

MORANGO (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH.*): PRODUTIVIDADE, COMPOSIÇÃO QUÍMICA, NUTRICIONAL E SENSORIAL

FRESA (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH.*): PRODUCTIVIDAD, COMPOSICIÓN QUÍMICA, NUTRICIONAL Y SENSORIAL

STRAWBERRY (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH.*): PRODUCTIVITY, CHEMICAL, NUTRITIONAL AND SENSORIAL COMPOSITION

Graziela Nunes*
grazielaznunes@gmail.com

Daiana Novello*
nutridai@gmail.com

* Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Guarapuava, PR, Brasil

Resumo

No presente estudo, o processo produtivo do morango, a composição físico-química, nutricional e sensorial do fruto foram revisados. Como estratégia de busca para seleção dos estudos avaliados foram consultadas as bases de dados do Portal de Periódicos CAPES, SciELO (Scientific Electronic Library Online) e ScienceDirect. A produção mundial de morangos aumentou mais de 80% nas duas últimas décadas. A China e os Estados Unidos destacam-se entre os maiores produtores mundiais do fruto. O morango apresenta elevada rentabilidade econômica com índice de lucratividade em torno de 49,46%. Cerca de 80% dos morangos produzidos é destinado ao comércio *in natura*. Contudo, o fruto também é utilizado pela indústria para a produção de iogurtes, compotas, geleias, doces, coberturas, xarope e vinho, já que apresenta elevada perecibilidade e reduzido *shelf-life*. Em geral, os consumidores de morango preferem ingerir a fruta em sua forma natural, devido às suas características sensoriais. A cor vermelha intensa do morango é atribuída ao conteúdo de antocianinas. Também, o sabor doce, levemente acidificado do morango, é proveniente da combinação entre os ácidos e os açúcares presentes na polpa. Em conclusão, a produção de morangos é uma atividade agrícola de elevada lucratividade, que demanda gestão intensa para o êxito na produtividade e comercialização.

PALAVRAS CHAVE: Morango; Aceitabilidade; Genótipo

Resumen

En el presente estudio se revisó el proceso de producción de la fresa, la composición físico-química, nutricional y sensorial del fruto. Como estrategia de búsqueda para seleccionar los estudios evaluados consultaron las bases de datos Portal de Periódicos CAPES, SciELO (Scientific Electronic Library Online) y ScienceDirect. La producción mundial de fresas ha aumentado en más del 80% en las últimas dos décadas. China y Estados Unidos se destacan entre los mayores productores de la fruta del mundo. Las fresas tienen una alta rentabilidad económica con una tasa de rentabilidad cercana al 49,46%. Aproximadamente el 80% de las fresas producidas se destina al comercio en fresco. Sin embargo, la fruta también es utilizada por la industria para la producción de yogures, mermeladas, jaleas, dulces, coberturas, almíbar y vino, ya que tiene una alta perecibilidad y una vida útil reducida. En general, los consumidores de fresa prefieren ingerir la fruta en su forma natural, debido a sus características sensoriales. El color rojo intenso de la fresa se atribuye al contenido de antocianinas. Además, el sabor dulce, ligeramente ácido de la fresa, proviene de la combinación de los ácidos y los azúcares presentes en la pulpa. En conclusión, la

producción de fresas es una actividad agrícola altamente rentable, que requiere un manejo intenso para el éxito en la productividad y comercialización.

PALABRAS CLAVE: Fresa; Aceptabilidad; Genotipo

Abstract

In the present study, the strawberry production process, the physical-chemical, nutritional and sensory composition of the fruit were reviewed. As a search strategy for selecting the evaluated studies, the databases Portal de Periódicos CAPES, SciELO (Scientific Electronic Library Online) and ScienceDirect were consulted. World strawberry production has increased by more than 80% in the past two decades. China and the United States stand out among the world's largest producers of the fruit. Strawberries have high economic profitability with a profitability rate of around 49.46%. About 80% of the strawberries produced are destined for fresh trade. However, the fruit is also used by the industry for the production of yoghurts, jams, jellies, sweets, toppings, syrup and wine, as it has high perishability and reduced shelf-life. In general, strawberry consumers prefer to ingest the fruit in its natural form, due to its sensory characteristics. The intense red color of the strawberry is attributed to the anthocyanin content. Also, the sweet, slightly acidic flavor of the strawberry, comes from the combination of the acids and the sugars present in the pulp. In conclusion, the production of strawberries is a highly profitable agricultural activity, which requires intense management for success in productivity and commercialization.

KEYWORDS: Strawberry; Acceptability; Genotype.

1. Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) é apreciado por suas características sensoriais, além de apresentar um conteúdo nutricional bastante favorável e alto valor econômico (PAPAROZZI et al., 2018). Devido a essas características, a olerícola é uma das mais estudadas do ponto de vista genômico e agrônomo (GIAMPIERI et al., 2012). A produtividade pode variar de acordo com diferentes fatores como genótipo, região, sistema de cultivo, época de plantio e procedência das mudas (ŠAMEC et al., 2016). Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), a produção mundial de morangos aumentou mais de 80% nas duas últimas décadas. A China está entre os maiores produtores mundiais de morangos, seguida pelos Estados Unidos, Egito, Turquia, Espanha, Rússia, Polônia, Coreia do Sul, Japão e Alemanha (FAOSTAT, 2016).

Existem cerca de 20 espécies e 600 variedades de morangos que variam em cor, sabor, tamanho e textura (HIDALGO et al., 2017). As variedades mais cultivadas são: Dover, Sweet Charlie, Tudla, Camarosa, Camino Real, Oso Grande, Festival, Ventana, Toyonoka, Campinas, Aromas, Albion e Diamante. As espécies selvagens existiram há mais de 50 milhões de anos e foram domesticadas por volta do século XIV antes de Cristo, com propósitos medicinais e ornamentais (COELHO-JÚNIOR, 2016). O morango é uma das espécies com maior precibilidade e sensibilidade às pragas e doenças (SÓJKA et al., 2015). Suas características químicas, nutricionais e sensoriais são afetadas de forma direta pela técnica de cultivo, nutrição do solo, condição climática e grau de maturação (BOONYAKIAT et al., 2016). No período pós-colheita, os morangos também apresentam deterioração fisiológica e perda de água, sofrem lesões mecânicas por práticas inadequadas de manuseio e armazenamento (MISRAN et al., 2015). Todas essas circunstâncias podem contribuir para o descarte dos frutos, o que acarreta em perdas econômicas e baixa comercialização.

Entre as demandas do mercado consumidor de frutas e hortaliças, o morango destaca-se por sua versatilidade na culinária, características sensoriais e composição química e nutricional (BOONYAKIAT et al., 2016). A composição química e a cor dos morangos são os principais

parâmetros que influenciam a aceitação do consumidor. Isso porque, o sabor é determinado principalmente pelo conteúdo de sólidos solúveis e a cor pelo acúmulo de compostos fenólicos e antocianinas (HOSSAIN et al., 2016), fatores que podem influenciar o consumo. O morango possui um bom perfil nutricional, principalmente em relação ao conteúdo de vitaminas (A, C, E, K, B6, B12, riboflavina, tiamina e niacina) e minerais (cálcio, ferro, zinco, magnésio e fósforo). Além disso, apresenta elevado conteúdo de antioxidantes, como os compostos fenólicos, antocianinas e flavonoides (GIAMPIERI et al., 2015). Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão da literatura sobre a cultura do morangueiro, englobando o processo produtivo, as composições físico-químicas e nutricionais e os aspectos sensoriais do fruto.

