

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE BACHARELADO EM QUÍMICA**

MARIANA APARECIDA ARTEIRO BUENO

**CAQUI CV FUYU SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E
SECAGEM POR CONVECÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2014

MARIANA APARECIDA ARTEIRO BUENO

**CAQUI CV FUYU SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E
SECAGEM POR CONVECÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Comissão de Diplomação do Curso de Bacharelado em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Química.

Professor Orientador: Dr. Edimir Andrade Pereira

Pato Branco, 2014.

TERMO DE APROVAÇÃO

O trabalho de diplomação intitulado **CAQUI CV FUYU SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E SECAGEM POR CONVECÇÃO** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° **1.2.2014-B** de 2014.

Fizeram parte da banca:

Edimir Andrade Pereira

Deyse Pegorini

Diogo Henrique Hendges

Dedico este trabalho à minha mãe, Maria Helena, com todo o amor e gratidão, pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Gilson e Maria Helena, que não mediram esforços para que eu pudesse superar todas as dificuldades que surgiram em meu caminho, sem deixar de lado o amor, carinho, paciência e compreensão em todos os momentos. Mesmo diante de tantos momentos difíceis, alegres, tristes e muitos outros que vivemos durante esse período, sempre estiveram ao meu lado. Vocês sempre serão meus heróis e simplesmente aqueles que mais amo. Obrigada por tudo.

Aos meus irmãos, Luiz Renan e Genir, e à minha tia Elizabeth, pelo carinho, pelo incentivo e por sempre me apoiarem.

À minha amiga Nathalie, que esteve ao meu lado durante essa jornada acadêmica, me ajudando e aconselhando.

À minha amiga Letícia, a quem eu gosto e admiro muito, por todo o apoio prestado, pelo companheirismo e sua sincera amizade.

Ao Prof. Dr. Edimir Andrade Pereira pela orientação, conhecimento, auxílio, paciência, e principalmente pelo exemplo de profissional que é.

RESUMO

BUENO, Mariana Aparecida Arteiro. Caqui cv fuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

O caqui (*Diospyros kaki* L.) é uma fruta que possui elevada atividade de água, fazendo com que sua conservação pós-colheita seja limitada devido ao desenvolvimento de microorganismos. O presente trabalho teve como objetivo o estudo da secagem do caqui cv. fuyu, avaliando a influência da desidratação osmótica e da temperatura sobre o produto final. O tratamento osmótico foi realizado utilizando soluções de água e açúcar comercial (sacarose) nas concentrações de 30 e 50%, onde as fatias de caqui ficaram imersas sobre refrigeração durante 6 horas. As curvas de secagem foram obtidas utilizando-se secador de bandejas nas temperaturas de 50 e 70 °C até que o caqui chegasse a um teor de umidade inferior a 20%. Os dados experimentais foram ajustados ao modelo de Lewis e Page, utilizando regressão não linear. Foi realizada a caracterização das amostras através das análises de umidade, atividade de água e cor em cada etapa do processamento. Todos os ajustes dos dados de secagem aos modelos tiveram coeficiente de determinação (R^2) maior que 0,99. Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que, para as condições operacionais utilizadas, a cinética de secagem e as características físico-químicas foram influenciadas tanto pela concentração das soluções do pré-tratamento osmótico, quanto pela temperatura de operação.

Palavras-chave: *Diospyros kaki*. Conservação. Estabilidade. imersão-impreguação.

ABSTRACTS

BUENO, Mariana Aparecida Arteiro. Osmo-convective dried Fuyu persimmons. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso – curso de Bacharelado em Química. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Persimmon (*Diospyros kaki* L.) is a fruit that has a high water activity, making their post-harvest storage is limited due to the development of microorganisms. The present study aimed to the study of the drying of persimmon fuyu evaluating the influence of osmotic dehydration and temperature on the final product. The osmotic treatment was performed using solutions of water and commercial sugar (sucrose) at concentrations of 30 and 50%, where the persimmon slices were immersed and cooled for 6 hours. The drying curves were obtained using a tray dryer at temperatures of 50 and 70 ° C until the persimmon reach a content of less than 20% of humidity. The experimental data were adjusted to the nonlinear regression model of Lewis and Page. The characterization of samples was evaluated by analyzing humidity, water activity and color at every stage of the process. All adjustments had the coefficient of determination (R^2) higher than 0,99. Based on the presented results it can be conclude that, for the operational conditions used, the drying kinetics and the physicochemical characteristics were influenced by both the concentration of the solutions in osmotic pretreatment and the temperature of operation.

Keywords: *Diospyros kaki*. conservation. stability. Immersion-impregnation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de cor CIELAB.....	22
Figura 2 – Bandeja utilizada na secagem das amostras de caqui.....	24
Figura 3 - Desidratador comercial e bandejas utilizadas na secagem das amostras de caqui.....	25
Figura 4 - Curva de secagem do caqui <i>in natura</i> e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.	31
Figura 5 - Curva de secagem do caqui <i>in natura</i> e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.	32
Figura 6 - Curva da taxa de secagem à 50 °C do caqui <i>in natura</i> , e tratados em solução de 30 e 50 °Brix, taxa de Secagem (g água / min) em função do tempo.	33
Figura 7 - Curva da taxa de secagem à 70 °C do caqui <i>in natura</i> , e tratados em solução de 30 e 50 °Brix, taxa de Secagem (g água / min) em função do tempo.	34
Figura 8 - Curva de secagem do caqui sem pré-tratamento osmótico, nas temperaturas de 50 e 70 °C, umidade adimensional (base úmida) em função do tempo.	34
Figura 9 - Figura 10 Curva de secagem do caqui com pré-tratamento osmótico à 30°Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo.....	35
Figura 10 - Curva de secagem do caqui com pré-tratamento osmótico à 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo.	35
Figura 11 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Lewis do caqui <i>in natura</i> e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.....	37
Figura 12 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui <i>in natura</i> e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.....	37
Figura 13 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui <i>in natura</i> e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.....	38

Figura 14 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Lewis do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.....38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição de Alimentos por 100 Gramas de Parte Comestível: Centesimal, Minerais, Vitaminas e Colesterol.	17
Tabela 2 - Caracterização físico-química do caqui Fuyu <i>in natura</i> e tratado osmoticamente	28
Tabela 3 - Caracterização físico-química do caqui desidratado a 50°C	29
Tabela 4 - Caracterização físico-química do caqui desidratado a 70°C	29
Tabela 5 - Parâmetros Obtidos Através do Ajuste ao Modelo Exponencial de Lewis	39
Tabela 6 - Parâmetros Obtidos Através do Ajuste ao Modelo Exponencial de Page	39
Tabela 7 - Parâmetros de cor dos caquis sem tratamento osmótico e após secagem à 50 e 70 °C	40
Tabela 8 - Parâmetros de cor dos caquis pré-tratados em solução de 30 °Brix e após secagem convectiva à 50 e a 70 °C	40
Tabela 9 - Parâmetros de cor dos caquis pré-tratados em solução de 50 °Brix e após secagem convectiva à 50 e a 70 °C	41

LISTA DE ABREVIATURAS

A_w	Atividade de água
K	Constante da equação de Lewis e Page
n	Constante da equação de Page
NA	Não analisada
RU	Razão de umidade
SPT	Sem pré-tratamento
t	Tempo em minutos
Tr	Traço

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1 CAQUI.....	16
3.2 SECAGEM	18
3.3 FRUTAS DESIDRATADAS	19
3.4 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	20
3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA	20
3.6 ANÁLISE DE COR	21
4 METODOLOGIA	23
4.1 RECEPÇÃO E SELEÇÃO	23
4.2 LAVAGEM E HIGENIZAÇÃO.....	23
4.3 CORTE.....	23
4.4 SOLUÇÃO OSMÓTICA.....	23
4.5 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	23
4.6 SECAGEM	24
4.7 ATIVIDADE DE ÁGUA	25
4.8 COR	25
4.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	26
4.10 CURVAS DE SECAGEM.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	28
5.2 CARACTERIZAÇÃO DO CAQUI COM DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E DESIDRATAÇÃO EM ESTUFA.....	29
5.3 SECAGEM	31
5.3.1 Influência da Solução Osmótica	31
5.3.2 Influência da Temperatura.....	34
5.3.3 Modelagem.....	36
5.4 AVALIAÇÃO DA COR	40
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43

9 REFERÊNCIAS.....44

1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos o homem desenvolveu varias técnicas de conservação dos alimentos através da utilização de calor, frio, defumação, salga, uso do vinagre, resinas, entre outros (LOPES, 2010). Outro recurso utilizado pelo homem primitivo era secar alimentos expondo-os ao sol. Na secagem o homem percebeu que alguns frutos, mesmo depois de secos, ainda eram comestíveis e que a carne durava mais tempo sem estragar (DIONYSIO; MEIRELLES, 2014).

Com o aperfeiçoamento das técnicas de conservação dos alimentos, os produtos podem ser consumidos durante o ano todo, e não só durante a época em que são produzidos. Até mesmo aqueles alimentos mais sensíveis à alterações podem se tornar utilizáveis fora de estação, podendo assim, chegar até as regiões distantes de onde se originou (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

A secagem é um dos processos mais utilizados para a conservação de alimentos. Neste processo, a quantidade de água presente no alimento é reduzida, diminuindo o crescimento microbiológico, e consequentemente aumentando o tempo de conservação do produto sem que haja a necessidade de utilizar aditivos (VILELA; ARTUR, 2008).

No processo de desidratação de alimentos há uma grande variedade de métodos, desde os mais modernos e complexos usados para produção em grande escala, até processos mais simples, usados pelos pequenos produtores, como a desidratação solar, sala de secagem, desidratador e forno doméstico (BALDWIN, 1999).

