

SECAGEM NATURAL DE FRUTOS INTEIROS COMO ESTRATÉGIA DE VALORIZAÇÃO DOS DESCARTES DA PRODUÇÃO DE CAQUI

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 20/10/2021

Nariane Quaresma Vilhena

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnología Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha
<http://lattes.cnpq.br/2416671811215733>

Empar Llorca

Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência, Espanha
<https://orcid.org/0000-0003-3346-3135>

Rebeca Gil

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnología Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha

Gemma Moraga

Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência, Espanha
<https://orcid.org/0000-0002-8715-6109>

Alejandra Salvador

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Departamento de Tecnología Pós-colheita
Moncada, Valência, Espanha

RESUMO: O incremento exponencial na produção de caqui na Espanha vem sendo acompanhado

de um importante aumento no volume de perdas. Neste sentido, a secagem natural surge como uma estratégia para atribuir valor às perdas geradas durante o manejo pós-colheita, bem como uma alternativa à sazonalidade do caqui como fruta fresca. Portanto, este estudo tem como objetivo fornecer informações sobre as mudanças físico-químicas e microestruturais que ocorrem durante o processo de secagem do caqui 'Rojo Brillante', visando sua utilização como um subproduto de alto valor agregado. Os resultados mostraram que após 21 dias de secagem os frutos apresentaram uma umidade média de 50%, valor a partir do qual o fruto se considera semi-seco. O processo de secagem deu origem à formação de uma epiderme secundária paralela à gelificação interna da polpa, que foi relacionada à perda de umidade e mudanças na atividade de água. O estudo microestrutural mostrou a degradação do parênquima do fruto durante a secagem. Além disso, esse processo levou à redução dos taninos solúveis até a perda completa da adstringência após 14 dias. As mudanças na coloração da polpa não comprometeram a qualidade externa do fruto.

PALABRAS-CHAVE: *Diospyros kaki* Thunb., Cryo-FESEM, frutos secos, valorização de resíduos, qualidade da fruta.

NATURAL DRYING OF WHOLE FRUITS AS A STRATEGY FOR VALUING DISCARDS FROM PERSIMMON PRODUCTION

ABSTRACT: The exponential increase in persimmon production in Spain is accompanied

by an important increase in the volume of fruit losses. In this sense, natural drying appears as a strategy to valorize the fruit discarded during post-harvest handling, as well as an alternative to the seasonality of persimmon as fresh fruit. Therefore, this study aims to provide information on the physicochemical and microstructural changes that occur during the drying process of 'Rojo Brillante' persimmon. The results showed that after 21 days of drying the fruits had an average moisture content of 50%, value at which the fruit is considered semi-dried. The drying process gave rise to the formation of a secondary epidermis parallel to the internal gelling of the pulp, which was related to the moisture loss and changes in water activity. The microstructural study revealed the degradation of fruit parenchyma during drying. In addition, the process led to a reduction of soluble tannins until complete astringency loss after 14 days onward. The changes in the flesh coloration did not compromise the external fruit quality.

KEYWORDS: *Diospyros kaki* Thunb, Cryo-FESEM, fruit drying, waste recovery, fruit quality.

1 | INTRODUÇÃO

O caqui (*Diospyros kaki* Thunb) é um cultivo amplamente difundido na região mediterrânea, onde as condições agroclimáticas são bastante favoráveis à sua produção. A nível global, a China concentra 67,3% da produção mundial, a qual é destinada principalmente ao mercado interno (Faostat, 2018). A Espanha é atualmente o segundo maior produtor, com 10,4% do volume total do caqui produzido mundialmente (18.601 ha e 492.320 t) (Faostat, 2018). Cerca de 85% da superfície espanhola é dedicada a esta cultura, a qual se baseia principalmente na variedade adstringente 'Rojo Brillante'.

Nos últimos 20 anos houve um incremento exponencial na produção de caqui na Espanha, o que se deu principalmente devido à introdução de métodos de destanização que permitiram sua comercialização como fruta não adstringente e com alta firmeza. Entretanto, esse incremento exponencial da produção foi acompanhado de um importante aumento no volume de perdas. No ano de 2020, foi avaliado que 11,44% da safra potencial do caqui permaneceu sem colheita no campo, a qual se somam mais 16% em perdas geradas pelos descartes na linha de produção (Fernández-Zamudio et al., 2020; Martínez-Las Heras et al., 2016; Senica et al., 2016). Além disso, a safra comercial do caqui na Espanha se concentra entre meados de outubro e finais de dezembro, o que limita sua disponibilidade no mercado como fruta fresca durante o restante do ano.