2. Metodologia

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão de literatura, na qual foram utilizadas as bases de dados Portal de Periódicos CAPES, SciELO (*Scientific Electronic Library Online*) e ScienceDirect como estratégia de busca para seleção dos estudos. Os descritores *strawberry*, *Fragaria x ananassa* Duch., *production*, *physico-chemical compositions*, *nutritional composition*, *nutrients*, *sensory properties* e *acceptability* foram empregados devido à sua recorrência na indexação de publicações envolvendo a temática. Como estratégia de busca o operador booleano and foi aplicado entre os termos. Para compor a redação do trabalho foram incluídos estudos publicados entre 2000 e 2019; estudos de revisão e/ou originais relacionados ao processo produtivo do morango, às composições físico-químicas e nutricionais, ou aos aspectos sensoriais do fruto. Artigos publicados em um período anterior a 2000, ou não relacionados às questões agrônômicas, nutricionais e sensoriais do morango foram excluídos.

3. Caracterização do morangueiro

3.1. Aspectos gerais

O morango é um fruto do tipo baga, muito apreciado e amplamente consumido. Comercialmente, *Fragaria x ananassa* Duch. é a espécie de maior demanda comercial, resultante do cruzamento entre as espécies americanas *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana* (COELHO-JÚNIOR, 2016). O morango pertence à família Rosaceae e ao gênero *Fragaria* (MISRAN et al., 2015). Morfológicamente, caracteriza-se como uma planta herbácea rastejante, com raízes superficiais fasciculadas. É uma espécie de clima temperado, que se propaga de forma vegetativa por meio de estolhos. A parte comestível do fruto é originária do receptáculo floral, que após a maturação torna-se carnoso e succulento. Os aquênios são os frutos verdadeiros, que resultam da fecundação dos óvulos e estão distribuídos em reentrâncias na superfície do receptáculo (HANCOCK, 1999). As inflorescências, que se formam a partir das gemas existentes nas axilas das folhas do morangueiro, apresentam número variável de flores. Comumente, o fruto mais desenvolvido é aquele oriundo da primeira flor. Os demais botões laterais se abrem acompanhando o desenvolvimento da cimeira. Os morangos desenvolvem-se a partir de carpelos soltos de uma mesma flor. São formados por múltiplos ovários amadurecidos, que crescem juntos, formando uma infrutescência (DURNER, 2015).

A floração do morangueiro depende de processos fisiológicos conhecidos como indução, iniciação, diferenciação e antese. No processo de indução foliar, os brotos de flores surgem a partir de estímulos florais detectados pelas folhas. Na fase de iniciação ocorrem alterações fisiológicas e morfológicas no meristema. A diferenciação da flor consiste no desenvolvimento dos órgãos florais dentro do botão. Na fase final de florescimento (antese), os órgãos florais são expostos, possibilitando a polinização e fertilização (DURNER, 2015).

Os morangos são comumente cultivados em regiões subtropicais, onde as temperaturas de inverno não são tão rigorosas (RANTANEN et al., 2015). As principais cultivares produzidas mundialmente são Oso Grande, Caminho Real, Albion, San Andreas, Camarosa e Festival, devido à facilidade de adaptação às condições subtropicais (CURI et al., 2016). No Brasil, a cultivar Dover foi a

mais produzida no ano de 1990. Contudo, a introdução de novas cultivares com melhores atributos sensoriais, mais doces e saborosas, provocou mudanças importantes na cadeia de produção. Atualmente, as principais cultivares produzidas no Brasil são Oso Grande (50%), Camarosa (30%), Albion (6%), Aromas (4%). Outras cultivares (10%) como Festival, Camino Real, Campinas, Dover, Campdover, Sweet Charlie, Tudla, Tonyonoka, Diamante e Aleluia também merecem destaque (ANTUNES et al., 2013).

3.2. Sistema de produção

A temperatura e o fotoperíodo são os fatores climáticos de maior influência sobre a produção do morangueiro. Nesse caso, pode haver interferência direta no crescimento da planta, na floração e na frutificação (COELHO-JÚNIOR, 2016). A temperatura serve como um parâmetro variável, enquanto que o fotoperíodo é um indicador estável. A influência desses elementos varia de acordo com cada cultivar e seu desempenho em determinada região pode não ser o mesmo em condições ambientais diferentes (RANTANEN et al., 2015). As cultivares mais produzidas nas regiões tropicais e subtropicais são classificadas como sensíveis ao fotoperíodo curto (dias curtos) e ao fotoperíodo longo (reflorescentes) ou, também, insensíveis ao fotoperíodo (dias neutros) (HEIDE et al., 2013). Nas cultivares sensíveis ao fotoperíodo curto, a indução floral ocorre em dias em que o período de luz é inferior a 12 horas, com temperaturas inferiores a 17 °C. Os estolões se desenvolvem em dias longos com temperaturas mais elevadas (DURNER, 2015). No Brasil, grande parte das cultivares é sensível ao fotoperíodo curto (COELHO-JÚNIOR, 2016).

O morango segue um padrão de crescimento do tipo sigmoide simples, no qual ocorrem duas fases de crescimento rápido, intercaladas por uma fase lenta. Nos estágios iniciais as mudanças fisiológicas são lentas. O contrário ocorre com as alterações morfológicas. Ao longo do processo de amadurecimento, o declínio da taxa de crescimento final sinaliza a maturação da fruta. Os frutos do morangueiro são do tipo não climatéricos, ou seja, o amadurecimento não continua após a colheita. Entretanto, há aumento da atividade respiratória (PÁTKAI, 2012). O morangueiro apresenta elevada suscetibilidade às pragas e doenças causadas por fungos e bactérias como o *Phytophthora fragariae*, *Colletotrichum acutatum*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*, *Verticillium dahliae*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina* e *Xanthomonas fragariae* (MIRMAJLESSI et al., 2015). Esse fato se deve, principalmente, ao seu elevado conteúdo de açúcares (4,89 g 100 g⁻¹) (USDA, 2016) e nutrientes, baixo pH e atividade de água (A_w) ideal para o crescimento e desenvolvimento desses micro-organismos (SÓJKA et al., 2015). A presença de ervas daninhas, além de severas temperaturas de inverno, ou geadas tardias de primavera, pode reduzir a produção dos frutos do morangueiro. Outros fatores como o processo de transporte e armazenamento também podem aumentar as perdas. Diante do exposto, considera-se que a cultura do morangueiro envolve um processo complexo, que necessita de gestão intensa para obter sucesso na comercialização. Os aspectos que mais proporcionam riscos à produtividade do morangueiro são a deficiência nas práticas de manutenção, o aumento dos custos com insumos agrícolas, a baixa qualidade dos frutos, as técnicas inadequadas de colheita, a inexperiência na gestão de fatores associados ao clima, além do tipo de solo, de cultivo, do controle de doenças e do sistema de irrigação (AGIR et al., 2015).