Com o aperfeiçoamento dos processos de conservação de alimentos, é possível transportar os frutos processados e obter produtos alimentares de ótima qualidade em qualquer lugar do mundo, e assim, ter uma alimentação mais equilibrada (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

Com a finalidade de melhorar a qualidade dos produtos e reduzir perdas, surgiu o método de desidratação osmótica, que por sua vez, é usado como método intermediário, e é utilizada como um pré-tratamento (SHI; FITO; CHIRALT, 1995).

A desidratação osmótica é utilizada para melhorar as propriedades funcionais, sensoriais e nutricionais dos alimentos através de um pré-tratamento, mas sem

alterar a sua integridade. Mesmo em temperatura ambiente, a desidratação osmótica é eficaz, assim os danos que a textura, sabor e cor sofrem devido ao calor podem ser minimizados (TORREGGIANI, 1993).

Durante o tratamento osmótico, a transferência de massa dos materiais biológicos ocorre através das membranas celulares semipermeáveis. A permeabilidade da membrana é alterada parcialmente ou totalmente, alterando significativamente os tecidos. A remoção da água ocorre através da superfície do alimento que está em contato com a solução osmótica, ocorrendo uma desintegração celular. Esta desintegração celular é o resultado da perda de contato entre a membrana exterior da célula e a parede celular (RASTOGI et al., 2002).

Um dos agentes osmóticos mais utilizados é a sacarose, devido a diversas vantagens como a fácil obtenção, baixo custo e sabor agradável (CONTRERAS, 1981). No entanto, outros açúcares, como a lactose, glicose e maltodextrina também são utilizados para este fim (HAWKES, 1978).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas de caquis cultivar fuyu pela utilização dos processos combinados de pré-tratamento osmótico e secagem convectiva, bem como verificar a influência da concentração de sacarose e da temperatura no processo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar investigação de secagem de caqui, com e sem pré-tratamento osmótico em desidratador comercial, em diferentes temperaturas, verificando a influência no produto final.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estabelecer as condições do processo de secagem do caqui (com ou sem pré-tratamento), utilizando a sacarose como agente osmótico, e a eficiência da desidratação.

Realizar análises de umidade, atividade de água e cor na amostra *in natura* e no produto final.

Avaliar a cinética de secagem do caqui.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CAQUI

O caquizeiro é uma planta originária da Ásia, onde é cultivado há séculos, principalmente na China e no Japão. Pertencente à família botânica das *Ebenáceas*, e espécie *Diospyros kaki* (“*diospyros*” significa “alimento dos deuses” e “*kaki*” significa “amarelo-escuro”) (TEIXEIRA, 2006).

Foi trazido para o Brasil em meados de 1890 por imigrantes japoneses. Após 1970, a expansão dessa cultura ocorreu com maior expressão principalmente no sudoeste do Brasil. Na década de 90, a área cultivada praticamente dobrou, porém, a demanda de mercado não acompanhou esse incremento (SATO; ASSUMPÇÃO, 2002).

No Japão, há uma lenda para explicar sua origem, envolvendo um herói do país no século XII, o samurai Minamoto Yoshitsuné. Valente como um tigre, ele enfrentou o gigante Benkei e conseguiu derrubá-lo. O barulho da queda estremeceu a terra, abriu-se uma fenda no chão e dela brotou uma árvore repleta de frutas vermelho-alaranjadas. Sua saborosa polpa devolveu ao lutador as energias gastas no combate (TEIXEIRA, 2006).

O caquizeiro pode ser cultivado em climas temperados e até tropicais, possuindo uma grande adaptação ao clima, sendo possível escolher cultivares mais adaptadas a cada condição climática (BIASI, 2009).

O caqui é um fruto delicado e de aparência gelatinosa, degustada basicamente “*in natura*”, concentrando boas quantidades de vitamina A, B e C. O teor de açúcar, que varia entre 14 e 18%, supera o da maioria das frutas. Além do consumo como fruta fresca, o caqui pode ser industrializado no preparo de vinagre e caqui-passa. Deve-se ressaltar que esta cultura é uma excelente alternativa na diversificação de propriedades frutícolas, pois é digno de grande aceitação popular e por ser uma planta bastante rústica, vigorosa e produtiva. Há relatos que o caquizeiro pode produzir por até 40 anos, dependendo dos tratamentos (PIO et al., 2003).

A cultivar Fuyu é promissora em termos de mercado, produzindo frutos de caqui com forma arredondada, grandes, atingindo peso médio de 240 gramas. No

estádio inicial de crescimento, sua casca apresenta coloração verde e, quando maduro, esta adquire uma coloração amarelada no início e laranja intenso em estágio mais avançado (MATOS; SOUZA, 2004).

O fruto do caquizeiro contém em suas características uma aparência atraente e elevada qualidade nutricional (VASCONCELOS, 2000). Sua composição está representada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição de Alimentos por 100 Gramas de Parte Comestível: Centesimal, Minerais, Vitaminas e Colesterol.

	Valor Nutricional %
Umidade (%)	79,70
Energia (kcal) (kJ)	71,28
Proteínas (g)	0,40
Lipídeos (g)	0,10
Colesterol (mg)	NA
Carboidratos (g)	19,30
Fibra alimentar (g)	6,50
Cinzas (g)	0,50
Cálcio (mg)	18,00
Magnésio (mg)	9,00
Manganês (mg)	0,39
Fósforo (mg)	18,00
Ferro (mg)	0,10
Sódio (mg)	2,00
Potássio (mg)	164,00
Cobre (mg)	Tr
Retinol (µg)	NA
Tiamina (m)	Tr
Riboflavina (g)	Tr
Piridoxina mg)	0,03
Niacina (mg)	Tr
Vitamina C (mg)	29,60

Tr – traço; NA – não analisada.

Fonte: TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011.

3.2 SECAGEM

A secagem é uma das técnicas de preservação de alimentos mais antigas utilizadas pelo homem, e baseia-se na remoção de umidade através da desidratação. Os primeiros desenvolvimentos das técnicas de desidratação ocorreram durante as grandes guerras mundiais, e após os períodos de guerra, a desidratação de frutas, legumes e hortaliças melhorou muito, obtendo produtos com uma ótima qualidade de conservação (MELONI, 2003).

Para alguns alimentos, como os grãos de cereais, uma secagem simples ao sol já faz com que eles sejam conservados por mais tempo, pois já são colhidos quase secos. Porém, a maioria dos alimentos tem uma quantidade de água relativamente alta, sendo necessária uma secagem através de outros processos (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

As frutas e os vegetais são produtos porosos. Através desse meio capilar poroso ocorre uma transferência de energia e massa simultânea, caso o alimento esteja sujeito à pressão parcial de vapor, gradientes de concentração e temperatura, ocorrendo a remoção da umidade (MELONI, 2003).

Os vários métodos de secagem e concentração de alimentos são baseados na remoção de água quase completamente, sob condições controladas, fazendo com que haja uma redução na atividade de água. Esta redução na atividade de água tem como objetivo principal reduzir as taxas de alterações microbiológicas. Além disso, reduz as alterações químicas e custos com transporte, embalagem e distribuição. Devido à baixa umidade, há um grande desafio tecnológico para se atingir boa estabilidade, pois dificilmente os alimentos são obtidos com poucas alterações (AZEREDO, 2012).

As técnicas utilizadas para realizar a desidratação de produtos alimentícios são baseadas em remoção de água por solventes, adição de agentes osmóticos, vaporização e sublimação (MELONI, 2003).

Existem várias formas de realizar a secagem dos alimentos, e uma das formas de secagem é a solar. Nesse processo, as frutas são colocadas em bandejas e expostas ao sol. Outra forma de secagem é tecnológica, onde o alimento é exposto a uma corrente de ar quente, sendo o forno de secagem o mais simples dos aparelhos. Também existe um processo chamado liofilização, que consiste na sublimação da água de um alimento congelado através do aumento da temperatura

e vácuo. Há também o processo de fumagem (defumação), onde apenas a superfície do alimento sofre perda de umidade, e seu interior permanece com poucas alterações significativas (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

Para que o processo de secagem seja bem feito, alguns fatores devem ser considerados, como a temperatura, a umidade relativa do ar, ventilação e o tempo de secagem. Com o controle ideal destes fatores, o alimento terá uma melhor qualidade no final do processo (FREITAS; FIGUEIREDO, 2000).

3.3 FRUTAS DESIDRATADAS

A desidratação de alimentos vem sendo objeto de muitas pesquisas nos últimos anos, com o objetivo de encontrar métodos de secagem eficientes e de baixo custo. Assim, as características sensoriais e nutritivas dos produtos serão conservadas com poucas alterações (MOTA, 2005).

No processo de desidratação, o açúcar natural da fruta se concentra com a retirada de água, obtendo-se um produto com sabor e cor acentuados. Portanto, a quantidade de açúcar natural da fruta será determinante para o sabor do produto final. As frutas muito maduras resultam em produtos de cor escura por causa da produção de pigmentos (melanoidinas) com a exposição ao ar quente de secagem (CELESTINO, 2010).

A produção de frutas desidratadas compreende as frutas secas e as frutas em passa. As frutas secas mais bem aceitas são: maçã, abacaxi, manga e o damasco. As frutas em passa com maior aceitação são banana, o caju, a uva e a ameixa preta. A fruta seca não tem adição comercial durante o processamento, mas as frutas em passa permitem esse ingrediente, podendo-se, portanto, utilizar a desidratação osmótica (CELESTINO, 2010).

Ao contrário da fruta *in natura*, a fruta desidratada possui fibras, calorias, açúcar natural e outros nutrientes em uma quantidade mais concentrada, além de um prazo de validade maior. A fruta desidratada passa mais tempo livre de microorganismos, pois a água, que é responsável pelo seu crescimento é eliminada. As vitaminas presente nas frutas são muito importantes para o desenvolvimento humano, fazendo com quem o organismo funcione melhor e ajudando a prevenir doenças, porém ocorrem perdas de vitaminas sensíveis ao calor (MATOS, 2007).

