

Aspectos físico-químicos, nutricionais e sensoriais da adição de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* em produtos de gelificação: uma revisão sistemática

Physico-chemical, nutritional and sensory aspects of the addition of *Citrus* fruit by-products in gelation products: a systematic review

Aspectos fisicoquímicos, nutricionales y sensoriales de la adición de subproductos de *Citrus* en productos de gelación: una revisión sistemática

Recebido: 16/02/2020 | Revisado: 25/02/2020 | Aceito: 05/03/2020 | Publicado: 09/03/2020

Flávia Teixeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9615-827X>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: teixeiraflavia19@gmail.com

Daiana Novello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0762-5292>

Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil

E-mail: nutridai@gmail.com

Resumo

Objetivou-se realizar uma revisão sistemática de trabalhos que analisaram a composição química e nutricional da polpa e de subprodutos de frutos do gênero *Citrus*. Também, avaliar o efeito da adição desses subprodutos sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e produtos similares. Foi conduzido um levantamento de estudos nas bases Science Direct, PubMed e Lilacs, publicados entre os anos de 2003-2018, utilizando-se 37 artigos que preencheram a todos os critérios de inclusão. Os valores para Sólidos Solúveis, Acidez Titulável e relação de Sólidos Solúveis/Acidez Titulável foram avaliados apenas na polpa dos frutos. A polpa apresentou maiores conteúdos de ácido ascórbico e de umidade quando comparada aos resíduos. Os subprodutos tiveram elevados teores de proteína, lipídeo, carboidrato, fibra alimentar, cinzas, compostos fenólicos e capacidade antioxidante. No geral, a adição de casca de frutos do gênero *Citrus* em geleias e similares não alterou os valores de pH e de Acidez Titulável. Contudo, aumentou o teor de Sólidos Solúveis e a capacidade antioxidante. A utilização de subprodutos como ingrediente também melhorou o perfil nutricional de produtos geleificados, já que elevou a concentração de compostos fenólicos e de ácido ascórbico. Apesar dos benefícios nutricionais, observa-se que a adição de níveis

elevados de casca de *Citrus* em geleia reduziu a aceitabilidade sensorial. Conclui-se que a utilização de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* em geleias e produtos similares é uma alternativa viável, colaborando para a oferta de alimentos saudáveis e para a redução do descarte de lixo orgânico no meio ambiente.

Palavras-chave: *Citrus*; Geleia; Subprodutos.

Abstract

The objective was to carry out a systematic review of studies that analyzed the chemical and nutritional composition of the pulp and by-products of fruits of the genus *Citrus*. Also, evaluate the effect of adding these by-products on the physicochemical, nutritional and sensory characteristics of jams and similar products. A survey of studies was conducted on the bases Science Direct, PubMed and Lilacs, published between the years 2003-2018, using 37 articles that met all the inclusion criteria. The values for Soluble Solids, Titratable Acidity and Soluble Solids/Titratable Acidity ratio were evaluated only in the fruit pulp. The pulp showed higher contents of ascorbic acid and moisture when compared to the residues. The by-products had high levels of protein, lipid, carbohydrate, dietary fiber, ash, phenolic compounds and antioxidant capacity. In general, the addition of peel of fruits of the genus *Citrus* in jellies and similar did not change the pH and Titratable Acidity values. However, it increased the content of Soluble Solids and the antioxidant capacity. The use of by-products as an ingredient also improved the nutritional profile of gelled products, since it increased the concentration of phenolic compounds and ascorbic acid. Despite the nutritional benefits, it is observed that the addition of high levels of *Citrus* peel in jam reduced sensory acceptability. It is concluded that the use of by-products of fruits of the genus *Citrus* in jams and similar products is a viable alternative, collaborating for the offer of healthy foods and for the reduction of the disposal of organic waste in the environment.

Keywords: *Citrus*; Jam; By-products.

Resumen

El objetivo fue realizar una revisión sistemática de estudios que analizaran la composición química y nutricional de la pulpa y subproductos de frutas del género *Citrus*. Además, evalúe el efecto de agregar estos subproductos en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de las jaleas y productos similares. Se realizó una encuesta de estudios sobre las bases Science Direct, PubMed y Lilacs, publicados entre los años 2003-2018, utilizando 37 artículos que cumplieran con todos los criterios de inclusión. Los valores de sólidos solubles,

acidez titulable y la relación de sólidos solubles/acidez titulable se evaluaron solo en la pulpa de fruta. La pulpa presentó mayores contenidos de ácido ascórbico y humedad en comparación con los residuos. Los subproductos tenían altos niveles de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibra dietética, cenizas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. En general, la adición de cáscaras de frutas del género *Citrus* en jaleas y similares no cambió los valores de pH y de acidez titulable. Sin embargo, aumentó el contenido de sólidos solubles y la capacidad antioxidante. El uso de subproductos como ingrediente también mejoró el perfil nutricional de los productos gelificados, ya que aumentó la concentración de compuestos fenólicos y ácido ascórbico. A pesar de los beneficios nutricionales, se observa que la adición de altos niveles de cáscara de cítricos en gelatina redujo la aceptabilidad sensorial. Se concluye que el uso de subproductos de frutas del género *Citrus* en jaleas y productos similares es una alternativa viable, colaborando para la oferta de alimentos saludables y para la reducción de la eliminación de desechos orgánicos en el medio ambiente.

Palabras clave: *Citrus*; Jalea; Subproductos.

1. Introdução

O desperdício de alimentos é conceituado como qualquer subproduto ou produto residual que é descartado, sendo originário da produção, processamento, distribuição e consumo de alimentos (Xue *et al.*, 2017). Em 2016, o volume mundial de alimentos desperdiçados chegou a 1,6 bilhões de toneladas (FAO, 2016). No Brasil o desperdício é estimado em 1.068 kg/habitantes/dia, ou seja, 51,4% do lixo produzido diariamente é orgânico (Brasil, 2016). Nesse aspecto, o descarte de alimentos é considerado um problema de saúde pública, já que envolve fatores ambientais, econômicos e de segurança alimentar (Mattsson *et al.*, 2018). Os frutos e hortaliças são os produtos com maiores taxas de desperdício, principalmente quando se trata de seus subprodutos, como as cascas, folhas, talos e sementes. Os resíduos oriundos dos frutos cítricos geram 682.987,97 toneladas de lixo orgânico (Taghizadeh-Alisaraei *et al.*, 2017). Contudo, esses alimentos apresentam um excelente valor econômico agregado, já que, geralmente, contêm elevados teores nutricionais (Liakou *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de novos produtos adicionados de ingredientes não convencionais pode significar uma estratégia para auxiliar na elaboração de alimentos mais saudáveis para a população, além de reduzir o desperdício de alimentos e descarte no meio ambiente (Arioui *et al.*, 2017; Ojha & Thapa, 2017). Em muitos casos, a adição de ingredientes não convencionais

em produtos alimentícios pode até mesmo melhorar ou manter suas características sensoriais, físico-químicas e nutricionais, como já demonstrado pela literatura científica. A utilização de extrato de casca de banana em suco de laranja proporcionou a estabilização da capacidade antioxidante e manteve as propriedades sensoriais do produto (Ortiz *et al.*, 2017). A adição de bagaço de maçã em biscoito sem glúten também apresentou efeitos positivos, com maiores teores de compostos de antioxidantes, fibra alimentar e minerais no produto final. Porém, houve uma redução na crocância, diminuição do conteúdo de proteína, escurecimento da cor e menor aceitabilidade após a adição de 6% de bagaço (Mir *et al.*, 2017). Em outro estudo realizado em geleia, a adição de pó de casca de romã não alterou a aceitabilidade do produto, contudo tornou a geleia mais avermelhada, com aumento da firmeza e redução da elasticidade (Abid *et al.*, 2018).

A geleia é um produto muito consumido em nível mundial. O maior produtor é a França com aproximadamente 4 mil toneladas em 2016, e também o maior consumidor com 3,36 bilhões em 2016 (CBI, 2017). No Brasil, a produção de geleias girou em torno de 30,1 milhões de toneladas em 2017 (ABIA, 2018). Em geral, a geleia é elaborada à base de polpa do fruto, açúcar, pectina e ácido cítrico, o que permite aumentar o aproveitamento e o *shelf-life*, já que são altamente perecíveis (Featherstone, 2016). Mundialmente, os frutos mais utilizadas na elaboração de geleias são uva, damasco, mirtilo (Naeem *et al.*, 2017), manga, abacaxi (Asema & Parveen, 2018) morango, laranja (Featherstone, 2016) e romã (Abid *et al.*, 2018). No Brasil, o morango (45%), a uva (4%), a goiaba (3%) e outros frutos (48%) como a laranja, a banana, a ameixa e a framboesa são as preferidas para a produção de geleias. Apesar disso, verifica-se uma baixa utilização dos resíduos de frutos nesse produto, o que favorece o desperdício de alimentos.

Os frutos do gênero *Citrus* pertencem à família Rutaceae ou Rue e à subfamília Aurantioideae e são divididos em três gêneros: *Citrus* (C.), *Poncirus* & *Fortunella*. Possuem cerca 1.300 espécies (Babazadeh-Darjaz, 2013). Sendo o gênero *Citrus* uma das culturas mais importantes em nível mundial. Estão incluídos nesse gênero (nome comum (espécie) e principais cultivares): laranja doce (*sinensis* (L.) Osbeck), Valencia, Pera, Hamlin, Bahia, Baianinha, Westin, Laranja de umbigo, Lima, Tarocco, Moro, Sanguinelli; laranja azeda (*aurantium* L.), Seville & Swingle; tangerina comum (*reticulata* Blanco), Poncan, Clementina & Dancy; tangerina mikan (*unshiu* Ishiji), Decopon & mikan Oeari; mexerica (*deliciosa* Tenore), Mogi das Cruzes & Mexerica Tardia; limão verdadeiro (*limon* Lush.), Lisboa, Limetta, Verna & Verdelli; as limas ácidas (*latifolia* & *aurantifolia* Tanaka), Tahiti & Galego, respectivamente; lima doce (*limettioides* Tanaka), Lima da Pérsia & Lima Vermelha de

Goiás; limão doce (*limetta*); pomelo (*paradisi* MacFadyen), Ruby (pigmentada) & Duncan (não pigmentada); toranja (*grandis*) Oroblanco & Chandler; cidra (*medica*) Etrog & Mão-de-Buda (Mamma & Christakopoulos, 2014; Zheng *et al.*, 2016). No gênero *Poncirus* estão presentes os porta-enxertos de laranja doce, espécies *Citrumelo* swingle & Cleópatra e; os de limões das espécies *Citrus limonia* Osbeck & *Poncirus* (cultivares Oval & Meiwa) e *japonica* (cultivar Marumi) (Ramful *et al.*, 2010; Milind & Dev, 2012). A produção mundial de *Citrus* gira em torno de 121.273,2 toneladas/ano (FAO, 2016). A laranja doce é a principal representante desse grupo de frutos, responsável por 70% de produção e consumo mundial (Paggiola *et al.*, 2016; Putnik *et al.*, 2017). No ano de 2017, foram produzidas aproximadamente 50,2 milhões de toneladas de laranja em todo o mundo, enquanto no Brasil a produção foi em torno de 4,8 milhões de toneladas (FAO, 2017). Geralmente, metade da biomassa do fruto, que consiste em sólidos como polpas, membranas e cascas, são gerados como subprodutos após a utilização pela indústria ou pelos consumidores, o que causa um desperdício de aproximadamente 60% do peso total do fruto (Dwivedi *et al.*, 2017).

Países como Brasil, China e Estados Unidos são os principais produtores de frutos do gênero *Citrus* (Favela-Hernández *et al.*, 2016). Os frutos cítricos são consumidas na forma *in natura* ou processadas pela indústria alimentícia para a produção de sucos, geleias e sorvetes, dentre outros. Possuem elevada aceitabilidade pelos consumidores, o que se deve ao seu sabor e aroma floral e frutado. Além disso, apresentam cores atraentes que variam de amarelo ao laranja escuro (Zou *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2017; Rehman *et al.*, 2018). As polpas dos frutos cítricos frescos possuem consideráveis teores de minerais (6,5 g 100 g⁻¹), proteína (8,6 g 100 g⁻¹) e fibra alimentar (7,34 g 100 g⁻¹) (Sharma *et al.*, 2017). Já seus subprodutos, como cascas, membranas e sementes contêm uma proporção maior desses nutrientes. A casca, por exemplo, possui consideráveis teores de cinzas (3,07 g 100 g⁻¹), proteína (3,54 g 100 g⁻¹) e fibra alimentar (53,43 g 100 g⁻¹) (Tejada-Ortigoza *et al.*, 2018). Além disso, as cascas possuem conteúdos elevados de compostos funcionais como os flavonoides, carotenoides, antocianinas, polifenóis e óleos essenciais (Sharma *et al.*, 2017). Assim, a adição de subprodutos de frutos cítricos como ingrediente poderia aumentar o teor nutricional dos alimentos favorecendo a saúde do consumidor. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma revisão da literatura sobre: a) a composição química e nutricional da polpa e de subprodutos das principais cultivares do gênero *Citrus* e; b) o efeito da adição de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e produtos similares.

O desperdício de alimentos é conceituado como qualquer subproduto ou produto residual que é descartado, sendo originário da produção, processamento, distribuição e consumo de alimentos (Xue *et al.*, 2017). Em 2016, o volume mundial de alimentos desperdiçados chegou a 1,6 bilhões de toneladas (FAO, 2016). No Brasil o desperdício é estimado em 1.068 kg/habitantes/dia, ou seja, 51,4% do lixo produzido diariamente é orgânico (Brasil, 2016). Nesse aspecto, o descarte de alimentos é considerado um problema de saúde pública, já que envolve fatores ambientais, econômicos e de segurança alimentar (Mattsson *et al.*, 2018). Os frutos e hortaliças são os produtos com maiores taxas de desperdício, principalmente quando se trata de seus subprodutos, como as cascas, folhas, talos e sementes. Os resíduos oriundos dos frutos cítricos geram 682.987,97 toneladas de lixo orgânico (Taghizadeh-Alisaraei *et al.*, 2017). Contudo, esses alimentos apresentam um excelente valor econômico agregado, já que, geralmente, contêm elevados teores nutricionais (Liakou *et al.*, 2018; Sharma *et al.*, 2017).