3.3. Produção, comercialização e consumo

A produção mundial da cultura do morangueiro progrediu consideravelmente nos últimos anos, evoluindo de 5.805.915 toneladas (339.174 ha) em 2006, para 9.118.336 toneladas (401.862 ha) em 2016. Destacam-se entre os maiores produtores mundiais de morango, a China com uma produção anual de 3.801.865 toneladas (141.498 ha), seguida pelos EUA (1.420.570 toneladas/21.242 ha), Egito (464.958 toneladas/9.985 ha), Turquia (415.150 toneladas/15.431 ha), Espanha (366.161 toneladas/7.685 ha), Rússia (197.523 toneladas/29.520 ha), Polônia (196.972 toneladas/50.600 ha), Coreia do Sul (196.122 toneladas/6.346 ha), Japão (159.000 toneladas/5.402 ha) e Alemanha (143.221

toneladas/14.299 ha) (FAOSTAT, 2016). No Brasil, estima-se que a produção seja de 150.000 toneladas em uma área de aproximadamente 4.200 ha (FAGHERAZZI et al., 2017). Dentre os países com maior renda bruta relativa à produção de morangos, está a China que movimentou quase US\$ 7 bilhões em 2016. Em seguida, os EUA (US\$ 2 bilhões), Venezuela (US\$ 1,4 bilhões), Coreia do Sul (US\$ 870 milhões), Reino Unido (US\$ 451 milhões) Espanha (US\$ 420 milhões), México (US\$ 419 milhões), Alemanha (US\$ 367 milhões), Rússia (US\$ 363 milhões) e Itália (US\$ 344 milhões) (FAOSTAT, 2016). No Brasil, o estado de Minas Gerais é o mais produtivo, com cerca de 74.000 toneladas/ano (2.000 ha), seguido pelo Paraná (21.450 toneladas/650 ha), Rio Grande do Sul (20.350 toneladas/550 ha), São Paulo (9.900 toneladas/300 ha), Espírito Santo (8.510 toneladas/230 ha), Santa Catarina (9.900 toneladas/225 ha) e Distrito Federal (7.400 toneladas/200 ha) (FAGHERAZZI et al., 2017). O faturamento bruto proveniente de exportações em 2015 no país totalizou aproximadamente US\$ 272 milhões (ANTUNES et al., 2017).

Em geral, os consumidores de morango preferem ingerir o fruto em sua forma natural, devido as suas agradáveis características sensoriais de aparência, aroma e sabor (PAPAROZZI et al., 2018). Os frutos com melhor aparência visual, cor intensa e tamanho volumoso, são os que mais agradam aos consumidores no momento da compra. Cerca de 80% da produção mundial de morango é destinada ao comércio *in natura* (ŠAMEC et al., 2016). No Brasil, a maior parte da comercialização (98%) também é realizada a partir do fruto *in natura* (ANTUNES et al., 2013). Contudo, o fruto também é utilizado pela indústria para a produção de iogurtes, compotas, geleias, doces, coberturas, xarope e vinho (PAPAROZZI et al., 2018), já que apresenta elevada perecibilidade e reduzido *shelf-life*. Os tratamentos térmicos são os processos mais utilizados na indústria de alimentos como forma de preservação (AREND et al., 2017). No entanto, o uso de elevadas temperaturas pode interferir nas características sensoriais e no conteúdo de compostos bioativos do morango (SUI et al., 2016). O que explica a opção dos consumidores pelo fruto em sua forma natural.

4. Composição química e nutricional

Os perfis químico e nutricional do morango são parâmetros de qualidade muito relevantes para o mercado consumidor. Contudo, a composição química e nutricional do fruto pode apresentar variações devido às condições ambientais (luz, temperatura, irrigação, fertilização), sistema de cultivo, processo de amadurecimento e perfil genético das cultivares (ORNELAS-PAZ et al., 2013; RANTANEN et al., 2015; COELHO-JÚNIOR, 2016). Estudos já demonstraram diferenças entre cultivares de morango, quanto à relação de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) (ŠAMEC et al., 2016), composição nutricional (ANTUNES et al., 2014; SOUZA et al., 2014; HOSSAIN et al., 2016) e de compostos bioativos (PAPAROZZI et al., 2018).

As características químicas do fruto interferem diretamente em seus aspectos sensoriais. Isso, porque o equilíbrio entre a doçura dos açúcares e a acidez dos ácidos orgânicos está associado à relação entre a AT e o teor de SS (SS/AT) (AKHATOU; RECAMALES, 2013). Além disso, o teor de açúcares totais (AÇT) influencia em atributos como o sabor e o aroma, bem como indicam o grau de maturação e a potencialidade de fermentação da fruta *in natura* (AKHATOU et al., 2014). O morango também pode ser considerado uma fonte de compostos fenólicos (989,65 mg 100 g⁻¹) (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015), que podem apresentar menor biodisponibilidade plasmática, em virtude das complexas interações com outros compostos durante o processo digestório (SANDHU et al., 2016; XIAO et al., 2017). Esses compostos também contribuem para o significativo potencial antioxidante (7,87 μmol 100 g⁻¹) do fruto, quando com outras bagas (SOUZA et al., 2014). Além dos atributos sensoriais conferidos pelo perfil químico do morango, as características nutricionais também são fatores que justificam a apreciação dos consumidores pelo fruto. O potencial farmacológico do morango está associado à presença de flavonoides (antocianinas, flavonóis, flavanóis), ácidos fenólicos e vitamina C em sua composição (FORBES-HERNANDEZ et al., 2015). Esses compostos apresentam efeitos profiláticos e terapêuticos em doenças cardiovasculares e neurológicas, obesidade e diabetes mellitus (AFRIN et al., 2016), além

de significativo potencial anticarcinogênico e anti-inflamatório (FORBES-HERNANDEZ et al., 2015). Ademais, no período pós-colheita, a elevada A_w ($\geq 0,98$) e as características nutricionais do morango, tornam o fruto *in natura* um ambiente oportuno para a multiplicação microbiana. Isso exige estratégias e condições de armazenamento que podem interferir nas características sensoriais, nas composições química e nutricional e na capacidade antioxidante do fruto (KUMAR et al., 2014; MAKSIMOVIĆ et al., 2015).

4.1. Composição química

No decorrer do processo de maturação, o morango passa por uma série de transformações físicas, químicas e bioquímicas. Isso reflete nos seus atributos internos de qualidade. O teor de SS, por exemplo, indica a quantidade de açúcares (glicose, frutose e sacarose) e ácidos orgânicos não voláteis (ácidos cítrico, málico e isocítrico), dissolvidos no suco e/ou na polpa da fruta (RODRIGUES; FERNANDES, 2012; ŠAMEC et al., 2016). No morango o teor de SS pode variar entre 4,65% (ANTUNES et al., 2014) e 10,50% (SOUZA et al., 2014). Sua concentração pode aumentar com o avanço da maturação (ZHANG et al., 2016). A AT é conceituada como a concentração de ácidos contidos em um alimento. Seu teor tende a diminuir nas frutas, em decorrência do processo respiratório, durante o amadurecimento (RAHMAN et al., 2016). No morango *in natura*, a AT pode variar entre 0,52% (CECATTO et al., 2013) e 1,51% (ANTUNES et al., 2014). Em geral, a fruta apresenta menor acidez nos estágios finais de maturação e percentuais mais elevados no início do processo. A relação SS/AT representa o equilíbrio entre a doçura dos açúcares e a acidez dos ácidos orgânicos (AKHATOU; RECAMALES, 2013). Os valores documentados para a relação de SS/AT em morango encontram-se entre 1,10 (ŠAMEC et al., 2016) e 12,27 (SOUZA et al., 2014). Os ácidos orgânicos são fundamentais para a regulação do potencial hidrogeniônico (pH) no morango (RODRIGUES; FERNANDES, 2012), que pode variar entre 2,44 (CECATTO et al., 2013) e 3,73 (SOUZA et al., 2014). Morangos com pH mais ácido ($< 3,0$) são indicados para a indústria, já que não são bem aceitos sensorialmente para consumo *in natura* (OLIVEIRA et al., 2015). Evidências comprovam a influência das condições de cultivo, período de colheita e o tipo de cultivar, sobre as variações nos teores de SS, AT, relação SS/AT e pH do morango, conforme sintetizado na Tabela 1 (CECATTO et al., 2013; ŠAMEC et al., 2016). Foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre 4 genótipos de morango cultivados em 3 etapas, com 20 dias de intervalo (SS: 4,99 °Bx a 7,80 °Bx; AT: 3,88% a 7,03%; relação SS/AT: 1,10 a 1,73; pH: 3,25 a 3,55) (ŠAMEC et al., 2016). Em outros 7 genótipos cultivados em sistema de solo e substrato, também foram verificadas diferenças entre os resultados de SS (5,43 °Bx a 7,48 °Bx), AT (0,48% a 1%), relação SS/AT (5,26 a 11,09) e pH (2,44 a 3,11) (CECATTO et al., 2013).

