselhos, momentos de descontração, e por sempre se orgulharem com as minhas conquistas.

Às minhas amigas do Instituto Federal do Sudeste de Minas – campus Barbacena, obrigada por tudo, levo vocês em meu coração. À professora Andréa pela excelente orientação na graduação, por sempre acreditar e confiar em mim. Às professoras Márcia, Rejiane, Thaís, Juliana e ao professor Gerson, agradeço por todos os conhecimentos ofertados, que me possibilitaram chegar até aqui, serei imensamente grata a vocês por toda a vida.

Agradeço a minha amiga Francine pela amizade sincera e verdadeira, por ser sempre minha companheira e por vibrar com cada conquista minha, somos a prova viva de que a distância não separa ninguém.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Alimentos, João Renato, Ronaldo, Mariana, Juliana, Leandro, Lucas, Matheus, Douglas, Ana Luiza cada um de vocês tem um lugar especial em meu coração e agradeço por me ajudarem neste trabalho. Em especial, quero agradecer às minhas amigas Amanda Umbelina, Fernanda Abrahão e Paula Giarolla que fazem meus dias serem mais divertidos e alegres, saibam que a vida da pós-graduação seria mais difícil sem vocês por perto. Vocês são muito especiais.

Aos amigos da Pós-graduação, agradeço por todos os momentos felizes ao longo do caminho. Em especial quero agradecer às minhas amigas, Dina e Rafa, por se fazerem presentes em todos os momentos e por sempre dividir comigo as angústias e os momentos de aperto.

MUITO OBRIGADA!

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)

RESUMO

O caqui (*Diospyros kaki L.*) é uma fruta climatérica que amadurece e amacia em um espaço de tempo muito reduzido, resultando em uma polpa gelatinosa. Neste estado, é muito vulnerável à deterioração física e microbiológica e, portanto, não pode ser armazenado por um longo período de tempo. Os processos de secagem surgem como métodos para conservar, aumentar a vida útil e disponibilizar ao consumidor uma alternativa à fruta *in natura*, no período de entressafra. A secagem convectiva permite grande estabilidade do produto final, porém durante o processamento podem ocorrer modificações indesejáveis como escurecimento não enzimático, baixas características de reidratação e perdas de nutrientes termossensíveis. Faz-se necessário a melhoria e aplicação de pré-tratamentos com o objetivo de reverter essas alterações. O etanol tem sido estudado como pré-tratamento, com o intuito de acelerar a evaporação da água, e otimizar o tempo do processo. O objetivo deste trabalho foi analisar a influência do etanol na secagem convectiva de fatias de caqui Giombo. O pré-tratamento (imersão por 10 s) foi realizado com etanol em concentrações de 95%, 70% e 50% de etanol. Secagem sem pré-tratamento também foi realizada. A secagem foi conduzida em um secador tipo túnel de vento a 50° e 70°C e velocidade do ar de 1,5 m/s. A influência do pré-tratamento com etanol foi investigada com relação a tempo de secagem e cor da polpa. A cinética de secagem foi ajustada com modelos da literatura. Os modelos empíricos de Page e Midilli *et al.* forneceram os melhores ajustes das curvas de secagem. O tratamento com etanol acelerou os processos de secagem em até 25%. Quanto à coloração, os frutos não apresentaram diferenças significativas antes e após secagem, não causando impacto negativo no produto final. Nos ensaios de reidratação foi apresentada taxa inicial elevada seguida de absorção mais lenta para todos os tratamentos. Entre as amostras, foi observada maior reidratação nas fatias tratadas com 70% de etanol a 50°C e sem pré-tratamento a 70°C.

Palavras-chave: parâmetros de qualidade, pré-tratamento de secagem, *Diospyros kaki L. cv Giombo*

ABSTRACT

Persimmons (*Diospyros kaki L.*) is a climacteric fruit that ripens and softens in a very short time, resulting in a gelatinous pulp. In this state, it is very vulnerable to physical and microbiological deterioration and therefore cannot be stored for a long period of time. The drying processes appear as methods to conserve and increase the shelf life and to provide the consumer with an alternative to fresh fruit in the off-season. Convective drying allows great stability of the final product, but undesirable modifications such as non-enzymatic browning, low rehydration characteristics and losses of thermosensitive nutrients may occur during processing. It is necessary to improve and apply pre-treatments in order to reverse these changes. Ethanol has been studied as a pretreatment, in order to accelerate the evaporation of water, and optimize the process time. The objective of this work was to analyze the influence of ethanol on the convective drying of Giombo persimmons slices. Pretreatment (immersion for 10 s) was performed with ethanol at concentrations of 95%, 70% and 50% ethanol. Drying without pre-treatment was also performed. Drying was conducted in a wind tunnel dryer at 50° and 70°C and air velocity of 1.5 m / s. The influence of pretreatment with ethanol was investigated with respect to drying time and pulp color. The kinetics of drying was adjusted with models from the literature. The empirical models of Page e Midilli et al. provided the best adjustments of the drying curves. Treatment with ethanol accelerated drying processes by up to 25%. Regarding the coloration, the fruits did not present significant differences before and after drying, without causing negative impact on the final product. In the rehydration tests, a high initial rate followed by slower absorption was observed for all treatments. Among the samples, greater rehydration was observed in slices treated with 70% ethanol at 50 ° C and without pretreatment at 70 ° C.

Keywords: quality parameters, pre-treatment of drying, *Diospyros kaki L. cv Giombo*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação da morfologia e das variedades de caqui, da espécie <i>Diospyros kaki</i> L.	18
Figura 2 - Curvas típicas de secagem, onde X_b é a evolução da umidade, dX/dt é a taxa de secagem e T a temperatura do produto. A região 0 corresponde ao período de indução, 1 ao período de taxa constante e 2 ao período de taxa decrescente.	26
Figura 3 - Exemplos das amostras utilizadas para a secagem.	31
Figura 4 - Módulo didático para experimento de secagem em túnel de vento.	31
Figura 5 – Caquis após passarem pelo processo de secagem a 50°C em diferentes concentrações de etanol.	33
Figura 6 – Caquis após passarem pelo processo de secagem a 50°C em diferentes concentrações de etanol.	33
Figura 7: Coordenadas aferidas para a obtenção do volume das amostras.	36
Figura 8 - Curvas de secagem dos dados experimentais para as amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem tratamento secas a 50°C por 8 horas.	40
Figura 9 - Curvas de secagem dos dados experimentais para as amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem tratamento secas a 70°C por 4 horas.	40
Figura 10 - Razão de reidratação das fatias de caqui em cada tratamento realizado.	48
Figura 11 - Razão de reidratação das fatias de caqui em cada tratamento realizado.	49
Figura 12 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui seco a 50°C.	53
Figura 13 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui seco a 70°C.	53
Figura 14 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Midilli <i>et al.</i> do caqui seco a 50°C.	54
Figura 15 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Midilli <i>et al.</i> do caqui seco a 70°C.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Modelos matemáticos para prever a secagem geral.	26
Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos do caqui <i>in natura</i> cv. <i>Giombo</i>	38
Tabela 3 – Teor de umidade (MR), umidade (b.u) e tempo de secagem das amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem pré-tratamento a 50° e 70°C.....	39
Tabela 4 - Parâmetros de cor (ΔE , L^* , a^* e b^*) das fatias de caqui após secagem.....	43
Tabela 5- Parâmetros de textura do caqui seco.....	44
Tabela 6 - Valores médios para atividade de água.....	46
Tabela 7 - Porcentagem de encolhimento após secagem.	47
Tabela 8 - Valores dos parâmetros obtidos para o ajuste do modelo matemático de secagem do caqui a 70°C com as diferentes concentrações de etanol e os valores do coeficiente de determinação (R^2) e chi-quadrado (χ^2).....	50
Tabela 9 - Valores dos parâmetros obtidos para o ajuste do modelo matemático de secagem do caqui a 50°C com as diferentes concentrações de etanol e os valores do coeficiente de determinação (R^2) e chi-quadrado (χ^2).....	51

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. Generalidades do caqui (Diospyros kaki).....	17
2.1.1. Aspectos gerais	17
2.1.2. Produção e cultivo	19
2.1.3. Aspectos nutricionais	20
2.2. Secagem	22
2.2.1. Aspectos gerais de secagem.....	22
2.3. Representação da cinética de secagem	24
2.4. Uso do etanol como pré-tratamento à secagem.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1. Material	30
3.1.1. Caracterização das amostras in natura.....	30
3.1.2. Preparo das amostras	31
3.2. Unidade de secagem	31
3.3. Condições experimentais.....	32
3.4. Curvas de secagem	33
3.5. Avaliação da qualidade do produto seco	34
3.5.1. Teor de umidade.....	34
3.5.2. Cor.....	34
3.5.3. Parâmetros de textura	35
3.5.4. Atividade de água (a_w).....	35
3.5.5. Encolhimento	35
3.5.6. Reidratação	37
3.6. Tratamentos dos dados e análise estatística	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Caracterização do fruto in natura	37
4.2. Efeito da temperatura e das diferentes concentrações de etanol sobre o comportamento de secagem.....	39
4.3. Caracterização do fruto seco	43

4.3.1. Cor.....	43
4.3.2. Parâmetros de textura	44
4.3.3. Atividade de água.....	45
4.3.4. Encolhimento	46
4.3.5. Reidratação	48
4.4. Representação da cinética de secagem	49
5. CONCLUSÃO.....	55
6. REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

O cultivo do caqui (*Diospyrus kaki*) no Brasil desperta interesse por ser um fruto apreciado e que se adapta facilmente a climas subtropicais. É um fruto de sabor e aparência agradáveis, basicamente consumido *in natura*, possui alto valor nutricional, altas concentrações de açúcares, sais minerais e quantidades significativas de vitaminas A, B e C. Além disto, existem relatos sobre sua atividade antioxidante presente tanto na casca quanto na polpa (JANG *et al.*, 2010; FUKAI *et al.*, 2009; SAMPAIO *et al.* 2009; LEE *et al.*, 2008). O caqui é um fruto sazonal com época de colheita de fevereiro a maio.

É uma fruta climatérica, amadurecendo, portanto, após a colheita. Os caquis são perecíveis, tendo um potencial pós-colheita relativamente curto e amacia em um espaço de tempo muito reduzido de 15 a 30 dias, resultando em uma polpa gelatinosa, devido ao seu alto teor de umidade. Neste estado, é muito vulnerável à deterioração física e microbiológica e, portanto, não pode ser armazenado por um longo período de tempo. Ocorrem também dificuldades com o transporte, resultando em significativas perdas econômicas. A desidratação surge como uma alternativa para redução de peso e valorização do fruto, o que permite sua conservação em condições ambientes, aumenta a vida útil, disponibiliza ao consumidor um novo produto, disponível durante todo o ano, tornando-se uma aplicação industrial interessante para o processamento de caquis (KARAKASOVA *et al.* 2013; BORGES, 2010).

Em países asiáticos, como China e Japão, o consumo de caqui desidratado, conhecido como *hoshigaki*, já é comum. O processo de secagem do caqui é realizado pela exposição direta, secagem natural segundo a classificação de Battcock (1990), do fruto ao sol por cerca de dez dias até a obtenção de um produto de qualidade nutricional e sensorial aceitáveis. Esta prática é uma das mais tradicionais, aplicadas para obtenção de produtos secos, isto se deve ao baixo custo de execução. Contudo, alguns problemas são constatados ao longo do processo, como a dependência das condições meteorológicas oscilantes e à exposição do produto a sujidades. Tais fatores podem resultar em danos significativos na qualidade do produto final. (KARAKASOVA *et al.* 2013; SILVA *et al.* 2010).

Dentre os processos artificiais destaca-se aqui a secagem convectiva, um método bastante utilizado na produção de alimentos desidratados e que permite grande estabilidade no produto final. No entanto, durante o processamento podem ocorrer modificações indesejáveis como escurecimento não enzimático, baixas características de reidratação e perdas de nutrientes termossensíveis.

Sendo assim, novos processos de secagem têm sido desenvolvidos pela necessidade de obtenção de um produto final de melhor qualidade, pela necessidade em reduzir o consumo de energia e manutenção das características do produto fresco. Faz-se necessário a melhoria e aplicação de pré-tratamentos com o objetivo de reverter essas alterações.

O etanol tem sido estudado em processos de secagem como pré-tratamento. É um composto orgânico bem aceito na indústria alimentícia. A *Food and Drug Administration* dos EUA considera o etanol como uma substância geralmente reconhecida como segura (em inglês GRAS) (BRAGA *et al.*, 2010). Sua utilização tem como intuito acelerar a evaporação da água, e surge como uma alternativa de otimização do tempo, modificando a estrutura natural da matéria-prima e melhorando a transferência de umidade, conseqüentemente aumenta a velocidade de secagem do produto, além de melhorar alguns atributos no material a ser seco (KOMPANY *et al.*, 1990). Na literatura são encontrados trabalhos em que o uso de uma atmosfera modificada com etanol em secagem convectiva resultou em um produto de melhor qualidade, com maior evaporação da água e maior retenção de compostos voláteis (BRAGA *et al.*, 2009)

O objetivo deste trabalho foi analisar a influência do etanol na secagem convectiva de fatias de caqui Giombo. O pré-tratamento (imersão por 10 s) foi realizado com etanol em concentrações de 95%, 70% e 50% de etanol. Secagem sem pré-tratamento também foi realizada. A secagem foi conduzida em um secador tipo túnel de vento a 50° e 70°C e velocidade do ar de 1,5 m/s. As variáveis de qualidade estudadas foram os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , ΔE), encolhimento de superfície e espessura, parâmetros de textura e capacidade de reidratação. A influência do pré-tratamento com etanol foi investigada com relação a tempo de secagem e cor da polpa. A cinética de secagem foi ajustada com modelos da literatura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

No decorrer desse tópico serão apresentados os aspectos gerais do caqui, tais como caracterização botânica, tipos de variedades existentes, produção e cultivo e aspectos nutricionais. Serão abordados, também, os aspectos de secagem do mesmo considerando os métodos natural e artificiais. Além disto, será abordada a cinética de secagem e os fatores que influenciam a secagem por meio de convecção forçada, bem como a aplicação de alguns modelos matemáticos. Ao final, encontram-se os aspectos relevantes quanto ao uso do etanol na secagem, como alternativa para reduzir o tempo de secagem.