Nesse sentido, o setor produtor enfrenta o desafio de implementar novas estratégias que possibilitem atribuir valor às perdas geradas, assim como buscar alternativas associadas à sazonalidade do caqui como fruta fresca, já que os métodos tradicionais de aproveitamento dos subprodutos não agregam nenhum valor, ou inclusive supõem um custo adicional para as empresas de manejo pós-colheita.

A secagem natural de frutos surge nesse contexto como uma forma de valorizar os resíduos da indústria agroalimentar, baseando-se na obtenção de ingredientes a partir desses resíduos. Por ser o caqui uma fruta com alto teor de compostos bioativos (como

carotenoides, compostos fenólicos, fibras e outros) (Yaqub et al., 2016), essa estratégia se apresenta como uma interessante oportunidade de utilização dos frutos frescos não comercializados.

O processo de secagem natural é uma técnica simples utilizada para conservar frutas e estender seu período de comercialização. Em países asiáticos como Coréia do Sul, China e Japão, existe uma longa tradição ligada à produção e consumo de caqui semi-seco. Tradicionalmente, nesses países se classificam os caquis como secos ou semi-secos com base no seu conteúdo em água. Embora o limite de umidade utilizado para sua classificação varie entre os países e variedades, os caquis semi-secos são processados com 50% do nível de umidade, em média, enquanto os secos podem chegar a 35% (Kim et al., 2018; Kang et al., 2004). Além disso, a redução da adstringência relatada durante a secagem do fruto faz com que, em alguns países, esta seja uma opção de manejo para variedades adstringentes, uma vez que estas são mais adequadas para a secagem que as cultivares não adstringentes, já que essas últimas endurecem e escurecem excessivamente com processo de secagem (Akyildiz et al., 2004; Li, 2013).

Apesar de ser uma técnica consolidada em muitos países, existem poucas referências publicadas sobre os efeitos do processo de secagem do caqui, principalmente no que diz respeito à variedade 'Rojo Brillante'. Portanto, este estudo tem como objetivo proporcionar informações sobre as mudanças físico-químicas e microestruturais que ocorrem durante a secagem do caqui 'Rojo Brillante', visando sua utilização como um subproduto de alto valor agregado.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostragem e procedimento experimental

Foram avaliados frutos de caqui cv. Rojo Brillante de lotes comerciais da região de Alcúdia (Valência, Espanha). Os frutos foram colhidos em novembro, considerando-se como critérios de colheita a firmeza e a coloração da casca e apresentaram valores médios de $49,3N \pm 6,9$ de firmeza, e índice de cor da casca de $6,7 \pm 2,0$. A coloração externa é o índice não destrutivo mais comum usado para determinar o momento da colheita do caqui e há uma forte correlação negativa entre a cor da casca e os valores de firmeza do fruto durante seu amadurecimento (Salvador et al., 2006; Salvador et al., 2007).

Após a colheita, os frutos foram selecionados de acordo com sua cor homogênea e ausência de danos externos. 120 frutos foram descascados manualmente e posteriormente imersos por 10 minutos em solução de metabissulfito de sódio 4,5% ($Na_2S_2O_5$), utilizado como desinfetante, antioxidante e conservante (Akyildiz et al., 2004). Os frutos foram pendurados em ganchos pelo pedicelo para a sua secagem natural na planta piloto do Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) por um período máximo de 42 dias.

A temperatura média e a umidade relativa do ar durante o período de secagem foram obtidas através da estação meteorológica do IVIA e variaram de 6 °C a 17 °C e de 49% a 83%, respectivamente.

2.2 Determinações

A caracterização inicial no momento da colheita foi realizada com 20 frutos. Durante o período de secagem, semanalmente, foram avaliados 12 frutos, sendo três frutos utilizados para as determinações da atividade de água, umidade e avaliação microestrutural, enquanto que os outros nove frutos foram utilizados para as demais análises físico-químicas. Todas as determinações foram feitas em frutos individuais.

O peso dos frutos foi determinado individualmente com o auxílio de uma balança de precisão (modelo PB3002-S/FACT, Mettler Toledo, Suíça). A espessura da epiderme secundária gerada durante a secagem foi medida com um paquímetro (Mitutoyo 500-267V-CDL20CP, Japão).

Três amostras de polpa por fruta foram trituradas em um moedor e a umidade (x_w) e atividade de água (a_w) foram medidas com o auxílio de uma estufa a vácuo Vaciotem, J.P. Selecta (60±1 °C, pressão <100 mm Hg) e com um dispositivo Aqualab CX-2 Decagon, respectivamente.