O teor de AÇT no morango é um dos parâmetros químicos mais relevantes para sua caracterização sensorial. Essas substâncias influenciam em atributos como o sabor e o aroma. Além disso, indicam o grau de maturação e a potencialidade de fermentação da fruta *in natura* (AKHATOU et al., 2014). Os AÇT são divididos em açúcares redutores (AR) e não redutores (ANR). Os AR são monossacarídeos que possuem grupamentos aldeídicos ou cetônicos livres em sua estrutura química. Essa organização proporciona a capacidade de oxidação em soluções alcalinas (GUICHARD et al., 2017). Os ANR são formados por estruturas mais complexas, como os dissacarídeos/oligossacarídeos. No período pós-colheita, o conteúdo de ANR tende a diminuir, já que ocorre a conversão de açúcares complexos (sacarose) em açúcares simples (glicose e a frutose) (MUZZAFFAR et al., 2016). De modo semelhante, a concentração de AÇT e AR pode aumentar inicialmente no período pós-colheita, principalmente pela perda de umidade da fruta. Contudo, o teor desses açúcares tende a um declínio posterior em função da utilização dos AÇT e dos AR como fonte de energia pelo processo respiratório da fruta (XU et al., 2014; AKHTAR et al., 2015). Outros fatores como o sistema de cultivo, as condições de armazenamento e o tipo de cultivar podem influenciar nas diferentes concentrações de AÇT, AR e ANR no morango (AKHTAR et al., 2015; MUZZAFFAR et al., 2016; RAHMAN et al., 2016). Contudo, pesquisas demonstraram que existe pouca variação entre morangos para os teores de AÇT (4,89 g 100 g

¹ e 7,52 g 100 g⁻¹) (AKHTAR et al., 2015; USDA, 2016), AR (4,26 g 100 g⁻¹ e 5,48 g 100 g⁻¹) (AKHTAR et al., 2015; MUZZAFFAR et al., 2016) e de ANR (1,42 g 100 g⁻¹ e 2,04 g 100 g⁻¹) (AKHTAR et al., 2015), conforme síntese ilustrada na Tabela 1. Akhtar et al. (2015) investigaram a interferência da falta de irrigação no teor de AÇT, AR e ARN de morango cultivado no Paquistão. A deficiência hídrica reduziu ($p < 0,05$) os teores de AÇT (8,32 g 100 g⁻¹ para 7,03 g 100 g⁻¹), de AR (6,31 g 100 g⁻¹ para 5,60 g 100 g⁻¹) e de ANR (2,03 g 100 g⁻¹ para 1,42 g 100 g⁻¹). Em outro estudo, o processo de pasteurização (60 °C) e a temperatura de armazenamento (25 °C), durante 120 dias, também mostraram influência nas características químicas de morango proveniente da Índia (MUZZAFFAR et al., 2016). Houve aumento ($p < 0,05$) dos teores de AÇT (21,05 g 100 g⁻¹ para 26,56 g 100 g⁻¹) e de AR (54,60 g 100 g⁻¹ e 60,94 g 100 g⁻¹) em ambos os processos. Fatores próprios da cultivar também interferiram ($p < 0,05$) no conteúdo de AÇT (variação de 3,94 g 100 g⁻¹ a 4,63 g 100 g⁻¹) em genótipos de morango cultivados em Bangladesh (RAHMAN et al., 2016).

O morango *in natura* apresenta elevada A_w ($\geq 0,91$) (AMAMI et al., 2017), o que influencia na redução do *shelf-life* da fruta (ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ et al., 2014). A A_w consiste basicamente no conteúdo de água do fruto, que irá reagir com microrganismos, o que acelera o processo de deterioração (SÓJKA et al., 2015). Assim, tecnologias capazes de reduzir a A_w do morango podem ser uma alternativa eficaz, já que reduzem a proliferação microbiana. Contudo, esses procedimentos podem alterar as características químicas do morango. Isso porque, são capazes de ativar processos enzimáticos, aumentar a extração de alguns componentes antioxidantes e elevar a concentração de substâncias solúveis (NUÑEZ-MANCILLA et al., 2013; AMAMI et al., 2017). O uso combinado da desidratação osmótica (40 °Bx) com uma alta pressão hidrostática (100 MPa, 200 MPa, 300 MPa, 400 MPa e 500 MPa), durante 10 minutos, promoveu uma redução ($p < 0,05$) da A_w (0,95 para 0,44), em morango (NUÑEZ-MANCILLA et al., 2013). Amami et al. (2017) também observaram uma redução da A_w (0,91 para 0,45) em morango proveniente da Tunísia submetido à desidratação osmótica (32,5 a 65 °Bx) com ondas de ultrassom (40 kHz), durante 30 minutos.

Comparado com outros frutos, o morango possui elevada capacidade antioxidante (7,87 μmol 100 g⁻¹) (SOUZA et al., 2014). As principais substâncias antioxidantes encontradas naturalmente no morango são a vitamina C e os compostos fenólicos, classificados como antioxidantes hidrofílicos. Além dos carotenoides e vitamina E, classificados como antioxidantes lipofílicos (HERNÁNDEZ et al., 2017). A capacidade antioxidante do morango depende das interações da planta com as técnicas de cultivo, sistema de armazenamento e em menor grau, o tipo de cultivar (GÜNDÜZ et al., 2014; MAKSIMOVIĆ et al., 2015). Maksimović et al. (2015) investigaram a interferência das características genéticas e do sistema de armazenamento à 4 °C, durante 6 dias, na capacidade antioxidante de 8 genótipos de morango. Somente as condições de armazenamento provocaram alteração significativa da capacidade antioxidante, que passou de 4,52 mg AsA eq 100 g⁻¹ após a colheita para 7,92 mg AsA eq 100 g⁻¹ em 6 dias. Contrariamente, Gündüz et al. (2014) verificaram influência do genótipo na capacidade antioxidante avaliando 13 cultivares de morango submetidos ao sistema de cultivo em campo aberto (12 meses). A capacidade antioxidante variou entre 5 μmol TE 100 g⁻¹ e 8,9 μmol TE 100 g⁻¹ ($p < 0,05$). Já o sistema de cultivo em campo aberto elevou esse parâmetro de 6 μmol TE 100 g⁻¹ para 7,7 μmol TE 100 g⁻¹, quando comparado ao sistema de túnel de plástico e estufa. Nesse contexto, as alterações nas características químicas do morango podem sofrer interferências de fatores intrínsecos e extrínsecos. Essas variáveis podem promover um aumento ou uma redução na concentração dos compostos químicos do morango, os quais necessitam ser avaliados periodicamente.