2.1. Generalidades do caqui (*Diospyros kaki*)

2.1.1. Aspectos gerais

O caquizeiro pertence à família botânica *Ebenaceae*, gênero *Diospyrus* e espécie *Diospyrus kaki*, é uma planta perene, de porte arbóreo, muito vigorosa e produtiva que apresenta um desenvolvimento inicial relativamente lento. Porém, mantém-se produtivo ao longo de várias décadas. Existe uma infinidade de variedades de caquis e mais de 400 espécies, que variam na coloração, formato e tamanho. A cor do fruto varia do amarelo-laranja-claro a vermelho-laranja-escuro e dependendo da espécie podem variar em tamanho de 1,5 a 9 cm de diâmetro. A maioria das variedades possui tendência para a produção de frutos partenocárpicos, ou seja, conseguem se frutificar mesmo que não haja polinização, resultando em frutos sem sementes. O caquizeiro é cultivado há anos, como plantas rústicas e têm uma alta capacidade de adaptação a climas diversificados. No Brasil as espécies mais conhecidas comercialmente são as variedades Rama Forte, Taubaté, Giombo e Fuyu como pode ser visto na Figura 1 (NICOLETI, 2007; SILVA *et al.*, 2006; SILVA, 2005).

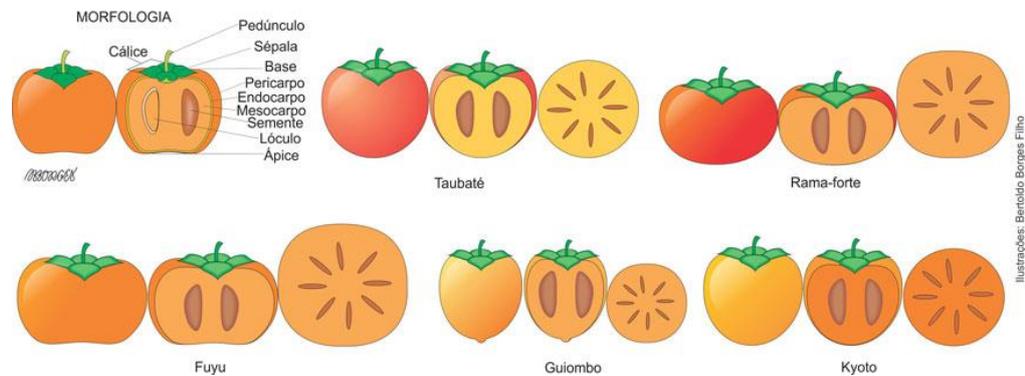
No decorrer da maturação dos frutos do caquizeiro ocorre degradação da clorofila, aumento no teor de carotenóides e, conseqüentemente, mudanças na cor tanto da casca quanto da polpa. Outra mudança que pode ser observada é a redução da firmeza,

causada pelo aumento da atividade das enzimas poligalacturonase, celulase e pectinametilesterase (PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.* 2011).

O *Diospyrus kaki* L. é uma das cinco espécies de maior interesse agrônômico e comercial na fruticultura pela qualidade dos seus frutos, dentre as mais de 300 espécies existentes do gênero *Diospyrus*, que produzem frutos comestíveis (EMBRAPA, 2014).

O caqui é uma baga com formas e tamanhos variáveis entre as cultivares podendo apresentar formas arredondadas, achatadas e globosas. Os frutos normalmente possuem massa de 250 a 350 g e, quando são polinizados podem possuir até oito sementes. O fruto verde possui uma alta concentração de taninos, que confere adstringência quando consumido. Algumas cultivares vão perdendo essa adstringência conforme o fruto vai alcançando a maturação fisiológica, já outras precisam passar pelo processo de destanização antes de serem comercializadas (FACHINELLO *et al.*, 2011).

Figura 1: Representação da morfologia e das variedades de caqui, da espécie *Diospyros kaki* L.



Fonte: www.hortiescolha.com.br

As inúmeras variedades existentes foram divididas em três grupos, cada uma apresentando características físico-químicas e sensoriais próprias, sendo eles: sibugaki, ou taninosos, amagaki ou doces e variável.

O primeiro grupo é sempre taninoso, quer tenham sementes ou não. A polpa é sempre amarela. Se forem destinados a comercialização, os frutos precisam ser tratados, para retirar o sabor adstringente. As principais variedades são Taubaté,

Pomelo, Rubi, Coração-de-Boi e Regina, entre outras. O segundo grupo são sempre doces (não taninosos), quer apresentem semente ou não. A polpa é amarela e firme e os frutos não precisam de destanização. Podem ser chamados também de variedades de frutos doces ou duros, entre as principais estão o Fuyu, Fuyuhana, Jirô, Fuyugaki, etc.; O terceiro grupo reúne as variedades cujos frutos alteram sua composição e cor, caso possuam ou não sementes. Incluem-se aqui as variedades taninosas de polpa amarelada, quando não têm sementes. Quando as sementes são numerosas, a polpa é de cor escura, enquanto que nos frutos com poucas sementes, a tonalidade escura aparece ao redor delas, originando o que popularmente é chamado de “chocolate”. As principais variedades são: Rama Forte, Giombo, Chocolate, etc (TODA FRUTA, 2018; PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.* 2011; MARTINS & PEREIRA, 2002).

Dentre as variedades de caqui, optou-se por utilizar neste trabalho o caqui Giombo por ser uma variedade que se adapta melhor a climas frios. Suas plantas são muito vigorosas e produtivas. A colheita é tardia, geralmente de maio a junho. Seus frutos são médios, apresentando cerca de 180g, com formato ovoide. Possui uma polpa amarelo-avermelhada e muito taninosa quando os frutos não têm sementes. Quando não são utilizadas plantas polinizadoras no pomar, os frutos formam-se sem sementes e podem ser utilizados para a produção de caqui passa de boa qualidade.

2.1.2. Produção e cultivo

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas. Dentre as que merecem destaque no mercado nacional, por se adaptarem a diversas condições climáticas, encontra-se o caqui. É um fruto originário do continente asiático, onde é cultivado há séculos (GONÇALVES *et al.*, 2006). Dentre os países produtores de caquis, a China é considerado o maior produtor mundial. Seu cultivo, naquele país, iniciou-se no século XII, e, em seguida, expandiu-se para a Coreia do Sul e do Japão, sendo que naquele último, é uma das principais frutas cultivadas.

A introdução do caquizeiro como árvore frutífera nos países ocidentais com condições climáticas e edáficas (que pode ser influenciada pelo tipo de solo), se deu no século XIX, inicialmente, nos Estados Unidos e, a seguir na França, Espanha e Itália (PARK *et al.*, 2004). Com o passar do tempo, espalhou-se pelos cinco

continentes e atualmente está presente em praticamente todos os países de clima subtropical e temperado.

O Brasil está entre os cinco principais produtores de caqui no mundo (FAO, 2017). A inserção do fruto no país, ocorreu primeiramente no estado de São Paulo, por volta do ano de 1880, mas a expansão da cultura só aconteceu a partir de 1920, com a chegada de fruticultores japoneses, que trouxeram outras variedades e o domínio da produção (MARTINS & PEREIRA, 1989).

Por ter se adaptado muito bem às condições climáticas brasileiras, o caqui se tornou um importante produto de exploração comercial. Pesquisas recentes conduzidas pela Embrapa Semiárido no Vale do São Francisco têm demonstrado que as cultivares Rama Forte e Giombo apresentam um grande potencial de produção. Essas cultivares são as mais comercializadas no sudeste do país que é a principal região consumidora do fruto (CAMPOS, 2014). De acordo com Vieites (2012), o consumo no mercado interno está aumentando progressivamente devido à qualidade e aos preços relativamente acessíveis.

Atualmente, o caquizeiro é cultivado principalmente nas regiões sudeste e sul, sendo o estado de São Paulo, o responsável pela maior produção. Segundo dados do IBGE, no Brasil em 2016, foram produzidas 161 mil toneladas de caqui, produzidas pelos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, totalizando 85,5% do volume total comercializado no país. Em Minas Gerais, a produção foi de 15,1 mil toneladas do fruto o qual corresponde por 9,39% da produção total no país. O sul de Minas totaliza 77,07% da produção total, seguido da região central com 22,27% da produção. Os principais municípios produtores são Turvolândia, Antônio Carlos, Barbacena, Cordislândia e Pouso Alegre (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016).

2.1.3. Aspectos nutricionais

O caqui é uma fruta delicada, de aparência gelatinosa com elementos nutritivos e saborosos, é comumente consumido *in natura*. Contém muitos compostos bioativos, especialmente ácido ascórbico, taninos condensados e carotenóides. Os compostos bioativos contribuem para a saúde humana principalmente através de suas propriedades antioxidantes (KARAMAN *et al.*, 2014). O fruto do caquizeiro possui

características atraentes ao consumidor e elevada qualidade nutricional, porém devido a sua alta concentração de taninos, seu potencial para o processamento é baixo, limitando-se apenas ao congelamento e à desidratação, sua composição depende da variedade.

Em relação aos macronutrientes, o caqui possui baixo teor de proteína e gordura, apresenta 16% de carboidratos, principalmente açúcares. Os principais açúcares presentes são frutose, glicose e sacarose em grandes quantidades, entre outros açúcares comumente encontrados em frutas. A quantidade de açúcar varia entre 14 e 18%, superando o da maioria das frutas. O conteúdo de açúcares solúveis totais varia de 10,1 a 16,7% em frutos de variedade doce e de 10,2 a 19,3% em frutos de variedades taninosas. O ácido málico é predominante neste fruto, e sua diminuição ocorre ligeiramente durante o processo de maturação (PORFÍRIO-DA-SILVA *et al.* 2011; UNICAMP, 2011). Além disso, tem pectina e mucilagens como parte da fibra solúvel e uma grande quantidade de fibra insolúvel. O caqui é uma excepcional fonte de provitamina A como β - caroteno (com 160 μ g / 100 g de peso fresco) e também uma boa fonte de vitamina C (16 mg / 100 g de peso fresco). O conteúdo de vitamina C é um dos parâmetros de qualidade do caqui, com funções antioxidantes essenciais para o organismo. O caqui fresco contém aproximadamente 7,5 mg de vitamina C em cada 100 gramas, mas quando passa pelo processo de secagem sua quantidade diminui significativamente. Santos e Silva (2009) observaram em fatias de abacaxi, que ao aumentar a temperatura de secagem, o teor de vitamina C diminuiu significativamente.

Possui quantidades significativas de potássio (310 mg/100 g), porém possui baixos teores de outros minerais como magnésio (9 mg/100 g) e fósforo (18 mg/ 100g) (MAPAMA, 2016a). É uma fruta com alto teor de taninos, o que lhes confere a adstringência característica, por esse fato as cultivares podem ser divididas em adstringentes e não adstringentes. Entretanto, durante o amadurecimento, a adstringência diminuiu em ambas as cultivares, devido à transformação em suas formas insolúveis (PEI *et al.*, 2015). As diferenças encontradas entre as cultivares se dá pela quantidade de taninos presente nas cultivares adstringentes mesmo em estágio maduro (YAQUB *et al.*, 2016). Os fitoquímicos são uma fração importante do fruto e são constituídos principalmente de proantocianidinas, flavonoides, taninos, ácidos fenólicos e carotenoides. Os carotenoides encontrados são responsáveis pela coloração do fruto e pela capacidade antioxidante. Seu conteúdo aumenta à medida que a fruta amadurece, com exceção da luteína e do licopeno. A quantidade de carotenoides varia

de acordo com a cultivar, mas geralmente o mais abundante é a β -criptoxantina (YAQUB *et al.*, 2016; BUTT *et al.*, 2015).

Alguns estudos determinam que o caqui reduz o colesterol e a pressão arterial, fortalece o sistema imunológico, ajuda na prevenção de doenças no sistema digestivo e na prevenção do câncer. Tem-se estudado o efeito terapêutico do caqui em sintomas como fraqueza, anemia, deficiência de vitaminas e em doenças gastrointestinais (YÖNEL *et al.*, 2008).

2.2. Secagem

Nesse tópico serão abordados os aspectos gerais de secagem, tais como definições e interferências positivas e negativas do processo no alimento a ser seco. Será apresentado também, a representação de cinética de secagem e a aplicação de alguns modelos matemáticos com o intuito de ajustarem-se à cinética. Ao final encontra-se uma abordagem sobre o uso recente do etanol como pré-tratamento à secagem com o intuito de acelerar o processo.

2.2.1. Aspectos gerais de secagem

A secagem foi uma das primeiras técnicas de conservação utilizadas para prolongar o tempo de vida útil de diversos tipos de alimentos, sendo na época um dos processos mais econômicos. Basicamente, o processo consiste na remoção de água dos alimentos pela aplicação de calor. Uma variedade enorme de alimentos pode ser submetida aos métodos de secagem, tais como: produtos marinhos, produtos cárneos, bem como todas as frutas e vegetais (MUJUMDAR 2004; CHEN & MUJUMDAR, 2008; MUJUMDAR 2014).