A firmeza do fruto foi medida com o auxílio de um texturômetro Instron Universal (modelo 4301, Instron Corp., Canton, MA, EUA) utilizando um êmbolo plano de 35 mm, que submete o fruto a uma força de compressão de 10 N em seu eixo equatorial. A relação entre a deformação produzida pela força aplicada e o diâmetro inicial do fruto foi expressa em milímetros de deformação.

A coloração da polpa foi medida com um colorímetro (Minolta modelo CR-400, Ramsey, NY, EUA) usando os parâmetros de Hunter L , a , b . As medidas foram feitas em dois lados opostos da zona equatorial de cada fruto e os resultados foram expressos como índice de cor ($IC = 1000a / Lb$) (Jiménez-Cuesta et al., 1981).

Para a determinação dos sólidos solúveis totais (SST) as amostras foram moídas com um homogeneizador Polytron (modelo PT 3100D, Kinematica, Suíça). Para evitar a interferência dos taninos nas medições, foi realizada sua insolubilização prévia, seguindo o método proposto por Sugiura (1983). O conteúdo de SST foi então medido com um refratômetro (Atagomod. PR1) e os resultados foram expressos em °Brix.

O teor de taninos solúveis (TS) foi determinado pelo método de Folin-Denis (Taira, 1995), conforme descrito por Arnal e Del Río (2004) e os resultados foram expressos em porcentagem de peso seco (PS).

O estudo das mudanças microestruturais foi realizado por meio de microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo criogênico Ultra 55 FESEM (ZEISS, Oberkochen, Alemanha) (Cryo-FESEM). Cubos de 3 mm³ foram cortados da zona equatorial, perpendicular ao eixo principal do fruto. Os cubos foram então imersos em

nitrogênio líquido (-210 °C) e transferidos para um crio-trans GeminiSEM 500 (ZEISS, Oberkochen, Alemanha) ligado a um microscópio eletrônico de varredura, operando a uma temperatura inferior a -130 °C. As amostras foram fraturadas por congelamento a -180 °C e gravadas a -90 °C.

2.3 Análises estadísticas

Se realizaram análises de variância (ANOVA) e múltiplas comparações entre médias para $p \leq 0,05$, determinadas pelo teste LSD, com o auxílio do software Statgraphics Centurion XVII.I (Manugistics Inc., Rockville, MD, EEUU).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de peso e formação da epiderme secundária

O processo de secagem dos alimentos diminui seu peso total à medida que a água é retirada, o que proporciona uma redução geral no volume da fruta (Rahman, 2008). Neste estudo, o peso médio inicial dos frutos foi de 195,3 g (Figura 1). Durante o processo de secagem, os frutos sofreram uma perda de peso considerável até aproximadamente o dia 28. A partir deste momento a redução do peso foi muito mais lenta, sem diferenças significativas. Ao final da secagem os frutos apresentaram um peso médio de 54 g.

A perda de água levou à redução do volume interno e a uma conseqüente deformação e enrugamento dos frutos, o que se tornou mais evidente com o tempo de secagem (Figura 2). Durante o processo de secagem, observou-se a formação de uma camada externa rígida, uma vez que a perda de umidade da zona externa do fruto ocorre mais rapidamente do que a da zona interna. Esse processo em alimentos desidratados é conhecido como “formação de crosta” e em casos extremos, pode levar à produção de uma camada externa praticamente impermeável, impossibilitando a remoção da umidade interna (Achanta et al., 1996; Rahman, 2008; Sosa et al., 2012). Kang et al. (2004) se referiram a essa estrutura externa rígida em caqui semi-seco como uma “segunda pele” ou “epiderme secundária”. Neste estudo, essa epiderme secundária foi visível a partir do dia 7 com uma espessura de 1,64 mm (Figura 1). Aos 14 dias ocorreu um espessamento drástico que permaneceu estável até o dia 42, alcançando valores de espessura de 3,2 mm ao final do ensaio.

A formação da epiderme secundária foi acompanhada por uma mudança drástica na estrutura interna dos frutos (Figura 2), a qual assumiu um aspecto gelatinoso que pôde ser observado a partir dos 7 dias de secagem. Esse processo se deve ao fato de que a formação da epiderme secundária dificulta a perda de água da região mais interna da polpa, o que leva esta região a apresentar um aspecto gomoso ou gelatinoso (Mayor et al., 2004).