3.4 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Uma das principais causas da deterioração dos alimentos é a quantidade de água livre presente neles. Para diminuir esta atividade de água e conseqüentemente aumentar o tempo de conservação do alimento, pode ser utilizada a técnica de desidratação osmótica, prolongando o tempo de conservação da fruta ou hortaliça (ANDRADE et al., 2003).

A desidratação osmótica é uma técnica usada para remover água do alimento através da pressão osmótica. O alimento é imerso em uma solução hipertônica, e dois fluxos se estabelecem através das paredes celulares permeáveis devido aos gradientes de concentração de solutos e água. Um fluxo sai do alimento para o exterior e o outro no sentido oposto (RAOULT-WACK, 1994).

Com o passar do tempo, a taxa de perda de água vai diminuindo até cessar. A maior taxa de perda de água ocorre durante as duas primeiras horas de osmose, e a partir daí a osmose tende a diminuir. Sendo assim, o processo geralmente é feito até que se atinja uma redução de 30 a 50% do peso do alimento. Os alimentos podem sofrer mudanças estruturais, fisiológicas e perda de solutos para a solução (RAOULT-WACK, 1994).

A desidratação osmótica pode ser realizada em temperaturas mais baixas, otimizando a produção de produtos termossensíveis. A possibilidade de utilizar temperaturas brandas faz com que o alimento tenha uma boa qualidade na finalização do processo, evitando danos à cor, sabor e textura (PANAGIOTOU; KARATHANOS; MAROULIS, 1999).

3.5 ATIVIDADE DE ÁGUA

A água é o agente controlador da deterioração dos alimentos e também é o principal componente dos mesmos. Até mesmo em produtos desidratados, a água tem papel importante, pois influencia o período de armazenamento, mesmo em baixas proporções (ARGADONÃ, 2005).

A atividade de água é a água livre presente no alimento. É a água que está presente nos poros e espaços intergranulares dos alimentos. Esta água serve como agente dispersante para substâncias coloidais e como solvente para compostos

cristalinos. Corresponde à razão entre a pressão parcial de vapor de água e a pressão de vapor de água saturado, conforme a Equação 1 (CELESTINO, 2010):

$$A_w = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (1)$$

Onde:

P_v : pressão parcial de vapor da água no alimento a dada temperatura

P_{vs} : pressão de vapor de água saturada na temperatura do alimento, sendo o Pascal a unidade de medida das pressões.

A água livre é assim chamada, pois não está ligada à nenhuma outra substância, e é nesse meio que os microorganismos crescem e desenvolvem suas funções. Grande parte dos microorganismos crescem no intervalo de 0,90 à 0,99 de atividade de água, já as leveduras e fungos crescem em um intervalo de 0,80 à 0,88 (FERREIRA NETO, 2005).

Segundo Gava (2007), alimentos que possuem umidade intermediária apresentam valores de atividade de água entre 0,55 e 0,85. Assim, são microbiologicamente estáveis devido a sua atividade de água relativamente baixa.

A grande importância da atividade de água na indústria de alimentos se dá pois, quantificando a água disponível para o crescimento de microorganismos e as reações que podem alterar os alimentos, existe a possibilidade de estimar sua estabilidade. O processo para realizar a análise de atividade de água é feito através de um medidor, com seu valor variando de 0 à 1 (CELESTINO, 2010).

3.6 ANÁLISE DE COR

A aparência é o fator de qualidade de maior importância do ponto de vista da comercialização; é avaliada por diferentes atributos, tais como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene e maturidade. A cor é o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor; os produtos de coloração forte e brilhante são os preferidos, embora na maioria dos casos a cor não se correlacione com o valor

nutritivo nem com a qualidade comestível do produto (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Um dos sistemas de medidas colorimétricas recomendado pelo CIE (*Comission Internationale d'Eclairage*) desde 1976 é o CIELab. A definição de cor representada através das coordenadas X, Y e Z apresenta o inconveniente de não dispor de ferramentas adequadas para os estudos visando diferenciar duas cores. O sistema CIELAB converte estes valores num espaço uniforme de cor para as coordenadas L^* , a^* e b^* : L^* mede a luminosidade de 0 a 100, a^* mede a intensidade do verde (-60) ao vermelho (+60) e b^* a intensidade azul (-60) até amarelo (+60) (MACHADO, et al. 1997).

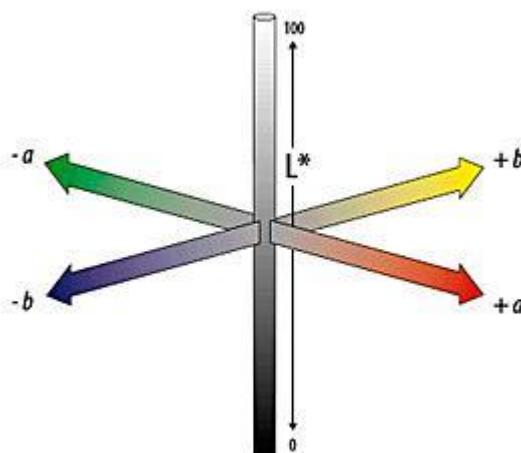


Figura 1 – Modelo de cor CIELAB

Fonte: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html

Este modelo de cor fornece informações tanto sobre a cromaticidade quanto sobre a luminosidade da amostra, e reproduz bem a experiência visual (MACHADO, et al. 1997).

4 METODOLOGIA

4.1 RECEPÇÃO E SELEÇÃO

Os caquis foram adquiridos no comércio local de Pato Branco, no mês de abril de 2014. Para a escolha da matéria-prima a ser analisada, os frutos foram selecionados conforme o estágio de maturação, sadios, com ausência de danos mecânicos e tamanho uniforme.

4.2 LAVAGEM E HIGENIZAÇÃO

Os frutos de caqui foram lavados em água corrente e após, foram submersos em uma solução de água com hipoclorito de sódio a 150 ppm para a desinfecção por 15 minutos e lavada em água corrente para retirada excesso do hipoclorito.

4.3 CORTE

O corte foi feito manualmente utilizando faca de aço inoxidável, desprezando as sementes do fruto. Os caquis foram cortados em rodela nas dimensões de 1 cm de espessura aproximadamente.

4.4 SOLUÇÃO OSMÓTICA

Foram elaboradas soluções osmóticas de açúcar (sacarose), nas concentrações de 30 e 50 °Brix.

4.5 PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Os frutos cortados foram imersos nas soluções preparadas e mantidas sob refrigeração por 6 horas. Os frutos foram lavados para a retirada do excesso de açúcar, e posteriormente foram secos em papel absorvente.

4.6 SECAGEM

Os frutos foram colocados em bandejas (Figura 2) e mantidos em um desidratador comercial (Figura 3), para desidratação por convecção com ar aquecido, até que as amostras do fruto atinjam uma umidade inferior a 20%.



Figura 2 – Bandeja utilizada na secagem das amostras de caqui.

Fonte: Próprio autor



Figura 3 - Desidratador comercial e bandejas utilizadas na secagem das amostras de caqui.
Fonte: Próprio autor.

Os testes realizados foram feitos com as amostras de caqui *in natura* e com pré-tratamento osmótico em duas temperaturas (50 e 70 °C). As amostras foram pesadas e em intervalos regulares e o acompanhamento da perda de massa foi feito por um período de até 8 horas.

4.7 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água foi estimada através do aparelho Novasina Labmaster. As amostras foram colocadas em uma câmara com temperatura controlada. A medição precisa de umidade e temperatura é convertida pelo software do equipamento para o valor de Atividade de Água, que é mostrada no display do aparelho.

4.8 COR

A análise da cor foi realizada mediante o uso de colorímetro, marca Konica Minolta, Modelo Chroma Meter CR 400 onde, foram fornecidas as coordenadas L*,

a^* e b^* . O equipamento é colocado sobre a amostra e através do visor foi possível obter as coordenadas L^* , a^* e b^* .

4.9 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

A caracterização química do caqui passa foi feita a partir de análises de umidade, seguindo metodologia sugerida pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

4.10 CURVAS DE SECAGEM

Na secagem foram utilizadas bandejas de arame contendo as amostras de caqui *in natura* e osmoticamente desidratadas. Para a obtenção dos dados da curva de secagem foi realizada a leitura em relação à perda de peso das amostras de caqui em intervalos regulares. As temperaturas utilizadas no processo de secagem foram de 50 e 70 °C.

Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de umidade (RU):

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

onde:

X: umidade absoluta, base seca, bs

X_e : umidade de equilíbrio, bs

X_0 : umidade inicial, bs.

Os dados experimentais obtidos durante todo o processo de secagem foram ajustados aos modelos de Page (Equação 3) e Lewis (Equação 4), utilizando o programa computacional Statistica versão 12.0. Com isso, pôde-se determinar o melhor ajuste de cada equação aos dados experimentais.

Modelo de Page

$$RU = \exp(-Kt^n) \quad (3)$$

onde:

RU: razão de água;

K: constante da equação;

n: constante da equação;

t: tempo em minutos.

Modelo de Lewis

$$RU = \exp(-Kt) \quad (4)$$

onde:

RU: razão de água;

K: Constante de proporcionalidade ou constante de secagem

n: constante da equação;

t: tempo em minutos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da caracterização físico-química do caqui *in natura* e tratado osmoticamente.

Tabela 2 - Caracterização físico-química do caqui Fuyu *in natura* e tratado osmoticamente

Concentração da solução (%sacarose)	Umidade (%)	Atividade de água
0	84,9	0,974
30	78,9	0,972
50	74,3	0,959

O pré-tratamento osmótico proporcionou uma diminuição de 7,6% e 12,5% no teor de umidade quando as amostras de caqui foram submetidas à soluções de 30 e 50 °Brix, respectivamente, ou seja observou-se que quanto maior a concentração de sacarose maior foi a perda de água das amostras.