O desenvolvimento de novos produtos adicionados de ingredientes não convencionais pode significar uma estratégia para auxiliar na elaboração de alimentos mais saudáveis para a população, além de reduzir o desperdício de alimentos e descarte no meio ambiente (Arioui *et al.*, 2017; Ojha & Thapa, 2017). Em muitos casos, a adição de ingredientes não convencionais em produtos alimentícios pode até mesmo melhorar ou manter suas características sensoriais, físico-químicas e nutricionais, como já demonstrado pela literatura científica. A utilização de extrato de casca de banana em suco de laranja proporcionou a estabilização da capacidade antioxidante e manteve as propriedades sensoriais do produto (Ortiz *et al.*, 2017). A adição de bagaço de maçã em biscoito sem glúten também apresentou efeitos positivos, com maiores teores de compostos de antioxidantes, fibra alimentar e minerais no produto final. Porém, houve uma redução na crocância, diminuição do conteúdo de proteína, escurecimento da cor e menor aceitabilidade após a adição de 6% de bagaço (Mir *et al.*, 2017). Em outro estudo realizado em geleia, a adição de pó de casca de romã não alterou a aceitabilidade do produto, contudo tornou a geleia mais avermelhada, com aumento da firmeza e redução da elasticidade (Abid *et al.*, 2018).

A geleia é um produto muito consumido em nível mundial. O maior produtor é a França com aproximadamente 4 mil toneladas em 2016, e também o maior consumidor com 3,36 bilhões em 2016 (CBI, 2017). No Brasil, a produção de geleias girou em torno de 30,1 milhões de toneladas em 2017 (ABIA, 2018). Em geral, a geleia é elaborada à base de polpa do fruto, açúcar, pectina e ácido cítrico, o que permite aumentar o aproveitamento e o *shelf-life*, já que são altamente perecíveis (Featherstone, 2016). Mundialmente, os frutos mais utilizadas na elaboração de geleias são uva, damasco, mirtilo (Naeem *et al.*, 2017), manga, abacaxi (Asema & Parveen, 2018) morango, laranja (Featherstone, 2016) e romã (Abid *et al.*, 2018). No Brasil, o morango (45%), a uva (4%), a goiaba (3%) e outros frutos (48%) como a laranja, a banana, a ameixa e a framboesa são as preferidas para a produção de geleias. Apesar disso, verifica-se uma baixa utilização dos resíduos de frutos nesse produto, o que favorece o desperdício de alimentos.

Os frutos do gênero *Citrus* pertencem à família Rutaceae ou Rue e à subfamília Aurantioideae e são divididos em três gêneros: *Citrus* (C.), *Poncirus* & *Fortunella*. Possuem cerca 1.300 espécies (Babazadeh-Darjaz, 2013). Sendo o gênero *Citrus* uma das culturas mais importantes em nível mundial. Estão incluídos nesse gênero (nome comum (espécie) e principais cultivares): laranja doce (*sinensis* (L.) Osbeck), Valencia, Pera, Hamlin, Bahia, Baianinha, Westin, Laranja de umbigo, Lima, Tarocco, Moro, Sanguinelli; laranja azeda (*aurantium* L.), Seville & Swingle; tangerina comum (*reticulata* Blanco), Poncan, Clementina & Dancy; tangerina mikan (*unshiu* Ishiji), Decopon & mikan Oeari; mexerica (*deliciosa* Tenore), Mogi das Cruzes & Mexerica Tardia; limão verdadeiro (*limon* Lush.), Lisboa, Limetta, Verna & Verdelli; as limas ácidas (*latifolia* & *aurantifolia* Tanaka), Tahiti & Galego, respectivamente; lima doce (*limettioides* Tanaka), Lima da Pérsia Lima Vermelha de Goiás; limão doce (*limetta*); pomelo (*paradisi* MacFadyen), Ruby (pigmentada) & Duncan (não pigmentada); toranja (*grandis*) Oroblanco & Chandler; cidra (*medica*) Etrog & Mão-de-Buda (Mamma & Christakopoulos, 2014; Zheng *et al.*, 2016). No gênero *Poncirus* estão presentes os porta-enxertos de laranja doce, espécies Citrumelo swingle & Cleópatra e; os de limões das espécies *Citrus limonia* Osbeck & *Poncirus* (cultivares *Oval* & *Meiwa*) e japônica (*cultivar Marumi*) (Ramful *et al.*, 2010; Milind & Dev, 2012). A produção mundial de *Citrus* gira em torno de 121.273,2 toneladas/ano (FAO, 2016). A laranja doce é a principal representante desse grupo de frutos, responsável por 70% de produção e consumo mundial (Paggiola *et al.*, 2016; Putnik *et al.*, 2017). No ano de 2017, foram produzidas aproximadamente 50,2 milhões de toneladas de laranja em todo o mundo, enquanto no Brasil a produção foi em torno de 4,8 milhões de toneladas (FAO, 2017). Geralmente, metade da biomassa do fruto, que consiste

em sólidos como polpas, membranas e cascas, são gerados como subprodutos após a utilização pela indústria ou pelos consumidores, o que causa um desperdício de aproximadamente 60% do peso total do fruto (Dwivedi *et al.*, 2017).

Países como Brasil, China e Estados Unidos são os principais produtores de frutos do gênero *Citrus* (Favela-Hernández *et al.*, 2016). Os frutos cítricos são consumidas na forma *in natura* ou processadas pela indústria alimentícia para a produção de sucos, geleias e sorvetes, dentre outros. Possuem elevada aceitabilidade pelos consumidores, o que se deve ao seu sabor e aroma floral e frutado. Além disso, apresentam cores atraentes que variam de amarelo ao laranja escuro (Zou *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2017; Rehman *et al.*, 2018). As polpas dos frutos cítricos frescos possuem consideráveis teores de minerais (6,5 g 100 g⁻¹), proteína (8,6 g 100 g⁻¹) e fibra alimentar (7,34 g 100 g⁻¹) (Sharma *et al.*, 2017). Já seus subprodutos, como cascas, membranas e sementes contêm uma proporção maior desses nutrientes. A casca, por exemplo, possui consideráveis teores de cinzas (3,07 g 100 g⁻¹), proteína (3,54 g 100 g⁻¹) e fibra alimentar (53,43 g 100 g⁻¹) (Tejada-Ortigoza *et al.*, 2018). Além disso, as cascas possuem conteúdos elevados de compostos funcionais como os flavonoides, carotenoides, antocianinas, polifenóis e óleos essenciais (Sharma *et al.*, 2017). Assim, a adição de subprodutos de frutos cítricos como ingrediente poderia aumentar o teor nutricional dos alimentos favorecendo a saúde do consumidor. Nesse contexto, o objetivo desta pesquisa foi realizar uma revisão da literatura sobre: a) a composição química e nutricional da polpa e de subprodutos das principais cultivares do gênero *Citrus* e; b) o efeito da adição de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e produtos similares.

2. Metodologia

2.1. Tipo e natureza da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica quantitativa (Pereira *et al.*, 2018), realizada entre os anos de 2017 e 2019.

2.2. Seleção dos artigos

Foram avaliados artigos dos últimos 15 anos da base de dados Science Direct, PubMed e Lilacs, publicados entre os anos de 2003 e 2018. Os trabalhos deveriam propor pelo menos um dos seguintes objetivos: “composição química e nutricional da polpa e de subprodutos do gênero *Citrus*” ou “efeito da adição de subprodutos do gênero *Citrus* sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais em geleias e/ou produtos similares”.

A busca inicial ocorreu empregando-se o operador booleano *and* entre os seguintes descritores: *Citrus*, *Citrus by-product*, *Citrus bioactive compounds*, *confectionery with Citrus*, *Citrus jam* e *Citrus jelly*. Os artigos foram selecionados pelo título e resumo, por meio dos seguintes critérios de inclusão: a) abordar aspectos químicos e nutricionais de frutos do gênero *Citrus*; b) estudo realizado com adição de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* em geleias e/ou produtos similares; c) abordar aspectos relacionados às características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e/ou produtos similares adicionados de subprodutos de frutos do gênero *Citrus*; d) ser redigido em inglês e; e) ser publicado nos últimos 15 anos (2003 e 2018). Foram adotados os seguintes critérios de exclusão: a) estudo sem descrição metodológica completa; b) artigos duplicados e; c) artigos publicados fora do período determinado.

Foram encontrados 122.876 artigos (Science Direct: 96.210 e PubMed: 26.337 e Lilacs: 329). Desses, foram excluídos 280 artigos sem descrição metodológica completa, 101 artigos duplicados, 122.431 anterior a 15 anos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, permaneceram 63 artigos (Science Direct: 45, PubMed: 10 e Lilacs: 8), os quais foram lidos na íntegra. Em seguida, foram excluídos mais 23 que não estavam condizentes com os critérios: composição química e nutricional da polpa e de subprodutos do gênero *Citrus* e avaliação do efeito da adição de subprodutos de *Citrus* sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de produtos como geleias e similares. Dessa forma, permaneceram um total de 41 trabalhos (Figura 1), que foram tabulados da seguinte forma: composição química e nutricional da polpa e de subprodutos (Tabela 1) e características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e produtos similares adicionados de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* (Tabela 2).

3. Resultados e discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os dados encontrados sobre a composição físico-química e nutricional da polpa e de subprodutos das principais cultivares do gênero *Citrus*. Os valores de pH e Acidez Titulável (AT) da polpa e de subprodutos das cultivares variaram, respectivamente, na literatura (Tabela 1) entre 2,32 (Tahiti) e 4,34 (Valencia) de pH e 0,84% (Poncan) a 4,37% (Tahiti) de AT. O pH e a AT são componentes indicadores para a quantidade de ácidos orgânicos e sais, como fósforo e o potássio contidos no fruto (Featherstone, 2016; Kapur, 2018). De acordo com Potter & Coneva (2018), um valor de pH baixo e de AT alta indica uma maior vida de prateleira do fruto. Isso, porque

microrganismos podem ser inibidos nessas condições e as características do fruto *in natura* ficam mais estáveis (Bekker *et al.*, 2016).

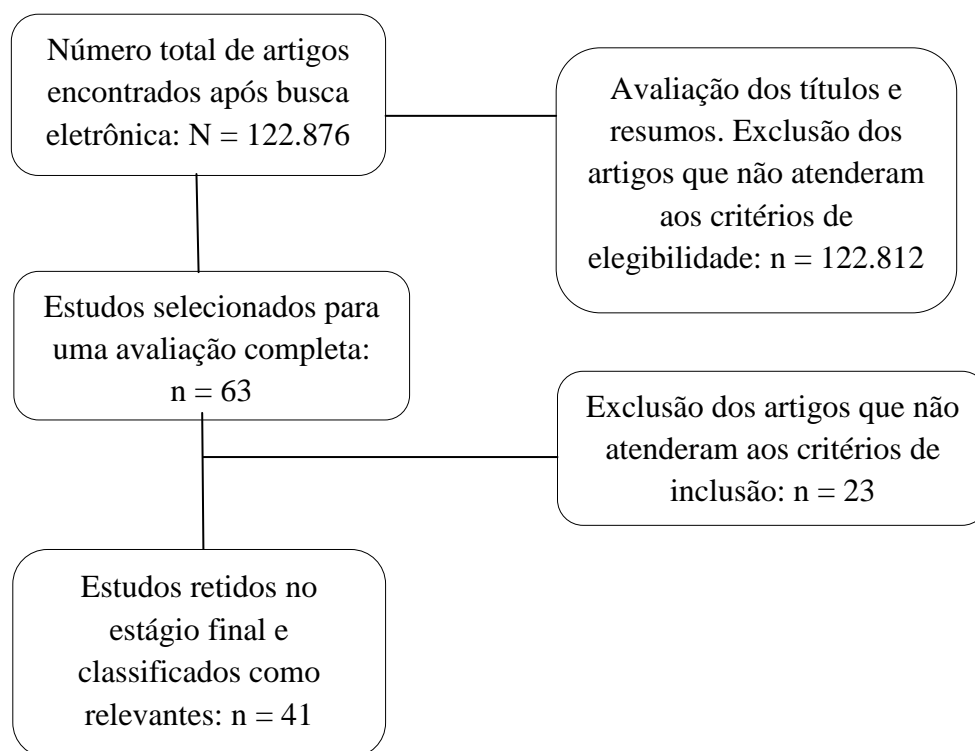


Figura 1. Fluxograma relacionado ao processo de seleção de artigos.

Na produção de geleias, tanto o pH como a AT dos frutos afetam a formação de gel. Frutos com pH entre 3,0-3,4 colaboram para a textura de geleias (Featherstone, 2016), visto que o ácido auxilia na formação das redes de pectina. Em casos que o fruto tenha uma quantidade de acidez muito pequena, quando um fruto é recém colhido, por exemplo, é possível adicionar ácido málico, cítrico e tartárico à geleia para que atenda aos requisitos específicos do produto (Featherstone, 2016; Jo *et al.*, 2018; Shinwari & Rao, 2018). Os frutos apresentaram teores de SS (entre 7,5 e 11 °Brix), o que significa menor acidez e maior doçura e colheita na época correta (Reig *et al.*, 2018). Os frutos das cultivares Poncan (Barros *et al.*, 2012), Valencia (Khorram *et al.*, 2017), Duncan (Xi *et al.*, 2014) e *Ishiji* (Al-Mouei & Choumane, 2014) apresentaram uma relação SS/AT maior que 10, o que também indica maior doçura e sabor. A cultivar Tahiti foi classificada com menor relação SS/AT (2) (Barros *et al.*, 2012), indicando menor doçura. Esse fato é comum nessas cultivares, já que é um fruto ácido, ou seja, contém íons de hidrogênio que caracterizam o sabor amargo, além de conter uma grande quantidade de ácido cítrico (6,25%) (Chornomaz *et al.*, 2013; Goldenberg *et al.*,

2018). Esses resultados corroboram com Lambani *et al.* (2018), que analisaram a composição físico-química de Lima (*C. aurantiifolia* (Christm.) Swingle) e Limão (*C. limon* (L) Burm. F. e *C. pseudolimon* Tanaka) provenientes da Índia.