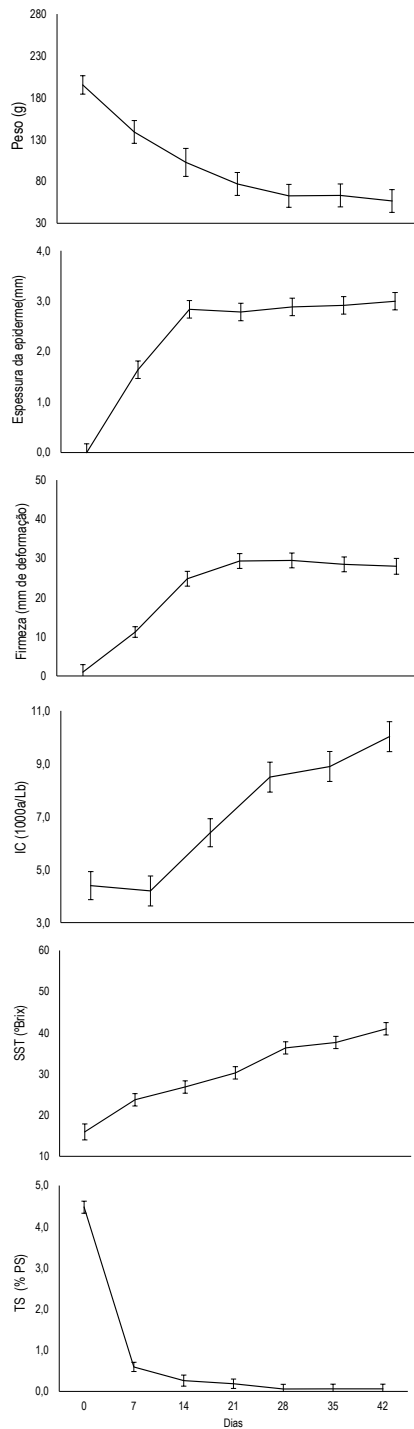


Figura 1. Parâmetros físico-químicos durante o processo de secagem do caqui cv. Rojo Brillante. As barras verticais representam os intervalos de diferenças mínimas significativas (LSD) ($p \leq 0,05$).

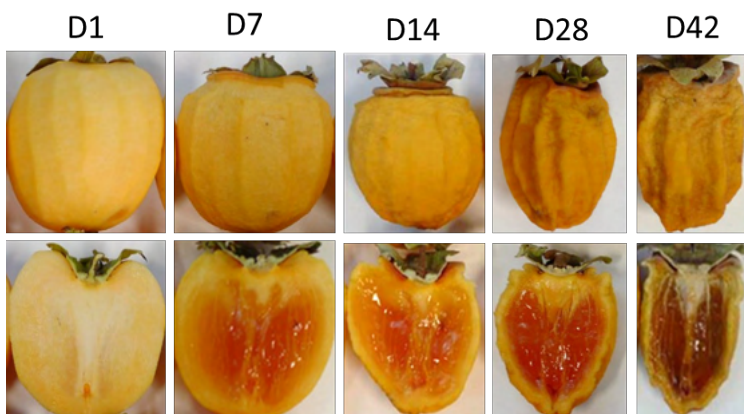


Figura 2. Imagens externas e internas do caqui cv. Rojo Brillante ao longo do processo de secagem.

3.2 Mudanças no teor de umidade e atividade de água

Durante todo o processo de secagem foram medidos os teores de umidade e a atividade de água dos frutos (Figura 3). No momento da colheita, o teor de umidade foi de 0,8 gH₂O / g e diminuiu gradativamente durante os 42 dias de secagem (Figura 3).

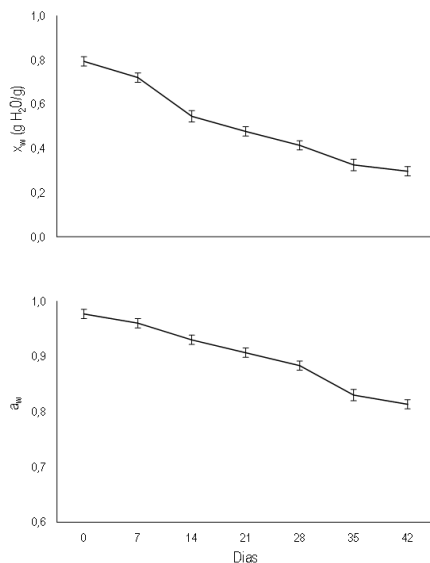


Figura 3. Teores de umidade (x_w) e atividade de água (a_w) durante o processo de secagem do caqui cv. Rojo Brillante. As barras verticais representam os intervalos de diferenças mínimas significativas (LSD) ($p \leq 0,05$).