Durante o tempo em que a fruta fica em contato com a solução osmótica, há uma transferência de massa tanto da água quanto do soluto. Esta transferência é causada pela diferença de potencial químico entre o material e a solução, expressa pela atividade de água (SERENO et al., 2001). A atividade de água da fruta *in natura* variou de 0,974 para 0,959.

Houve, portanto, um aumento na difusividade, ou seja, durante este experimento, se obteve uma maior remoção de água das fatias de caqui submetidas a solução com maior concentração de açúcar. Mercali et al. (2011) e Duarte et al. (2012), ao desidratar mirtilo e jaca, respectivamente, observaram que a difusividade aumenta com o aumento da temperatura e da concentração da solução durante o pré-tratamento osmótico.

5.2 CARACTERIZAÇÃO DO CAQUI COM DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA E DESIDRATAÇÃO EM ESTUFA

Nas Tabelas 3 e 4 estão descritos os valores das análises físico-químicas realizadas no caqui desidratado osmoticamente seguido por secagem em estufa à 50°C e à 70°C.

Tabela 3 - Caracterização físico-química do caqui desidratado a 50°C

Concentração da solução (% sacarose)	Umidade (%)	Atividade de água
0	19,29	0,813
30	18,32	0,750
50	16,61	0,737

Tabela 4 - Caracterização físico-química do caqui desidratado a 70°C

Concentração da solução (%sacarose)	Umidade (%)	Atividade de água
0	14,74	0,701
30	14,33	0,688
50	13,71	0,660

Nota-se através das Tabelas 3 e 4 que houve uma redução significativa da umidade após a secagem convectiva. Os caquis *in natura* obtiveram uma umidade de 84,9%, enquanto os caquis desidratados em estufa obtiveram uma umidade inferior à 20% tanto na temperatura de 50 °C, quanto na temperatura de 70 °C.

As amostras de caqui desidratados estão de acordo com as normas estabelecidas pela legislação de produtos desidratados. Na resolução de diretoria colegiada - RDC Nº. 272, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, a fruta seca caracteriza-se por frutas com umidade abaixo de 25% (BRASIL, 2005).

Após o período em que passaram na estufa, as amostras de caqui que passaram pelo pré-tratamento à 50% de sacarose foram as que mais perderam água durante a secagem na temperatura de 50 °C. A redução das amostras secas foi de aproximadamente 80% da umidade inicial. Portanto, para produzir caquis desidratados nessas condições, são necessários 10 Kg de caqui *in natura* para obter 2 Kg da fruta desidratada. Já as amostras desidratadas a 70 °C obtiveram uma redução de umidade de aproximadamente 84% do produto *in natura*. Então, para produzir caquis desidratados nestas mesmas condições, é necessário 10 Kg do fruto *in natura* para que se obtenha 1,6 Kg de fruta desidratada.

O caqui é uma fruta com uma alta atividade de água, fazendo com que a contaminação microbiológica da fruta *in natura* seja maior que na fruta desidratada, onde a atividade de água é menor.

As amostras que não foram submetidas à pré-desidratação osmótica apresentaram uma redução menor de A_w se comparada às amostras que receberam o pré-tratamento. Este fato mostra que a desidratação osmótica como um tratamento inicial é eficaz para que as taxas de perda de água e perda de peso sejam maiores. Em seus estudos Adambounou, Castaigne e Dillon (1983), encontraram que o valor ótimo de atividade de água para o crescimento de microrganismos encontra-se entre 0,92 e 0,99.

Como a atividade de água na maioria dos caquis desidratados foi menor que 0,75, possivelmente não haverá desenvolvimento de bolores, leveduras nem bactérias, portanto, se embalados corretamente, estes produtos não apresentarão crescimento microbiológico ao longo do armazenamento a temperatura ambiente.

Os caquis tratados osmoticamente e posteriormente desidratados na estufa apresentaram uma maior redução na atividade de água, se comparado aos que receberam apenas tratamento osmótico. Este fato mostra que a desidratação osmótica juntamente com a secagem convectiva foi efetiva para reduzir a possibilidade de crescimento de microrganismos, aumentando assim, a validade do produto.

A combinação entre o pré-tratamento osmótico e a secagem convectiva é uma alternativa viável para a indústria de alimentos, pois aumenta o tempo de prateleira do produto e diminui o tempo de processamento.

5.3 SECAGEM

Através dos dados obtidos no estudo de secagem, foram analisadas as influências causadas pelas temperaturas (50 e 70 °C) e pelas soluções osmóticas utilizadas (30 e 50 °Brix). As curvas de secagem estão apresentadas na forma de conteúdo adimensional de umidade $RU = (X-X_e)/(X_0-X_e)$ em função do tempo de secagem.

5.3.1 Influência da Solução Osmótica

Foram realizados ensaios de secagem com amostras de caqui *in natura* e pré-desidratadas osmoticamente através de secador convectivo nas temperaturas de 50 e 70 °C. Nas Figuras 4 e 5, observa-se a influência da umidade do caqui submetido ao tratamento osmótico nas temperaturas indicadas.

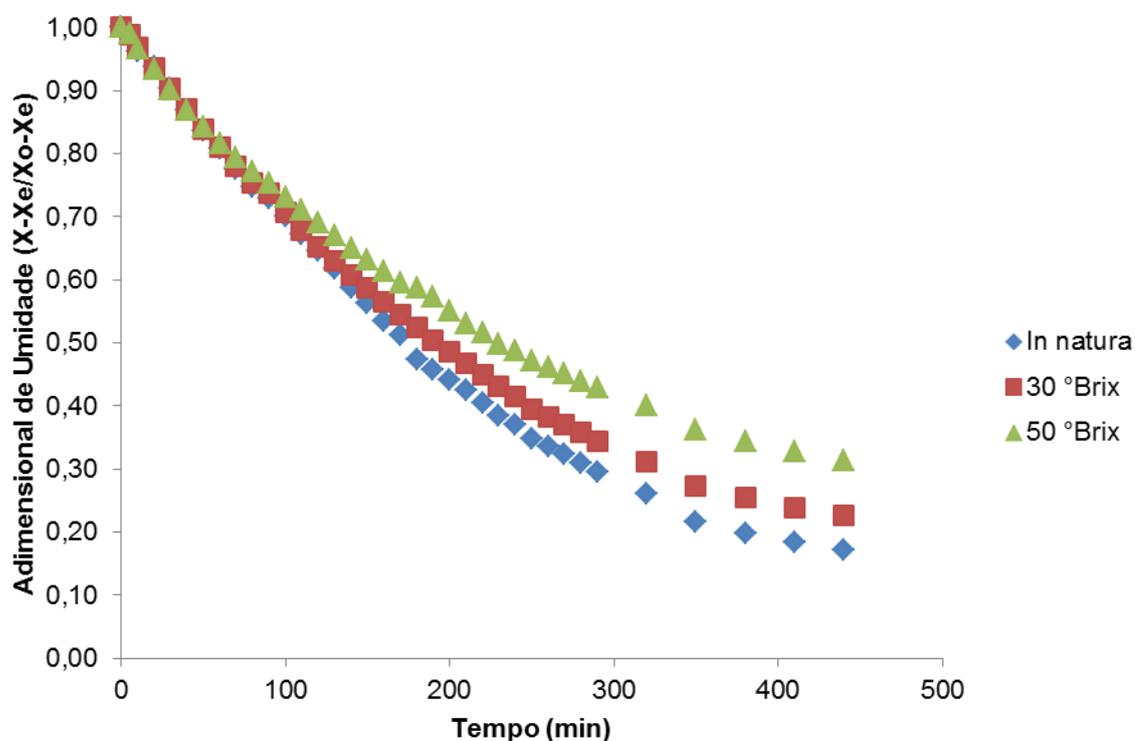


Figura 4 - Curva de secagem do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.

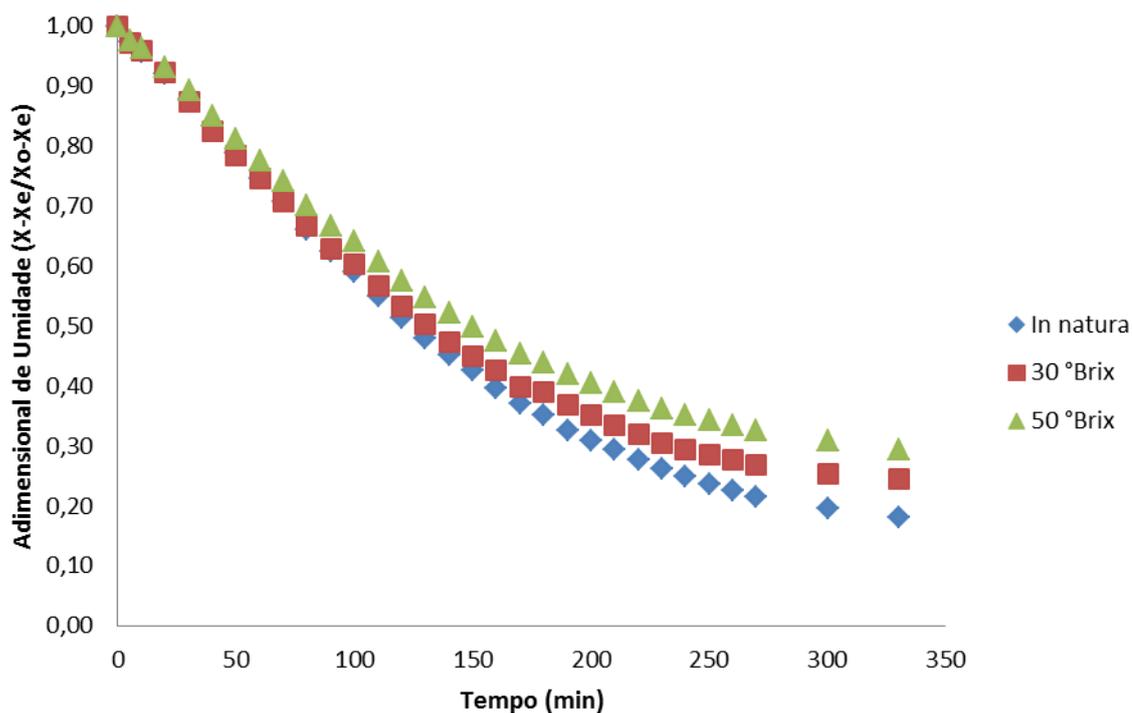


Figura 5 - Curva de secagem do caqui in natura e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.