Tabela 1. Composição química e nutricional da polpa e de subprodutos das principais cultivares do gênero *Citrus*

Cultivares	Partes anatómicas	pH	SS (°Brix)	AT (% ácido cítrico)	Relação SS/AT	Umidade (%)	Cinzas (g 100 g ⁻¹)	Proteína (g 100 g ⁻¹)	Lipídeo (g 100 g ⁻¹)	Carboidrato (g 100 g ⁻¹)	Fibra alimentar (g 100 g ⁻¹)	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	Capacidade antioxidante (% DPPH)	Compostos fenólicos (mg/ECAT 100 g ⁻¹) ^a (mg/GAE 100 g ⁻¹) ^b (mmol/GAE kg ⁻¹) ^c
Laranja doce/ <i>sinensis</i> /Pera	Polpa	3,54 ¹	10,50 ¹	1,25 ¹	8,40 ¹	88,30 ¹	0,36 ¹⁶	0,94 ⁴	0,12 ⁴	10,77 ³	2,40 ⁴	52,36 ⁴	110,67 ²	15,83 ^{1a}
	Casca					66,60 ¹	0,85 ¹⁷	2,33 ¹⁷	0,55 ⁶	66,05 ³	13,90 ⁶	24,30 ⁸		91,85 ^{8b}
Laranja doce/ <i>sinensis</i> /Valencia	Polpa	3,95 ¹⁵	12,80 ¹⁰	1,04 ¹⁰	12,30 ¹⁰					10,01 ²⁴		19,95 ²⁴	86,90 ²⁶	36,64 ^{19b}
	Casca	4,34 ³⁵				76,86 ²²					11,44 ¹⁶			
Laranja doce/ <i>sinensis</i> /umbigo	Polpa	3,66 ¹¹	8,90 ²⁷	1,00 ²⁷	8,90 ²⁷							48,90 ²³	30,22 ¹¹	122,42 ^{11b}
	Casca					75,82 ⁶	0,83 ⁶	0,43 ⁶	0,40 ⁶	12,88 ³²		11,49 ^{33y}		6,61 ^{33y}
Toranja/ <i>paradisi</i> Macfadyen/Duncan	Polpa	3,19 ²	10,22 ⁷	0,85 ⁷	12,02 ⁷	78,87 ⁹	0,21 ¹⁸	0,77 ⁴	0,01 ¹⁸	6,53 ¹⁸		31,20 ⁵	6,19 ²¹	23,68 ^{19b}
	Casca					70,45 ¹²	0,97 ²⁵	3,69 ²⁵	0,14 ²⁵	22,75 ⁴	18,25 ²⁵		20,08 ²¹	65,66 ^{19b}
	Semente					13,50 ⁴	1,19 ²⁰	3,37 ⁸		12,11 ⁴	7,35 ⁸		15,34 ²¹	
Tangerina/ <i>reticulata</i> Blanco/Poncan	Folha					37,33 ¹²								15,89 ^{12b}
	Polpa	3,75 ¹	11,00 ¹	0,84 ¹	13,00 ¹	87,30 ⁹	0,43 ¹⁴	0,10 ⁴	0,30 ⁴	10,10 ³⁶	1,76 ⁴	65,92 ¹⁴	29,67 ⁵	20,44 ^{19b}
	Casca	4,15 ³⁵				75,28 ⁹	0,79 ¹⁰	2,11 ⁷	0,72 ⁷	47,80 ³	20,11 ⁷	12,99 ¹²	17,79 ³⁷	91,41 ^{19b}
Mikan/ <i>unshiu</i> /Ishiji	Semente											40,58 ¹³	210,00 ¹²	71,39 ^{25a}
	Polpa	3,17 ²⁷	9,50 ²⁷	0,86 ²⁷	11,04 ²⁷							27,30 ²³	64,53 ²⁸	1,38 ^{33y}
Decopon/ <i>unshiu</i> Marc. x <i>unshiu</i> Osbeck x <i>reticulata</i> Blanco	Casca											9,46 ^{33y}		8,58 ^{33y}
	Polpa											10,15 ^{33y}		1,55 ^{33y}
Limão doce/ <i>limon</i> Lush/Limetta	Casca											12,27 ^{33y}		7,18 ^{33y}
	Polpa	3,85 ²⁹	8,90 ²⁹	0,89 ²⁹	10 ²⁹			0,01 ²⁹						
Laranja Amarga/ <i>aurantium</i> /Lineu	Casca					11,20 ³⁰	0,03 ³¹	0,04 ³¹	0,01 ³¹				44,50 ³⁰	19,30 ^{30b}
	Polpa	3,43 ³⁶	7,50 ³⁶									35,36 ³⁶	71,25 ¹⁴	
Limão/ <i>latifolia</i> /Tanaka	Casca					75,82 ¹⁴	0,84 ³⁵		0,41 ³⁵			20,31 ³⁵	73,80 ¹⁴	53,96 ^{19b}
	Polpa	2,32 ¹	9,80 ¹	4,37 ¹	2,00 ¹	88,50 ⁹	0,29 ¹⁶	0,12 ⁴	0,01 ⁴	8,14 ⁴	2,47 ¹⁶	26,79 ⁵	24,50 ⁵	11,75 ^{19b}
Tahiti	Casca	3,43 ³⁴				72,60 ¹	0,69 ¹⁸	1,91 ¹⁸	0,47 ⁷	46,36 ³	39,13 ⁷	51,59 ¹²		35,89 ^{19b}

Valores expressos em base úmida. C.: *Citrus*; Potencial Hidrogeniônico (pH); Sólidos Solúveis (SS); Acidez Titulável (AT); Relação Sólidos Solúveis/Acidez Titulável (SS/AT); 1,1-difenil-2-picryl hydrazyl (DPPH); Equivalentes de catequina (ECAT); Equivalentes de ácido gálico (GAE); ^aEquivalentes de catequina por 100 gramas de produto; ^bEquivalentes de ácido gálico por 100 gramas de produto; ^cEquivalentes de ácido gálico em milimol por quilo de produto. Referências: ¹Barros *et al.* (2012); ²Adaptado de Ancos *et al.* (2017); ³Adaptado de Choi *et al.* (2015); ⁴Adaptado de El-Otmani *et al.* (2011); ⁵Adaptado de Xu *et al.* (2008); ⁶Adaptado de Ghanem *et al.* (2012); ⁷Xi *et al.* (2014); ⁸Adaptado de Anwar *et al.* (2008); ⁹Martí *et al.* (2011); ¹⁰Khorram *et al.* (2017); ¹¹Adaptado de Rababah *et al.* (2011); ¹²Lagha-benamrouche & Madani (2013); ¹³Adaptado de Zhang *et al.* (2014); ¹⁴Adaptado de Karoui & Marzouk (2013); ¹⁵Niu *et al.* (2008); ¹⁶Adaptado de Garcia-Amezquita *et al.* (2018); ¹⁷Adaptado de Satari *et al.* (2018); ¹⁸Adaptado de Kolawole *et al.* (2017); ¹⁹Adaptado de Ghasemi *et al.* (2009); ²⁰Adaptado de Karaman *et al.* (2017); ²¹Adaptado de Xi *et al.* (2015); ²²Ramadan *et al.* (2018); ²³Adaptado de Yang *et al.* (2011); ²⁴Adaptado de Paula *et al.* (2018); ²⁵Moulehi *et al.* (2012); ²⁶Roussos *et al.* (2013); ²⁷Adaptado de Al-Mouei & Choumane (2014); ²⁸Adaptado de Sicari *et al.* (2016); ²⁹Adaptado de Rai *et al.* (2006); ³⁰Adaptado de Imran *et al.* (2016); ³¹Adaptado de Younis *et al.* (2015); ³²Romelle *et al.* (2016); ³³Yoshikawa *et al.* (2006); ³⁴Abou-Arab *et al.* (2017); ³⁵Adaptado de Ali *et al.* (2010); ³⁶Sharma *et al.* (2018); ³⁷Adaptado de Karki *et al.* (2016).

O teor de umidade normal para polpa de frutos subtropicais é de 80-90% (Lee, 2018). Na presente pesquisa, as polpas dos frutos apresentaram teores de umidade entre 88,50% (Tahiti) e 78,87% (Duncan). Esses teores de umidade são comuns em citrinos, porque são conhecidos por serem frutos suculentos. O teor de umidade determina o prazo de validade e a viabilidade do crescimento de microrganismos nos frutos (Ani & Abel, 2018). Na fabricação de geleias, a umidade reduz devido ao processo de cocção, o que aumenta a vida útil do produto e auxilia na eliminação da atividade microbológica (Featherstone, 2016; Ani & Abel, 2018). O teor de cinzas determina a matéria inorgânica presente em um alimento (Markiewicz-Keszycka *et al.*, 2018). Conteúdos mais expressivos de cinzas foram observados na polpa da Poncan (0,43 g 100 g⁻¹), na casca e na semente da Duncan (0,97 e 1,19 g 100 g⁻¹, respectivamente). Segundo Ani & Abel (2018), os frutos cítricos e subprodutos apresentam significativa variedade de minerais, principalmente o fósforo, o cálcio e o potássio.

Na maioria das cultivares, o teor de proteína dos subprodutos foi maior que na polpa. Esse fato é explicado porque os subprodutos dos frutos necessitam de maior teor de proteína, já que atuam na formação da estrutura celular, no fornecimento de energia do metabolismo celular. Nas cascas, reduzem o estresse oxidativo e o estresse cítrico salino (Lliso *et al.*, 2017). O teor de lipídeo variou de 0,01 g 100 g⁻¹ nas polpas de Thaiti e Duncan e na casca de Limetta a 0,72 g 100 g⁻¹ na casca da Poncan. A quantidade de lipídio da polpa dos frutos foi inferior àquelas das cascas e sementes, já que as glândulas de óleos essenciais presentes na casca (Raeissi *et al.*, 2008) produzem o D-limoneno (casca da laranja) e o L-limoneno (casca do limão). Essas são as principais substâncias que atuam na proteção dos frutos contra o crescimento microbiano e na retenção da umidade na casca (Rodríguez *et al.*, 2018). Maior teor de carboidrato foi observado na casca da Pera (66,05 g 100 g⁻¹) e menor na polpa da Duncan (6,53 g 100 g⁻¹). Esses resultados são esperados, considerando que os subprodutos possuem maiores concentrações de carboidrato do que a polpa. A estrutura esponjosa da casca contém grandes quantidades de polissacarídeos na forma de pectina, celulose e hemicelulose. Também, é formada por açúcares do tipo redutores (glicose e frutose) (Ali *et al.*, 2010; Kantar *et al.*, 2018).

Compostos como os açúcares auxiliam, por exemplo, na tolerância ao frio e na vida de prateleira do fruto *in natura* (Cao *et al.*, 2013). Na produção de geleias, por ação do calor, o açúcar presente na polpa e na casca remove a camada de água protetora das moléculas de pectina, formando pontes de hidrogênio entre o açúcar e a pectina. Esse processo dá origem a uma rede que retém água, auxiliando na formação da textura do produto, que só ocorrerá se a acidez da geleia for adequada (Schalow *et al.*, 2018; Shinwari & Rao, 2018). Maior teor de

fibra alimentar foi verificado nos subprodutos dos frutos, com destaque para a casca da Tahiti (39,13 g 100g⁻¹). Nos frutos, as fibras estão associadas às paredes celulares, especialmente nas cascas. Dessa forma, atuam como redes de proteção, principalmente na pós-colheita, contra danos causados no armazenamento e transporte (Pettolino *et al.*, 2012).

O ácido ascórbico é conhecido também como vitamina C e é um importante antioxidante, com efeitos antidiabéticos e lipolíticos no organismo (Cui *et al.*, 2015). As polpas apresentaram a maior quantidade de ácido ascórbico, especialmente aquela derivada da Poncan (65,92 mg 100 g⁻¹). No fruto, o ácido ascórbico atua no ciclo celular, na síntese de etileno, na fotossíntese, no crescimento e expansão da parede celular. É precursor da síntese de oxalato de cálcio e de ácido tartárico, que atuam na proteção contra herbívoros (Smirnoff, 2018). Além disso, pode auxiliar na resistência a fatores ambientais como a fotoproteção (Lo' Ay & El-Khateeb, 2018). Para a produção de geleias, o ácido ascórbico realça o sabor e atua na fixação da cor. Também, auxilia na neutralização dos grupos carboxila (-COOH) da pectina, aumentando a tendência das moléculas se associarem para formar a textura adequada da geleia (Featherstone, 2016). Contudo, deve-se considerar possíveis perdas da vitamina C durante o processamento (temperatura e tempo de cocção), o armazenamento (temperatura e luminosidade) e nas diferentes condições de pH e de oxigênio (Tikekar *et al.*, 2011; Szultka *et al.*, 2014; Shinwari & Rao, 2018). A oxidação do ácido ascórbico ocorre, inicialmente, com a formação de ácido desidroascórbico e depois para o ácido 2,3-dicetogulônico e outros produtos (Shinwari & Rao, 2018). O ácido ascórbico também pode ter ação antioxidante em geleias, prevenindo o escurecimento enzimático ou a oxidação de nutrientes e/ou sabores (Ruiz *et al.*, 2018).