Tabela 1. Variabilidade dos parâmetros químicos do morango

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Fator de interferência	Referência
SS (°Bx)	4,99	7,80	1, 2, 3	Šamec et al. (2016)
	5,43	7,48	1, 3	Cecatto et al. (2013)
AT (%)	3,88	7,03	1, 2, 3	Šamec et al. (2016)
	0,48	1,00	1, 3	Cecatto et al. (2013)
SS/AT	1,10	1,73	1, 2, 3	Šamec et al. (2016)
	5,26	11,09	1, 3	Cecatto et al. (2013)
pH	3,25	3,55	1, 2, 3	Šamec et al. (2016)
	2,44	3,11	1, 3	Cecatto et al. (2013)
	7,03	8,32	1	Akhtar et al. (2015)
AÇT (g 100 g ⁻¹)	21,05	26,56	4	Muzzaffar et al. (2016)
	3,94	4,63	3	Rahman et al. (2016)
AR (g 100 g ⁻¹)	5,60	6,31	1	Akhtar et al. (2015)
	54,60	60,94	4	Muzzaffar et al. (2016)
ANR (g 100 g ⁻¹)	1,42	2,03	1	Akhtar et al. (2015)

SS: Sólidos Solúveis; AT: Acidez Titulável; SS/AT: Relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; pH: potencial hidrogeniônico; AÇT: Açúcares Totais; AR: Açúcares Redutores; ANR: Açúcares Não Redutores; 1: Condições de cultivo; 2: período de colheita; 3: tipo de cultivar; 4 condições de armazenamento.

4.2. Composição nutricional

O morango destaca-se entre as variedades de frutas vermelhas, principalmente em virtude do seu perfil nutricional favorável (Tabela 2). Cada unidade de fruto pesa em média 20 g (BOONYAKIAT et al., 2016). Aproximadamente 95% do morango é constituído por água e 5% por matéria seca, que contém elevado conteúdo de fibras, vitaminas e minerais, e baixos teores de proteína, lipídio e carboidrato (ORNELAS-PAZ et al., 2013; BOVI et al., 2018). Em virtude do elevado percentual de umidade (87,99% a 98,09%), o morango é considerado um fruto suculento (NOUR et al., 2017; RECAMALES et al., 2007). Seu teor de cinzas pode variar entre 0,27 g 100 g⁻¹ (SOUZA et al., 2014) e 0,81 g 100 g⁻¹ em base úmida (HOSSAIN et al., 2016). Isso demonstra o considerável conteúdo de minerais no morango, com destaque para o potássio (51,24 mg 100 g⁻¹), o magnésio (8,78 mg 100 g⁻¹), o fósforo (6,59 mg 100 g⁻¹), o cálcio (2,20 mg 100 g⁻¹) e o ferro (1,00 mg 100 g⁻¹) (SOUZA et al., 2014). O teor proteico do morango é baixo e pode variar entre 0,50 g 100 g⁻¹ (SOUZA et al., 2014) e 1,17 g 100 g⁻¹ (HOSSAIN et al., 2016). Também, apresenta pouca quantidade de carboidrato, variando de 2,13 g 100 g⁻¹ (HOSSAIN et al., 2016) a 7,68 g 100 g⁻¹ (GIAMPIERI et al., 2012). Aproximadamente 21% do conteúdo de carboidrato do morango é representado por fibras, já que contém pouco carboidrato digestível (MANDAVE et al., 2017). O considerável conteúdo de fibra alimentar (1,31 g 100 g⁻¹) presente no morango pode suprir até 8% da necessidade diária de fibra (25 g) de um indivíduo adulto (SUITOR; MEYERS, 2006). Somente 0,25% do conteúdo de nutrientes do morango correspondem ao teor de lipídio, que varia entre 0,04 g 100 g⁻¹ (RECAMALES et al., 2007) e 0,48 g 100 g⁻¹ (HOSSAIN et al., 2016). O valor calórico do morango pode variar entre 29,4 kcal 100 g⁻¹ (SOUZA et al., 2014) e 32 kcal 100 g⁻¹ (GIAMPIERI et al., 2012), o que torna o fruto pouco calórica.

Variações na composição nutricional do morango foram documentadas entre diferentes sistemas de cultivo e genótipos (RECAMALES et al., 2007; HOSSAIN et al., 2016). Recamales et al. (2007) investigaram morango cultivado na Espanha, em sistema aberto e fechado, com substrato de turfa, cortiça compostada e fibra de coco. Não foram verificadas diferenças significativas no teor de cinzas (0,33 g 100 g⁻¹ a 0,44 g 100 g⁻¹), de carboidrato (2,66 g 100 g⁻¹ a 3,84 g 100 g⁻¹) e de lipídio (0,04 g 100 g⁻¹ a 0,07 g 100 g⁻¹). Apenas o teor de umidade (84,88 g 100 g⁻¹ a 98,09 g 100 g⁻¹) foi influenciado significativamente (p<0,05) pelo sistema de cultivo. Em outro estudo, no qual a composição nutricional de 4 genótipos de morango foram avaliados, os resultados demonstraram variações significativas (p<0,05) no teor de umidade (90,58 g 100 g⁻¹ a 92,19 g 100 g⁻¹), cinzas (0,56 g 100 g⁻¹ a 0,81 g 100 g⁻¹), proteína (0,53 g 100 g⁻¹ a 1,17 g 100 g⁻¹), carboidrato (2,14 g 100 g⁻¹ a 4,73 g 100 g⁻¹), fibra dietética (2,24 g 100 g⁻¹ a 2,43 g 100 g⁻¹) e lipídio (0,33 g 100 g⁻¹ a 0,48 g 100 g⁻¹) (HOSSAIN et al., 2016). Destaca-se a insuficiência de estudos sobre a composição nutricional do morango, já que possivelmente essas características são pouco influenciadas por fatores como tipo de cultivar, sistemas de cultivo, período de colheita, armazenamento, dentre outros.

O morango fresco apresenta teores consideráveis de micronutrientes. As vitaminas encontradas em maiores concentrações são as vitaminas A, B9 (folato), C e K. O folato é a vitamina do complexo B mais predominante no morango (24 µg 100 g⁻¹), assim como a vitamina K (2,20 µg 100 g⁻¹), que é lipossolúvel. Entretanto, um dos aspectos nutricionais mais relevantes do fruto é o seu elevado teor de vitamina C, que pode variar entre 18,2 mg 100 g⁻¹ (MAKSIMOVIC et al., 2015) e 145,15 mg 100 g⁻¹ (ANTUNES et al., 2014). Divergências no conteúdo de vitamina C (26,46 mg 100 g⁻¹ a 37,77 mg 100 g⁻¹) foram descritas por Hossain et al. (2016) entre diferentes genótipos de morango. Em morangos cultivados em uma área subtropical no Brasil (Minas Gerais), o teor de ácido ascórbico foi expressivo (90,13 mg 100 g⁻¹) (SOUZA et al., 2014). Esse efeito pode ser explicado pela média anual de temperatura no Brasil, que fica abaixo de 21 °C (SOUZA et al., 2014). Nesse caso, a condição climática dificulta a oxidação da vitamina C, visto que é extremamente sensível à temperaturas mais elevadas (ANTUNES et al., 2014). Considerando um valor aproximado médio de 58,8 mg 100 g⁻¹ de vitamina C presente no morango (Tabela 2), é possível obter até 65% da ingestão diária recomendada que é de 90

mg para homens e 78% para mulheres, atendendo a recomendação de 75 mg/dia (SUITOR; MEYERS, 2006).