A secagem é uma operação complexa que envolve a transferência simultânea de calor e massa. A transferência de calor é geralmente baseada no mecanismo de convecção. Quanto à transferência de massa, existem dois aspectos importantes a serem considerados: o transporte de água no interior do sólido a ser seco até a superfície e a remoção de vapor a partir da mesma. O processo pode ser representado por três diferentes fases: na primeira fase ocorre aquecimento do material até a

temperatura de secagem, com a elevação da temperatura ocorre um rápido aumento na taxa de secagem; na segunda fase ocorre um período de taxa constante, onde a transferência de massa no interior do sólido passa a ser igual a da superfície do mesmo; e a terceira fase é o período de taxa decrescente, onde a velocidade de transferência de massa no interior do solo é menor que a evaporação na superfície, ocorrendo então a elevação da temperatura do produto (NICOLETI, 2005).

Tradicionalmente os produtos alimentares eram secos ao sol, por exposição direta, sendo ainda uma prática bastante utilizada para fins não comerciais em alguns países. Ao longo dos anos foram desenvolvidas técnicas mais eficientes (secagem artificial) e surgiram diversos tipos de secadores sendo possível diminuir o tempo de secagem e aumentar a qualidade do produto final. Dentre as técnicas artificiais está a secagem convectiva, com ar aquecido, bastante utilizada em diversos trabalhos devido a facilidade de uso, simplicidade dos equipamentos e baixo custo. (KUDRA & MUJUMDAR, 2009).

A secagem envolve vários outros processos, como transformações físicas ou químicas, o que, por sua vez, podem causar mudanças na qualidade do produto. As mudanças físicas que podem ocorrer incluem: encolhimento, cristalização, transições vítreas, alteração de densidade. Em alguns casos, podem ocorrer reações químicas ou bioquímicas que levem a alterações na cor, textura, odor ou outras propriedades do produto sólido. Porém, cada material biológico possui características próprias e, com isso, comportamentos e alterações estruturais distintas durante a secagem. Por esse motivo o fenômeno da secagem para materiais biológicos não pode ser generalizado. Entretanto, a secagem é uma operação que consome muita energia devido ao alto calor latente de vaporização da água e à ineficiência inerente ao uso de ar quente como o meio de secagem (CHEN, XIAO DONG; MUJUMDAR, 2008; PARK, 2014).

De acordo com Quintero (2007), existem alguns fatos que podem interferir numa operação bem sucedida de secagem, podendo destacar entre os principais àqueles estão relacionados diretamente com o produto a ser seco (espessura e características do mesmo) e ainda também aos que estão ligados com o ar de secagem (temperatura, velocidade e umidade relativa).

A secagem de caqui tem sido amplamente estudada, devido ao fato de ser uma das poucas técnicas utilizadas para prolongamento da sua vida útil. Igual *et al.* (2011) estudaram o efeito da secagem convectiva com e sem pré-tratamento osmótico para produzir caqui em fatias. Um estudo cinético foi realizado analisando variações de

massa, cor e textura nas amostras. Duas análises sensoriais também foram realizadas considerando o tempo de secagem e a geometria. Os resultados obtidos mostraram que a geometria não afetou os parâmetros analisados. De acordo com os resultados do estudo cinético, os tempos de secagem selecionados foram de 8 e 12 horas. O pré-tratamento osmótico não implicou em melhorias no produto final.

Doymaz (2012) investigou o efeito do branqueamento e da temperatura de secagem (50,60 e 70°C) na cinética de secagem e na relação de reidratação de caquis sob secagem com ar quente. Observou-se que tanto a temperatura de secagem quanto o branqueamento afetaram o tempo de secagem. Os menores tempos de secagem e maiores taxas de reidratação foram obtidos a partir de amostras branqueadas.

Giovagnoli-Vicuña *et al.* (2017) avaliaram a influência da secagem convectiva à 60°C, na cor, porosidade, encolhimento e umidade do fruto de caqui. Mudanças perceptíveis nos parâmetros de qualidade (cor, porosidade e retração) puderam ser observadas durante o processo de secagem, onde a região central da amostra evidenciou menos alterações.

Nos estudos de Demiray *et al.* (2017) caquis inteiros e descascados foram secos nas faixas de 55-75°C em um secador convectivo. O efeito da temperatura de secagem e do pré-tratamento osmótico foi determinado. A imersão em uma solução de 20% de sacarose resultou em um aumento na taxa de secagem de caquis. Um procedimento de regressão não linear foi utilizado para ajustar cinco modelos de secagem disponíveis na literatura aos dados experimentais de perda de umidade. Os modelos de Page e Page Modificado mostraram um melhor ajuste aos dados experimentais de secagem em comparação com os outros modelos.

2.3. Representação da cinética de secagem

A cinética de secagem é controlada pelas características da matriz do alimento e pelas variáveis temperatura, velocidade e umidade relativa do ar (CELESTINO, 2010). O teor de umidade de um sólido é geralmente expresso em função de sua massa seca (X , kg água. kg sólido seco⁻¹), pois esta permanece constante durante todo o processo de secagem. O teor de umidade é definido como a razão entre o teor de água presente no material e a massa de sólidos secos conforme a Equação 1.

$$X_{bs} = \frac{m_{total} - m_{ss}}{m_{ss}} \quad (1)$$

Onde m_{total} é a massa total da amostra (kg), m_{ss} é a massa de sólido seco (kg) e X é o teor de umidade em base seca (kg água).

A secagem descreve o processo de remoção de substâncias voláteis para a obtenção de um produto sólido. É uma área multidisciplinar, pois necessita da fusão ótima de fenômenos de transporte e ciência dos materiais e o objetivo da secagem não é apenas fornecer calor e remover a umidade do material, mas também produzir um produto desidratado de uma qualidade específica pois alguns compostos, diferente da água, também são voláteis (MUJUMDAR, 2004). O comportamento da secagem de sólidos pode ser caracterizado através da medição da perda do teor de umidade em função do tempo.

Modelos matemáticos são usados para ajustar a evolução do teor de umidade com o tempo. Porém, existe uma dificuldade em descrever os fenômenos. Dessa forma existem modelos que tentam facilitar a descrição das cinéticas de secagem quando a resistência externa para transferência de calor e massa é eliminada ou minimizada. Como resultado, o modelo matemático apropriado requer a solução da equação dos fenômenos de transporte cuja complexidade está relacionada à geometria do corpo, às condições iniciais e de contorno e ao problema físico (FARIAS *et al.*, 2013). Diversos modelos matemáticos foram propostos para descrever o processo de secagem. Esses modelos podem ser categorizados como teóricos, semi-teóricos e empíricos (DOYMAZ, 2012).

Muitos estudos têm enfatizado o uso de cinética de secagem e modelos matemáticos como, por exemplo, o estudo de Doymaz (2011) que avaliou alguns modelos de secagem de camadas finas de caqui (*Diospyrus kaki L.*). Demiray *et al.* (2017) em seus estudos com caquis inteiros e descascados pré-tratados osmoticamente e secos por convecção a uma temperatura de 55°-75°C, avaliaram alguns modelos matemáticos em camadas finas. Sampaio *et al.* (2017) estudaram a modelagem da cinética de secagem osmo-convectiva em frutos de caqui (*Diospyros kaki cv. Fuyu*) e determinaram o coeficiente de difusividade de massa efetiva dos frutos.

A estrutura de frutas e vegetais é muito variável, com isso a modelagem da cinética de secagem é importante para o conhecimento das propriedades físico-

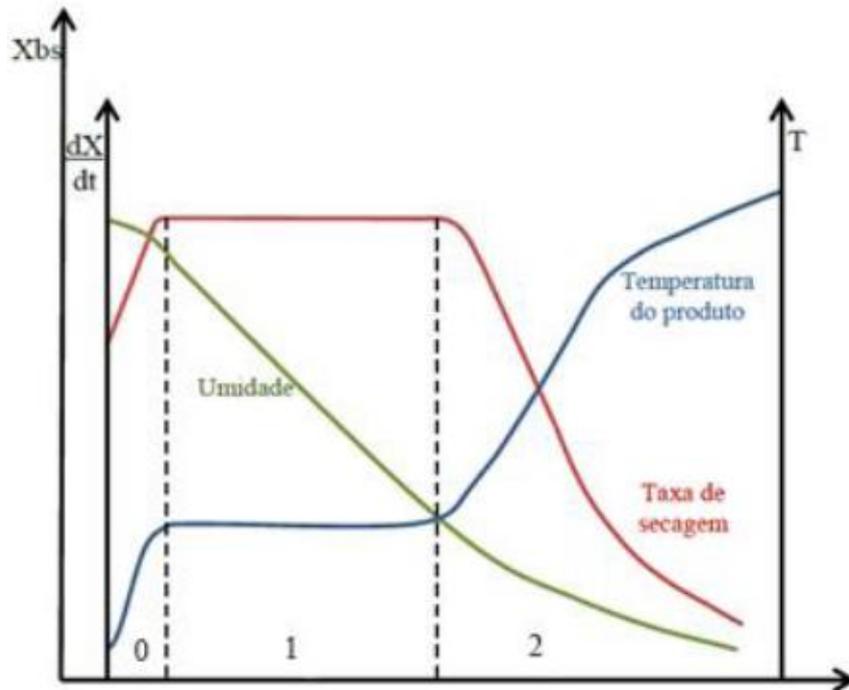
químicas e do tempo de secagem para se obter um produto com qualidade adequada. O modelo teórico mais comumente utilizado é a segunda lei de difusão de Fick, que tem sido usada com sucesso para descrever a cinética de secagem de alguns produtos alimentícios. No entanto, modelos semiteóricos, baseados em um desenvolvimento em série da segunda lei de Fick, são os mais amplamente utilizados para produtos alimentícios (AKPINAR, 2006). Entre os modelos semiteóricos (MIDILLI *et al.*, 2002; AKPINAR, 2006; WAUGHON *et al.*, 2008), estão os de Newton, Page, Page modificado, Henderson e Pabis, logarítmico, e Midilli *et al.* que estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Modelos matemáticos para prever a secagem geral.

Modelo	Equação matemática	Referência
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^n)$	Roberts J.S. <i>et al</i> (2008)
Page Modificado	$MR = \exp[(-k \cdot t)^n]$	Toğrul, (2006)
Henderson & Pabis	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t)$	Henderson e Pabis (1961)
Lewis	$MR = \exp(-k \cdot t)$	Shi <i>et al.</i> (2008)
Midilli e Kuçuk	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$	Midilli <i>et al.</i> (2002)
Logarítmico	$MR = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$	Yaldiz <i>et al.</i> (2001)

De forma geral, a secagem é dividida em três períodos ao longo do processo, de acordo com a evolução das transferências de calor e massa. A Figura 2 representa a evolução temporal da umidade (X_{bs}), da taxa de secagem (dX/dt), e da temperatura (T) do produto, para um processo utilizando ar com propriedades constantes.

Figura 2 - Curvas típicas de secagem, onde X_{bs} é a evolução da umidade, dX/dt é a taxa de secagem e T a temperatura do produto. A região 0 corresponde ao período de indução, 1 ao período de taxa constante e 2 ao período de taxa decrescente.



Fonte (PARK et al., 2014)

Os produtos que contêm água se comportam diferentemente na secagem de acordo com seu teor de umidade. No início do processo, representado na Figura 2 pelo tempo, o alimento se encontra em uma temperatura inferior ao ar de secagem. Durante o primeiro estágio de secagem, a taxa de secagem é constante. A superfície contém umidade livre. A vaporização ocorre a partir daí, e pode ocorrer algum encolhimento quando a superfície de umidade é atraída de volta para a superfície sólida. Neste estágio de secagem, a etapa de controle de taxa é a difusão do vapor de água através da interface ar-umidade e a taxa na qual a superfície para difusão é removida. Perto do final do período de taxa constante, a umidade deve ser transportada do interior do sólido para a superfície por forças capilares e a taxa de secagem ainda pode ser constante. O segundo estágio de secagem ou a primeira parte do período de taxa de queda é o período de secagem de superfície não saturada. Este estágio prossegue até que o filme de superfície do líquido seja inteiramente evaporado.

Na secagem adicional (segundo período de taxa de queda ou o terceiro estágio de secagem), taxa na qual a umidade pode se mover através do sólido como resultado de gradientes de concentração entre as partes mais profundas e a superfície é a etapa de controle. A transmissão de calor consiste agora em transferência de calor para a superfície e condução de calor no produto. Como a profundidade média do nível de

umidade aumenta progressivamente e a condutividade térmica das zonas externas secas é muito pequena, a taxa de secagem é cada vez mais influenciada pela condução de calor. No entanto, se o produto seco tiver uma densidade aparente relativamente alta e um pequeno volume de cavidade com poros muito pequenos, a secagem é determinada não tanto por condução de calor, mas por uma resistência bastante elevada à difusão dentro do produto. A taxa de secagem é controlada pela difusão da umidade do interior para a superfície e, em seguida, a transferência de massa da superfície. Durante esse estágio, parte da umidade ligada pela sorção é removida (MUJUMDAR, 2006).

2.4. Uso do etanol como pré-tratamento à secagem

O etanol é um solvente orgânico que dissolve as membranas celulares e é bastante utilizado na indústria de alimentos como sanitizante (FUNEBÓ *et al.*, 2002). Os métodos de estabilização com solventes e a secagem são importantes para a conservação de alimentos e vegetais, assim como para obter uma alta qualidade nutricional e sensorial do produto final. A aplicação do etanol antes da secagem possibilita modificar a estrutura natural da matéria-prima e melhorar a transferência de umidade, conseqüentemente aumentando a velocidade de secagem do produto (KOMPANY *et al.*, 1990). Nos últimos anos, sua utilização vem sendo estudada como pré-tratamento a secagem levando em consideração o fato de influenciar diretamente na cinética de secagem.

Santos e Silva (2008) mostraram que a presença de etanol na atmosfera de secagem promoveu uma evaporação de água mais intensa em comparação ao processo convencional.