De acordo com Kang et al. (2004), uma umidade em torno de 50%, ou 0,5 gH₂O / g, é o limite no qual os frutos de caqui são tradicionalmente chamados de semi-secos. No

presente trabalho, esse valor foi atingido aos 21 dias de secagem. Nos países asiáticos, os caquis semi-secos tendem a ter um valor de mercado superior por serem caracterizados por uma textura mais macia, o que os torna mais palatáveis e atraentes do que os caquis completamente secos (Yamada et al., 2009). Ao comparar a perda de peso com a redução da umidade, observou-se que as maiores mudanças ocorreram durante os primeiros 28 dias (Figuras 1 e 3).

A atividade de água é a relação entre a pressão de vapor de um alimento em equilíbrio com a atmosfera circundante e a pressão de vapor da água nas mesmas condições, e representa a eficiência com que a água presente nas frutas é capaz de intervir em reações químicas (Hii et al., 2019; Kim et al., 2014). A atividade de água inicial dos frutos foi de 0,97 (Figura 3). Uma diminuição gradual foi registrada até o dia 28, até valores de 0,88. A partir desse momento houve um maior declínio, alcançando 0,81 ao final do experimento.

A formação da epiderme secundária poderia influenciar na manutenção da a_w da polpa interna. Observou-se que a formação de crostas em alimentos desidratados pode levar a uma manutenção de altos valores de atividade de água na polpa, uma vez que se forma uma crosta dura que mantém a água livre em seu interior (Telis et al., 2002).

3.3 Mudanças na firmeza e cor externa

As mudanças na firmeza em frutas secas podem estar relacionadas ao efeito da sorção da água. Frutas secas geralmente ficam mais macias, levando à perda da crocância (Sosa et al., 2012), porém, dependendo da intensidade da secagem, a dureza tende a aumentar novamente devido à compactação da estrutura (Kang et al., 2004; Sosa et al., 2012).

No momento da colheita, os frutos de caqui apresentavam valores de deformação muito baixos, o que corresponde a uma textura mais crocante da polpa (Figura 1). Durante os primeiros 14 dias de secagem, observou-se um notável amolecimento da polpa, com um aumento dos valores de deformação e, a partir do dia 21, não foram observadas importantes mudanças na firmeza do fruto, apresentando uma deformação média de 28,5 mm no dia 42. O amolecimento drástico a partir do dia 14 coincide com a presença de uma epiderme secundária mais grossa, o que levaria a uma maior resistência à deformação, mantendo uma firmeza mais estável durante o restante do processo de secagem.

Um dos parâmetros sensoriais mais importantes para determinar a aceitabilidade e qualidade dos frutos secos por parte do consumidor é a cor (Senadeera et al., 2020). Durante o processo de secagem do caqui costuma ocorrer um escurecimento do fruto (Yamada et al., 2009; Çelen et al., 2019). Os principais fatores descritos neste escurecimento são as rotas de degradação oxidativa e não oxidativa do ácido ascórbico (Yamada et al., 2009). Para evitar a deterioração da cor durante a secagem, bem como para fornecer uma proteção contra agentes microbianos, normalmente se utiliza uma solução de metabissulfito de sódio, que retarda as reações de escurecimento enzimático e não enzimático (Hanif et

al., 2015; Karakasova et al., 2013). No presente estudo, a aplicação de metabissulfito de sódio antes da secagem foi eficaz no controle do ataque de patógenos, porém ocorreu um incremento na cor do fruto ao longo do processo.

Para calcular o índice de cor da polpa do fruto se utilizam os parâmetros de Hunter L , a , b . O parâmetro L mede a luminosidade e seu valor está compreendido em uma escala entre 0 (negro) e 100 (branco), enquanto que os parâmetros a e b indicam eixos de cores complementares (Jha, 2010). O índice de cor da polpa do fruto apresentou um valor de 4,4 no momento da colheita e mostrou um acréscimo a partir do dia 14, alcançando um valor de 10 aos 42 dias de secagem (Figura 1). Esse incremento do IC se dá principalmente devido ao decréscimo dos valores de L , o que pode ser observado através da mudança na coloração da polpa a tonalidades mais alaranjadas ao longo do período de secagem, porém sem sintomas de enegrecimento que prejudicasse a qualidade externa do fruto (Figura 2).

Em pesquisas anteriores, o escurecimento que ocorre durante a secagem do caqui foi relacionado ao teor de água da fruta. Assim, na variedade Atago, foi relatado que o escurecimento da polpa ocorre quando o fruto passa de semi-seco a seco, com teor de água próximo ou inferior a 50% (Yamada et al., 2009).