Em relação ao teor de minerais, o morango pode ser considerado fonte de magnésio, com teores que variam entre 10 mg 100 g⁻¹ (RECAMALES et al., 2007) e 133 mg 100 g⁻¹ (ANTUNES et al., 2014). Além disso, é fonte de potássio, com conteúdo variando de 51,24 mg 100 g⁻¹ (SOUZA et al., 2014) a 312,47 mg 100 g⁻¹ (HOSSAIN et al., 2016). O morango também pode ser considerado uma excelente fonte de outros minerais, como fósforo, cálcio, ferro, sódio, manganês, zinco e cobre. Algumas variações no teor de micronutrientes no morango já foram documentadas (ANTUNES et al., 2014; HOSSAIN et al., 2016). Na pesquisa de Antunes et al. (2014), foram avaliados 6 cultivares de morango no Brasil em 2 colheitas (5 meses de intervalo). Foram observadas diferenças (p<0,05) entre os genótipos nos teores de potássio (16,08 g kg⁻¹ a 20,59 g kg⁻¹), de cálcio (0,25 g kg⁻¹ a 0,37 g kg⁻¹), de magnésio (1,00 g kg⁻¹ a 1,33 g kg⁻¹), de ferro (15,64 mg kg⁻¹ a 36,80 mg kg⁻¹), de manganês (13,00 mg kg⁻¹ a 20,31 mg kg⁻¹) e de zinco (5,88 mg kg⁻¹ a 6,92 mg kg⁻¹). Hossain et al. (2016) verificaram resultados similares, com variação nos conteúdos de cálcio (7,63 mg 100 g⁻¹ a 9,57 mg 100 g⁻¹), de magnésio (17,63 mg 100 g⁻¹ a 23,39 mg 100 g⁻¹), de sódio (72,27 mg 100 g⁻¹ a 81,60 mg 100 g⁻¹), de potássio (185,97 mg 100 g⁻¹ a 312,47 mg 100 g⁻¹), de fósforo (0,45 mg 100 g⁻¹ a 1,60 mg 100 g⁻¹), de manganês (0,32 mg 100 g⁻¹ a 0,44 mg 100 g⁻¹), de zinco (0,23 mg 100 g⁻¹ a 0,34 mg 100 g⁻¹), de cobre (0,04 mg 100 g⁻¹ a 0,13 mg 100 g⁻¹) e de ferro (1,76 mg 100 g⁻¹ a 2,67 mg 100 g⁻¹).

Tabela 2. Composição nutricional do morango *in natura*

Nutriente	Teor
Água (g 100 g ⁻¹)	92,68 ²
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	0,27 ²
Proteína (g 100 g ⁻¹)	0,50 ²
Lipídio (g 100 g ⁻¹)	0,25 ²
Carboidrato por diferença (g 100 g ⁻¹)	6,30 ²
Valor calórico total (kcal 100 g ⁻¹)	29,40 ²
Fibra alimentar (g 100 g ⁻¹)	1,31 ²
Açúcares totais (g 100 g ⁻¹)	4,89 ³
Sacarose (g 100 g ⁻¹)	0,47 ¹
Glicose (g 100 g ⁻¹)	1,99 ¹
Frutose (g 100 g ⁻¹)	2,44 ¹
Ácidos graxos saturados (g 100 g ⁻¹)	0,01 ³
Ácidos graxos monossaturados (g 100 g ⁻¹)	0,04 ³
Ácidos graxos poli-insaturados (g 100 g ⁻¹)	0,15 ³
Vitamina A (retinol) (µg 100 g ⁻¹)	1,00 ¹
Colina (mg 100 g ⁻¹)	5,70 ¹
Vitamina B1(tiamina) (mg 100 g ⁻¹)	0,02 ³
Vitamina B2 (riboflavina) (mg 100 g ⁻¹)	0,02 ³
Vitamina B3 (niacina) (mg 100 g ⁻¹)	0,39 ³
Vitamina B5 (ácido pantotênico) (mg 100 g ⁻¹)	0,12 ¹
Vitamina B6 (piridoxina) (mg 100 g ⁻¹)	0,05 ³
Vitamina B9 (folato) (µg 100 g ⁻¹)	24,00 ³
Vitamina C (ácido ascórbico) (mg 100 g ⁻¹)	58,80 ³
Vitamina E (α-tocoferol) (mg 100 g ⁻¹)	0,29 ³
Vitamina K (µg 100 g ⁻¹)	2,20 ³
Cálcio (Ca) (mg 100 g ⁻¹)	2,20 ²
Ferro (Fe) (mg 100 g ⁻¹)	1,00 ²
Magnésio (Mg) (mg 100 g ⁻¹)	8,78 ²

Fósforo (P) (mg 100 g ⁻¹)	6,59 ²
Potássio (K) (mg 100 g ⁻¹)	51,24 ²
Sódio (Na) (mg 100 g ⁻¹)	1,00 ³
Zinco (Zn) (mg 100 g ⁻¹)	0,13 ²
Cobre (Cu) (mg 100 g ⁻¹)	0,05 ¹
Manganês (Mn) (mg 100 g ⁻¹)	0,39 ¹
Selênio (Se) (µg 100 g ⁻¹)	0,40 ¹

Valores adaptados: ¹Giampieri et al. (2012); ²Souza et al. (2014); ³USDA (2016).

Os fitoquímicos são compostos biologicamente ativos, que conferem proteção ao organismo humano contra inflamações, infecções e outras doenças. Essas substâncias possuem estrutura química com um anel aromático e um elétron livre, o que facilita a eliminação de radicais livres, em seres humanos (HIDALGO et al., 2017). Dessa forma, os fitoquímicos atuam como antioxidantes, protegendo as células contra a ação de substâncias reativas (GIAMPIERI et al., 2017). O morango ocupa a 9ª posição na lista das 100 fontes com maior conteúdo de fitoquímicos (271 mg 100 g⁻¹) (FERNÁNDEZ-LARA et al., 2015). Os compostos fenólicos são a mais extensa classe de fitoquímicos presentes no morango (621,92 mg GAEs 100 g⁻¹) (SOUZA et al., 2014). Essas substâncias influenciam na qualidade da fruta e em suas características sensoriais.

Os flavonoides (antocianinas, flavonas, flavonóis, flavanóis, flavanonas) são um tipo de composto fenólico presente no morango (38,17 mg CE 100 g⁻¹) (SOUZA et al., 2014), assim como os taninos (ellagitaninas, proantocianidinas) e os ácidos fenólicos (GIAMPIERI et al., 2015). As antocianinas fazem parte da subcategoria dos flavonoides mais predominante no morango, seu conteúdo pode variar entre 1,50 mg CGE 100 g⁻¹ (MAKSIMOVIĆ et al., 2015) e 43,98 mg CGE 100 g⁻¹ (ŠAMEC et al., 2016) na fruta *in natura*. Os tipos de antocianinas mais conhecidos são a pelargonidina-3-O-glicosídeo, cianidina, delphinidina, petunidina, peonidina e malvidina (VENDRAME et al., 2016). A pelargonidina-3-O-glicosídeo é encontrada em maior quantidade no fruto, cerca de 80% (CHAVES et al., 2017). O conteúdo de fitoquímicos no morango pode variar de acordo com o tipo de cultivar, período de cultivo e o tipo de armazenamento pós-colheita (MAKSIMOVIĆ et al., 2015; ŠAMEC et al., 2016). Maksimović et al. (2015) observaram um aumento ($p < 0,05$) no conteúdo de compostos fenólicos (11,5 mg GA 100 g⁻¹ para 12,7 mg GA 100 g⁻¹) e de antocianinas (9,42 mg CGE 100 g⁻¹ para 13,8 mg CGE 100 g⁻¹) após 6 dias de armazenamento de morangos à 4 °C. Também, houve variações ($p < 0,05$) no teor de compostos fenólicos (7,93 mg GA 100 g⁻¹ a 13,9 mg GA 100 g⁻¹) e de antocianinas (4,46 mg CGE 100 g⁻¹ a 16,6 mg CGE 100 g⁻¹) entre os 8 genótipos avaliados pelos autores. Contrariamente, Šamec et al. (2016) relataram uma redução ($p < 0,05$) no conteúdo de fitoquímicos entre os genótipos de morango cultivados em 3 períodos de colheita. Os intervalos entre as colheitas provocaram uma redução significativa do conteúdo de compostos fenólicos (215,39 mg GA 100 g⁻¹ para 137,15 mg GA 100 g⁻¹), flavonoides (62,61 mg CE 100 g⁻¹ para 23,50 mg CE 100 g⁻¹) e antocianinas (35,79 mg CGE 100 g⁻¹ para 21,98 mg CGE 100 g⁻¹). O perfil genético dos frutos apresentou influência estatística somente no teor de compostos fenólicos (148,57 mg GA 100 g⁻¹ a 212,54 mg GA 100 g⁻¹) e de flavonoides (23,87 mg CE 100 g⁻¹ a 58,77 mg CE 100 g⁻¹).