Corrêa *et al.* (2012) avaliaram a influência do etanol na secagem por convecção de bananas (*Musa acuminata* Var. nanica) verdes, maduras e em estágio avançado de maturação sob atmosfera em condição normal, modificada com etanol (0,5% v/v) e tratamento da superfície das amostras com etanol em atmosfera normal. As amostras pulverizadas com etanol apresentaram menores tempos de secagem e de energia consumida.

Tosato (2012) realizou a pré-desidratação de maçãs em etanol, o que significou a redução de 4 a 35% no tempo de secagem, porém as amostras pré-tratadas com

etanol apresentaram maior escurecimento e aparentemente um estado mais rugoso comparado as amostras sem pré-tratamento com etanol. Esse autor considera que a utilização de etanol como pré-tratamento foi uma técnica com boa aplicação para o controle de variáveis que influenciavam nas características físicas, e provavelmente na aceitação do consumidor, além de ter sido economicamente viável.

Lima (2015) estudou a influência do pré-tratamento com etanol na cinética de secagem das folhas de guaco (*Mikania glomerata Sprengel/Mikania laevigata Sch. Bip. ex Baker*). O pré-tratamento consistiu na imersão das folhas de guaco em etanol (40, 70% e álcool etílico absoluto) por tempos distintos (5, 45 e 85 segundos) à temperatura ambiente. Os experimentos de secagem foram conduzidos em estufa, utilizando temperatura de 50°C. O uso do pré-tratamento com etanol nas folhas de guaco aumentou a remoção do conteúdo de umidade durante a secagem e reduziu o tempo do processo.

Rojas & Augusto (2018) utilizaram o etanol e o ultrassom como pré-tratamentos para melhorar a secagem por infravermelho de fatias de batatas e observaram que todos os tratamentos comparados ao controle diminuíram o tempo de secagem, enquanto o tratamento que combinava etanol e ultrassom proporcionou maior redução. Tais resultados abrem novas perspectivas sobre um método inovador para melhorar e otimizar o tempo de secagem.

Rojas & Augusto (2018) neste trabalho utilizaram o etanol para melhorar a secagem de abóbora. Avaliaram o efeito do tratamento com etanol na microestrutura, cinética de secagem convectiva, cinética de reidratação e propriedades viscoelásticas. O pré-tratamento foi realizado por imersão de cilindros de abóbora em etanol antes da secagem por convecção. Os autores inferiram que o tratamento com etanol acelerou os processos de secagem e reidratação, concluindo-se assim que o etanol melhorou os processos de secagem e reidratação, sem afetar negativamente a microestrutura e as propriedades viscoelásticas dos cilindros de abóbora.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados caquis do gênero *Diospyros Kaki L.*, da cultivar Giombo adquiridos na região de São Bento do Sapucaí, localizado no estado de São Paulo, no mês de maio, onde foram transportados para a cidade de Lavras, em Minas Gerais e acondicionados em temperatura de 1°C de forma a garantir a maturidade fisiológica adequada para a realização dos experimentos de secagem, durante aproximadamente um mês até a realização das análises. Foram selecionados os frutos que apresentassem cor, tamanho e textura uniformes. Os experimentos foram realizados no laboratório de Engenharia de Alimentos, no Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), da Universidade Federal de Lavras.

3.1.1. Caracterização das amostras *in natura*

Os frutos do caqui *in natura* foram caracterizados de acordo com os sólidos solúveis, com o uso de refratômetro digital ATAGO PR-100 com temperatura automática de 25° C e expressos em °Brix. Para determinar o teor de sólidos solúveis, as amostras de caqui secos foram processadas com água destilada em uma proporção de 1:5 (10g de polpa diluída em 50 g de água destilada), devido a maior concentração para a leitura. O homogenato obtido teve o teor medido no refratômetro e o resultado final foi calculado considerando a diluição. A determinação de AT (% em ácido málico) foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína. O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3MP), ambos foram realizados seguindo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). A análise de umidade foi realizada em estufa à 70°C. A análise de proteína foi determinada pelo método de Kjeldahl e por fim foi feita a análise de cor por colorimetria, no sistema de leitura CIELab. Todas as análises foram feitas em triplicata.

3.1.2. Preparo das amostras

Os caquis foram previamente higienizados em água corrente para retirada de sujidades visíveis, e levemente secos em papel absorvente. Em seguida, foram descascados e cortados em fatias (5mm de espessura) com auxílio de uma faca e de um molde circular de aço inoxidável. Para que os experimentos de secagem fossem conduzidos dentro de um padrão de tamanho, forma e peso de amostras (Figura 3), foram selecionados de acordo com as pré-determinadas dimensões e espessura, as quais foram verificadas com auxílio de um paquímetro digital.

Figura 3 - Exemplos das amostras utilizadas para a secagem.



Fonte: Do autor (2018)

3.2. Unidade de secagem

A secagem dos caquis foi realizada com o auxílio de um secador convectivo de túnel de vento (Figura 4), da marca Eco Engenharia Educacional, modelo MD018.

Figura 4 - Módulo didático para experimento de secagem em túnel de vento.



Fonte: Do autor (2019)

A bancada de secagem é constituída por um soprador de ar (1); psicrômetro (2); sistema de aquecimento (3); sistema de pesagem (4), composto por uma balança semianalítica; um anemômetro (5) para medir a velocidade do ar na saída e câmara de secagem (6), no qual é acoplada a bandeja contendo a amostra.

3.3. Condições experimentais

Os ensaios de secagem foram realizados no interior do secador convectivo às temperaturas de 50°C e 70°C com velocidade do ar de secagem de 1,5 m/s. Durante o processo de secagem, a massa das amostras foi determinada em certos intervalos de tempo.

As amostras submetidas à secagem foram divididas em dois grupos, o primeiro grupo não recebeu pré-tratamento com etanol, o segundo grupo foi pré-tratado com etanol, imersão em soluções de etanol, de 95, 70, 50%. A imersão para qualquer dos casos foi de 10 segundos em proporção fruto/ solução de 3g de fruto para 20 mL de solução.

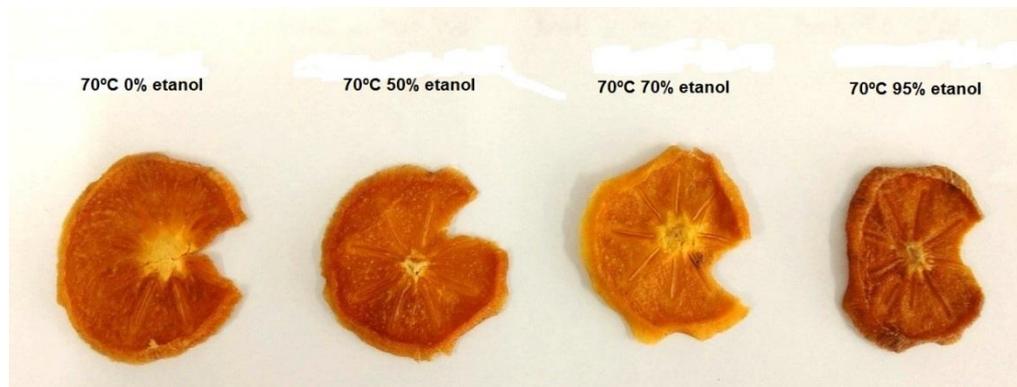
Nas Figuras 5 e 6 podem ser observados os caquis após passarem pelo processo de secagem.

Figura 5 – Caquis após passarem pelo processo de secagem a 50°C em diferentes concentrações de etanol.



Fonte: Do autor (2018)

Figura 6 – Caquis após passarem pelo processo de secagem a 70°C em diferentes concentrações de etanol.



Fonte: Do autor (2018)

3.4. Curvas de secagem

Para a obtenção dos dados das curvas de secagem foi realizada a leitura em relação à perda de peso das amostras de caqui em intervalos de tempos e as temperaturas utilizadas no processo. Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (MR) de acordo com a equação 2.

$$MR = \frac{X - X_e}{X - X_0} \quad (2)$$

Onde:

X : teor de umidade, b.u.

X_e : umidade de equilíbrio, b.u.

X_0 : umidade inicial, b.u.

3.5. Avaliação da qualidade do produto seco

Para avaliar a qualidade foram medidos o teor de umidade, os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*), parâmetros de textura, atividade de água (a_w), proteína, encolhimento e reidratação, que foram determinados conforme os métodos descritos a seguir.

3.5.1. Teor de umidade

O teor de umidade inicial das amostras foi determinado, para cada ensaio, em estufa à vácuo a 70°C por 24 horas, de acordo com a metodologia *Association Of Official Analytical Chemists – AOAC* (1990).

3.5.2. Cor

A cor foi avaliada nas amostras *in natura* e após a secagem em todos os tratamentos, em triplicata. A medida dos parâmetros de cor foi baseada nas coordenadas CIELAB composto por três parâmetros (L^* , a^* , b^*) onde L^* define a claridade ($L^* = 0$ preto e $L^* = 100$ branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde), b^* ($+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). As medições foram lidas diretamente em um colorímetro Minolta (CR400) usando D65 iluminação e um ângulo de observação de 10° como sistema de referência. A mudança de cor global (ΔE^*) foi determinada usando a Equação 3 (ORIKASA *et al.*, 2014).

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L_0)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (3)$$

Onde o subíndice "0" indica os dados iniciais, L^* é a luminosidade, a^* é a coordenada vermelha / verde e b^* é a coordenada amarelo / azul.

3.5.3. Parâmetros de textura

A textura é um atributo de qualidade significante para frutas e vegetais. Devido à remoção de umidade, ocorre um colapso estrutural nos alimentos que resulta em alterações significativas na textura. A determinação das características de textura foi determinada utilizando um texturômetro TA.XT2 (*Texture Analyser, Stable Micro Systems*) no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) na Universidade Federal de Lavras, com probe cilíndrica P75 de 75 mm de diâmetro, sendo a velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1 mm.s^{-1} , 1 mm.s^{-1} e 2 mm.s^{-1} , respectivamente. Utilizou-se uma deformação de 10%, uma velocidade de compressão de 1 mm.s^{-1} e um tempo de 2s.

3.5.4. Atividade de água (a_w)

A maneira como a água está ligada aos alimentos é determinada pela atividade de água (a_w). A atividade de água (a_w) é um dos fatores mais importantes na determinação da qualidade e segurança dos alimentos durante todo o processamento e armazenamento (TSOTSAS; MUJUMDAR, 2011).

A determinação da atividade de água foi realizada à temperatura de 25°C com o uso de um medidor de atividade de água (Aqualab Decagon Devices Inc. Pullman, modelo CX- 2T, Washington, EUA).

3.5.5. Encolhimento

No processo de remoção de umidade na rede sólida de um alimento, produz-se um desequilíbrio de pressão entre a parte interna e externa do material alimentar, gerando contrações, que levam ao encolhimento do material, ocasionando mudanças na forma e em alguns casos até rachaduras (MAYOR & SERENO, 2004).

Normalmente, o encolhimento aumenta proporcionalmente com o volume de água removida durante a secagem.

O encolhimento (S) é frequentemente representado pela equação 4, que relaciona o volume aparente de uma amostra a um determinado tempo de secagem e o volume da amostra no tempo inicial, representando uma alteração dimensional do volume, área, e espessura, sendo:

$$S = \frac{V}{V_0} \times 100 \quad (4)$$

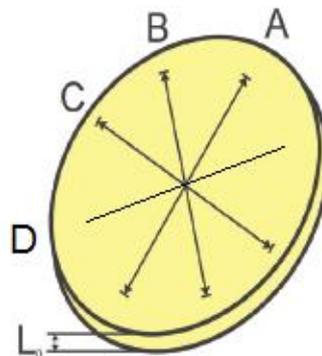
S = encolhimento (adimensional);

V = volume da amostra em um determinado tempo

V₀ = volume inicial da amostra

O volume das amostras foi calculado através da área das fatias, para isso, o caqui foi considerado um círculo sendo medidas suas dimensões por meio de paquímetro digital. Na Figura 7, estão representadas as coordenadas para obtenção do volume das amostras, sendo L₀ a espessura da fatia e A, B, C e D os diâmetros.

Figura 7: Coordenadas aferidas para a obtenção do volume das amostras.



Fonte: LEITE *et al.*, 2015.

3.5.6. Reidratação

A reidratação dos caquis secos foi feita em água destilada a 25 °C. Aproximadamente 3g de amostra foram colocadas em 100 ml de água. As amostras foram pesadas em triplicata durante 15, 30, 45, 60 e 90 min com auxílio de balança analítica (LEWICKI; VU LE; POMARAŃSKA-ŁAZUKA, 2002). As fatias foram periodicamente retiradas da água, secadas superficialmente com papel absorvente, pesadas e devolvidas à água até a estabilização da absorção de água. Foi calculada a razão de reidratação conforme a Equação 5 (DOYMAZ; ÖZDEMİR, 2014):

$$RR = \frac{W_R}{W_S} \quad (5)$$

Onde: W_R é a massa da amostra após reidratação (kg), e W_S é a massa do material seco (kg).

3.6. Tratamentos dos dados e análise estatística

O delineamento experimental das análises de secagem foi inteiramente casualizado. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por análise de variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey, a 5% de significância, para identificar as diferenças em casos significativos. A análise de variância e os testes de médias foram realizados no *software* Sisvar (FERREIRA, 2011). Os modelos aplicados à cinética de secagem foram avaliados no *software* Statistica 7.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização do fruto *in natura*

Os resultados da caracterização dos caquis *in natura* são demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos do caqui *in natura* cv. *Giombo*

Característica	Valor (desvio padrão)
Teor de umidade (b.u.) (%)	74 ± 2,1
Sólidos solúveis totais (°Brix)	17,3 ± 0,30
pH	6,37 ± 0,21
Acidez total titulável (%)	0,54 ± 0,08
Proteína	0,105 ± 0,004
Cor	L* 63,17 ± 1,18 a* 9,81 ± 1,02 b* 49,39 ± 1,56

A caracterização permitiu concluir que os parâmetros de umidade em base úmida avaliados se assemelham ao encontrado no trabalho, com a mesma cultivar, por Park *et al.* (2004). Os valores de sólidos solúveis encontrados assemelham-se ao encontrado por Antonioli *et al.* (2002) e Moraes (2012). No trabalho de Curi *et al.* (2017) com diferentes cultivares, o caqui *Giombo* apresentou valor de sólidos solúveis de 18,3° Brix, próximos do encontrado neste trabalho. Murray e Valentini, (1998) citam que possíveis variações no teor de SS, frequentemente verificadas em caqui e frutos de caroço, deve-se a um grande número de variáveis associadas, entre elas a bioconversão de açúcares, a formação de moléculas solúveis na parede celular, o balanço de ácidos orgânicos e a solubilização de sais.