Através do comportamento ilustrado nas figuras 4 e 5, observa-se que as amostras obtiveram um comportamento muito similar durante os primeiros 100 minutos. A partir desse intervalo, verifica-se que houve uma maior taxa de secagem para as amostras *in natura*, e a menor taxa para as amostras pré-desidratadas em solução de sacarose à 50%. Assim, quanto maior foi a concentração de sacarose utilizada na solução, menor foi a taxa de secagem.

Um fator que pode explicar a obtenção de menores taxas de secagem para as amostras de caqui que passaram por pré-tratamento é a solução de sacarose utilizada. As moléculas penetram nos tecidos da camada superficial da fruta, dificultando a saída de água do seu interior, reduzindo a taxa de secagem (RAOULT-WACK, 1994).

Conforme os resultados apresentados (Figura 4) para as amostras *in natura*, para atingir um teor de umidade adimensional de 0,3 em base úmida, as amostras levaram um tempo de 280 minutos, enquanto as amostras pré-desidratadas apresentaram um tempo superior para atingir a mesma umidade. A amostra pré-desidratada em solução de 30 °Brix atingiu a umidade de 0,3 no tempo de 320

minutos, enquanto as amostras pré-desidratadas em solução de 50 Brix atingiram a mesma umidade em 440 minutos.

Para analisar a cinética de secagem, foram feitas curvas relacionando a taxa de secagem (g água/min) e o tempo, conforme as Figuras 6 e 7 para o caqui sem pré-tratamento osmótico e tratados nas soluções de 30 e 50 °Brix.

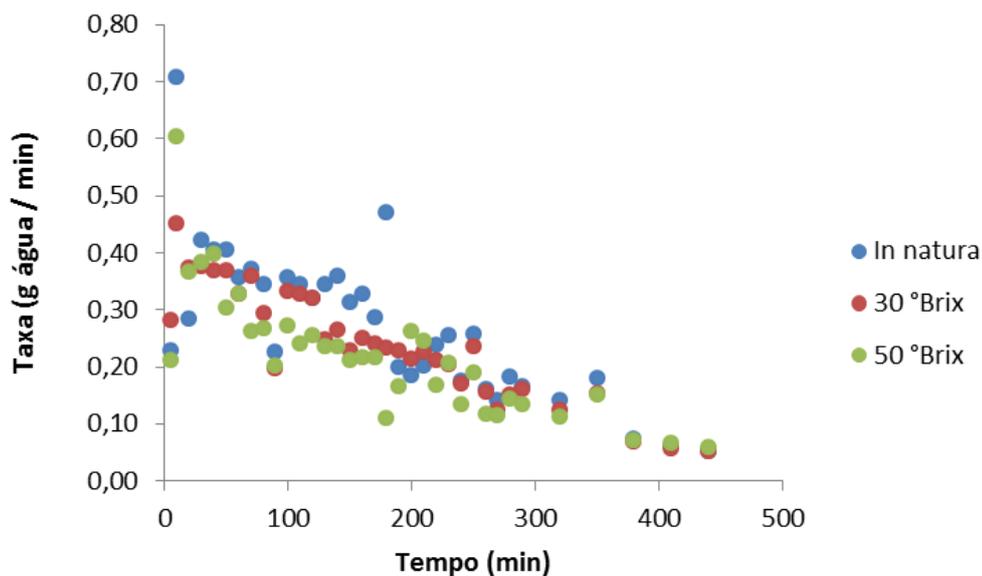


Figura 6 - Curva da taxa de secagem à 50 °C do caqui *in natura*, e tratados em solução de 30 e 50 °Brix, taxa de Secagem (g água / min) em função do tempo.

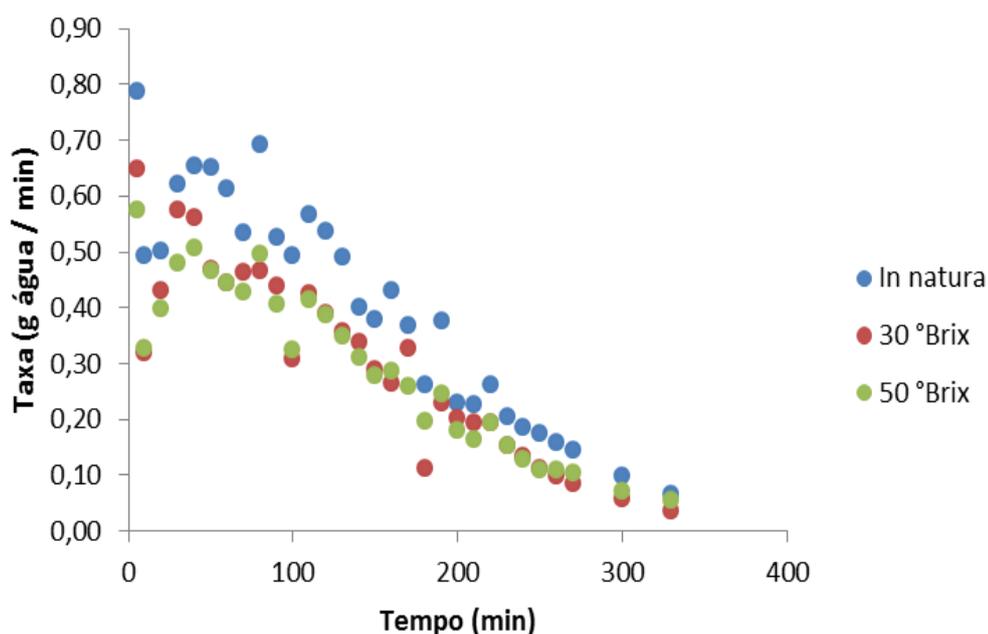


Figura 7 - Curva da taxa de secagem à 70 °C do caqui *in natura*, e tratados em solução de 30 e 50 °Brix, taxa de Secagem (g água / min) em função do tempo.

Dionello et al. (2009) verificou que as maiores taxas de secagem de fatias de abacaxi foram obtidas para amostras *in natura*; do que naquelas pré-desidratadas osmoticamente, e que o aumento da concentração da solução ocasionou a diminuição da taxa de secagem.

5.3.2 Influência da Temperatura

Foram obtidas curvas de secagem do caqui sem tratamento osmótico e tratados em solução osmótica de 30 e 50% de sacarose. A secagem foi realizada em estufa nas temperaturas de 50 e 70 °C.

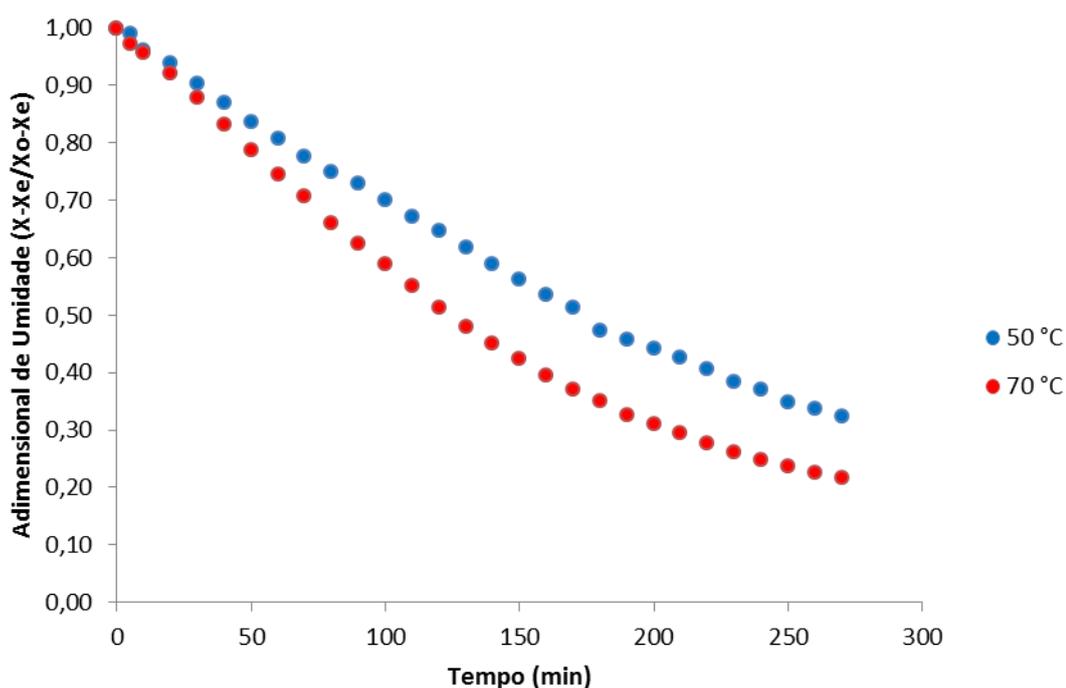


Figura 8 - Curva de secagem do caqui sem pré-tratamento osmótico, nas temperaturas de 50 e 70 °C, umidade adimensional (base úmida) em função do tempo.