O morango apresenta consideráveis teores de fitoquímicos, quando comparado com outras frutas (SOUZA et al., 2014). Contudo, a fração potencialmente biodisponível desses compostos no organismo humano, após a ingestão do fruto *in natura*, pode ser considerada relativamente baixa. A proporção de compostos fenólicos capaz de ultrapassar a barreira gástrica durante o processo digestivo corresponde à 4,81%. Na porção intestinal, o percentual de biodisponibilidade desses compostos aumenta em 54,94%. Isso, porque o intestino delgado é o responsável pela absorção dos compostos fenólicos (ARIZA et al., 2018). As complexas interações entre os fitoquímicos e outras substâncias durante o processo digestório, podem alterar a biodisponibilidade desses compostos no organismo. Possivelmente, isso ocorre porque competem pelos mesmos transportadores fisiológicos ou enzimas (SANDHU et al., 2016; XIAO et al.,

2017). Em adultos saudáveis (18 - 45 anos), foi avaliada a ingestão de 3 porções (2 horas de intervalo) de um suco de morango (77 mL) em conjunto com outros alimentos (21 g de lipídio e 11 g de carboidrato). Foi verificada uma redução de 26% na biodisponibilidade plasmática de antocianinas (SANDHU et al., 2016). A proteína do leite também reduziu a biodisponibilidade sérica de antocianinas em cerca de 10% conforme demonstrado por Xiao et al. (2017). Nesse caso, adultos saudáveis (18 - 78 anos) ingeriram uma dose de suco de morango (307 mL) elaborado com leite (117,5 μ mol de antocianinas). Dessa forma, demonstra-se que o morango, apesar de conter um bom perfil nutricional, pode sofrer influência de diversos fatores que alteram suas características nutricionais e sua biodisponibilidade.

5. Aspectos sensoriais e tecnológicos

Os atributos sensoriais do morango são parâmetros de grande relevância para os consumidores (ŠAMEC et al., 2016). O fruto *in natura* destaca-se por sua aparência atrativa e tamanho volumoso (MISRAN et al., 2015). A cor vermelha intensa é atribuída ao conteúdo de antocianinas, que se acumulam nos tecidos internos e externos do morango durante o processo de maturação (BOONYAKIAT et al., 2016). Essa característica serve como parâmetro de qualidade e maturidade do fruto (LIU et al., 2018). O morango é constituído por cerca de 350 compostos voláteis como, por exemplo, os ácidos orgânicos, os alcoóis, os aldeídos, as cetonas, os ésteres e os terpenos, que são os responsáveis pelo aroma frutado cítrico do morango (KARLUND et al., 2015). O sabor doce levemente acidificado é proveniente da combinação entre os ácidos e os açúcares presentes no fruto (BOONYAKIAT et al., 2016). A textura succulenta e a firmeza da matriz alimentar do morango estão relacionadas ao seu nível de maturação. Ao longo do processo de amadurecimento, ocorre degradação da parede celular, dessa forma os morangos com menor firmeza são considerados mais maduros. Esse processo interfere na textura do morango, o que pode reduzir sua aceitabilidade sensorial (SCHWIETERMAN et al., 2014). A percepção do sabor, do aroma e da textura do morango dependem da combinação das suas características sensoriais e de fatores visuais, auditivos, táteis e sinestésicos do consumidor (AGUDELO et al., 2015).

O perfil sensorial do morango pode apresentar variações entre diferentes genótipos, sistemas de cultivo, condições de armazenamento e métodos de preservação (ANTUNES et al., 2014; FADDA et al., 2015; KARLUND et al., 2015; ABOUNTIOLAS et al., 2018; ERGIN et al., 2018; JESUS et al., 2018; ZELIOU et al., 2018). Em uma pesquisa realizada no Brasil (ANTUNES et al., 2014), o perfil genético de 6 cultivares de morango interferiu significativamente ($p < 0,05$) nos escores sensoriais de aparência, aroma, sabor, acidez e textura. De forma semelhante, Zeliou et al. (2018) observaram variações ($p < 0,05$) entre 3 genótipos de morango cultivados na Grécia, para os atributos de sabor e aroma. O sistema de cultivo também alterou a aceitabilidade de morango produzidos nos EUA (ABOUNTIOLAS et al., 2018). Nessa pesquisa, notas mais elevadas para os atributos de aparência (7,29), de textura (7,38) e de sabor (7,30) foram verificadas para o morango cultivado de forma convencional, quando comparado aos sistemas orgânico e com aplicação reduzida de fungicidas. Contudo, os cultivos orgânico e convencional de morango produzido na Finlândia não alteraram a aceitabilidade do fruto ($p > 0,05$) (KARLUND et al., 2015). Já a forma de armazenamento demonstrou influenciar de forma negativa na aceitação sensorial de morangos armazenados em bandejas de polipropileno com filme de polivinil cloreto à 0 °C. Houve redução das notas ($p < 0,05$) para a aparência, o sabor, a acidez e a textura após um período de 12 dias de armazenamento (FADDA et al., 2015). Similarmente, a radiação ionizante, um método utilizado para a preservação dos alimentos, também alterou a qualidade de morangos cultivados no Brasil (JESUS et al., 2018). O fruto foi submetido à irradiação nas doses de 1, 2, 3 e 4 kGy e armazenado à 8 °C, durante 12 dias. Apesar de não ter alteração na aceitabilidade sensorial, a radiação aumentou o valor da cor croma ($p < 0,05$) e reduziu ($p < 0,05$) a firmeza do fruto de $\cong 1,3$ para $\cong 0,2$, após as doses 2 e 4 kGy, respectivamente. Contrariamente, outro método de preservação relacionado à aplicação de películas comestíveis em morango promoveu uma maior aceitação pelos consumidores (ERGIN et al., 2018). Os

frutos provenientes da Turquia, foram revestidos com películas à base de goma de cerejeira e de damasco na concentração de 5%, armazenados à 4 °C durante 6 dias. Maiores notas ($p < 0,05$) para os atributos de aparência, de aroma, de sabor, de textura e de cor foram verificadas para os morangos revestidos, quando comparado àquele sem tratamento. Esse efeito foi atribuído ao potencial de conservação do conteúdo de água e proteção contra a decomposição microbiológica do fruto promovido pela aplicação das películas no fruto.