Se comparado a outras frutas o caqui apresenta baixa acidez, o que contribui para seu sabor adocicado (PINTO, 2010). Segundo Fonseca (1973 apud FAGUNDES, 2004), a acidez titulável do caqui gira em torno de 0,16% a 0,23%. De acordo com Park *et al.* (2004), o ácido málico é o principal ácido orgânico encontrado no caqui. Nesse estudo o valor de acidez ficou acima do mencionado por Fonseca (1973). No trabalho de Moraes (2012), o valor de acidez titulável encontrado, para frutos da mesma variedade, foi de 0,07%. Essa diferença pode ser explicada pelo tipo de solo utilizado, e principalmente pelo teor de maturação.

O valor encontrado de pH ficou acima do encontrado por Moraes (2012) para a mesma cultivar. Curi *et al.* (2017) em seus estudos com diferentes cultivares,

encontraram para a cultivar Giombo, o valor de pH de 5,97, abaixo do encontrado neste trabalho.

O valor de proteínas encontrado neste trabalho ficou abaixo do encontrado nas tabelas de composição de alimentos, cujo valor varia de 0,33% a 0,60% (TACO, 2011).

Quanto à coloração, o fruto apresentou os parâmetros L^* (63,17) e b^* (49,39), o que demonstra que este fruto contém cor preta menos intensa, ou seja, um fruto mais claro e uma cor amarela mais intensa. Os valores de a^* (9,81) demonstra uma cor vermelha mais intensa. Porém essa coloração pode sofrer alterações quando forem submetidas ao processo de secagem devido à perda de umidade. Cano-Chauca (2000) em seu trabalho descreve que há escurecimento enzimático devido à ação da peroxidase e outras enzimas oxidativas que ocorrem na fruta durante a secagem, especialmente nas superfícies cortadas. Nas frutas secas podem ocorrer dois tipos de reações: o escurecimento enzimático e não enzimático. O escurecimento enzimático ocorre geralmente no preparo e na secagem da fruta, onde as enzimas alteram a cor e o sabor do produto final. Já o escurecimento não enzimático é responsável pelo escurecimento da fruta seca durante seu armazenamento (CANO-CHAUCA, 2000).

4.2. Efeito da temperatura e das diferentes concentrações de etanol sobre o comportamento de secagem

Na Tabela 3 é possível analisar as médias das repetições para cada tratamento estudado, bem como o valor do MR final e o tempo gasto no processo de secagem. O critério estabelecido para parar o tempo de secagem, foi quando as amostras atingissem 20% de umidade.

Tabela 3 – Teor de umidade (MR), umidade (b.u) e tempo de secagem das amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem pré-tratamento a 50° e 70°C.

Temperatura	Condição	MR	Umidade (b.u.)	Tempo (min)
50°C	95% etanol	0,2652	0,1935	390
50°C	70% etanol	0,2684	0,1996	420
50°C	50% etanol	0,2787	0,2005	450
50°C	sem pré-tratamento	0,3433	0,2072	510

70°C	95% etanol	0,2526	0,1907	200
70°C	70% etanol	0,2489	0,1890	200
70°C	50% etanol	0,2406	0,1780	170
70°C	sem pré- tratamento	0,2490	0,1861	210

As curvas de secagem das fatias de caqui para as temperaturas de 50°C e 70°C com diferentes concentrações de etanol, são mostradas nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

Figura 8 - Curvas de secagem dos dados experimentais para as amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem tratamento secas a 50°C por 8 horas.

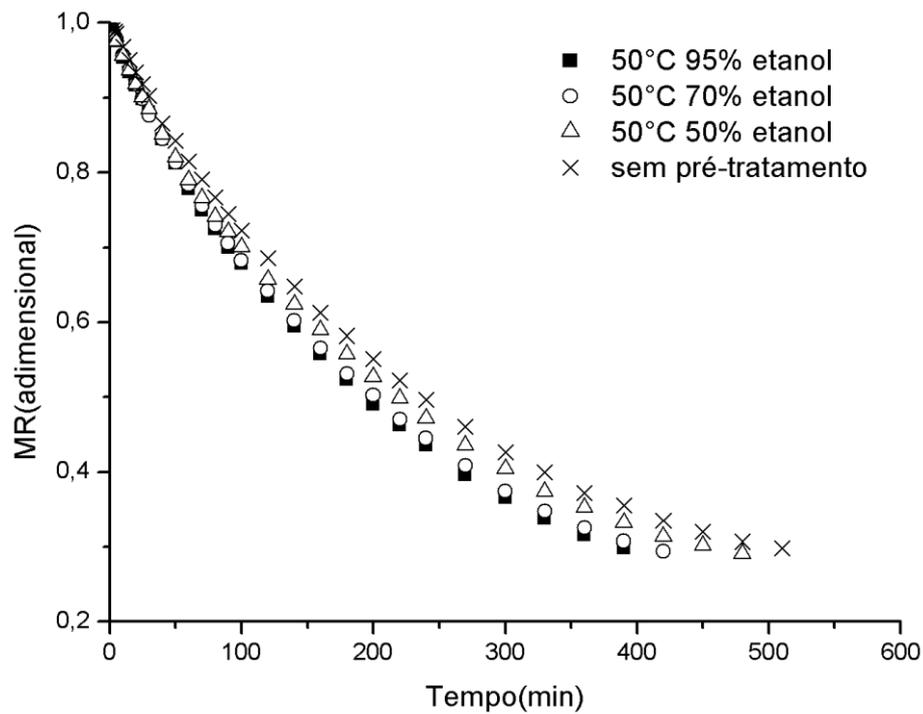
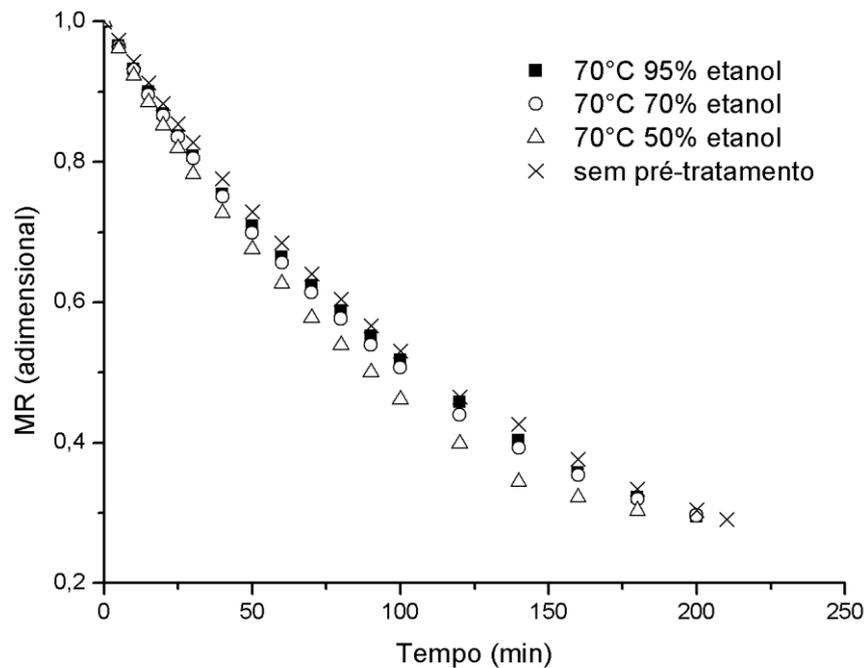


Figura 9 - Curvas de secagem dos dados experimentais para as amostras de caqui pré-tratadas com etanol e sem tratamento secas a 70°C por 4 horas.



As curvas de secagem dos caquis tratados com etanol (95, 70 e 50%) e sem pré-tratamento apresentaram intensa perda do conteúdo de umidade nos primeiros minutos do processo. Já no fim da secagem, a perda de água ocorreu de forma lenta. Esse fenômeno pode estar relacionado com o fato de que no início do processo existe um alto conteúdo de umidade no fruto, com a formação de um filme contínuo de água sobre o sólido mantendo as condições de saturação da superfície. No término da secagem, boa parte do teor de umidade já evaporou e o conteúdo de umidade tem que migrar do interior para a superfície do produto por isso, maior lentidão no processo.

É possível observar na figura 8 que o tratamento com a maior concentração de etanol (95%) obteve o menor tempo de secagem, seguido das concentrações de 70% e 50% e por fim, o que levou mais tempo de secagem foi o tratamento sem a presença de etanol. A presença de etanol no processo de secagem favoreceu a evaporação da água. Esse fenômeno foi observado anteriormente para a secagem de abacaxi usando etanol na atmosfera (BRAGA *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2009; BRAGA *et al.*, 2010).

De maneira geral para as duas temperaturas (50° e 70°C), o uso do etanol influenciou na remoção do conteúdo de umidade. Os menores tempos de secagem foram observados na concentração de 50% de etanol a 70°C e 95% de etanol a 50°C. Porém, a diferença entre os tratamentos com e sem concentrações de etanol, é mínima.

Isso pode ser justificado, pelo fato de os frutos terem ficado imersos por apenas 10s na solução, não sendo suficiente para que uma diferença maior na diminuição do tempo de secagem fosse observada.

Observa-se, pelos gráficos, que o uso do etanol no fruto leva a um tempo de secagem menor, mesmo que pequeno, se comparado ao tratamento sem o uso de etanol. Considerando que a energia específica necessária para aquecer o ar, usada como agente de secagem é a mesma para todas as condições, e que o uso do etanol promove o menor tempo de secagem, uma consequência é que o uso do etanol em maiores concentrações requer a menor quantidade de energia em comparação com as outras condições estudadas (CORRÊA *et al.*, 2012).

Corrêa *et al.*, (2012) em seus estudos sobre a influência do etanol na secagem convectiva de bananas, pôde observar que o menor tempo de secagem foi obtido nos experimentos onde a superfície dos frutos foi tratada com etanol, seguido dos experimentos com atmosfera modificada com etanol e por fim pelos experimentos com atmosfera normal.

O etanol apresenta uma hidroxila ligado à água, isso faz com que seja totalmente miscível com a água, isto é, as duas substâncias juntas resultam em uma mistura homogênea, em qualquer proporção. A mistura etanol-solução aquosa apresenta pressão de vapor maior que a solução sem etanol, contribuindo com a evaporação da água e redução do tempo de secagem (ALAVI *et al.*, 2011). Diante dessas afirmações pode-se supor que, em um processo de secagem, a presença de etanol colabora com a difusão e liberação do conteúdo de água para o ambiente, reduzindo o tempo de secagem e provoca maior retenção de compostos voláteis, como o verificado por Braga *et al.* (2010).

Diferentes explicações para o aprimoramento da secagem devido à aplicação do álcool podem ser propostas. Uma delas é que o etanol se vaporiza precocemente de dentro para a superfície formando canais de fluxo e poros na amostra que promove o processo de secagem durante o período de queda da taxa de secagem (TATEMOTO *et al.*, 2015).

Durante o pré-tratamento, as amostras foram colocadas em contato com o etanol, cuja tensão superficial é menor que a da água. Conseqüentemente, o etanol entra na matriz, deslocando a água superficial das amostras. Considerando os princípios do efeito Marangoni (também chamado de efeito Gibbs-Marangoni, que é a transferência de massa ao longo de uma interface entre dois fluidos com diferentes

tensões superficiais, sendo promovida pelo gradiente de tensão superficial formado), explicados por Bird (2002); Gugliotti e Todd (2004); um possível mecanismo de transferência de massa durante a secagem pode ser descrito.

Durante a secagem, o etanol permaneceu superficialmente na amostra e foi rapidamente vaporizado. Consequentemente, um gradiente de tensão superficial é gerado dentro das amostras. Portanto, como o etanol se vaporiza mais rapidamente, mais água que o etanol permanece na superfície da amostra. Esta região com maior concentração de água do que a de etanol possui maior tensão superficial, puxando fortemente a água do interior da fatia. Como resultado, a água é puxada para cima. O processo é repetido, promovendo o fluxo do interior da amostra tantas vezes quantas as necessárias para alcançar um equilíbrio na tensão superficial.

4.3. Caracterização do fruto seco

4.3.1. Cor

A cor é um fator importante na determinação da qualidade de qualquer alimento. É uma característica que a maioria dos consumidores observa imediatamente e que geralmente influencia a impressão sensorial subjetiva (KAYMAK, *et al.* 2005). Os parâmetros de cor L^* , a^* e b^* são amplamente utilizados para descrever mudanças na coloração durante o processamento térmico de produtos alimentícios bem como indicar o desempenho do processo (PENG *et al.* 2015; FERNANDEZ, *et al.* 2013). Para descrever a cor total do caqui, a combinação dos parâmetros L^* , a^* e b^* , foi determinada em termos de mudança total de cor (ΔE) e os resultados da análise estatística para os diferentes tratamentos estão representados na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros de cor (ΔE , L^* , a^* e b^*) das fatias de caqui após secagem.