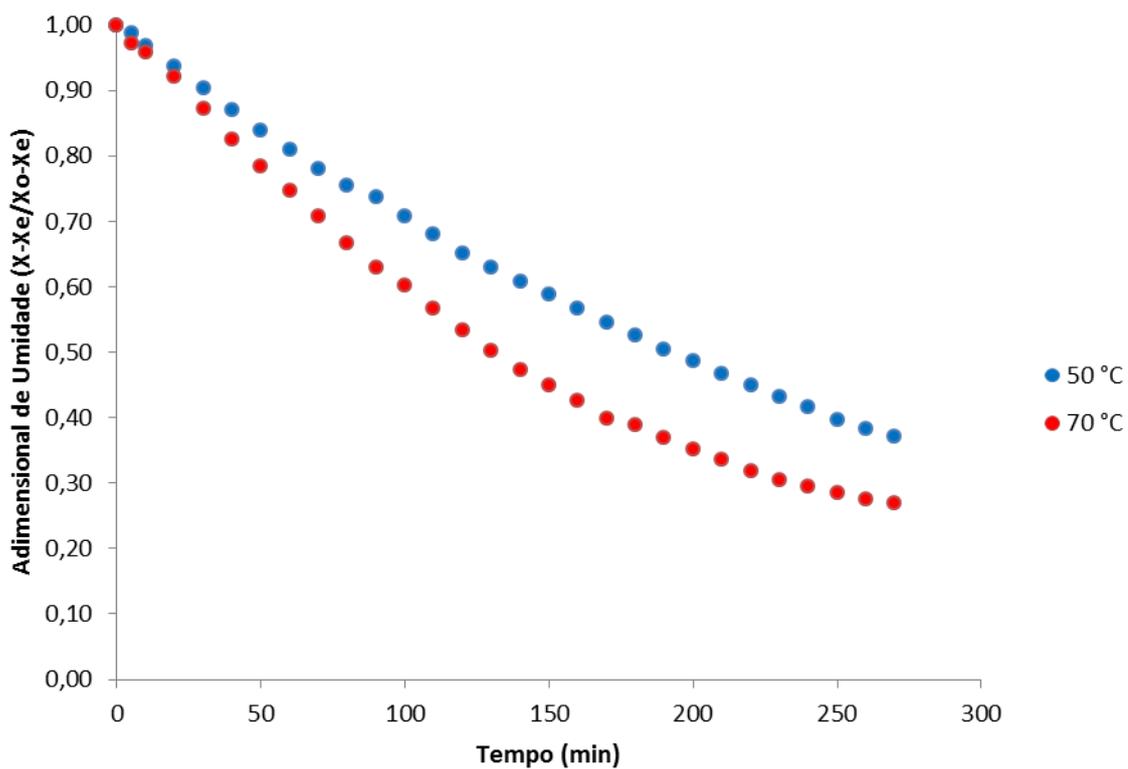


Figura 9 - Figura 10 Curva de secagem do caqui com pré-tratamento osmótico à 30°Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo.

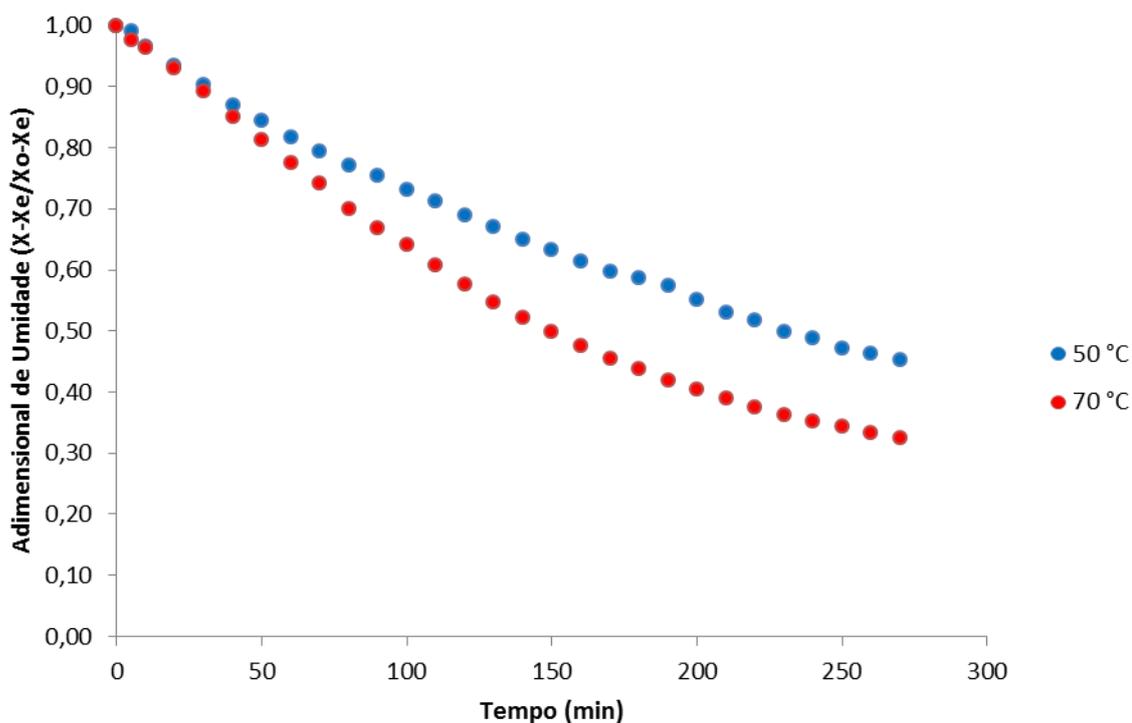


Figura 10 - Curva de secagem do caqui com pré-tratamento osmótico à 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo.

De acordo com o comportamento ilustrado nas figuras 8, 9 e 10, as condições de temperatura exerceram uma diferença significativa na secagem de caqui. Observa-se que o tratamento de secagem utilizando a temperatura de 70 °C obteve uma redução mais efetiva da umidade das amostras comparado às fatias de caqui desidratadas à 50 °C. Esta influência da temperatura resulta em uma grande diferença no produto final.

Para os caquis *in natura*, os resultados obtidos mostram que em um mesmo instante, as amostras apresentam valores bem distintos. No tempo de 270 minutos, os caquis desidratados na temperatura de 50 °C apresentam um valor de umidade de 0,32, enquanto as amostras desidratadas na temperatura de 70 °C apresentam uma umidade de 0,22.

Para atingir um teor de secagem na ordem de 0,37, as amostras de caqui pré-desidratadas em solução de 30 °Brix levaram um tempo de 270 minutos na temperatura de 50 °C, enquanto no mesmo instante de tempo, as amostras secas na temperatura de 70 °C apresentam uma umidade de 0,27.

Os efeitos da temperatura e umidade inicial dos caquis pré-tratados em solução de 50 °Brix foram os mesmos em relação aos pré-tratados em solução de 30 °Brix na secagem, discutidos no parágrafo anterior.

De acordo com Alexandre et al., (2009), observa-se que a perda de umidade do abacaxi é mais rápida no início do processo, havendo uma redução gradativa nos tempos sob o efeito da utilização de temperaturas mais elevadas do ar de secagem.

5.3.3 Modelagem

Para verificar se modelos de cinética de secagem se ajustam aos dados experimentais (temperaturas de 50 e 70 °C), foram utilizados os modelos empíricos de Page e Lewis, representados pelas Equações 3 e 4. Nas Figuras 11, 12, 13 e 14 estão representadas as curvas de secagem calculadas através dos modelos exponenciais.

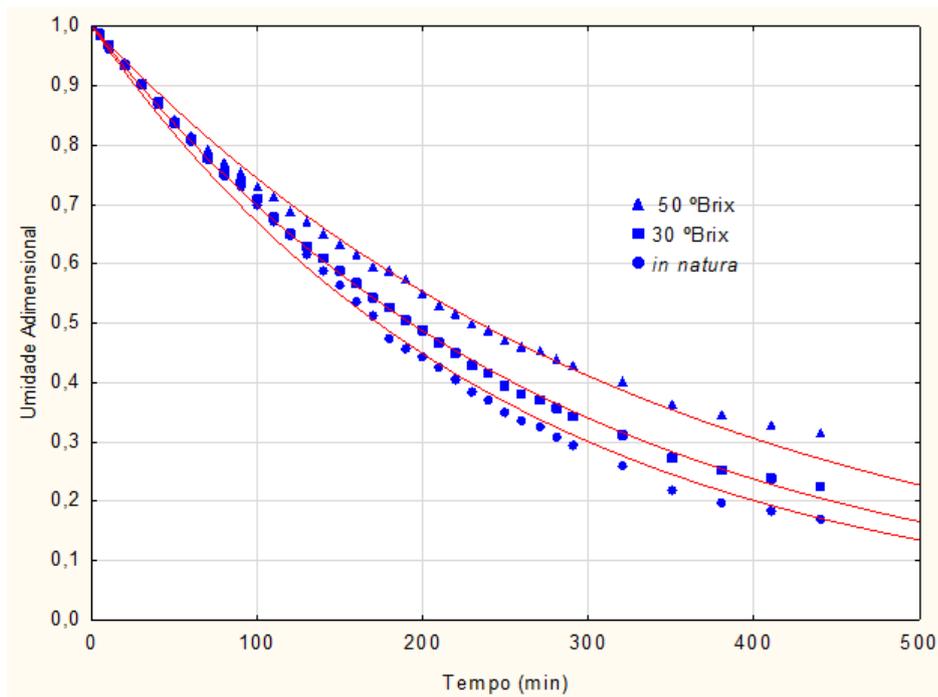


Figura 11 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Lewis do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.