Maior capacidade antioxidante (resultados acima de 70% DPPH) foi verificada para a semente da Poncan, na polpa da Pera e Valencia, na casca e na polpa da Lineu. Contudo, a polpa, casca e a semente de Duncan, a polpa e a casca da Poncan e a polpa da Tanaka tiveram valores menos expressivos (< 30% DPPH). A cultivar Laranja de umbigo (polpa), Pera (casca), Poncan (casca e semente), Duncan (casca) e Lineu (casca) apresentaram maior teor de compostos fenólicos (acima de 50 mg ECAT 100 g⁻¹ ou mg GAE 100 g⁻¹). As cultivares Tahiti (polpa), Pera (polpa), laranja de umbigo (casca), Duncan (folha), Mikan (polpa e casca), Ducopon (polpa e casca) e Limetta (casca) tiveram os resultados mais baixos de compostos fenólicos (< 20 mg ECAT 100 g⁻¹, < 20 mg GAE 100 g⁻¹, < 20 mmol GAE kg⁻¹). A capacidade antioxidante é a medida do potencial antioxidante dos alimentos. São metabólitos secundários sintetizados naturalmente, como os flavonoides e polifenóis, que incluem os compostos fenólicos (Masisi *et al.*, 2016). Nos frutos, esses compostos atuam

como agentes redutores e doadores de hidrogênio, reduzindo os danos às estruturas das células (Kopjar *et al.*, 2009). Também, representam o grupo de metabólitos secundários envolvidos na defesa contra a radiação ultravioleta, patógenos e outros estresses ambientais (Koubaa *et al.*, 2015). Durante o processo de cocção das geleias, a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos diminuem, principalmente, durante o processamento e armazenamento. Esse efeito é explicado, já que são sensíveis à luz, às altas temperaturas e aos açúcares e à pectina, que são adicionados durante o processo (Shinwari & Rao, 2018).

As diferenças verificadas nas composições físico-química e nutricional dos frutos, polpa e subprodutos são influenciadas por vários fatores, como diferenças genótípicas (Chen *et al.*, 2013), condições ambientais (clima, temperatura e solo), práticas de cultivo, tratamento pós-colheita (Kraujalytė *et al.*, 2013), condições de armazenamento e estresse oxidativo (Legua *et al.*, 2014); condições climáticas entre outros (Mditshwa *et al.*, 2017). Além do mais, os teores podem variar dependendo da tecnologia aplicada para a extração do composto e do método de preparação de amostra, equipamentos, reagentes, condições ambientais, dentre outras (Barberán *et al.*, 2017; Ani & Abel, 2018).

A escassez de estudos referentes à avaliação das características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e similares adicionadas de subprodutos de frutos do gênero *Citrus*, foi um ponto limitante do presente estudo. Foram encontradas apenas 4 pesquisas sobre o tema proposto na presente revisão sistemática (Tabela 2). Apesar disso, sabe-se que o assunto referente ao aproveitamento de alimentos apresenta destaque no campo científico atual. Isso, porque as cascas, sementes, membranas, talos e folhas presentes em produtos vegetais possuem, em geral, elevado teor nutricional. A utilização de ingredientes não convencionais em produtos alimentícios também aumenta o valor nutricional, o que contribui para a oferta de alimentos saudáveis para a população. Outro benefício do uso de subprodutos é a redução do descarte inadequado de resíduos orgânicos, o que colabora com a preservação do meio ambiente. Também, pode aumentar o valor comercial do produto produzido, com maior geração de lucros (Ghasemi *et al.*, 2009; Fava *et al.*, 2013; Banjerdpongchai *et al.*, 2016; Mahato *et al.*, 2018). Na saúde humana, muitos subprodutos derivados de frutos cítricos podem ser considerados alimentos funcionais, já que possuem influência positiva, auxiliando na redução do risco de doenças (Mak *et al.*, 2108; Wu *et al.*, 2018).

Os quatro artigos avaliados na presente pesquisa utilizaram a casca dos frutos como ingrediente a ser testado, contudo um deles utilizou a água da cocção da casca em conjunto com a casca. O flavedo é a parte anatômica do fruto, que corresponde à casca, a qual representa menos que 5% do total de componentes do fruto (Babiker *et al.*, 2013). Em geral, a

casca é mais utilizada como ingrediente na elaboração de produtos, já que contém maior teor nutritivo. Além disso, é o principal resíduo (60-65%) gerado pelas indústrias alimentícias na produção de sucos. Contudo, as sementes (1-10%) e as membranas (30-35%) também apresentam perdas nesse processo (Awan *et al.*, 2013). Outro fator que corrobora para o uso de casca de frutos em detrimento a outros subprodutos, é o seu maior potencial para extração de compostos bioativos. Nesse caso, não são utilizados aditivos químicos, o que reduz o custo de produção (Aboudaou *et al.*, 2018; Hashem *et al.*, 2018). Na comunidade científica, a casca de frutos também é mais utilizada para o desenvolvimento de produtos alimentícios, em especial os de panificação (Babiker *et al.*, 2013; Okpala & Akpu, 2014), os lácteos fermentados (Sendra *et al.*, 2010; Arioui *et al.*, 2017) e os cárneos (Ibrahim *et al.*, 2018; Nishad *et al.*, 2018).

Todos os trabalhos pesquisados tinham o objetivo de avaliar a adição do subproduto em pó (Chacko & Estherlydia, 2013; Sicari *et al.*, 2017) ou *in natura* (Yoshikawa *et al.*, 2006; Younis *et al.*, 2015) em geleias e similares. O intuito era comparar/analisar as características físico-químicas (Yoshikawa *et al.*, 2006; Chacko & Estherlydia, 2013; Younis *et al.*, 2015; Sicari *et al.*, 2017) e sensoriais (Chacko & Estherlydia, 2013; Younis *et al.*, 2015). A tecnologia de desidratação apresenta diversos benefícios no processo de produção alimentar. Dentre eles, está a redução da atividade de enzimas responsáveis pela degradação de polifenóis como, por exemplo, a polifenol oxidase (Delele *et al.*, 2015; Salazar *et al.*, 2018); a eliminação de agentes patogênicos; a redução de custos com armazenamento e transporte (Papoutsis *et al.*, 2018), já que o volume das embalagens é menor. O processo de desidratação também proporciona que o alimento seja utilizado em períodos de entre safra, aumentando a vida de prateleira (Benseddik *et al.*, 2018), e concentra o conteúdo de nutrientes. A adição de ingredientes desidratados em preparações alimentícias pode, inclusive, melhorar as características tecnológicas como observado por Nishad *et al.* (2018). Nessa pesquisa, a adição de casca de toranja em almôndegas promoveu a estabilidade oxidativa de nutrientes como lipídio e proteína, o que melhorou o perfil nutricional. Contudo, as cascas possuem consideráveis teores de compostos antinutricionais, como os compostos fenólicos, que podem concentrar com o processo de desidratação (Sun *et al.*, 2015; Assefa & Keum *et al.*, 2017). Além do mais, o tipo de metodologia utilizada para a desidratação do alimento pode reduzir a quantidade de alguns compostos bioativos, como os flavonoides, os polifenóis e os carotenoides (Nipornram *et al.*, 2018).

Apesar dos benefícios da utilização de subprodutos de frutos cítricos em produtos alimentícios, a presença de substâncias como os limonóides, a poncirina, a hesperidina e as

flavonas polimetoxiladas (Batenburg *et al.*, 2016; Kiefl *et al.*, 2017) podem prejudicar os parâmetros sensoriais. Esse efeito ocorre, porque esses compostos podem promover um sabor amargo ao produto, principalmente quando estiverem em grande quantidade. Nesse contexto, metodologicamente, constata-se que os estudos avaliados elaboraram os produtos considerando pequenas quantidades de adição de casca, especialmente, quando se utilizou o subproduto na forma de pó, já que há uma concentração dos nutrientes.

Tabela 2. Características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de geleias e produtos similares adicionados de subprodutos de frutos do gênero *Citrus*

Referência	Produto/País	Objetivo	Metodologia	Principais resultados das características físico-químicas e nutricionais	Principais resultados das características sensoriais
Yoshikawa <i>et al.</i> (2006)	Geleia elaborada com frutos tropicais e marmelada com adição de subprodutos de 3 cultivares de frutos do gênero <i>Citrus</i> /Japão.	Investigar a capacidade antioxidante de geleia de frutos tropicais (polpa): mamão papaia (<i>Carica papaya</i> L.), manga (<i>Mangifera indica</i> L.), goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.) e carambola (<i>Averrhoa carambola</i> L.). Também, de marmelada elaborada com subprodutos de frutos do gênero <i>Citrus</i> : mikan (<i>unshiu</i> Marc. cv. 'Ishiji'), shiranui [(<i>unshiu</i> Marc. x <i>unshiu</i> Osbeck) x <i>reticulata</i> Blanco] e laranja de umbigo (<i>sinensis</i> Osbeck).	Foram elaboradas 4 formulações de geleia (mamão, manga, goiaba e carambola) sem adição de casca: 50% de polpa, 45% de sacarose e 5% de pectina e; 9 formulações de marmelada com adição de subprodutos dos frutos do gênero <i>Citrus</i> : 1. 49% de sacarose, 36,6% de água, 14% de casca dos frutos mikan, decopon e laranja de umbigo, individualmente, e 0,4% de pectina; 2. 45% de sacarose, 26% de suco do fruto, 14,6% de água, 14% de casca dos frutos mikan, decopon e laranja de umbigo, individualmente, e 0,4% de pectina e; 3. 45% de sacarose, 26% de suco dos frutos, 14,6% de água da casca, 14% de casca dos frutos mikan, decopon e laranja de umbigo, individualmente, e 0,4% de pectina. Os produtos foram avaliados em relação às características físico-químicas (AAT, fenólicos totais, hesperidina, limoneno e capacidade DPPH e por AAPH).	<p>- AAT: as geleias de goiaba e de mamão tiveram os maiores valores, enquanto a geleia de manga teve o valor mais baixo. As formulações com 14,6% de água da casca das 3 cultivares do gênero <i>Citrus</i> apresentaram os maiores teores ($p < 0,05$) de AAT.</p> <p>- Fenólicos totais: as geleias de goiaba e de carambola apresentaram os maiores resultados. A geleia de manga teve o valor mais baixo. As formulações de marmelada com 14,6% de água da casca das 3 cultivares do gênero <i>Citrus</i> apresentaram os maiores teores ($p < 0,05$) de fenólicos totais.</p> <p>- Hesperidina: maiores teores foram observados na marmelada contendo exclusivamente 14% de casca de mikan. Já naquelas elaboradas com decopon e laranja de umbigo, os maiores teores ($p < 0,05$) de hesperidina foram encontrados nas amostras com 14,6% de água da casca. Nas geleias esse composto não foi avaliado.</p> <p>- Limoneno: na marmelada elaborada com mikan, maiores teores de limoneno foram verificados nos produtos somente com casca (14%) e naquele com 14,6%</p>	Não avaliado

				<p>de água da casca. As amostras contendo casca de decopon e laranja de umbigo não tiveram alteração significativa entre os tratamentos. Nas geleias esse composto não foi avaliado.</p> <p>- Capacidade antioxidante: a geleia de goiaba apresentou o menor valor para esse parâmetro, enquanto, a geleia de manga apresentou o maior teor. As marmeladas elaboradas exclusivamente com 14% de casca das 3 cultivares do gênero <i>Citrus</i> apresentaram os maiores teores de capacidade antioxidante.</p>	
Younis <i>et al.</i> (2015)	Geleia de mamão papaia adicionada de casca em pó de limão doce (<i>Citrus limetta</i>)/Índia.	Avaliar a adição de casca em pó de limão doce com adição de diferentes sais em geleia de mamão papaia.	Foram elaboradas 16 tipos de geleia, com adição de diferentes níveis de pó de casca de limão doce (2,5%, 5%, 7,5%, 10% e 12,5%). Todas as formulações foram avaliadas com adição de: a) 0% de NaCl e NaHCO ₃ , b) 5% de NaCl e c) 5% de NaHCO ₃ . Foi utilizada uma formulação controle, sem adição de sal e sem adição de casca para comparação.	<p>- Textura: Em geral, os valores de firmeza e mastigabilidade aumentaram ($p < 0,05$) em todos os tratamentos, comparados ao controle. Contudo, houve uma redução na adesividade e na coesividade nos tratamentos com adição de NaCl e NaHCO₃.</p>	<p>- As notas para textura, cor/aparência, sabor e para a aceitação global reduziram ($p < 0,05$) na maioria dos tratamentos. Exceção foi verificada na geleia adicionada de 2,5% do pó da casca e de bicarbonato de sódio para os atributos cor/aparência e sabor, que tiveram resultados similares ao controle ($p > 0,05$).</p>
Chacko e Estherlydia (2013)	Geleias de laranja (<i>Citrus sinensis</i> L.), abacaxi	Avaliar os aspectos sensoriais e físico-químicos de geleias de cascas de frutos (laranja, abacaxi, romã e banana).	Foram elaboradas 4 tipos de geleias, com adição de casca de laranja, abacaxi, romã e banana. Não foram informados os teores de adição das	<p>- °Brix: os valores para as geleias foram - 77 °Brix (casca de abacaxi), 75 °Brix (laranja), 65 °Brix (casca de romã) e 57 °Brix (casca de banana).</p>	<p>- A adição de casca de abacaxi na geleia apresentou maior aceitabilidade (notas entre 4,8 e 4,9) para os atributos aparência,</p>

(*Ananas comosus* L.),
romã (*Punica granatum* L.) &
banana (*Musa balbisiana*
Colla)/Índia.

cascas dos frutos.

Os produtos foram avaliados em relação as características químicas (°Brix, AT, pH e umidade). Na análise sensorial foram avaliados os atributos aparência, cor, sabor e textura e a aceitabilidade global (escala hedônica de 5 pontos).

- AT: foram verificados os seguintes resultados - 0,25% (geleia de casca de abacaxi), 0,47% (geleia de casca de laranja) e 0,16 % (geleia de casca de romã e de banana).

- pH: maiores valores de pH foram observados nas geleias de casca de banana (5,94) e de laranja (5,64), sendo menores, naquelas com casca de abacaxi (4,91) e casca de romã (4,48).

- Umidade: maiores teores de umidade foram constatados para a geleia com casca de abacaxi (62,6%), comparada àquelas com casca de romã (43,23%), casca de laranja (43,23%) e casca de banana (31,9%).

cor, sabor e textura e para a aceitabilidade global. As geleias com cascas de laranja, romã e banana apresentaram notas mais baixas (entre 3,3 e 4,3).