3.4 Mudanças nos teores de sólidos solúveis totais e taninos solúveis

Durante a secagem do caqui houve um aumento no teor de sólidos solúveis totais (SST), principalmente devido à redução da umidade, uma vez que os SST são os componentes majoritários da matéria seca (Ashebir et al., 2009). No momento da colheita o teor de SST era de 15,9 °Brix e durante a secagem esses valores aumentaram gradativamente, atingindo o valor de 37,7 °Brix após 42 dias (Figura 1).

O processo de secagem foi acompanhado por uma redução no teor de taninos solúveis, responsáveis pela adstringência do fruto. No momento da colheita o fruto apresentava um alto teor de taninos solúveis, com aproximadamente 4,5 %PS (Figura 1), valores de acordo com estudos anteriores para a variedade 'Rojo Brillante' (Salvador et al., 2007; Tessmer et al., 2016). Os frutos apresentaram uma diminuição drástica no teor de taninos solúveis após os primeiros 7 dias de secagem (Figura 1), e após 14 dias mostraram uma diminuição a valores próximos a 0,03 %PS, que correspondem a valores de não adstringência (Tessmer et al., 2016). Isso indica que é possível secar a fruta sem a necessidade de eliminar previamente a adstringência, o que facilita muito o processo do ponto de vista logístico.

3.5 Mudanças microestruturais

O estudo microestrutural da polpa realizado através do Cryo-FESEM revelou as mudanças ocorridas durante o processo de secagem a nível celular.

No momento da colheita os frutos apresentavam um parênquima compacto e estruturado, formado por células túrgidas, com membrana plasmática intacta e espaços

intercelulares preenchidos por ar (Figura 4). Ao longo do processo de secagem a deterioração da estrutura celular tornou-se evidente. Após 14 dias de secagem os frutos já apresentavam um tecido completamente colapsado no qual as paredes celulares e membranas se tornavam difíceis de distinguir. A deterioração da estrutura celular continuou com o avanço do processo e no dia 28, a estrutura inicial do parênquima já havia desaparecido completamente, transformando-se em uma massa compacta e homogênea, na qual as células não eram distinguíveis.

Os taninos solúveis, responsáveis pela adstringência do caqui, encontram-se dentro dos vacúolos das chamadas células tânicas. Em estudos anteriores, a insolubilização dos taninos durante o processo de amadurecimento foi observada usando a técnica Cryo-FESEM (Salvador et al., 2007; Wu e Sun Hawang, 2002). Quando os taninos são solúveis, pode-se observar uma rede eutética que é gerada durante a sublimação da água no preparo das amostras pelo Cryo-FESEM. Ao contrário, quando os taninos estão insolubilizados, uma massa compacta é observada dentro do vacúolo e não há a presença do artefato eutético. Neste estudo, células com material solúvel em seu interior foram observadas no momento da colheita. Embora o tecido já apresentasse alguma degradação, material solúvel ainda foi observado após 7 dias. No entanto, nenhum material solúvel foi observado nas amostras a seguir, o que indicaria que a insolubilização dos taninos ocorreu com o processo de secagem. Isso confirma o decréscimo no teor de taninos solúveis para valores de não adstringência após 14 dias de secagem (Figura 1).

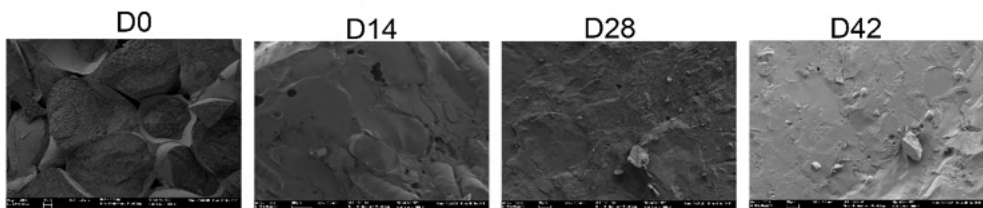


Figura 4. Estrutura interna da polpa de caqui cv. Rojo Brillante através da técnica de microscopia eletrônica de varredura por emissão de criocampo (Cryo-FESEM), durante o processo de secado.

O processo de insolubilização observado durante a secagem do caqui estaria relacionado às alterações estruturais que ocorrem ao longo desse processo, de forma semelhante à insolubilização dos taninos que ocorre durante o amadurecimento da fruta (Tessmer et al., 2016). O amolecimento da polpa que ocorre durante o amadurecimento do caqui tem sido relacionado à degradação de polissacarídeos na parede celular, que causa a concentração de taninos solúveis dentro das células tânicas e leva à sua insolubilização (Taira e Ono, 1996). Além disso, o colapso das células leva à produção de fragmentos da parede celular que se aderem aos taninos, bem como à solubilização das pectinas, que formam complexos com os taninos, causando sua insolubilização (Taira e Ono, 1996). Da

mesma forma, Asgar et al. (2004) relacionaram o amolecimento da polpa produzida pela secagem do caqui com a solubilização e despolimerização de polissacarídeos pécticos.