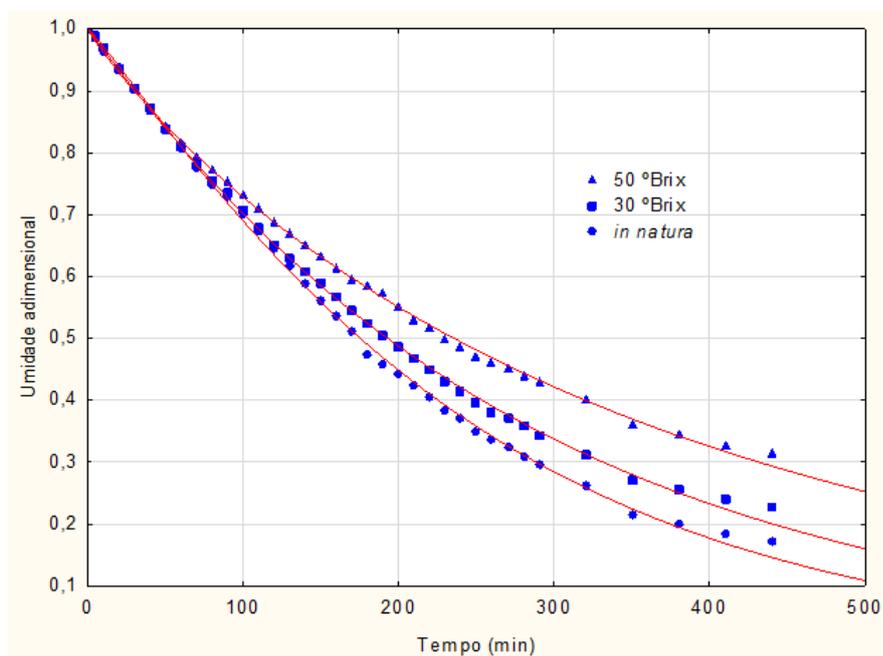


Figura 12 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 50 °C.

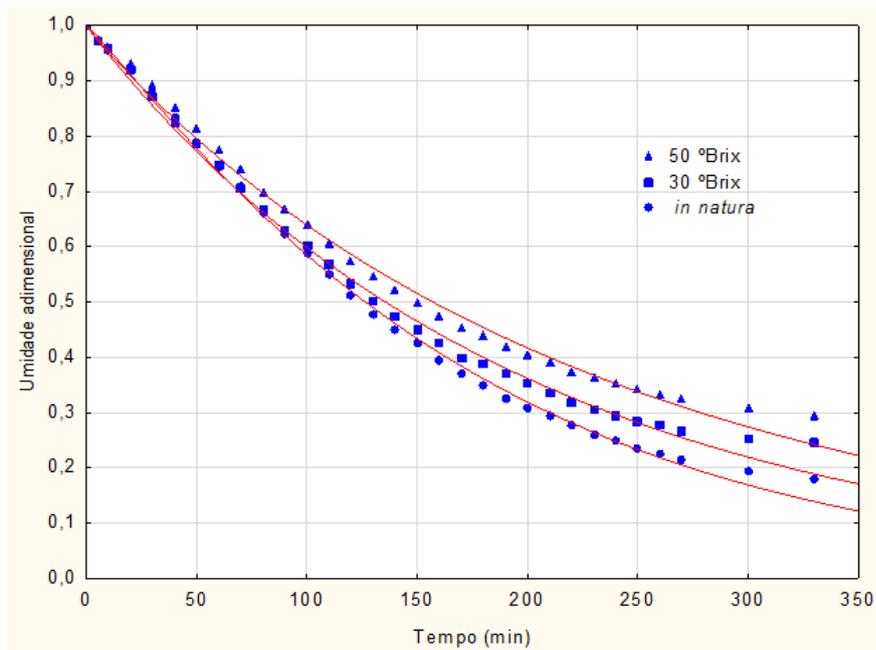


Figura 13 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Page do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.

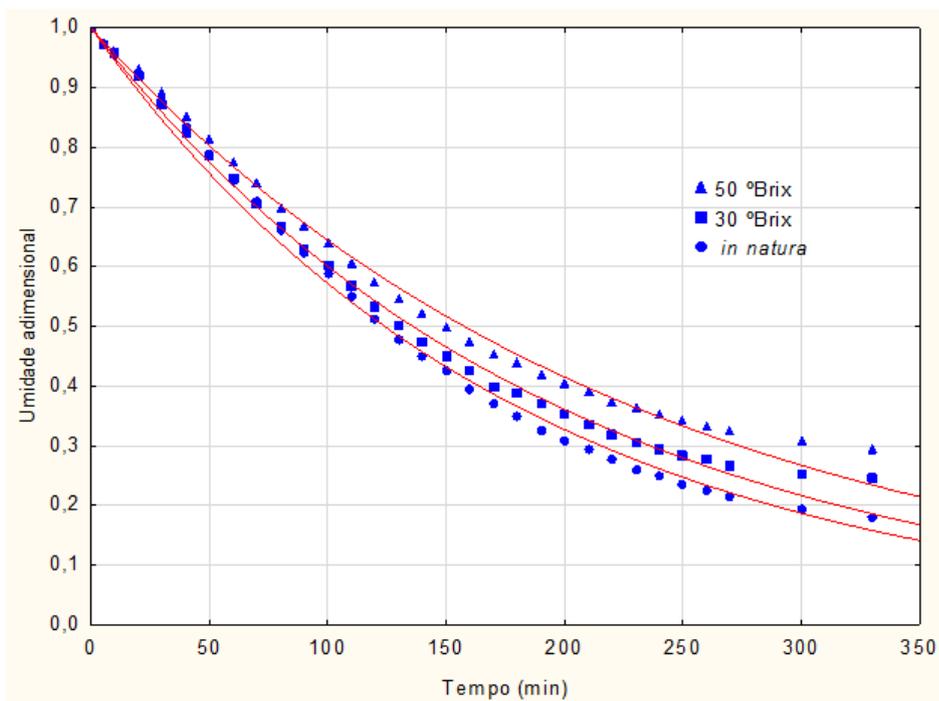


Figura 14 – Curva de secagem calculada pelo modelo exponencial de Lewis do caqui *in natura* e com tratamento osmótico à 30 e 50 °Brix, umidade adimensional (base seca) em função do tempo na temperatura de 70 °C.

O comportamento das curvas geradas a partir dos modelos de Page e Lewis se aproximam aos dados experimentais na representação dos gráficos das umidades adimensionais calculadas em função do tempo, ou seja, boa dispersão dos dados experimentais em relação aos dados estimados, indicando que estes mostraram-se adequados para fornecer estimativas satisfatórias da taxa de secagem de caqui com e sem pré-tratamento osmótico, o que pode ser confirmado através dos valores dos parâmetros apresentados pelos modelos de Lewis e Page (Tabelas 5 e 6).

Tabela 5 - Parâmetros Obtidos Através do Ajuste ao Modelo Exponencial de Lewis

Temperatura (°C)	Amostra Calda (°Brix)	K	R ²
50	SPT	0,0400	0,9950
	30	0,0035	0,9989
	50	0,0030	0,9952
70	SPT	0,0055	0,9950
	30	0,0050	0,9954
	50	0,0044	0,9940

SPT – Sem pré-tratamento

Tabela 6 - Parâmetros Obtidos Através do Ajuste ao Modelo Exponencial de Page

Temperatura (°C)	Amostra Calda (°Brix)	K	n	R ²
50	SPT	0,0022	1,1091	0,9989
	30	0,0032	1,0192	0,9992
	50	0,0047	0,9110	0,9991
70	SPT	0,0035	1,0907	0,9977
	30	0,0054	0,9863	0,9955
	50	0,0052	0,9667	0,9943

SPT – Sem pré-tratamento

Analisando-se os dados apresentados nas Tabelas 5 e 6, percebe-se um bom ajuste das equações de Page e Lewis aos dados experimentais, para os quais se obteve valores do coeficiente de correlação (R²) acima de 0,99. Sendo assim, para as condições utilizadas neste trabalho, esses modelos podem ser utilizados para a predição da secagem do caqui.

Os parâmetros estimados pela equação de Lewis nas amostras desidratadas a 50 °C forneceram valor de coeficiente de difusão maior para o produto desidratado *in natura* ($K = 0,40$) do que para o produto desidratado a 30 °Brix ($K = 0,0035$) e 50 °Brix ($K = 0,0030$). Comportamento similar foi observado a 70 °C.

O excelente ajuste aos modelos de Page e Lewis está de acordo com os resultados encontrados por diversos autores para diferentes produtos agrícolas. Em sua avaliação na secagem da acerola, Filho et al. (2014) obteve um resultado satisfatório em relação ao modelo de Lewis, com coeficientes de regressão R^2 maiores ou iguais a 0,98. Na desidratação de tomates por pré-desidratação osmótica e secagem convectiva, Ribeiro (2013) concluiu que o modelo de Page ajustou satisfatoriamente as curvas de cinética de secagem de suas amostras.

5.4 AVALIAÇÃO DA COR

Nas Tabelas 7 e 8, estão apresentados os valores dos parâmetros de cor das amostras de caqui. Para realizar a avaliação da cor das amostras, foram utilizados os parâmetros L^* , a^* e b^* .