Sicari <i>et al.</i> (2017)	Marmelada de laranja adicionada de pó de casca de laranja Valência (Citrus x sinensis)/Itália.	Investigar o efeito da adição de pó de casca de laranja como alternativa ao uso da pectina em marmelada. Também, avaliar a atividade antioxidante e a inibição da formação de HMF em diferentes temperaturas de armazenamento.	Foram elaboradas 2 formulações de marmelada: 1. adição de pectina de baixa metilação e, 2. adição de casca de laranja (0,3%). As marmeladas foram avaliadas em 2 temperaturas de armazenamento: a) 20 °C e, b) 35 °C. As amostras foram avaliadas nos intervalos de: 0, 30, 60, 90, 120, 150 dias. As seguintes características físico-químicas foram avaliadas: pH, AT, HMF, fenólicos totais, antocianinas e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS).	<ul style="list-style-type: none">- pH: reduziu durante o armazenamento (p<0,05). O pH das marmeladas com pó de casca laranja foi maior do que aquelas contendo pectina. A partir de 120 dias de armazenamento as marmeladas com pectina, armazenadas em 35 °C tiveram uma pequena redução no pH. - At: apenas a amostra contendo pó de casca de laranja, armazenada a 35°C, apresentou redução da acidez a partir de 120 dias de estocagem. As demais amostras não tiveram diferença significativa entre si (p>0,05). - HMF: no dia 0 maiores teores de HMF foram verificados para as marmeladas com pó de casca do fruto (20 °C e 35 °C). Ao longo do tempo houve aumento de HMF para todas as formulações. Após os 30 dias de armazenamento, em geral, o teor de HMF para a marmelada com adição de pó de casca não teve alteração significativa. Contudo, a adição de pectina elevou os teores de HMF. - Compostos fenólicos: as marmeladas adicionadas de pectina e armazenadas a 20 °C e 35 °C tiveram um aumento no teor de fenóis nos primeiros 30 dias. Contudo, reduziu após esse período. As marmeladas preparadas com pó de casca de laranja tiveram níveis mais elevados (p<0,05) de fenóis totais em comparação com as formulações com pectina. Não houve influência da temperatura de armazenamento para os tratamentos	Não avaliado
--------------------------------	--	--	---	--	--------------

contendo pó de casca de laranja e pectina.

- Antocianinas: houve redução, especialmente, para as marmeladas armazenadas a 35 °C. No produto com pectina (20 °C) o nível de antocianinas diminuiu rapidamente após 60 dias em comparação com as demais amostras. Após 60 dias de armazenamento não foi detectada a presença de antocianinas na marmelada com pectina (35 °C). A formulação com adição de pó de casca de laranja (35 °C) apresentou redução de antocianinas mais lenta que aquela contendo pectina (20 °C).

- Capacidade antioxidante: Em geral, esse parâmetro reduziu a partir de 30 dias de armazenamento. A marmelada com casca de laranja em pó (20 °C), manteve o maior teor de capacidade antioxidante durante o armazenamento.

- Correlação entre os parâmetros avaliados: Houve correlação positiva ($p < 0,00$) entre antocianinas e HMF, entre DPPH e antocianinas e entre DPPH e compostos fenólicos. Uma correlação negativa ($p < 0,00$) foi observada entre HMF e antocianinas, entre ABTS e antocianinas e compostos fenólicos e entre DPPH e ABTS.

Potencial hidrogeniônico (pH); Sólidos Solúveis (SS); Acidez Total (AT); ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) (ABTS); 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH); 2,2 azobis amidinopropano (AAPH); Ácido Cítrico (AC); ácido Ascórbico Total (AAT); hidroximetilfurfural (HMF); cloreto de sódio (NaCl), bicarbonato de sódio (NaHCO₃).

Ressalta-se que a pectina é um ingrediente importante na elaboração de geleias e similares, visto que possui uma elevada capacidade de retenção de água. Com isso, auxilia na formação de gel e estabilidade da textura do produto, evitando a sinerese (Younis *et al.*, 2015). Porém, apenas os estudos de Yoshikawa *et al.* (2006) e Sicari *et al.* (2017) utilizaram a pectina como matéria prima. Os demais autores não utilizaram nenhum tipo de espessante na elaboração dos produtos.

As análises físico-químicas, nutricionais e sensoriais propostas pelas pesquisas são pertinentes quando se pretende avaliar características de qualidade de geleias e similares. Em países como o Brasil, a legislação determina que, em geleias, sejam realizadas apenas as análises referentes à microbiologia e aos teores de umidade e de SS (Brasil, 1978). No caso de adição de subprodutos, é fundamental que sejam avaliados outros parâmetros de qualidade na geleia. A casca, por exemplo, contém maiores teores de acidez, de fibra alimentar e de compostos bioativos que a polpa. Ingredientes muito ácidos podem reduzir a formação de redes formadoras de géis, diminuindo a consistência em geleias (Featherstone, 2016). Contrariamente, a adição de níveis elevados de fibra pode aumentar a capacidade de retenção de água, formando um gel muito viscoso e de textura firme (Masmoudi *et al.*, 2010). Já os compostos bioativos, como os limonóides, a poncirina, a hesperidina e as flavonas polimetoxiladas, podem alterar os parâmetros sensoriais, principalmente provocando um sabor amargo no produto (Batenburg *et al.*, 2016; Kiefl *et al.*, 2017). Além disso, as cascas de frutos possuem menor concentração de açúcares que a polpa, o que reduz a quantidade de SS e, conseqüentemente, o sabor doce (Featherstone, 2016). Apesar desses efeitos desfavoráveis, a adição de cascas de frutos como ingrediente melhoram o perfil nutricional do produto (Sharma *et al.*, 2017), tornando-o mais saudável para o consumo.

Quanto às características químicas dos produtos, tanto a adição da casca em pó quanto *in natura* aumentaram os teores de ácido ascórbico (Yoshikawa *et al.*, 2006), de compostos fenólicos (Yoshikawa *et al.*, 2006; Sicari *et al.*, 2017), de antocianinas (Sicari *et al.*, 2017), de limoneno, de hesperidina (Yoshikawa *et al.*, 2006) e da capacidade antioxidante (Yoshikawa *et al.*, 2006; Sicari *et al.*, 2017). Esses resultados são explicados devido as cascas de *Citrus* possuírem maiores quantidades desses compostos. Um exemplo, é a casca do limão Tahiti que contém 51,59 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (Lagha-Benamrouche & Madani, 2013) e 35,89 mg GAE 100 g⁻¹ de compostos fenólicos (Ghasemi *et al.*, 2009). Já a polpa possui apenas 26,79 mg 100 g⁻¹ (Xu *et al.*, 2008) e 11,75 mg GAE 100 g⁻¹ (Ghasemi *et al.*, 2009), respectivamente. No entanto, um período prolongado de armazenamento (≥ 30 dias) em marmelada promoveu a redução da concentração de antocianinas e de hesperidina, além de

diminuir a capacidade antioxidante. Os compostos fenólicos tiveram uma redução a partir de 60 dias de estocagem (Sicari *et al.*, 2017). Um período longo de armazenamento pode alterar a estrutura molecular de compostos bioativos promovendo a oxidação não enzimática (Kamiloglu *et al.*, 2015; Patras *et al.*, 2011). Fatores como a luz, o pH (SICARI *et al.*, 2017), um baixo teor de vitamina C (Bouayed & Bohn, 2010), a presença de ferro (Champagne & Fustier, 2007), de açúcares e de enzimas (Sicari *et al.*, 2017) podem acelerar esse processo.

Maior AT foi observada na geleia preparada exclusivamente com casca de laranja *in natura*, comparada à adição de casca de romã e de banana (Chacko & Estherlydia, 2013). Esse resultado é comum uma vez que a laranja possui naturalmente um teor elevado de acidez (Loizzo *et al.*, 2018). No estudo de Sicari *et al.* (2017), a adição de pó de casca de laranja em marmelada armazenada por mais de 120 dias (35 °C) reduziu a AT. O teor de pH em geleias e produtos similares podem variar de acordo com os ingredientes utilizados. Além disso, pode sofrer influência de outros fatores como temperatura de cocção e de armazenamento, tempo de maturação do fruto e presença de oxigênio (Featherstone, 2016; Sicari *et al.*, 2017). Nesse sentido, verificou-se que geleia contendo casca de laranja e a marmelada com pó da casca apresentaram pH ácido devido ao elevado teor de acidez presente na casca de laranja. Esse efeito pode ser explicado uma vez que a casca da laranja apresenta um pH ácido, em torno de 4,34 (Abou-Arab *et al.*, 2017). Com isso, pode ocorrer uma alteração na textura de produtos similares à geleia. O armazenamento também é um fator que pode alterar o pH em produtos alimentícios, contudo um período de até 150 dias de estocagem não influenciou na composição de marmeladas adicionadas de pó de casca de laranja (Sicari *et al.*, 2017). Segundo Piorkowski & McClements (2014), produtos com pH baixo podem sofrer reações de ciclização e oxidação durante o armazenamento, aumentando o valor de pH e, conseqüentemente, reduzindo a acidez. Com isso, há uma diminuição na vida de prateleira do produto, visto que pode ocorrer o crescimento de microrganismos deteriorantes e patogênicos (Touati *et al.*, 2014).

A umidade em produtos como geleias sofre influência direta dos ingredientes, principalmente se conterem fibras. No estudo de Chacko & Estherlydia (2013), constatou-se que a geleia preparada exclusivamente com casca de laranja *in natura* apresentou menor quantidade de umidade que aquela adicionada de casca de abacaxi. Esse fato é explicado pelo maior teor de umidade da casca de abacaxi (80%) (Razali *et al.*, 2016) quando comparada com a casca de laranja (67%) (Barros *et al.*, 2012). Além do mais, a casca de abacaxi possui maior teor de fibra alimentar (15,05 g 100 g⁻¹) (Crizel *et al.*, 2016) que a casca da laranja (11,44 g 100 g⁻¹) (Garcia-Amezquita *et al.*, 2018). As fibras possuem elevada capacidade

higroscópica, o que facilita a retenção de água no produto (Elleuch *et al.*, 2011). Os autores também verificaram que o uso de casca de laranja elevou o teor de SS da geleia para 75 °Brix, bem superior ao recomendado que é de 63 a 65 °Brix (Featherstone, 2016). Efeito que pode ser atribuído à presença de elevado teor de pectina na casca de laranja (35,3 g 100 g⁻¹) (Alvarez *et al.*, 2018). A pectina se liga às moléculas de água disponíveis, fazendo com que os SS migrem para dentro das células, o que aumenta a concentração desses compostos no produto (Einhorn-Stoll *et al.*, 2018). Um teor elevado de SS aumenta a formação de cristais de açúcares, elevando a consistência da geleia (Featherstone, 2016).

O hidroximetilfurfural (HMF) pertence à classe dos contaminantes neo-formados. É gerado durante processos que utilizam o aquecimento para a preservação de alimentos (Capuano & Fogliano, 2011). Outros fatores como baixo pH, elevada acidez (Körner *et al.*, 2018), tempo de armazenamento (Kowalski *et al.*, 2013) e tipo de recipiente (Touati *et al.*, 2014) também podem promover a formação de HMF. Durante a cocção, a síntese de HMF ocorre através da desidratação do açúcar em reações catalisadas por ácidos ou como resultado da reação de *Maillard* (Rosatella *et al.*, 2011). Quando produzido em excesso, causa alterações nas características sensoriais do produto, especialmente no sabor e na cor (Aslanova *et al.*, 2010; Zulueta *et al.*, 2013). Nesse caso, ocorre a polimerização cruzada, formando-se polímeros solúveis marrons e insolúveis pretos (Carvalho *et al.*, 2018). Esses polímeros em geleias e similares podem produzir um sabor residual amargo (Krstanovski *et al.*, 2017). No estudo de Sicari *et al.* (2017), houve um aumento de HMF em marmelada adicionada de pó de casca laranja, além de uma correlação positiva entre HMF e SS. A presença de açúcares simples na casca da laranja (Carvalho *et al.*, 2018), em particular a frutose, pode ser considerada a principal responsável pela formação de HMF (Ricca *et al.*, 2010). Além de alterar as características sensoriais dos alimentos, a presença de HMF também pode prejudicar o conteúdo de substâncias bioativas. Esse efeito foi verificado por Sicari *et al.* (2017), que constataram uma correlação negativa entre o teor de HMF e de antocianinas. Em misturas aquosas ácidas, valores elevados de HMF reduzem o efeito de co-pigmento das antocianinas (Freitas *et al.*, 2011), diminuindo sua concentração.

Os métodos analíticos podem apresentar influência sobre a capacidade antioxidante dos alimentos (Granato *et al.*, 2018). Sicari *et al.* (2017) avaliaram o teor de compostos antioxidantes em marmelada com pó de casca de laranja por dois métodos de extração, o 1,1-difenil-2-picrilhidrazila (DPPH) e o ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico (ABTS). Observou-se que quanto o maior teor de DPPH maior a concentração de compostos fenólicos e de antocianinas (correlação positiva), contrariamente ao observado para o valor de

ABTS (correlação negativa). Esses resultados são explicados devido ao método de DPPH ser utilizado na avaliação de substâncias hidrofílicas, enquanto o método de ABTS é mais eficiente na avaliação de compostos lipofílicos (Zuhair *et al.*, 2013). A conformação estrutural do DPPH e seu número de grupos hidroxílicos disponíveis permitem ligações com o grupo hidroxila dos compostos fenólicos e das antocianinas, que são compostos hidrofílicos, sendo o método analítico mais indicado nesse caso. Já o ABTS, atua com mais eficiência em substâncias antioxidantes apolares, isto é, em emulsões lipídicas (Porter, 1993), o que limita a leitura de compostos hidrofílicos.

A avaliação de atributos tecnológicos em geleias é imprescindível para verificar as alterações causadas pelo processamento e/ou armazenamento. Nessas fases, ocorrerem diversas transformações químicas, especialmente nos teores de açúcar (Lotito *et al.*, 2018) e de compostos bioativos (Poiana *et al.*, 2013). Dos estudos avaliados, apenas um (Younis *et al.*, 2015) estudou as características tecnológicas de geleia com adição de diferentes níveis de pó de casca de limão doce (0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10% e 12,5%). Todas as formulações foram adicionadas de 0% e 5% de cloreto de sódio (NaCl) e de bicarbonato de sódio (NaHCO₃). De forma geral, o incremento do subproduto elevou a firmeza e a mastigabilidade. Contudo, houve uma redução na adesividade de todas as formulações e na coesividade nas amostras contendo NaCl e NaHCO₃. Essas alterações tecnológicas foram causadas principalmente devido à elevada quantidade de fibra (17,58%) presente na casca de limão doce (Younis *et al.*, 2015), que aumenta a absorção de líquidos. A pectina, em especial, promove a formação de gel, que ocorre pela sua precipitação quando em contato com o açúcar. Além do mais, as fibras reduzem a quantidade de água causando um aumento na consistência do produto (Verkempinck *et al.*, 2018). Sais como o NaCl e o NaHCO₃ possuem a propriedade de se unir à moléculas de água disponíveis (Mohan *et al.*, 2016), o que pode explicar a maior firmeza da geleia adicionada de casca de limão e de sais elaborada por Younis *et al.* (2015).