4 | CONCLUSÕES

Neste estudo foram avaliadas as mudanças físico-químicas e microestruturais que ocorrem durante o processo de secagem do caqui 'Rojo Brillante'.

Durante a secagem observou-se a formação de uma epiderme secundária paralela à gelificação interna da polpa, que foi relacionada à perda de umidade do fruto.

Os estudos microestruturais da polpa do fruto revelaram a perda da integridade celular e deterioração do parênquima durante o processo de secagem, o que resultou em um tecido colapsado, que se apresenta como uma massa homogênea na qual as membranas celulares estão completamente degradadas.

Além disso, a secagem provocou a insolubilização dos taninos com a correspondente perda de adstringência. Essa perda de adstringência foi completa após 14 dias de secagem, o que foi relacionado à degradação celular do parênquima que ocorre durante o processo de perda de água.

Portanto, o caqui 'Rojo Brillante' seria uma variedade adstringente adequada para ser submetida ao processo de secagem natural para a elaboração de um subproduto de alto valor agregado, tendo em conta que as características do produto final dependem do tempo de secagem.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi financiada pelo *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria* (INIA) e pelo *Fondo Europeo de Desarrollo Regional* (FEDER), através do projeto RTA2017-00045-C02. Nariane Q. Vilhena agradece ao INIA pela bolsa de estudos FPI-INIA (PRE2018-085833).

REFERÊNCIAS

ACHANTA, S.; OKOS, M. R. Predicting the quality of dehydrated foods and biopolymers-research needs and opportunities. **Drying Technol.** 14(6), 1329-1368, 1996.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **J. Food Eng.** 65, 95-99, 2004.

ARNAL, L.; DEL RÍO, M. A. Effect of cold storage and removal astringency on quality of persimmon fruit (*Diospyros kaki*, L.) cv. 'Rojo Brillante'. **Food Sci. Technol.** Int. 10, 179-185, 2004.

ASGAR, M. A.; YAMAUCHI, R.; KATO, K. Structural features of pectins from fresh and sun-dried Japanese persimmon fruit. **Food chemistry** 87(2), 247-251, 2004.

- ASHEBIR, D.; JEZIK, K.; WEINGARTEMANN, H.; GRETZMACHER, R. Change in color and other fruit quality characteristics of tomato cultivars after hot-air drying at low final-moisture content. **Int. J. Food Sci. Nutr.** 60(S7), 308-315, 2009.
- ÇELEN, S. Effect of Microwave Drying on the Drying Characteristics, Color, Microstructure, and Thermal Properties of Trabzon Persimmon. **Foods** 8, 84, 2019.
- FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, M. A.; BARCO, H.; SCHNEIDER, F. Direct Measurement of Mass and Economic Harvest and Post-Harvest Losses in Spanish Persimmon Primary Production. **Agriculture**, 10(12), 581, 2020.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION CORPORATE STATISTICAL DATABASE (FAOSTAT). 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>. Acesso em 19 de maio de 2021.
- HANIF, M.; KHATTAK, M.; AWAIS ALI, S.; KHAN, M.; RAMZAN, M. Impact of drying temperature and slice thickness on retention of vitamin c in persimmons (*Diospyros kaki* L) dried by a flat plate solar collector. **Pak. J. Food Sci.** 25(2), 66-70, 2015.
- HII, C. L.; ONG, S. P.; CHIANG, C. L.; MENON, A. S. A review of quality characteristics of solar dried food crop products. **IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.** 292, 12054-12072, 2019.
- JHA, S. N. Colour measurements and modeling. *In: Nondestructive evaluation of food quality*. pp. 17-40, 2010. Springer, Berlin, Heidelberg.
- KANG, W.; KIM, J.; OH, S.; KIM, J.; HAN, J.; YANG, J.; CHOI, J. Physicochemical Characteristics of Sangju Traditional Dried Persimmons during Drying Process. **J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.** 33(2), 386-391, 2004.
- KARAKASOVA, L.; BABANOVSKA-MILENKOVSKA, F.; LAZOV, M.; KARAKASOV, B.; STOJANOVA, M. Quality properties of solar dried persimmon (*Diospyros kaki*). **J. Hygienic Engineering and Design**, 4, 54-59, 2013.
- KIM, I. D.; LEE, J. W.; KIM, S. J.; CHO, J. W.; DHUNGANA, S. K.; LIM, Y. S.; SHIN, D. H. Exogenous application of natural extracts of persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) can help in maintaining nutritional and mineral composition of dried persimmon. **Afr. J. Biotechnol.**, 13(22), 2231-2239, 2014.
- KIM, J. H.; CHUNG, I. K.; KIM, H. Y.; KIM, K. M. 2018. Comparison of the quality of dried persimmon (*Diospyros kaki* THUNB.) treated with medicinal plant extracts and food additives. **Food Sci. & Nutr.**, 6(8), 1991-1998, 2018.
- LI, B. A brief introduction to postharvest research and utilization of persimmon (*Diospyros kaki*) in China: Ancient time to today. **Acta Hort.**, 996, 373-378, 2013.
- MARTÍNEZ-LAS HERAS, R.; AMIGO-SÁNCHEZ, J. C.; HEREDIA, A.; CASTELLÓ, M. L.; ANDRÉS, A. Influence of preharvest treatments to reduce the seasonality of persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage. **CyTA-J.Food**, 14(2), 333-339, 2016.
- MAYOR, L.; SERENO, A. M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **J. Food Eng.**, 61, 373-386, 2004.