Tabela 7 - Parâmetros de cor dos caquis sem tratamento osmótico e após secagem à 50 e 70 °C

	L^*	a^*	b^*
<i>In natura</i>	54,05 ^a	12,96 ^b	46,29 ^b
Após secagem 50 °C	53,80 ^a	20,94 ^a	55,14 ^a
Após secagem 70 °C	47,30 ^a	17,55 ^{ab}	48,60 ^{ab}

Nota: L^* (luminosidade), a^* (croma verde-vermelho), b^* (croma azul-amarelo)

Médias dentro da mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si, no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 8 - Parâmetros de cor dos caquis pré-tratados em solução de 30 °Brix e após secagem convectiva à 50 e a 70 °C

	L^*	a^*	b^*
30 °Brix	48,51 ^a	9,44 ^b	35,72 ^b
Após secagem 50 °C	50,54 ^a	21,55 ^a	47,75 ^a
Após secagem 70 °C	42,69 ^a	16,94 ^a	36,87 ^b

Nota: L^* (luminosidade), a^* (croma verde-vermelho), b^* (croma azul-amarelo)

Médias dentro da mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si, no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Tabela 9 - Parâmetros de cor dos caquis pré-tratados em solução de 50 °Brix e após secagem convectiva à 50 e a 70 °C

	L*	a*	b*
50 °Brix	54,67 ^a	15,59 ^a	43,96 ^a
Após secagem 50 °C	50,13 ^a	21,28 ^a	47,22 ^a
Após secagem 70 °C	42,61 ^a	16,64 ^a	39,26 ^a

Nota: L* (luminosidade), a* (croma verde-vermelho), b* (croma azul-amarelo)

Médias dentro da mesma coluna, com a mesma letra, não diferem significativamente entre si, no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

A cor é um importante indicador de qualidade de alimentos desidratados e a influência deste interfere na aceitação do produto pelo consumidor.

Os resultados de mensuração apresentados após o pré-tratamento osmótico, indicam que o aumento da concentração da calda não alterou significativamente o valor de L*.

O aumento da temperatura teve efeito sobre os parâmetros a* e b*, reduzindo-os na amostra sem tratamento de forma menos intensa que naquelas que foram submetidas a osmose ao final da secagem. Porém, pode-se observar que independente da temperatura as amostras pré-tratadas conservam cor semelhante entre si.

Através dos dados expostos nas Tabelas 7, 8 e 9, verifica-se que não houve diferença significativa no parâmetro L* após as secagens das amostras. Já para os valores de a* e b*, houve diferença significativa entre os tratamentos (secagem das amostras *in natura* e secagem das amostras de 30 °Brix).

A amostra *in natura* (Tabela 7) sofreu variação dos parâmetros a* e b* após as secagens, diferindo estatisticamente a 50 °C.

Os parâmetros de luminosidade, intensidade da cor vermelha (+a*) e da cor amarela (+b*) presentes na amostra *in natura* e nas amostras após o pré-tratamento osmótico podem sofrer alterações quando forem submetidas à desidratação devido a perda de umidade. Em seu trabalho, Cano-Chauca (2000) relata que há escurecimento enzimático devido à ação da peroxidase e outras enzimas oxidativas que ocorrem na fruta durante a secagem, especialmente nas superfícies cortadas.

Normalmente, dois tipos de reações ocorrem nas frutas secas: 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. O escurecimento não enzimático é responsável, principalmente, pelo escurecimento da fruta seca durante o seu armazenamento (CANO-CHAUCA, 2000).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados e discutidos, conclui-se que a desidratação osmótica favoreceu a redução da umidade dos caquis *in natura*. Quanto maior a concentração de sacarose na calda, maior foi a perda de umidade. Como a umidade está relacionada com o crescimento de microorganismos, a retirada da água impede seu desenvolvimento, portanto é, uma forma de conservação efetiva dos alimentos.

Através da diminuição da atividade de água pela desidratação osmótica, obteve-se fatias de caqui com teores de água intermediários. Isto faz com que a secagem convectiva seja necessária para que o produto esteja dentro dos padrões determinados pela legislação.

Devido à redução de atividade de água, o produto desidratado obtém um tempo maior de prateleira, e maior praticidade do consumo, porém, as etapas para chegar ao produto final levam um tempo relativamente longo, e isto pode fazer seu custo de produção aumentar.

Verificou-se menor taxa de secagem dos frutos impregnados com sacarose devido a penetração no tecido vegetal, formando uma camada superficial de forma a dificultar a saída da água do seu interior, reduzindo assim a taxa.

Os modelos de Lewis e Page aplicados aos dados experimentais apresentaram um bom ajuste em todos os tratamentos.

A união entre a desidratação osmótica e a secagem convectiva apresentou resultados positivos em relação à conservação da fruta. Juntos, estes métodos de secagem contribuem para a conservação e consequente uso prolongado da fruta, além de reduzir custos energéticos e facilitar o transporte.

9 REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, H. V; GOMES, J. P; NETO, A. L. B; SILVA, F. L. H; ALMEIDA, F. A. C. **Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.11, n.2, p.123-128, 2009

ALMEIDA, E. A.; SILVA, J. M.; MARRA, K. N. **Análise do rendimento e aceitabilidade de frutos de caqui desidratados previamente submetidos a tratamento osmótico**. VIII Seminário de Iniciação Científica e V Jornada de Pesquisa e Pós-Graduação, 2010.

ADAMBOUNOU, T.L., CASTAIGNE, F., DILLON, J.C. Abaissement de l'activité de l'eau de légumes tropicaux par déshydratation osmotique partielle. Sciences des Aliments, Paris: Lavoisier Abonnements, v.3, n. 4, p. 551-567, 1983.

ANDRADE, A. C. S.; CUNHA, R.; SOUZA, A. F.; REIS, R. B.; ALMEIDA, K. L. **Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, Eugenia dysenterica DC**. Seed Science and Technology, v.31, p.125-137, 2003.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 25 ago de 2014.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**, 2 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

BALDWIN, E. A. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 215-226, 1999.

BRASIL. 2001. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. **Regulamento Técnico Para Produtos De Vegetais**, Produtos De Frutas E Cogumelos Comestíveis. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ac09380047457ea18a84de3fbc4c6735/RDC_272_2005.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 10 ago. de 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.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CHITARRA, M.I.F; CHITARRA, A.B. **Pós – colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 293 p. 1990.

CONTRERAS, J.E.; SMYRL, T.G. An evaluation of osmotic concentration of apple rings using corn syrup solids solutions. *Canadian Institute Food Sci. Technol. J.*, v. 14, n. 4, p. 310-314, 1981.

DIONELLO, R. G. **Secagem de fatias de abacaxi in natura e pré-desidratadas por imersão-impregnação: cinética e avaliação de modelos**. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 29(1): 232-240, jan.-mar. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n1/v29n1a36.pdf>>. Acesso em: 13 ago. de 2014.

DIONYSIO, R. B; MEIRELLES, F. V. P. **Conservação de alimentos**. Coordenação Central de Educação a Distância – CCEAD .PUC RJ. Disponível em: <http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SL_conservacao_de_alimentos.pdf>. Acesso em: 13 ago. de 2014.

DUARTE, M. E. Et al. **Desidratação osmótica de fatias de jaca**. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 3, p. 478-483, jul-set, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-66902012000300009>. Acesso em: 15 jun. de 2012.

FERREIRA, F; CANDEIAS. M. Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. **Revista de ciências agrárias**, 2005.

FILHO, M. F. C. et al. Secagem convectiva da acerola (*malphigia emarginata* dc.): aplicação de modelos semiteóricos. *HOLOS*, Ano 30, Vol. 01. 2014.

FREITAS, A. C; FIGUEIREDO, Paulo. **Conservação de Alimentos**. Lisboa, 2000.

GAVA, J. A. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo. Nobel. P. 62. 2007.

HAWKES, J. & FLINK, J.M. Osmotic concentration of fruit slices prior to freeze dehydration. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 2, n. 4, p. 265-284, 1978.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.1020p 4ª Ed. 1ª Ed. Digital.

LOPES, Danilo F.C et al. **Utilização de um secador solar de baixo custo para a secagem de sardinha**. VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Campina Grande, 2010.

MACHADO, P. P; HOTZA, D; PETTER, C; BERGMANN, C. P. **Controle de Qualidade para Revestimentos Cerâmicos Através da Análise Colorimétrica de Superfície Vidrada Monocromática**. Cerâmica Industrial, 1997.

MATOS, C.S.; SOUZA, E.L. Diferenciação entre duas cultivares de caqui com maior difusão no meio-oeste catarinense. **Jornal da Fruta**, Lages, v. 145, p. 12, 2004.

MATOS, H.E. Processamento de frutas desidratadas, v.1, p.4, 2007.

MELONI, P. L. S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003.

MERCALI, G. D. et al. Estudo da transferência de massa durante a desidratação osmótica de mirtilo. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 13, n. 2, p. 91-97, 2011.

MODELO DE COR CIELAB. Disponível em: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html. Acesso em: ago. de 2014.

MOTA, R. V. **Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêsego submetidas à desidratação osmótica**. Estação Experimental de Caldas. Caldas, 2005.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits. **Tecnologia de secagem**, v. 17, p. 175-189, 1999.

PIO, R.; SCARPARE, F. J. A; Filho, Francisco A. A. M. A cultura do caquizeiro. ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação. Série Produtor Rural, nº 23. Piracicaba. 2003.

RASTOGI, N. K. et al. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, n. 2, p. 48-59, 2002.

RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**. v. 5, n. 8, p. 255-260, Cambridge, 1994.

RIBEIRO, R. C. Tomates semi desidratados obtidos por secagem micro-ondas convectiva precedida por desidratação osmótica. Dissertação. Lavras-MG. 2013.

SATO, G. S.; ASSUMPÇÃO, R. Mapeamento e análise da produção de caqui no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, São Paulo, v.32, n.6, 2002.

SERENO, et al. Prediction of water activity of osmotic solutions. *Journal of Food Engineering*, v. 49, n. 2-3. 103-114, 2001.

SHI, X. Q.; FITO, P.; CHIRALT, A. Influence of vacuum treatment on mass transfer during osmotic dehydration of fruits. **Food Research International**, v. 28, n. 5, p. 445-454, 1995.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2011. Disponível em:< http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em: 21 jul. de 2014.

TEIXEIRA, Alexandre J. **A cultura do caquizeiro na região serrana fluminense**. Sebrae-RJ, 2006.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, v.26, n.1, p.59-68, 1993.

VASCONCELOS, A. R. D. Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, 2000

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