A análise sensorial é utilizada no desenvolvimento de produtos e permite obter um resultado sobre a aceitabilidade e a qualidade do produto antes, durante e depois do processamento. Dessa forma, é possível qualificar e quantificar a influência do uso de novos ingredientes e/ou níveis de adição no produto. Considera também, a interação entre os ingredientes, por meio da interpretação das respostas dos consumidores (Starowicz *et al.*, 2018). Os estudos de Chacko & Estherlydia (2013) e Younis *et al.* (2015) utilizaram testes sensoriais hedônicos para avaliar geleias de casca de laranja, de romã e de banana e com adição de casca de limão doce em pó, respectivamente. Younis *et al.* (2015) verificaram que a adição de casca de limão doce reduziu as notas para os atributos textura, cor/aparência, sabor

e para a aceitação global. Entretanto, Chacko & Estherlydia (2013) não utilizaram um produto padrão sem adição do subproduto. Os autores verificaram que as geleias com cascas de laranja, de romã e de banana tiveram notas inferiores para os atributos aparência, cor, sabor e textura e para a aceitação global comparadas com aquela adicionada de casca de abacaxi. Além disso, a adição de casca de frutos também pode prejudicar a aceitabilidade sensorial em produtos de panificação (Hayta *et al.*, 2012; Das & Gupta, 2018), em laticínios (Bertolino *et al.*, 2015; Lucera *et al.*, 2018) e em derivados cárneos (Ibrahim *et al.*, 2018; Nardoia *et al.*, 2018), dentre outros.

Alterações sensoriais em alimentos adicionados de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* ocorrem devido aos compostos fenólicos, fitatos e oxalatos. Exemplos dessas substâncias são a neosperidina (Pozzo *et al.*, 2018), o D-limoneno e L-limoneno (Rodríguez *et al.*, 2018) e as agliconas (Zoccali *et al.*, 2018), que promovem sabores adocce, azedo e amargo (Ghasemi *et al.*, 2018) e sensações de adstringência, pungência e refrescância (Glabasnia *et al.*, 2018). Além disso, compostos solúveis e voláteis da casca, como os monoterpênicos (limoneno, mircenos), sesquiterpenoides (α e β -sinensal), sesquiterpeno (valenceno) (Xie *et al.*, 2018), monoterpênicos (decanal, linalol, neral, geranial, citronelal) dentre outros (Gonçalves *et al.*, 2018), podem alterar o sabor e o aroma em produtos alimentícios. Os carotenoides também podem influenciar na aceitabilidade sensorial e na aparência (Abdelaali *et al.*, 2018). Essas substâncias são conhecidas como metabólitos isoprenóides, que produzem pigmentação na faixa do amarelo ao vermelho, o que caracteriza a cor presente em casca de frutos do gênero *Citrus* (Rodríguez-Concepcion *et al.*, 2018). Em relação à textura, as fibras presentes na casca aumentam a hidrofiliabilidade, o que produz uma maior firmeza no produto (Quiles *et al.*, 2018). Diante do exposto, constata-se que existem diversos fatores que limitam a adição de elevadas quantidades de cascas de frutos do gênero *Citrus* em geleias e produtos similares.

4. Considerações Finais

A composição química e nutricional da polpa e de subprodutos das principais cultivares do gênero *Citrus* varia amplamente dependendo da cultivar, da época de colheita, do estágio de maturação, das condições ambientais, das condições de armazenamento e outros fatores. Os subprodutos se destacam pelos elevados teores de macro e micronutrientes e de compostos bioativos. Em geral, a incorporação de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* em geleias e produtos similares, mantém as características químicas, como pH e Acidez Titulável, e aumenta o teor de Sólidos Solúveis e a capacidade antioxidante. Além disso, melhora o

perfil nutricional, já que eleva a quantidade de compostos fenólicos e de ácido ascórbico. Dessa forma, a utilização de subprodutos de frutos do gênero *Citrus* em geleias e produtos similares é uma alternativa viável na elaboração de produtos, o que colabora para a oferta de alimentos mais saudáveis à população, além de reduzir o impacto ambiental causado pela eliminação de resíduos orgânicos na natureza.

Sugere-se que novos trabalhos sejam realizados avaliando a composição química e nutricional da polpa e de subprodutos de outros frutos, além do efeito de sua adição sobre as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais de produtos alimentícios.

Referências

Abdelaali, S.B., Rodrigo, M.J., Saddoud, O., Zacarías, L., Hajlaoui, M.R. & Mars, M. (2018). Carotenoids and colour diversity of traditional and emerging Tunisian orange cultivars (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). *Scientia Horticulturae*, 227(1): 296-304.

Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (ABIA). *Produção de consumo de geleias*. 2017. Disponível em: <https://www.abia.org.br/>. Acesso em: 28 de setembro de 2018.

Abid, M., Yaich, H., Hidouri, H., Attia, H. & Ayadi, M.A. (2018). Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food Chemistry*, 239(1): 1047-1054.

Abou-Arab, E.A., Mahmoud, M.H. & Abu-Salem, F.M. (2017). Functional properties of *Citrus* peel as affected by drying methods. *American Journal of Food Technology*, 12(3): 193-200.

Aboudaou, M., Ferhat, M.A., Hazzit, M., Ariño, A. & Djenane, D. (2018). Solvent Free-microwave Green Extraction of Essential Oil from Orange Peel (*Citrus sinensis* L.): Effects on Shelf Life of Flavored Liquid Whole Eggs during Storage under Commercial Retail Conditions. *Preprints*, 1(1): 1-42.

Ahmed, O.M., Hassan, M.A., Abdel-Twab, S.M. & Azeem, M.N.A. (2017). Navel orange peel hydroethanolic extract, naringin and naringenin have anti-diabetic potentials in type 2 diabetic rats. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 94(1): 197-205.

Al-Mouei, R. & Choumane, W. (2014). Physiochemical juice characteristics of various *Citrus* species in Syria. *International Journal of Soil Science*, 3(9): 1083-1095.

Alvarez, J., Hooshdaran, B., Cortazar, M., Amutio, M., Lopez, G., Freire, F.B., Haghshenasfard, M., Hosseini, S.H. & Olazar, M. (2018) Valorization of *Citrus* wastes by fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. *Fuel*, 224(1): 111-120.

Ancos, B., Cilla, A., Barberá, R., Sánchez-Moreno, C. & Cano, M.P. (2017). Influence of orange cultivar and mandarin postharvest storage on polyphenols, ascorbic acid and antioxidant activity during gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 225(1): 114-124.

Ani, P.N. & Abel, H.C. (2018). Nutrient, phytochemical, and antinutrient composition of *Citrus maxima* fruit juice and peel extract. *Food Science & Nutrition*, 6(3): 653-658.

Anwar, F., Naseer, R., Bhangar, M.I., Ashraf, S., Talpur, F.N. & Aladedunye, F.A. (2008). Physico-chemical characteristics of *Citrus* seeds and seed oils from Pakistan. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 85(4): 321-330.

Arioui, F., Saada, D. & Cheriguene, A. (2017). Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of *Citrus sinensis*. *Food Science & Nutrition*, 5(2): 358-364.

Asema, S.U.K. & Parveen, N. (2018). Study of heavy metal content by AAS in a variety of flavours of jam samples and its physicochemical characterization. *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology*, 4(1): 1259-1261.

Assefa, A.D. & Keum, Y.S. (2017). Effect of extraction solvent and various drying methods on polyphenol content and antioxidant activities of yuzu (*Citrus junos* Sieb Ex Tanaka). *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2): 576-585.

Awan, A.T., Tsukamoto, J. & Tasic, L. (2013). Orange waste as a biomass for 2G-ethanol production using low cost enzymes and co-culture fermentation. *RSC Advances*, 3(1): 25071-25078.

Babazadeh-Darjaz, B. (2013). Comparison of peel volatile components of citron and pummelo (*Citrus* sp.) *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 5(6): 682-689.

Babiker, W.A., Sulieman, A.M.E., Elhardallou, S.B. & Khalifa, E.A. (2013). Physicochemical properties of wheat bread supplemented with orange peel by-products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 2(1): 1-4.

Banjerdpongchai, R., Wudtiwai, B., Khaw-On, P., Rachakhom, W., Duangnil, N. & Kongtawelert, P. (2016). (Hesperidin from *Citrus* seed induces human hepatocellular carcinoma HepG2 cell apoptosis via both mitochondrial and death receptor pathways. *Tumor Biology*, 37(1): 227-237.

Barba, F.J., Zhu, Z., Koubaa, M., Sant'Ana, A.S. & Orlien, V. (2016). Green alternative methods for the extraction of antioxidant bioactive compounds from winery wastes and by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 49(1): 96-109.

Barros, H.R.M., Ferreira, T.A.P.C. & Genovese, M.I. (2012). Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of *Citrus* from Brazil. *Food Chemistry*, 134(4): 1892-1898.

Batenburg, A.M., Joode, T. & Gouka, R.J. (2016). Characterization and modulation of the bitterness of polymethoxyflavones using sensory and receptor-based methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(12), 2619-2626.

Bekker, M.Z., Smith, P.A., Wilkes, E.N. & Johnson, D. (2016). Wine pH, copper and 'reductive' aromas in wines. *Wine & Viticulture Journal*, 6(6): 36-38.

Benseddik, A., Azzi, A., Zidoune, M.N., Khanniche, R. & Besombes, C. (2018). Empirical and diffusion models of rehydration process of differently dried pumpkin slices. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 17(3): 1-10.

Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V. & Zeppa, G. (2015). Influence of the addition of different hazelnut skins on the physicochemical, antioxidant, polyphenol and sensory properties of yogurt. *LWT - Food Science and Technology*, 63(1): 1145–1154.

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). *Lixo orgânico produzido diariamente*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 de setembro de 2018.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). (1978). *Resolução - CNNPA nº 12*, de julho de 1978. Normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas). Diário Oficial da União; Poder Executivo, Brasília, DF.

Cao, S., Yang, Z. Z. & Heng, Y. (2013). Sugar metabolism in relation to chilling tolerance of loquat fruit. *Food Chemistry*, 136(1): 139-143.

Capuano, E. & Fogliano, V. (2011). Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *Food Science and Technology*, 44(1): 793-810.

Carvalho, E.G., Rodrigues, F.D.A., Monteiro, R.S., Ribas, R.M. & Silva, M.J. (2018). Experimental design and economic analysis of 5-hydroxymethylfurfural synthesis from fructose in acetone-water system using niobium phosphate as catalyst. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 8(3): 1-12.

Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI) (2018). *Exporting jams and jellies to Europe*. Disponível em: <https://www.cbi.eu/market-information/processed-fruit-vegetables-edible-nuts/jams-jellies/europe/>. Acesso em: 29 de janeiro de 2018.

Chacko, C.M. & Estherlydia, D. (2013). Sensory, physicochemical and antimicrobial evaluation of jams made from indigenous fruit peels. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 5(1): 69-75.

Champagne, C.P. & Fustier, P. (2007). Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2): 184-190.

Chen, M., Xie, X.X., Lin, Q.L., Donald, G., Yin, X.R., Sun, C.D. & Chen, K.S. (2013). Differential expression of organic acid degradation-related genes during fruit development of Navel Oranges (*Citrus sinensis*) in two habitats. *Plant Molecular Biology Reporter*, 31(1): 1131-1140.

Choi, I.S., Lee, Y.G., Khanal, S.K., Park, B.J. & Bae, H.J. (2015). A low-energy, cost-effective approach to fruit and *Citrus* peel waste processing for bioethanol production. *Applied Energy*, 140(1): 65-74.

Crizel, T.M., Jablonski, A., Rios, A.O., Rech, R. & Flôres, S.H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *Food Science and Technology*, 53(1): 9-14.

Cui, Z., Lee, Y. & Park, D. (2015). P-Syneprine suppresses glucose production but not lipid accumulation in H4IIE liver cells. *Journal of Medicinal Food*, 18(1): 76-82.

Das, M. & Gupta, P. (2018). *Citrus* peel can make anti-oxidant rich food with free radical scavenging property: Development, acceptability and evaluation. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(2): 140-144.

Dwivedi, P., Singh, M., Sehra, N., Pandey, N., Sangwan, R.S. & Mishra, B.B. (2017). Processing of wet Kinnow mandarin (*Citrus reticulata*) fruit waste into novel Brønsted acidic ionic liquids and their application in hydrolysis of sucrose. *Bioresource Technology*, 250(1): 621-624.

Einhorn-Stoll, U., Vasileva, E., Hecht, T. & Drusch, S. (2018). Pectin-water interactions in foods – From powder to gel. *Food Hydrocolloids*, 78(1): 109-119.

Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C. & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2): 411-421.

El-Otmani, M., Ait-Oubahou, A. & Zacarías, L. (2011). *Citrus spp.: orange, mandarin, tangerine, clementine, grapefruit, pomelo, lemon and lime*. Postharvest Biology and

Technology of Tropical and Subtropical Fruits. 21 ed. Amsterdam: Woodhead Publishing Limited.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). *Citrus Fruit Statistics*. Rome, 53p. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/Citrus-fruit/en/>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2017). *Citrus: world markets and trade*. United States: Department of Agriculture Foreign Agricultural Service, 2017. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/Citrus.pdf>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

Fava, F., Zanaroli, G., Vannini, L., Guerzoni, E., Bordoni, A., Viaggi, D., Robertson, J., Waldron, K., Bald, C., Esturo, A., Talens, C., Tueros, I., Cebrián, M., Sebők, A., Kuti, T., Broeze, J., Macias, M. & Brendle, H. (2013). New advances in the integrated management of food processing by-products in Europe: sustainable exploitation of fruit and cereal processing by-products with the production of new food products. *New Biotechnology*, 30(6): 647-655.