PATHARE P. B., OPARA U. L., AL-SAID F. A. J. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. **Food and bioprocess technol.**, 6(1), 36-60, 2013.

RAHMAN, M. S. Post-drying aspects for meat and horticultural products. *In*: CHEN, X. D., MUJUMDAR, A., (ed.). **Drying technologies in food processing**. 1st ed.; John Wiley & Sons: Oxford, United States, 2008. p. 252-269.

SALVADOR, A.; ARNAL, L.; CAROT, J. M.; CARVALHO, C.; JABALOYES, J. M. Influence of different factors on firmness and color evolution during the storage of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. **J. Food Sci.**, 71(2), 169–175, 2006.

SALVADOR, A.; ARNAL, L.; BESADA, C.; LARREA, V.; QUILES, A.; PÉREZ-MUNUERA, I. Physiological and structural changes during ripening and deastringency treatment of persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante'. **Post. Bio. Technol.**, 46, 181–188, 2007.

SENADEERA, W.; ADILETTA, G.; ÖNAL, B.; DI MATTEO, M.; RUSSO, P. Influence of Different Hot Air Drying Temperatures on Drying Kinetics, Shrinkage, and Colour of Persimmon Slices. **Foods**, 9, 101, 2020.

SENICA, M.; VEBERIC, R.; GRABNAR, J. J.; STAMPAR, F.; JAKOPIC, J. Selected chemical compounds in firm and mellow persimmon fruit before and after the drying process. **J. Sci. Food Agric.**, 96(9), 3140-3147, 2016.

SOSA, N.; M. SALVATORI, D.; SCHEBOR, C. Physico-Chemical and Mechanical Properties of Apple Disks Subjected to Osmotic Dehydration and Different Drying Methods. **Food Bioprocess Technol.**, 5, 1790–1802, 2012.

SUGIURA A. Origin in varietal differentiation in Japanese persimmon. **Recent advances in plant Breeding**, 25, 29-37, 1983.

TAIRA, S. 1995. Astringency in persimmon. *In*: LINSKENS, H. F., JACKSON, J. F. (ed.). **Fruit Analysis**. Modern Methods of Plant Analysis, 1st ed.; Springer, Volume 18, 1995. p. 97-110.

TAIRA, S.; ONO, M. Reduction of astringency in persimmon caused by adhesion of tannins to cell wall fragments. *In*: **Acta Hort.** 436, Anais do I International Persimmon Symposium, Japão, 235-242, 1996.

TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A. Glass transitions for freeze-dried and air-dried tomato. **Food Research International**, 35(5), 435-443, 2002.

TESSMER, M. A.; BESADA, C.; HERNANDO, I.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; QUILES, A.; SALVADOR, A. Microstructural changes while persimmon fruits mature and ripen. Comparison between astringent and non-astringent cultivars. **Post. Bio. Technol.**, 120, 52-60, 2016.

WU, P., SUN HWANG, L. Determination of soluble persimmon tannin by high performance gel permeation chromatography. **Food Research International**, 35, 793–800, 2002.

YAMADA, H.; ANDO, T.; TSUTANI, K.; AMANO, S.; YAMAMOTO, Y. Mechanism of Browning Occurring during the Processing of Semi-dried Persimmons. **J. Japan. Soc. Hort. Sci.**, 78(1), 124–130, 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**, 2016.