Condição	ΔE	L^*	a^*	b^*
70°C 95% etanol	4,85 a1	64,36 a1	8,96 a1	51,30 a1
70°C 70% etanol	12,33 a2	61,17 a1	10,94 a1	46,99 a1
70°C 50% etanol	5,83 a1	66,47 a1	9,69 a1	53,17 a1
70°C sem pré-tratamento	5,21 a1	64,17 a1	12,98 a1	51,70 a1

				continua
50°C 95% etanol	6,11 a1	63,13 a1	9,19 a1	50,64 a1
50°C 70% etanol	4,59 a1	66,48 a1	9,31 a1	52,68 a1
50°C 50% etanol	2,96 a1	63,23 a1	11,14 a1	51,23 a1
50°C sem pré-tratamento	6,16 a1	62,76 a1	11,69 a1	50,34 a1

Médias de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Observa-se que as coordenadas L^* , a^* e b^* não diferiram entre nenhum dos tratamentos avaliados. Os valores encontrados demonstram que após a secagem os frutos secos se apresentavam mais claros e mais alaranjados. A diferença geral de cor das frutas secas pode ser representada pelo valor da diferença total de cor (ΔE). A diferença total de cor (ΔE) foi diferente significativamente ao nível de 5% apenas para a condição de 70% de etanol a 70°C. Os demais tratamentos não diferiram entre si. Todos os tratamentos quando comparados às coordenadas L^* , a^* e b^* para o fruto *in natura* não sofreram alterações de coloração. Com esses valores, pode-se dizer que o caqui mesmo passando por vários pré-tratamentos com etanol manteve a sua cor, não causando impactos negativos quanto a este quesito. Observa-se aqui uma qualidade positiva, mas que precisa de aprofundamento em estudos futuros.

4.3.2. Parâmetros de textura

Na Tabela 5 estão apresentados os valores encontrados dos parâmetros de textura para o caqui após o processamento de secagem convectiva.

Tabela 5- Parâmetros de textura do caqui seco

Condição	Dureza (N)	Elasticidade	Coabilidade	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (N)
70°C 95% etanol	270,01	0,91	0,63	139,38	126,02
70°C 70% etanol	970,89	0,94	0,51	649,59	616,49
70°C 50% etanol	1055,44	0,92	0,49	667,02	648,79
70°C sem pré-tratamento	800,02	0,90	0,70	551,09	482,39

					continua
50°C 95% etanol	1283,19	0,88	0,76	889,13	744,38
50°C 70% etanol	482,49	0,91	0,84	415,48	387,44
50°C 50% etanol	883,81	0,88	0,74	627,23	536,02
50°C sem pré- tratamento	1762,13	0,89	0,77	1351,03	1194,61

A dureza é um parâmetro que se correlaciona com a mastigação humana, é a força necessária para alcançar uma deformação determinada. É obtida na máxima força durante o primeiro ciclo de compressão do alimento (TORRES *et al.*, 2015). De acordo com a tabela, a 70°C a dureza foi maior no tratamento com 50% de etanol, já para a temperatura de 50°C foi maior para o tratamento sem a presença de etanol.

A elasticidade é a capacidade de uma amostra deformada de recuperar sua forma ou comprimento inicial após a força ter impactado sobre ela e está relacionada com o frescor do produto e maiores valores são desejados (TORRES *et al.*, 2015). Para ambas as temperaturas, o tratamento que apresentou maior elasticidade foi o de 70% de etanol.

A mastigabilidade é a força necessária para mastigar um alimento sólido a um estado que permita sua ingestão. É obtida pelo produto da dureza x coesividade x elasticidade, conseqüentemente, os tratamentos estudados com maior dureza irão apresentar maiores valores de mastigabilidade (TORRES *et al.*, 2015). Exatamente o que aconteceu neste trabalho, a 70°C com 50% de etanol e a 50°C sem tratamento com etanol, houve a maior mastigabilidade.

A gomosidade é a força necessária para desintegrar uma amostra de um alimento semi-sólido a um estado que facilite sua ingestão. É obtida pelo produto da dureza x coesividade (TORRES *et al.*, 2015). A 70°C a maior gomosidade foi encontrada para o tratamento com 50% de etanol e a 50°C para o tratamento sem etanol.

4.3.3. Atividade de água

A atividade de água em produtos secos é um fator determinante para avaliar a qualidade e estabilidade microbiológica. Basicamente, o material é considerado

microbiologicamente estável, se a atividade de água estiver abaixo de 0,6. Os valores de a_w geralmente correlacionam-se com o potencial de crescimento e atividade metabólica dos microrganismos e seu valor pode interferir em diversos processos como a taxa de oxidação, escurecimento e reações enzimáticas (KOWALSKI; SZADZIŃSKA; LECHTAŃSKA, 2013). Na Tabela 6 encontram-se os valores médios encontrados para atividade de água.

Tabela 6 - Valores médios para atividade de água.

Condição	a_w
50°C 95% etanol	0,6227 ± 0,01
50°C 70% etanol	0,6127 ± 0,03
50°C 50% etanol	0,6103 ± 0,05
50°C sem pré-tratamento	0,5772 ± 0,01
70°C 95% etanol	0,6152 ± 0,05
70°C 70% etanol	0,5372 ± 0,03
70°C 50% etanol	0,5640 ± 0,02
70°C sem pré-tratamento	0,5668 ± 0,02

Na temperatura de 70°C somente o tratamento com 95% de etanol se apresentou microbiologicamente instável após a secagem convectiva. Já para a temperatura de 50°C somente o tratamento sem a presença de etanol demonstrou-se microbiologicamente estável. A atividade de água depende do teor de matéria seca total das amostras, o que demonstra que os tratamentos com atividade de água superior a 0,6 precisavam ser secos por um período de tempo maior.

4.3.4. Encolhimento

O encolhimento durante a secagem dos frutos ocorre quando a matriz viscoelástica se contrai no espaço anteriormente ocupado pela água removida das células (YADOLLAHINIA *et al.*, 2009). A Tabela 7 mostra o efeito do encolhimento após a secagem para todos os tratamentos avaliados.

Tabela 7 - Porcentagem de encolhimento após secagem.

Condição	Encolhimento Volumétrico (%)
50°C 95% etanol	29,47 a1
50°C 70% etanol	27,24 a1
50°C 50% etanol	29,53 a1
50°C sem pré-tratamento	28,90 a1
70°C 95% etanol	23,78 a1
70°C 70% etanol	24,29 a1
70°C 50% etanol	28,22 a1
70°C sem pré-tratamento	29,30 a1

Médias de mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Durante a secagem das fatias de caqui a variação de volume foi bastante pronunciada tanto para as amostras que foram sem pré-tratamento como para aquelas que foram pré-tratadas com etanol. Pela tabela 7 é possível observar que para a temperatura de 70°, ocorreu um aumento bem sutil no encolhimento, conforme a concentração de etanol foi diminuindo. Já na temperatura de 50°C não é possível observar essa linearidade. Estatisticamente, nenhum dos tratamentos se diferenciou ao nível de 5% de significância para o teste de Tukey.

De acordo com NIETO *et al.* (2001) o encolhimento do tecido de frutas na secagem depende do pré-tratamento. A porcentagem de redução de volume das amostras de manga, estudadas por esses autores, se mostram menores para os ensaios com amostras branqueadas.

Eik (2008) realizou ensaios de secagem com fatias de caqui com cobertura de pectina gelificada ionicamente e com cobertura de amido de amaranto a temperaturas de 60 °C e 70 °C e observaram o encolhimento. O encolhimento foi maior para as amostras secas com cobertura de pectina nas temperaturas de 50 e 60°C. As amostras secas na temperatura de 50°C com cobertura de amaranto apresentam menor encolhimento se comparadas com as outras amostras. Para a secagem à temperatura de 70°C foi observado que o encolhimento não variou com os diferentes pré-tratamentos, sendo que o encolhimento ao final da secagem foi ligeiramente maior se comparado com os ensaios nas temperaturas de 50 e 60°C.

4.3.5. Reidratação

A reidratação é amplamente usada como um parâmetro para a qualidade da amostra seca. Indica as alterações físicas e químicas durante a secagem, influenciadas pelas condições de processamento, pré-tratamento da amostra e composição (FENG & TANG, 1998). A reidratação apresentou taxa inicial elevada seguida de absorção mais lenta (FIGURAS 10 e 11) para todos os tratamentos. Uma taxa de absorção de água elevada no início pode ser explicada, pela rápida reidratação dos capilares e cavidades perto da superfície, os quais são rapidamente preenchidos com água (SOUZA, 2017).

Figura 10 - Razão de reidratação das fatias de caqui em cada tratamento realizado.

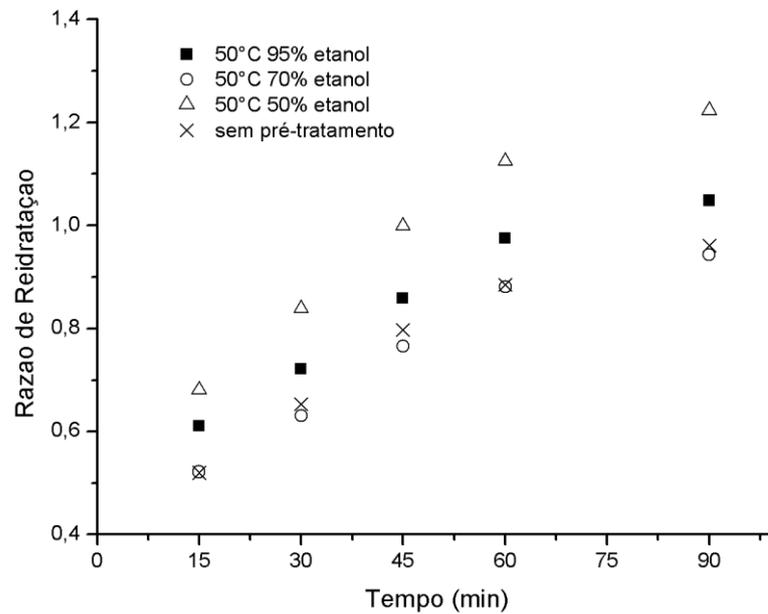
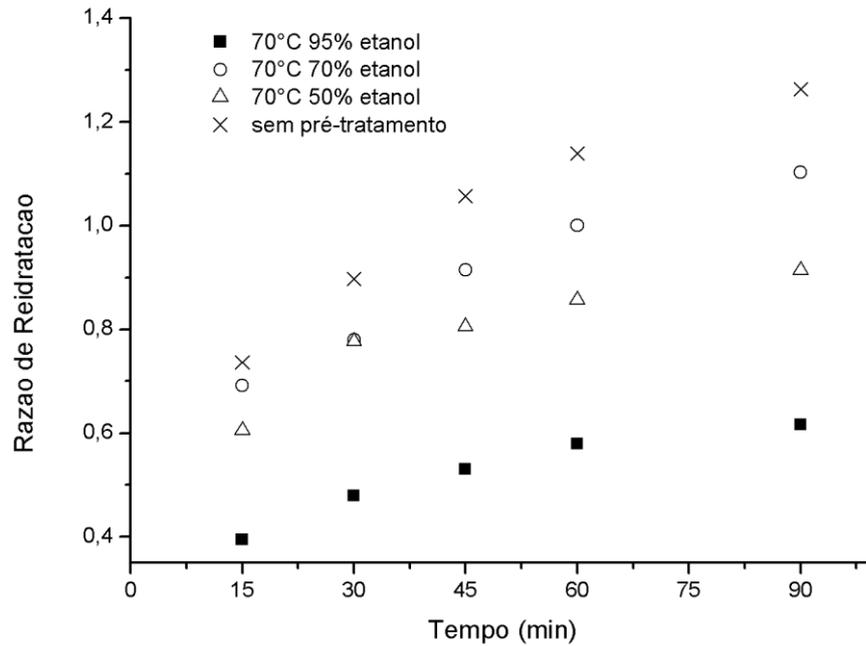


Figura 11 - Razão de reidratação das fatias de caqui em cada tratamento realizado.



A razão de reidratação está relacionada com a habilidade do produto a ser desidratado, de absorver água e recuperar o volume perdido durante o processo, sendo uma avaliação das lesões ocasionadas pelo método de desidratação. É possível identificar na Figura 10, que as amostras que apresentaram maior capacidade de reidratação foram as não tratadas com etanol. Comparando as amostras sem tratamento e as tratadas com etanol verifica-se um efeito negativo do uso do etanol, uma vez que menores valores de reidratação foram encontrados para as amostras pré tratadas com etanol. Entre as amostras, a que teve maior reidratação foi observada nas fatias tratadas com 70% de etanol à 50°C e sem pré-tratamento à 70°C.

4.4. Representação da cinética de secagem

Com os dados das pesagens em intervalos regulares de tempo foi possível construir as curvas experimentais de secagem (razão de umidade em função do tempo de secagem) para cada tratamento. Em seguida foram feitos os ajustes dos dados aos modelos de Page, Page modificado, Henderson e Pabis, Lewis, Midilli e Kuçuk e Logarítmico. Os critérios utilizados neste trabalho para verificar a adequação dos

modelos em estudo foram os valores de coeficiente de determinação (R^2) maiores que 0,95 e o chi-quadrado (χ^2) menor ou igual a 0,01. As Tabelas 8 e 9 mostram os parâmetros de ajuste de cada modelo matemático e os valores do coeficiente de determinação e chi-quadrado.

Tabela 8 - Valores dos parâmetros obtidos para o ajuste do modelo matemático de secagem do caqui a 70°C com as diferentes concentrações de etanol e os valores do coeficiente de determinação (R^2) e chi-quadrado (χ^2).