Favela-Hernández, J.M.J., González-Santiago, O., Ramírez-Cabrera, M.A., Esquivel-Ferriño, P.C. & Camacho-Corona, M.D.R. (2016). Chemistry and pharmacology of *Citrus sinensis*. *Molecules*, 21(2): 247–271.

Featherstone, S. (2016). *Complete course in canning and related processes: Processing procedures for canned food products*. 40 ed. Cambridge: Elsevier.

Freitas, A.A., Quina, F.H. & Maçanita, A.A. (2011). Picosecond dynamics of proton transfer of a 7-Hydroxyflavylium salt in aqueous - Organic solvent mixtures. *Journal of Physical Chemistry*, 115(40): 10988-10995.

Garcia-Amezquita, L.E., Tejada-Ortigoza, V., Heredia-Olea, E., Serna-Saldívar, S.O. & Welti-Chanes, J. (2018). Differences in the dietary fiber content of fruits and their by-products quantified by conventional and integrated AOAC official methodologies. *Journal of Food Composition and Analysis*, 67(1): 77-85.

Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N. & Mihoubi, N.B. (2012). Microwave dehydration of three *Citrus* peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40(1): 167-177.

Ghasemi, K., Ghasemi, Y. & Ali Ebrahimzadeh, M. (2009). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 *Citrus* species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3): 277-281.

Ghasemi, S., Jafari, S.M., Assadpour, E. & Khomeiri, M. (2018). Nanoencapsulation of d-limonene within nanocarriers produced by pectin-whey protein complexes. *Food Hydrocolloids*, 77(1): 152-162.

Glabasnia, A., Dunkel, A., Frank, O. & Hofmann, T. (2018). Decoding the nonvolatile sensometabolome of orange juice (*Citrus sinensis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(10): 2354-2369.

Goldenberg, L., Yaniv, Y., Porat, R. & Carmi, N. (2018). Mandarin fruit quality: a review. *Journal of Food Science and Agriculture*, 98(1): 18-26.

Gonçalves, D., Costa, P., Rodrigues, E.C.C. & Rodrigues, A.E. (2018). Effect of *Citrus sinensis* essential oil deterpenation on the aroma profile of the phases obtained by solvent extraction. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 116(1): 166-175.

Granato, D., Shahidi, F., Wrolstad, R., Kilmartin, P., Melton, L.D., Hidalgo, F.J. & Elmore, S. (2018). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoids contents: Should we ban in vitro screening methods? *Food Chemistry*, 264(1): 471-475.

Hashem, A.M., Abuzeid, H., Kaus, M., Indris, S., Ehrenberg, H., Mauger, A. & Julien, C.M. (2018). Green synthesis of nanosized manganese dioxide as positive electrode for lithium-ion batteries using lemon juice and *Citrus* peel. *Electrochimica Acta*, 262(1): 74-81.

Ho, S. & Kuo, C. (2014). Hesperidin, nobiletin, and tangeretin are collectively responsible for the anti-neuroinflammatory capacity of tangerine peel (*Citri reticulatae* pericarpium). *Food and Chemical Toxicology*, 71(1): 176-182.

Ibrahim, H.M., Hassan, I.M. & Hamed, A.A.M. (2018). Application of lemon and orange peels in meat products: Quality and safety. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(4): 2703-2723.

Imran, M., Butt, M.S., Iqbal, M.J., Gilani, S.A., Basharat, S., Saeed, F. & Suleria, H.A.R. (2016). Antioxidant potential, physico-chemical, and sensory attributes of cookies supplemented with mosambi peel extract. *International Journal of Fruit Science*, 16(3): 341-349.

Kamiloglu, S., Pasli, A.A., Ozcelik, B., Van Camp, J. & Capanoglu, E. (2016). Influence of different processing and storage conditions on in vitro bioaccessibility of polyphenols in black carrot jams and marmalades. *Food Chemistry*, 186(1): 74-82.

Kantar, S.E., Boussetta, N., Rajha, H.N., Maroun, R.G., Louka, N. & Vorobiev, E. (2018). High voltage electrical discharges combined with enzymatic hydrolysis for extraction of polyphenols and fermentable sugars from orange peels. *Food Research International*, 107(1): 755-762.

Kapur, D. (2018). Unit-5. *The Micronutrients-II: Minerals*. New Delhi: IGNOU.

Karaman, E., Yilmaz, E. & Tuncel, N.B. (2017). Physicochemical, microstructural and functional characterization of dietary fibers extracted from lemon, orange and grapefruit seeds press meals. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 11(1): 9-17.

Karki, T.B., Sitaula, R. & Ojha, P. (2018). Physio-chemical and functional quality evaluation of mandarin peel powder. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(1): 575-582.

Karoui, I.J. & Marzouk, B. (2013). Characterization of bioactive compounds in tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel and juice and determination of their antioxidant activities. *BioMed Research International*, 1(2): 1-12.

Khorram, F., Ramezani, A. & Hosseini, S.M.H. (2017). Shellac, gelatin and persian gum as alternative coating for orange fruit. *Scientia Horticulturae*, 225(1): 22-28.

Kiefl, J., Kohlenberg, B., Hartmann, A., Obst, K., Paetz, S., Krammer, G. & Trautzsch, S. (2017). Investigation on key molecules of Huanglongbing (HLB) induced orange juice off-flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(10): 2370-2377.

Kolawole, S.E., Obueh, H.O. & Emokpae, B.A. (2017). Nutritional and antinutritional evaluation of grape fruit (*Citrus paradisi*) juice using different extraction methods. *Journal of Advances in Food Science & Technology*, 4(2): 84-90.

Kopjar, M., Durkan, I. & Pili_Zota, V. (2010). HMF formation and colour change of bitter orange and sweet orange jams during storage. *Croatia Journal of Food Science Technology*, 2(2): 11-15.

Körner, P., Jung, D. & Kruse, A. (2018). The effect of different Bronsted acids on the hydrothermal conversion of fructose to HMF. *Green Chemistry*, 20(10): 2231-2241.

Koubaa, M., Mhemdi, H. & Vorobiev, E. (2015). Seed oil polyphenols: rapid and sensitive extraction method and high resolution-mass spectrometry identification. *Analytical Biochemistry*, 476(1): 91-93.

Kowalski, S., Lukaszewicz, M., Duda-Chodak, A. & Ziec, G. (2013). 5-Hydroxymethyl-2-Furfural (HMF) – Heat-induced formation, occurrence in food and biotransformation – A review. *Poland Journal of Food Nutrition Sciences*, 63(4): 207-225.

Kraujalytė, V., Venskutonis, P.R., Pukalskas, A., Česonienė, L. & Daubaras, R. (2013). Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. *Food Chemistry*, 141(4): 3695-3702.

Krstanovski, A., Menkovska, M., Stojanovska, S., Gruevska, N., Tomovska, J. & Tasevska, J. (2017). Maillard reaction and lactose structural changes during milk processing. *Chemistry Research Journal*, 2(6): 139-145.

Lagha-Benamrouche, S. & Madani, K. (2013). Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis* L. and *Citrus aurantium* L.) cultivated in Algeria: Peels and leaves. *Industrial Crops and Products*, 50(1): 723-730.

Lambani, N., Malik, S. K., Kaur, S., Choudhary, R., Rohini, M.R., Bhat, K.V. & Chaudhury, R. (2018). Physico-Chemical diversity analysis in Lime (*C. aurantiifolia* (Christm.) Swingle), Lemon (*C. limon* Burm. f.) and Hill Lemon (*C. pseudolimon* Tan.) species collected from the foothills of Himalaya, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1): 3220-3227.

Lee, C.Y. (2018). *Principles of Food Chemistry: Fruits and vegetables*. Food Science Text Series. Wien: Springer Nature.

Legua, P., Forner, J.B., Hernández, F. & Forner-Giner, M.A. (2014). Total phenolics, organic acids, sugars and antioxidant activity of mandarin (*Citrus clementina* Hort. ex Tan.): variation from rootstock. *Scientia horticulturae International Society for Horticultural Science*, 174(1): 60-64.

Lliso, I., Tadeo, F.R., Phinney, B.S., Wilkerson, C.G. & Talón, M. (2017). Protein changes in the albedo of *Citrus* fruits on postharvesting storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(22): 9047-9053.

Lo' Ay, A.A. & El-Khateeb, A.Y. (2018). Antioxidant enzyme activities and exogenous ascorbic acid treatment of 'Williams' banana during long-term cold storage stress. *Scientia Horticulturae*, 234(1): 210-219.

Loizzo, M.R., Leporini, M., Sicari, V., Falco, T., Pellicanò, T.M. & Tundis, R. (2018). Investigating the in vitro hypoglycaemic and antioxidant properties of *Citrus × clementina* Hort. Juice. *European Food Research & Technology*, 244(3): 523-534.

Lotito, A.M., Sanctis, M., Pastore, C. & Iaconi, C.D. (2018). Biomethanization of *Citrus* waste: Effect of waste characteristics and of storage on treatability and evaluation of limonene degradation. *Journal of Environmental Management*, 215(1): 366-376.

Lucera, A., Costa, C., Marinelli, V., Saccotelli, M.A., Del Nobile, M.A. & Conte, A. (2018). Fruit and vegetable by-products to fortify spreadable cheese. *Antioxidants*, 7(5): 1-10.

Mamma, D. & Christakopoulos, P. (2014). Biotransformation of *Citrus* by-products into value added products. *Waste Biomass Valorization*, 5(1): 529-549.

Markiewicz-Keszycka, M., Casado-Gavaldà, M.P., Cama-Moncunill, X., Cama-Moncunill, R., Dixit, Y., Cullen, P.J. & Sullivan, C. (2018). Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) for rapid analysis of ash, potassium and magnesium in gluten free flours. *Food Chemistry*, 244(1): 324-330.

Martí, N., Saura, D., Fuentes, E., Lizama, V., García, E., Mico-Ballester, M.J. & Lorente, J. (2011). Fiber from tangerine juice industry. *Industrial Crops and Products*, 33(1): 94-98.

Masisi, K., Beta, T. & Moghadasian, M.H. (2016). Antioxidant properties of diverse cereal grains: a review on in vitro and in vivo studies. *Food Chemistry*, 196(1): 90-97.

Masmoudi, M., Besbes, S., Chaabouni, S., Robert, C., Paquot, M., Blecker, C. & Attia, H. (2008). Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 74(1): 185-192.

Matejczyk, M., Świdorski, G., Świsłocka, R., Rosochacki, S.J. & Lewandowski, W. (2018). Seleno-l-methionine and l-ascorbic acid differentiate the biological activity of doxorubicin and its metal complexes as a new anticancer drugs candidate. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 48(1): 141-148.

Mattsson, L., Williams, H. & Berghel, J. (2018). Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden – Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact. *Resources, Conservation and Recycling*, 130(1): 118-126.

Mditshwa, A., Magwaza, L.S., Tesfay, S.Z. & Opara, U.L. (2017). Postharvest factors affecting vitamin C content of *Citrus* fruits: A review. *Scientia Horticulturae*, 218(1): 95-104.

Milind, P. & Dev, C. (2012). Orange range of benefits. *International Research Journal of Pharmacy*, 3(7): 56-79.

Mir, S.A., Don Bosco, S.J., Shah, M.A., Santhalakshmy, S. & Mir, M.M. (2017). Effect of apple pomace on quality characteristics of brown rice based cracker. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1): 25-32.

Mohan, A., Jaico, T., Kerr, W. & Singh, R. (2016). Functional properties of bicarbonates on physicochemical attributes of ground beef. *Science and Technology*, 70(1): 333-341.

Moulehi, I., Bourgou, S., Ourghemmi, I. & Tounsi, M.S. (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata Blanco*) and bitter orange (*Citrus aurantium L.*) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*, 39(1): 74-80.

Naeem, M.M., Fairulnizal, M.M., Norhayati, M.K., Zaiton, A., Norliza, A.H., Syuriahti, W.W. & Rusidah, S.A. (2017). The nutritional composition of fruit jams in the Malaysian market. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1): 89-96.

Nardoia, M., Ruiz-Capillas, C., Casamassima, D., Herrero, A.M., Pintado, T., Jiménez-Colmenero, F. & Brenes, A. (2018). Effect of polyphenols dietary grape by-products on chicken patties. *European Food Research and Technology*, 244(2): 367-377.

Nipornram, S., Tochampa, W., Rattanatraiwong, P. & Singanusong, R. (2018). Optimization of low power ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from mandarin (*Citrus Reticulata Blanco* cv. Sainampung) peel. *Food Chemistry*, 241(1): 338-345.

Nishad, J., Koley, T.K., Varghese, E. & Kaur, C. (2018). Synergistic effects of nutmeg and *Citrus* peel extracts in imparting oxidative stability in meat balls. *Food Research International*, 106(1): 1026-1036.

Niu, L.Y., Wu, J.H., Liao, X.J., Chen, F., Wang, Z.F., Zhao, G.H. & Hu, X.S. (2008). Physicochemical characteristics of orange juice samples from seven cultivars. *Agricultural Sciences in China*, 7(1): 41-47.

Okpala, L.C. & Akpu, M.N. (2014). Effect of orange peel flour on the quality characteristics of bread. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(5): 823-830.

Ortiz, L., Dorta, E., Lobo, M.G., González-Mendoza, L.A., Díaz, C. & González, M. (2017). Use of banana peel extract to stabilise antioxidant capacity and sensory properties of orange juice during pasteurisation and refrigerated storage. *Food and Bioprocess Technology*, 10(10): 1883-1891.

Padilla-Camberos, E., Lazcano-Díaz, E., Flores-Fernandez, Owolabi, J.M., Allen, M.S. & Villanueva-Rodríguez, K. (2014). Evaluation of the inhibition of carbohydrate hydrolyzing enzymes, the antioxidant activity, and the polyphenolic content of *Citrus limetta* peel extract. *The Scientific World Journal*, 1(1): 1-4.