Concentração de etanol (%)	Modelos	Parâmetros dos modelos				Parâmetros estatísticos	
		k	n	a	b	R^2	χ^2
95	Page	0,0087	0,9380	-	-	0,9999	0,00001
70		0,0093	0,0093	-	-	0,9996	0,00000
50		0,0091	0,9619	-	-	0,9999	0,00001
0		0,0073	0,9628			0,9996	0,00004
95	Page Modificado	0,0809	0,0809	-	-	0,9989	0,00011
70		0,0819	0,0819	-	-	0,9984	0,00004
50		0,0876	0,0876	-	-	0,9996	0,00048
0		0,0786	0,0786	-	-	0,9995	0,00005
95	Henderson & Pabis	0,0064	-	0,9877	-	0,9994	0,00006
70		0,0065	-	0,9866	-	0,9988	0,00013
50		0,0075	-	0,9923	-	0,9997	0,00003
0		0,0061	-	0,9969		0,9995	0,00005
95	Lewis	0,0028	-	-	-	0,9989	0,00010
70		0,0067	-	-	-	0,9984	0,00017
50		0,0077	-	-	-	0,9996	0,00004
0		0,0062	-	-	-	0,9995	0,00004

							continua
95		0,0081	0,9665	1,0014	0,0002	0,9999	0,00000
70	Midilli et al.	0,0076	0,9995	1,0000	0,0003	0,9999	0,00000
50		0,0086	0,9856	1,0007	0,0001	0,9999	0,00000
0		0,0062	1,0225	1,0021	0,0003	0,9999	0,00000

Tabela 9 - Valores dos parâmetros obtidos para o ajuste do modelo matemático de secagem do caqui a 50°C com as diferentes concentrações de etanol e os valores do coeficiente de determinação (R^2) e chi-quadrado (χ^2).

Concentração de etanol (%)	Modelos	Parâmetros dos modelos				Parâmetros estatísticos	
		k	n	a	c	R^2	χ^2
95	Page	0,0070	0,8699	-	-	0,9998	0,00002
70		0,0072	0,8581	-	-	0,9997	0,00003
50		0,0076	0,8325	-	-	0,9996	0,00004
0		0,0060	0,8608	-	-	0,9993	0,00008
95	Page Modificado	0,0595	0,0595	-	-	0,9963	0,00043
70		0,0584	0,0584	-	-	0,9955	0,00055
50		0,0556	0,0556	-	-	0,9935	0,00081
0		0,0531	0,0531	-	-	0,9953	0,00059
95	Henderson & Pabis	0,0034	-	0,9800	-	0,9977	0,00027
70		0,0033	-	0,9782	-	0,9970	0,00036
50		0,0029	-	0,9718	-	0,9960	0,00003
0		0,0028	-	0,9806	-	0,9965	0,00044
95	Lewis	0,0035	-	-	-	0,9963	0,00037
70		0,0034	-	-	-	0,9955	0,00046

							continua
50		0,0031	-	-	-	0,9935	0,00071
0		0,0028	-	-	-	0,9953	0,00039
95		0,0049	-	0,8127	0,1811	0,9998	0,00001
70	Logarítmico	0,0049	-	0,8036	0,1905	0,9998	0,00002
50		0,0046	-	0,7870	0,2037	0,9997	0,00003
0		0,0042	-	0,7974	0,2014	0,9997	0,00001
95		0,0061	0,9128	1,0013	-	0,9999	0,00000
70		0,0064	0,8992	1,0029	-	0,9999	0,00000
50		0,0058	0,9115	0,9994	-	0,9999	0,00000
0		0,0047	0,9384	1,0038	-	0,9999	0,00000

De acordo com a Tabela 8 e 9, os valores de R^2 variaram entre 0,9629 e 0,9999, enquanto os valores de χ^2 variaram entre 0,00000 e 0,00430. Para que ocorra um melhor ajuste dos dados experimentais, as equações devem apresentar maiores valores de R^2 e menores de χ^2 (DENG, XHAO, 2008; DOYMAZ, 2016).

Dentre os modelos testados todos apresentaram bons ajustes aos dados experimentais de secagem, com $R^2 > 0,95$ podendo ser utilizados na predição da cinética de secagem de caquis. A exceção cabe ao modelo logarítmico, que não se ajustou adequadamente a nenhum dos tratamentos a 50°C, porém ajustou-se a todos os tratamentos a 70°C. Os modelos de Page e Midilli *et al.* apresentaram bons ajustes aos dados para todos os tratamentos nas duas condições de temperaturas estudadas.

As equações de Page e Midilli *et al.* apresentaram maiores valores de R^2 e menores valores de χ^2 , sendo adequadas para representação da secagem convectiva de caquis em diferentes tratamentos. O bom ajuste destas equações pode ser associado a seus caracteres exponenciais e de potência (JUNQUEIRA *et al.*, 2017).

A equação de Midilli *et al.* também apresentou bons ajustes nos estudos de Sampaio *et al.* (2015) que estudou a modelagem da cinética de secagem osmoconvectiva de frutos de caqui (*Diospyros kaki cv. Fuyu*) em três diferentes temperaturas (50,55 e 60°C). Darvishi *et al.* (2014) e Corrêa *et al.*, (2010) também

verificaram coeficientes de determinação superiores a $R^2 (>0,98)$ para o modelo de Midilli *et al.* em seus estudos.

Nas figuras 12, 13, 14 e 15 estão representadas as curvas de secagem obtidas através dos modelos exponenciais que melhor se ajustaram.

Figura 12 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui seco a 50°C.

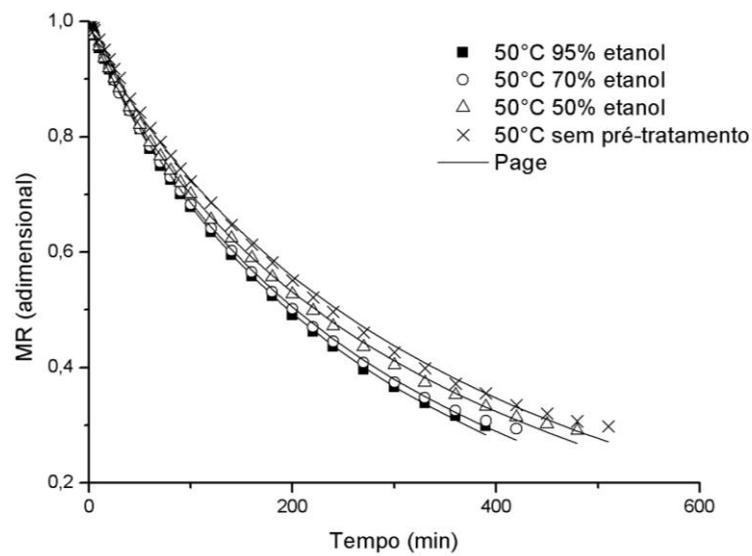


Figura 13 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui seco a 70°C.

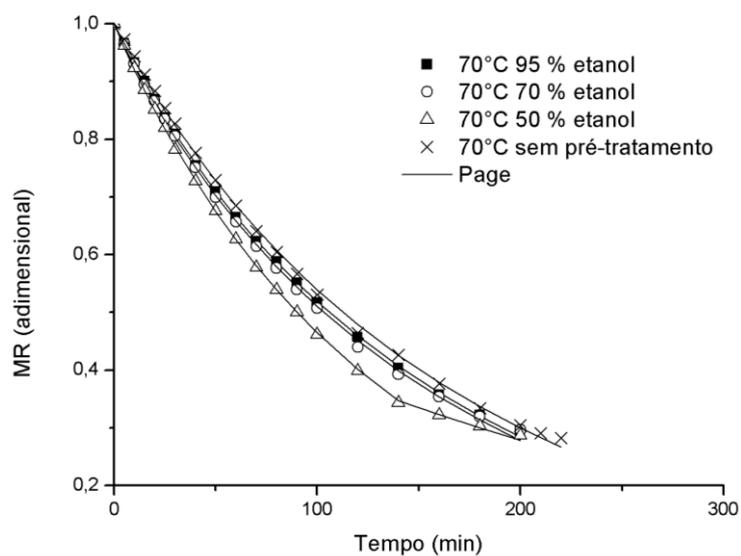


Figura 14 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Midilli *et al.* do caqui seco a 50°C.

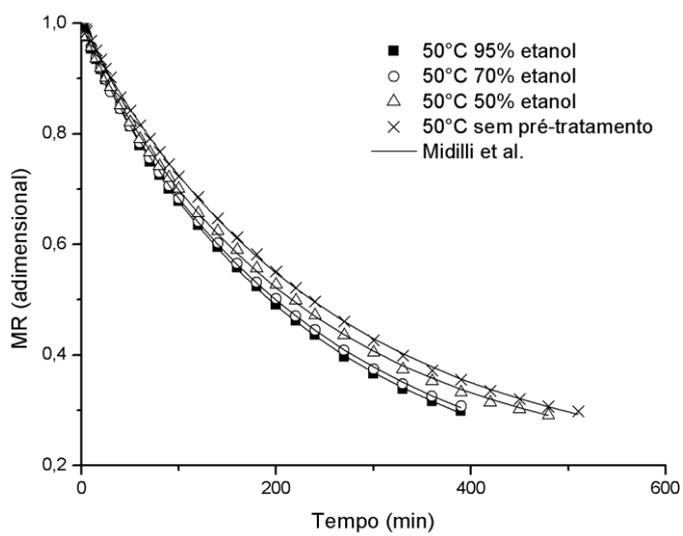
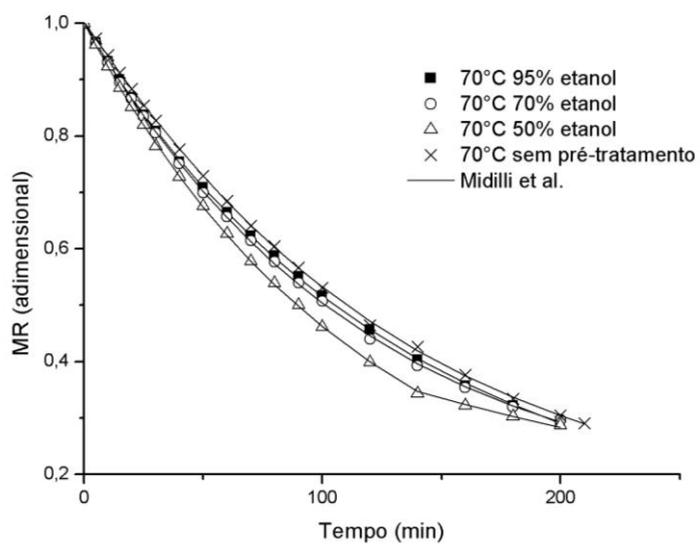


Figura 15 - Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Midilli *et al.* do caqui seco a 70°C.



5. CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que em relação ao tempo de secagem, ele teve seu tempo reduzido em até 25% quando ocorreu o uso do pré-tratamento com etanol.

O uso do etanol influenciou na remoção do conteúdo de umidade durante o processo, os menores tempos de secagem foram observados na concentração de 50% de etanol a 70°C e 95% de etanol a 50°C.

A cinética de secagem está intrinsicamente relacionada com a temperatura, visto que quando a temperatura aumentou, diminuiu-se o tempo de secagem, o que reduziu, consequentemente, a umidade final do produto.

Dentre os modelos teóricos utilizados, o de Page e o de Midilli *et al* (2002) se ajustaram melhor aos dados experimentais, obtendo-se maiores valores de R² e menores valores de chi-quadrado (χ^2).

A secagem convectiva não afetou substancialmente a cor e a razão de reidratação dos caquis secos.

De maneira geral, os resultados obtidos sugerem que a secagem convectiva de caquis em secador de túnel de vento pode ser uma alternativa viável para a utilização e conservação do fruto nos períodos de entressafra, oferecendo aos consumidores um produto diferente do produto *in natura* e que pode ser consumido durante todo o ano.

6. REFERÊNCIAS

- AKPINAR, E. K. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. **Journal of Food Engineering**, London-United Kingdom, v. 73, n. 12, p. 75–84, 2006.
- ALAVI, S.; OHMURA, R.; RIPMEESTER, J.A. A molecular dynamics study of ethanol–water hydrogen bonding in binary structure I clathrate hydrate with CO. **The Journal of Chemical Physics**. 134, 054702. 2011.
- ANTONIOLLI, L.R., CASTRO, P.R.D.C.E., KLUGE, R., SCARPARE FILHO, J.A. A remoção da adstringência de frutos de caqui 'Giombo' sob diferentes temperaturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 37 (5), p. 687–691. 2002.
- BATTCKOCK, MIKE et al. A future for solar drying?. **Appropriate Technology**, v. 17, n. 2, p. 21-24, 1990.
- Bird, R.B. Transport phenomena. **Applied Mechanics Reviews** 55(1), R1-R4. 2002.
- BORGES, S.V. et al. Secagem de bananas prata e d'água por convecção forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** v.30, n.3, p.605-612, 2010.
- BRAGA, A.M.P.; PEDROSO, M.P.; AUGUSTO, F.; SILVA, M.A. Volatiles identification in pineapple submitted to drying in an ethanolic atmosphere. **Drying Technology**. 27(2), p. 248–257. 2009.
- BRAGA, A.M.P.; SILVA, M.A. Effect of ethanol on the drying kinetics and on the quality of pineapple slices. **In Proceedings of the 17th International Drying Symposium (IDS 2010)**, Magdeburg, Germany, October 3–6. C, p. 1492–1497. 2010.
- BUTT, M. S., SULTAN, M. T., AZIZ, M., NAZ, A., AHMED, W., KUMAR, N., & IMRAN, M. Persimmon (*Diospyros kaki*) fruit: Hidden phytochemicals and health claims. **EXCLI Journal**, 14, 542. 2015.
- CAMPOS SS. Fenologia, estudo da biologia floral, fertilidade do pólen e produção em cultivares de caqui (*Diospyros kaki* L. e *Diospyros virginiana* L.). **Dissertation (Master's degree in plant science)** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul 65 p. 2014.
- CANO-CHAUCA, M. Avaliação dos parâmetros de qualidade envolvidos na desidratação da banana (*Musa spp.*) Nanica (AAA). 2000. 74 p. **Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2000.
- CHEN, XIAO DONG; MUJUMDAR, A. S. Drying technologies in food processing. Oxford: John Wiley & Sons, 2008.
- CORRÊA, JEFFERSON LUIZ GOMES et al. The influence of ethanol on the convective drying of unripe, ripe, and overripe bananas. **Drying technology**, v. 30, n. 8, p. 817-826, 2012.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595–601, 2010.

CURI, P. N., TAVARES, B. S., ALMEIDA, A. B., PIO, R., PASQUAL, M., PECHE, P. M., SOUZA, V. R. Characterization and influence of subtropical persimmon cultivars on juice and jelly characteristics. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, (AHEAD)**, 0-0. 2017.

DARVISHI, H.; ASL, A. R.; ASGHARI, A.; AZADBAKHT, M.; NAJAFI, G.; KHODAEI, J. Study of the drying kinetics of pepper. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 13, n. 2, p. 130–138, 2014.

DEMIRAY, ENGIN, AND YAHYA TULEK. "The effect of pretreatments on air drying characteristics of persimmons." **Heat and Mass Transfer** 53.1 p. 99-106. 2017.

DOYMAZ I. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). **Energy Convers Manag.**56:199–205. 2012.

DOYMAZ I. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki* L.). **Energy Convers Manag**; 56: p. 199–205. 2016.

DOYMAZ, İBRAHİM; ÖZDEMİR, ÖZLEM. Effect of air temperature, slice thickness and pretreatment on drying and rehydration of tomato. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, n. 2, p. 558-564, 2014.

EIK, N.M. Avaliação de pré-tratamentos e a aplicação de coberturas comestíveis sobre a secagem de frutas. **Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)** – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, SP, Brasil. 2008.

EMBRAPA. Médias anuais da estação agrometeorológica de Bebedouro, Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropic Semiárido. Petrolina. 2014.

FACHINELLO, J.C.; PASA, M.S.; SCHMTIZ, J.D.; BETEMPS, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 109-120, 2011.

FAGUNDES, A.F. Avaliação da aplicação de aminoetoxivinilglicina e substâncias inibidoras do escurecimento em pós-colheita em frutos de caqui “Fuyu” (*Diospyros kaki* L.). 2004. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)**–Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004

FARIAS VSO, SILVA WP, E SILVA CMDPS, ROCHA VPT, LIMA AGB. Drying of solids with irregular geometry: Numerical study and application using a three dimensional model. **Heat Mass Transf**; 49: p. 695–709. 2013.

FENG H, TANG J. Microwave finish drying of diced apples in a spouted bed. **Journal Food Science** ;63: p. 679–83. 1998.

- FERNÁNDEZ-LÓPEZ JA, ANGOSTO JM, GIMÉNEZ PJ, LEÓN G. Thermal stability of selected natural red extracts used as food colorants. **Plant Foods Hum Nutr.** 68:11–17. 2013.
- FERREIRA A & CANDEIAS M. Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. **Revista de Ciências Agrárias.** 28 (1), p. 363-370, 2005.
- FERREIRA, DANIEL FURTADO. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** (UFLA), v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2017.
- FUKAI S, TANIMOTO S, MAEDA A, FUKUDA H, OKADA Y, NOMURA M. Pharmacological activity of compounds extracted from persimmon peel (*Diospyros kaki* THUNB.). **Journal Oleo Science.** 58: 213-219. 2009.
- FUNEBO, Tomas et al. Microwave and convective dehydration of ethanol treated and frozen apple–physical properties and drying kinetics. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 37, n. 6, p. 603-614, 2002.
- GIOVAGNOLI-VICUÑA, Claudia et al. Quality Assessment and Mathematical Modeling of Hot-Air Convective Drying of Persimmon (*Diospyros kaki* L.) Fruit. **International Journal of Food Engineering**, v. 13, n. 7, 2017.
- GUGLIOTTI, M., TODD, S. Tears of Wine. *Journal of Chemical Education* 81(1), 67. 2004.
- HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agriculture Engineering Research**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. 169-174, 1961.
- IGUAL, MARTA et al. Development of hot-air dried cut persimmon. **International journal of food engineering**, v. 7, n. 5, 2011.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4.ed São Paulo, 2008.
- JANG, In-Cheol et al. Antioxidant and antigenotoxic activities of different parts of persimmon (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) fruit. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 2, p. 155-160, 2010.
- JUNQUEIRA, J. R. J. *et al.*, "Evaluation of the shrinkage effect on the modeling kinetics of osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.))", **Journal of Food Processing and Preservation**, Vol 41, p. 00-00. 2017
- KARAKASOVA, Ljubica et al. Quality properties of solar dried persimmon (*Diospyros kaki*). **Journal of Hygienic Engineering and Design**, v. 4, p. 54-59, 2013.
- KARAMAN, Safa et al. Physicochemical, bioactive, and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. **Journal of dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 97-110, 2014.
- KAYMAK-ERTEKIN F, GEDIK A. Kinetic modelling of quality deterioration in onions during drying and storage. **Journal Food Engineering.** 68:443–453. 2005.

- KOMPANY, E.; ALLAF, K.; BOUVIER, J. M.; GUIGON, P.; MAUREAUX, A.. Nouveau procédé de déshydratation des fruits et légumes à réhydratation instantanée. **Industries Alimentaires et Agricoles**, p. 1243–1248, 1990.
- KOWALSKI, S. J.; SZADZINSKA, J.; LECHTANSKA. Non-stationary drying of carrot: Effect on product quality. **Journal of Food Engineering**, v. 118, p. 393-399, 2013.
- KUDRA AND A.S. MUJUMDAR. *Advanced Drying Technologies*, 2nd ed., by T. CRC Press: Boca Raton, FL, 2009.
- LEE YA, CHO EJ, YOKOZAWA T. Protective effect of persimmon (*Diospyros kaki*) peels proanthocyanidin against oxidative damage under H₂O₂-induced cellular senescence. *Biol. Pharm. Bull.* 31: 1265- 1269. 2008.
- LEITE, ANNA LETÍCIA MORON PEREIRA ET AL. Volumetric contraction and drying kinetics of *Musa sapientum* slices. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015.
- LEWICKI, PIOTR P.; LE, HOA VU; POMARAŃSKA-ŁAZUKA, WANDA. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v. 54, n. 2, p. 141-146, 2002.
- LIMA, R. C. Influence of pre-treatment with ethanol in the drying kinetics, coumarin content and structure of guaco leaves (*Mikania glomerata* Sprengel/*Mikania laevigata* Sch. Bip. ex Baker). **Monograph (graduation)**, Ceilândia College, University of Brasília, Brasília, 2015.
- MAPAMA (2016a). Spanish Ministry of Agriculture, Fisheries, Nutrition and Environment. Accessed on December 3rd, 2018.
- MARTINS, F.P.; PEREIRA, F.M. *Cultura do caqui*. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71p.
- MIDILLI, A. *et al.* A new model for single-layer drying. **Drying Technology**, [S.l.], v. 20, n. 7, p. 1503-1513, 2002.
- MIDILLI, A.; KUCUK, H.; YAPAR, Z. A. New model for single-layer drying. *Drying Technology*, v.20, p.1503-1513, 2002.
- MORAES, MARIA ROSA DE. *Atmosfera modificada e aplicação de cloreto de cálcio em caqui Giombo*. 2012.
- MUJUMDAR, A. S., *Handbook of Industrial Drying, Fourth Edition*. CRC Press: 2014.
- MUJUMDAR, ARUN S. Research and development in drying: Recent trends and future prospects. **Drying Technology**, v. 22, n. 1-2, p. 1-26, 2004.
- MURRAY, R. & VALENTINI, G. Storage and quality of peach fruit harvest at different stages of maturity. **Acta Horticulturae, Wageningen**, v.2, n.465, p. 455-463, 1998.
- NICOLETI, J. F.; *Secagem de caqui em condições controladas: efeito sobre a qualidade do produto e consumo energético*. FEA/UNICAMP, Campinas-SP. Brasil. **Tese de Doutorado**. 2005.

NICOLETI, Joel F. et al. Influence of drying conditions on ascorbic acid during convective drying of whole persimmons. **Drying Technology**, v. 25, n. 5, p. 891-899, 2007.

NIETO, A.; CASTRO, M.A.; ALZAMORA, S.M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, 50, 175-185, 2001.

ORIKASA, T.; KOIDE, S.; OKAMOTO, S.; IMAIZUMI, T.; MURAMATSU, Y., TAKEDA, J.; SHIINA, T., TAGAWAFET, A. Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices. **Journal of Food Engineering**, v.125, p.51– 58, 2014.

PARK, B. K. J.; PARK, K. J.; ALONSO, L. F. T.; CORNEJO, F. E. P.; MARIA, I.; DEL FABBRO, I. M. Secagem: fundamentos e equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 93–126, 2014.

PARK, K.J., TUBONI, C.T., and OLIVEIRA, R.A. Estudo da secagem de caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais** 6, p.71–86. 2004.

PENG J, TANG J, BARRETT DM, SABLANI SS, ANDERSON N, POWERS JR. Thermal pasteurization of vegetables: Critical factors for process design and effects on quality. **Crit Rev Food Sci Nutr**. 2015.

PINTO, D. M. **Tecnologias de pós-colheita em caqui ‘Fuyu’**. 163 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2010.
PORFÍRIO-DA-SILVA, L. C. et al. Qualidade póscolheita do caqui ‘Fuyu’ tratado com a promalina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.519-526, jul./set. 2011.

QUINTERO, A. C. F.; Desidratação de abacaxi: modelos de secagem de qualidade e efeito de embalagem. Viçosa, MG –Brasil, p.14. **Dissertação de mestrado**. 2007.

ROBERTS JS et al. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**. 89(4) p. 460–465. 2008.

ROJAS, Meliza Lindsay; AUGUSTO, Pedro ED. Ethanol and ultrasound pre-treatments to improve infrared drying of potato slices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 49, p. 65-75, 2018.

ROJAS, Meliza Lindsay; AUGUSTO, Pedro ED. Ethanol pre-treatment improves vegetable drying and rehydration: Kinetics, mechanisms and impact on viscoelastic properties. **Journal of Food Engineering**, v. 233, p. 17-27, 2018.

SAMPAIO, Romildo Martins et al. Mathematical modeling of drying kinetics of persimmon fruits (*Diospyros kaki* cv. Fuyu). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, p. e12789, 2017.

SANTOS, P.H.S.; SILVA, M.A. Kinetics of L-ascorbic acid degradation in pineapple drying under ethanolic atmosphere. **Drying Technology**, 27(9), p. 947–954. 2009.

SANTOS, P.H.S.; SILVA, M.A. Preliminary study of ascorbic acid retention during drying of pineapple in ethanolic atmosphere. **In: International Drying Symposium (IDS 2008)**, 2008.

SANTOS, P.H.S AND M. A. SILVA. Retention of Vitamin C in Drying Processes of Fruits and Vegetables. **Journal Drying Technology**. 26: 1421–1437. 2008.

SILVA, JUAREZ DE SOUSA e. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas [Livro]. – Viçosa- MG: Aprenda Fácil,– 2º edição.2008.

SILVA, P. R. Diagnóstico da logística de caqui 'Rama Forte' e 'Fuyu', Boas práticas agrícolas e análise dos perigos e pontos críticos de controle, 68p. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual Paulista. 2005.

SILVA, V.V et al. O nosso caqui: a cartilha dos produtores da região Serrana Fluminense. Niterói: PESAGRO-RIO. 24p. (PESAGRO-RIO. Documentos, 99). 2006.

SOUZA, AMANDA UMBELINA DE. Desidratação osmótica e secagem de tomate: Influência do pulso de vácuo na incorporação de sódio em soluções ternária. **Dissertação de mestrado UFLA**. 82p. 2017.

TATEMOTO, Y., MIZUKOSHI, R., EHARA, W., ISHIKAWA, E. Drying characteristics of food materials injected with organic solvents in a fluidized bed of inert particles under reduced pressure. **Journal of Food Engineering** 158(Supplement C), 80-85. 2015.

TODA FRUTA Disponível em: < <http://www.todafruta.com.br> > Acesso em: 03 jan. 2018.

TOĞRUL H .Suitable drying model for infrared drying of carrot. **Journal of Food Engineering** 77(3): p. 610–619. 2006.

TORRES, José D.; GONZÁLEZ-MORELO, K.; ACEVEDO, D. Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos. **Revista RECITEIA: Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos**, v. 14, n. 2, p. 63-75, 2015.

TOSATO, P. G. Influência do etanol na secagem de maçã fuji. **Dissertação de mestrado**. UFLA. Lavras, 2012

TSOTSAS, Evangelos; MUJUMDAR, Arun S. (Ed.). **Modern drying technology, volume 3: product quality and formulation**. John Wiley & Sons, 2011.

UNICAMP - Universidade Estadual de Campinas. Tabela brasileira de composição de alimentos – TACO (versão 4.0, 2. ed.). Campinas: UNICAMP/NEPA. 2011.

VIEITES, ROGÉRIO LOPES. Persimmon tree. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. i-i, 2012.

WAUGHON, T. G. M.; PENA, R. S. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **Boletim do CEPPA**, v. 26, n. 2, p. 297-306, 2008.

YADOLLAHINIA A, LATIFI A, MAHDAVI R. New method for determination of potato slice shrinkage during drying. **Comput Electron Agric**. 2009;

YAQUB, S., FAROOQ, U., SHAFI, A., AKRAM, K., MURTAZA, M. A., KAUSAR, T., & SIDDIQUE, F. Chemistry and functionality of bioactive compounds present in persimmon. **Journal of Chemistry**. p. 1–13. 2016.

YÖNEL S, UYLAŞER V, YONAK S. Trabzon hurmasının bileşimi ve besleyici değeri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, Turkey, pp. 339–342, 2008.