Paggiola, G., Stempvoort, S.V., Bustamante, J., Barbero, J.M.V., Hunt, A.J. & Clark, J.H. (2016). Can bio-based chemicals meet demand? Global and regional case-study around *Citrus* waste-derived limonene as a solvent for cleaning applications. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 10(2): 686-698.

Pantsulaia, I., Iobadze, M., Pantsulaia, N. & Chikovani, T. (2014). The effect of *Citrus* peel extracts on cytokines levels and T-regulatory cells in acute liver injury. *BioMed Research International*, 1(1): 1-7.

Papoutsis, K., Vuong, Q.V., Golding, J.B., Hasperué, J.H., Pristijono, P., Bowyer, M.C., Scarlett, C.J. & Stathopoulos, C.E. (2018). Pretreatment of *Citrus* by-products affects polyphenol recovery: a review. *Food Reviews International*, 1(1): 1-26.

Patras, A., Brunton, N.P., Tiwari, B.K. & Butler, F. (2011). Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4(7): 1245-1252.

Paula, B.M.D., Raithore, S., Manthey, J.A., Baldwin, E.A., Bai, J., Zhao, W., Glória, M.B.A. & Plotto, A. (2018). Active taste compounds in juice from oranges symptomatic for

Huanglongbing (HLB) *Citrus* greening disease. *LWT - Food Science and Technology*, 91(1), 518-525.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Recuperado em 14 de fevereiro de 2020. [https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa -Cientifica.pdf?sequence=1](https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1).

Pettolino, F.A., Walsh, C., Fincher, G.B. & Bacic, A. (2012). Determining the polysaccharide composition of the plant cell wall. *Nature Protocol*, 7(2): 1590-1607.

Poiana, M., Munteanu, M., Bordean, D., Gligor, R. & Alexa, E. (2013). Assessing the effects of different pectins addition on colour quality and antioxidant properties of blackberry jam. *Chemistry Central Journal*, 7(1): 1-13.

Porter, W.L. (1993). Paradoxical behavior of antioxidants in food and biological systems. *Toxicology and Industrial Health*, 9(2): 93-122.

Potter, R.J. & Coneva, E.D. (2018). Assessment of newly released and well-established rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) cultivars in North Alabama. *Agricultural Sciences*, 9(1): 78-98.

Pozzo, D.E., Leo, M.D., Faraone, I., Milella, L., Cavallini, C., Piragine, E. & Martini, C. (2018). Oxidative medicine and cellular longevity antioxidant and antisenescence effects of bergamot juice. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1(1): 1-14.

Putnik, P., Bursać Kovačević, D., Režek Jambak, A., Barba, F.J., Cravotto, G., Binello, A. & Shpigelman, A. (2017). Innovative “green” and novel strategies for the extraction of bioactive added value compounds from *Citrus* wastes - A review. *Molecules*, 22(5): 680-685.

Quiles, A., Campbell, G.M., Struck, S., Rohm, H. & Hernando, I. (2018). Fiber from fruit pomace: A review of applications in cereal-based products. *Food Reviews International*, 34(2): 162-181.

- Rababah, T.M., Al-Mahasneh, M.A., Kilani, I., Yang, W., Alhamad, M. N. & Ereifej, K. (2011). Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(6): 1096-1102.
- Raeissi, S., Diaz, S., Espinosa, S., Peters, C.J. & Brignole, E.A. (2008). Ethane as an alternative solvent for supercritical extraction of orange peel oils. *The Journal of Supercritical Fluids*, 45(3): 306-313.
- Rai, P., Majumdar, G.C., Jayanti, V.K., Dasgupta, S. & De, S. (2006). Alternative pretreatment methods to enzymatic treatment for clarification of mosambi juice using ultrafiltration. *Journal of Food Process Engineering*, 29(2): 202-218.
- Ramadan, K., Nader, S. & Ibrahim, A. (2018). Orange peel fixed oil (*Citrus sinensis* “valencia”), physiochemical properties, fatty acids profile, potential uses and the effect of environmental factors on it. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(1): 91-98.
- Ramful, D., Bahorun, T., Bourdon, E., Tarnus, E. & Aruoma, O.I. (2010). Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian *Citrus* fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278(1): 75-87.
- Razali, Z., Soloman George, D. & Somasundram, C. (2016). Physiochemical changes during growth and development of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr. cv. SarAwak). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(1): 491-503.
- Rehman, M., Singh, Z. & Khurshid, T. (2018). Pre-harvest spray application of abscisic acid (S-ABA) regulates fruit colour development and quality in early maturing M7 Navel orange. *Scientia Horticulturae*, 229(1): 1-9.
- Reig, G., Forcada, C.F., Mestre, L., Jiménez, S., Betrán, J.A. & Moreno, M.A. (2018). Horticultural, leaf mineral and fruit quality traits of two ‘Greengage’ plum cultivars budded on plum based rootstocks in Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 232(1): 84-91.

Ricca, E., Calabrò, V., Curcio, S., Basso, A., Gardossi, L. & Iorio, G. (2010). Fructose production by inulinase covalently immobilized on sephabeads in batch and fluidized bed bioreactor. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(3): 1180-1189.

Rodríguez, A., Kava, V., Latorre-García, L., Silva JR, G.J., Pereira, R.G., Glienke, C. & Peña, L. (2018). Engineering d-limonene synthase downregulation in orange fruit induces resistance against the fungus *Phyllosticta citricarpa* through enhanced accumulation of monoterpene alcohols and activation of defence. *Molecular Plant Pathology*, 19(9): 2077-2093.

Rodriguez-Concepcion, M., Avalos, J., Bonet, M.L., Boronat, A., Gomez-Gomez, L., Hornero-Mendez, D., Limon, M.C. & Meléndez-Martínez, J.A. (2018). A global perspective on carotenoids: Metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. *Progress in Lipid Research*, 70(1): 62-93.

Romelle, F.D., Ashwini, R.P. & Ragu, S.M. (2016). Chemical composition of some selected fruit peels. *European Journal of Food Science and Technology*, 4(4): 12-21.

Rosatella, A.A., Simeonov, S.P., Frade, R.F. & Afonso, C.A. (2011). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) as a building block platform: biological properties, synthesis and synthetic applications. *Green Chemistry*, 13(4): 754-793.

Roussos, P.A., Pazioidimou, C. & Kafkaletou, M. (2013). Assessment of twenty-two *Citrus* cultivars (oranges, mandarins and lemons) for quality characteristics and phytochemical's concentration. *Acta Horticulturae*, 981(1): 657-663.

Ruiz, B.G., Roux, S., Courtois, F. & Bonazzi, C. (2018). Kinetic modelling of ascorbic and dehydroascorbic acids concentrations in a model solution at different temperatures and oxygen contents. *Food Research International*, 106(1): 901-908.

Salazar, N.A., Alvarez, C. & Orrego, C.E. (2018). Optimization of freezing parameters for freeze-drying mango (*Mangifera Indica* L.) Slices. *Drying Technology*, 36(2): 192-204.

Sanchez, M.R., Astiazarán-Gracia, H., Martín-Belloso, O., Gorinstein, S., Alvarez-Parrilla, E., Laura, A. & González-Aguilar, G.A. (2011). Influence of whole and fresh-cut mango

intake on plasma lipids and antioxidant capacity of healthy adults. *Food Research International*, 44(1): 1386-1391.

Satari, B. & Karimi, K. (2018). *Citrus* processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resources, Conservation and Recycling*, 129(1): 153-167.

Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., Navarro, C. & Pérez-Alvarez, J.A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *Food Science and Technology*, 43(4): 708-714.

Sharma, K., Mahato, N., Hwan Cho, M. & Rok Lee, Y. (2017). Converting *Citrus* wastes into value-added products: Economic and environmentally friendly approaches. *Nutrition*, 34(1): 29-46.

Sharma, R., Verma, S., Rana, S. & Rana, A. (2018). Rapid screening and quantification of major organic acids in *Citrus* fruits and their bioactivity studies. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4): 1339-1349.

Shinwari, K.J. & Rao, P.S. (2018). Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 75(1): 181-193.

Sicari, V., Pellicano, T.M., Giffre, A.M., Zappia, C. & Capocasale, M. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Citrus* juices produced from varieties cultivated in Calabria. *Food Measure*, 10 (4): 773-780.

Sicari, V., Pellicanò, T.M., Laganà, V. & Poiana, M. (2017). Use of orange by-products (dry peel) as an alternative gelling agent for marmalade production: Evaluation of antioxidant activity and inhibition of HMF formation during different storage temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2): 1-9.

Sicari, V., Pellicano, T.M., Giuffrè, A.M., Zappia, C. & Capocasale, M. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activity of *Citrus* juices produced from varieties cultivated in Calabria. *Food Measure*, 10(4): 773-780.

Silva, J.K., Cazarin, C.B.B., Bogusz Junior, S., Augusto, F. & Maróstica Junior, M.R. (2014). Passion fruit (*Passiflora edulis*) peel increases colonic production of short-chain fatty acids in Wistar rats. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2): 1252-1257.

Smirnoff, N. (2018) Ascorbic acid metabolism and functions: A comparison of plants and mammals. *Free Radical Biology and Medicine*, 1(1): 1-14.

Starowicz, M., Koutsidis, G. & Zieliński, H. (2018). Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products - a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(11): 1767-1779.

Taghizadeh-Alisaraei, A., Hosseini, S.H., Ghobadian, B. & Motevali, A. (2017). Biofuel production from *Citrus* wastes: A feasibility study in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69(2): 1100-1112.

Tejada-Ortigoza, V., Garcia-Amezquita, L.E., Serna-Saldívar, S.O., Martín-Belloso, O. & Welti-Chanes, J. (2018). High hydrostatic pressure and mild heat treatments for the modification of orange peel dietary fiber: Effects on hygroscopic properties and functionality. *Food and Bioprocess Technology*, 11(1): 110-121.

Tiwari, B.K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *Trends in Analytical Chemistry*, 71(1): 100-109.

Touati, N., Tarazona-Díaz, M.P., Aguayo, E. & Louaileche, H. (2014). Effect of storage time and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of commercial apricot jam. *Food Chemistry*, 145(1):23-27.

Verkempinck, S.H.E., Kyomugasho, C., Salvia-Trujillo, L., Denis, S., Bourgeois, M., Van Loey, A.M. & Grauwet, T. (2018). Emulsion stabilizing properties of *Citrus* pectin and its

interactions with conventional emulsifiers in oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 85(1): 144-157.

Wu, C.T., Chiu, C.Y., Huang, C.F., Peng, F.C. & Liu, S.H. (2018). Genotoxicity and 28-day oral toxicity studies of a functional food mixture containing maltodextrin, white kidney bean extract, mulberry leaf extract, and niacin-bound chromium complex. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 92(1), 67-74.

Xi, W., Fang, B., Zhao, Q. & Zhou, Z. Flavonoid composition and antioxidant activities of Chinese local pummelo (*Citrus grandis* Osbeck.) varieties. *Food Chemistry*, 161(1), 230-238, 2014.

Xi, W., Zhang, G., Jiang, D. & Zhou, Z. (2015). Phenolic compositions and antioxidant activities of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfadyen) varieties cultivated in China. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 66(8): 858-866.

Xie, J., Deng, L., Zhou, Y., Yao, S. & Zeng, K. (2018). Analysis of changes in volatile constituents and expression of genes involved in terpenoid metabolism in oleocellosis peel. *Food Chemistry*, 243(1): 269-276.

Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Maa, Y. & Shi, J. (2008). Juice components and antioxidant capacity of *Citrus* varieties cultivated in China. *Food Chemistry*, 106(2), 545-551.

Xue, L., Liu, G., Parfitt, J., Liu, X., Van Herpen, E., Stenmarck, A., O'Connor, C.Ö., Stergren, K. & Cheng, S. (2017). Missing food, missing data? A critical review of global food losses and food waste data. *Environmental Science & Technology*, 51(1), 6618-6633.

Yang, X.Y., Xie, J.X., Wang, F.F., Zhong, J., Liu, Y.Z., Li, G.H. & Peng, S. (2011). Comparison of ascorbate metabolism in fruits of two *Citrus* species with obvious difference in ascorbate content in pulp. *Journal of Plant Physiology*, 168(18), 2196-2205.

Yoshikawa, H., Ogawa, A., Fukuhara, K. & Kondo, S. (2006). Antioxidant activity of tropical fruit jam and marmalade processed with different combinations of peel and flesh in *Citrus* fruit. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 4(1),78-84.

Younis, K., Islam, R.U., Jahan, K., Yousuf, B. & Ray, A. (2015). Effect of addition of mosambi (*Citrus limetta*) peel powder on textural and sensory properties of papaya jam. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1): 1-8.

Yu, Y., Bai, J., Chen, C., Plotto, A., Yu, Q., Baldwin, E.A. & Gmitter, F.G. (2017). Identification of QTLs controlling aroma volatiles using a 'Fortune' x 'Murcott' (*Citrus reticulata*) population. *BMC genomics*, 1(1): 646-660.

Zhang, Y., Sun, Y., Xi, W., Shen, Y., Qiao, L., Zhong, L., Ye, X. & Zhou, Z. (2014). Phenolic compositions and antioxidant capacities of Chinese wild mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruits. *Food Chemistry*, 145(1): 674-680.

Zheng, H., Zhang, Q., Quan, J., Zheng, Q. & Xi, W. (2016). Determination of sugars, organic acids, aroma components, and carotenoids in grapefruit pulps. *Food Chemistry*, 205(1): 112-121.

Zoccali, M., Arigò, A., Russo, M., Salafia, F., Dugo, P. & Mondello, L. (2018). Characterization of limonoids in *Citrus* essential oils by means of supercritical fluid chromatography tandem mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 11(9): 1-10.

Zuhair, A., Aminah, A., Sahilah, A.M. & Eqbal, D. (2013). Antioxidant activity and physicochemical properties of mature papaya fruit (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(1): 859-865.

Zulueta, A., Barba, F.J., Esteve, M.J. & Frígola, A. (2013). Changes in quality and nutritional parameters during refrigerated storage of an orange juice-milk beverage treated by equivalent thermal and non-thermal processes for mild pasteurization. *Food and Bioprocess Technology*, 6(8): 2018-2030.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Flávia Teixeira – 60%

Daiana Novello – 40%