Apesar das características sensoriais atrativas, o morango é um pseudofruto muito perecível (OKUT et al., 2018). O perfil químico e o conteúdo nutricional do morango *in natura* são um meio de cultura favorável para o crescimento de microrganismos (SÓJKA et al., 2015). Além disso, a manipulação inadequada do fruto no período pós-colheita pode provocar injúrias, que levam à perda de pigmentação e alterações nos atributos sensoriais. Isso ocorre porque os danos mecânicos elevam a taxa respiratória do fruto e aceleram o processo de maturação (JESUS et al., 2018). Os principais objetivos da comunidade científica e da indústria de alimentos é aumentar o *shelf-life* do morango e reduzir os índices de desperdício (FADDA et al., 2015). Nesse aspecto, a utilização do morango na elaboração de geleias, compotas, sucos, purês e produtos desidratados é uma alternativa eficaz para aumentar o consumo do fruto em períodos de entressafra (AABY et al., 2018; KOWALSKA et al., 2018; OKUT et al., 2018), além de agregar valor comercial (CURI et al., 2016). Esses produtos apresentam boa aceitabilidade sensorial pelos consumidores, como já demonstrado pela literatura (CURI et al., 2016; AABY et al., 2018; KOWALSKA et al., 2018). Kowalska et al. (2018) não observaram diferenças significativas ($p > 0,05$) na aceitação global e no sabor de morango *in natura* e desidratado osmoticamente (50 °Bx), seguido por secagem em micro-ondas (400 W) ou liofilização (- 40 °C). Em outro estudo, o tratamento térmico (85 °C) e o processamento por alta pressão (400 MPa, 500 MPa e 600 MPa) durante 3 minutos em purê e suco de morango também não interferiram ($p > 0,05$) na cor, no sabor e no aroma dos produtos (AABY et al., 2018).

O morango pode ser empregado na indústria para o desenvolvimento de geleias, sucos e purês (KUROTOBI et al., 2018; BHAT; GOH, 2017; AABY et al., 2018). Kurotobi et al. (2018) investigaram a correlação entre as características sensoriais de textura e as medidas instrumentais desse parâmetro, em geleias de morango com diferentes concentrações de pectina (0,4%; 0,6% e 0,8%). Os resultados demonstraram que a geleias com adição de pectina consiste em uma alternativa viável para a indústria alimentícia. Contudo, as características de dureza, espessura e revestimento apresentaram percentuais mais elevados ($p \leq 0,05$) na avaliação sensorial, para as amostras com maiores concentrações de pectina (0,6% e 0,8%). Contrariamente, as características de suavidade e fusão diminuíram de modo significativo ($p \leq 0,05$) nessas amostras (KUROTOBI et al., 2018). Em um estudo que avaliou suco de morango prensado manualmente, com aplicação de sonicação (0, 15 e 30 minutos; a 20 °C; em 25 kHz), as características físico-químicas do produto apresentaram resultados favoráveis (BHAT; GOH, 2017). A aplicação de sonicação não interferiu ($p \geq 0,05$) nos parâmetros de pH, °Bx, A_w e na acidez titulável das amostras. Contudo, a concentração de compostos fenólicos (151,94 mg 100 g⁻¹), ácido ascórbico (60,43 mg 100 g⁻¹) e o potencial antioxidante (33,61%) do suco submetido a 30 minutos de tratamento, aumentaram significativamente ($p \leq 0,05$). Esses efeitos também foram observados por Aaby et al. (2018), que avaliaram o processamento de alta pressão (HPP) (400-600 Mpa; 3 minutos) em purê e suco de morango. O HPP não interferiu significativamente ($p \geq 0,05$) na concentração de antocianinas e vitamina C das amostras (AABY et al., 2018). Dessa forma, o morango apresenta-se à indústria de alimentos como uma alternativa de elevado potencial tecnológico para o desenvolvimento de novos produtos, bem como para o emprego de tecnologias visando à extensão do tempo de vida útil do fruto.

6. Conclusão

A produção mundial de morango progrediu consideravelmente nas últimas décadas devido à demanda do mercado consumidor e à rentabilidade econômica da cultura. Entretanto, fatores intrínsecos, como o genótipo, e extrínsecos, como o sistema de cultivo e as condições ambientais, podem interferir

na produtividade e qualidade do morango. Esses fatores promovem um aumento e/ou redução na concentração de substâncias, como SST, AT, pH, açúcares, e nutrientes, como vitamina C e compostos fenólicos. O morango também contém diversos componentes dietéticos incluindo vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos. Ademais, os aspectos sensoriais do morango como a cor, o sabor e o aroma estão relacionados à composição físico-química do fruto, como por exemplo, o conteúdo de antocianinas, ácidos, açúcares e compostos voláteis.

Assim, a qualidade do morango envolve um processo complexo, que demanda gestão intensa para o êxito na produtividade e comercialização. Dessa forma, o morango configura uma cultura de interesse para a comunidade científica e para o sistema agrícola, no que tange ao aperfeiçoamento das condições de cultivo e armazenamento, investigação dos melhores genótipos para produção, e desenvolvimento de novos produtos à base de morango, frente à rentabilidade da cultura e a aceitabilidade dos frutos pelos consumidores.

Referências

AABY, K.; GRIMSBO, I.H.; HOVDA, M.B.; RODE, T.M. Effect of high pressure and thermal processing on shelf life and quality of strawberry purée and juice. **Food Chemistry**, v.260, n.1, p.115–123, 2018.

ABOUTIOLAS, M.; KELLY, K.; YAGIZ, Y.; LI, Z.; MAHNKEN, G.; BOREJSZA, W.; MARSHALL, M.R.; SIMS, C.; PERES, N.; CECILIA, M.; NASCIMENTO, D. Sensory quality , physicochemical attributes , polyphenol profiles and residual fungicides in strawberries from different disease control treatments. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.66, n.27, p.6986–6996, 2018.

AFRIN, S.; GASPARRINI, M.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; REBOREDO-RODRIGUEZ, P.; MEZZETTI, B.; VARELA-LÓPEZ, A.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. Promising health benefits of the strawberry: a focus on clinical studies. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, n.22, p.4435–4449, 2016.

AGUDELO, A.; VARELA, P.; FISZMAN, S. Methods for a deeper understanding of the sensory perception of fruit fillings. **Food Hydrocolloids**, v.46, n.4, p.160–171, 2015.

AKHATOU, I.; FERNÁNDEZ-RECAMALES, Á.F. Influence of cultivar and culture system on nutritional and organoleptic quality of strawberry. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.94, n.1, p.866–875, 2013.

AKHATOU, I.; FERNÁNDEZ-RECAMALES, Á.F. Nutritional and nutraceutical quality of strawberries in relation to harvest time and crop conditions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.62, n.25, p.5749–5760, 2014.

AKHTAR, I.; RAB, A. Effect of irrigation intervals on the quality and storage performance of strawberry fruit. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v.25, n.3, p.669–678, 2015.

ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, M.A.; HORNEDO-ORTEGA, R.; CERESO, A.B.; TRONCOSO, A.M.; GARCÍA-PARRILHA, M.C. Effects of the strawberry (*fragaria ananassa*) purée elaboration process on non-anthocyanin phenolic composition and antioxidant activity. **Food Chemistry**, v.164, n.1, p.104–112, 2014.

AMAMI, E.; KHEZAMI, W.; MEZRIGUI, S.; BADWAIK, L.S.; BEJAR, A.K.; PEREZ, C. T.; KECHAOU, N. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of strawberry. **Ultrasonics Sonochemistry**, v.36, n.1, p.286–300, 2017.

ANTUNES, L.E.C.; PERES, N.A. Strawberry Production in Brazil and South America. **International Journal of Fruit Science**, v.13, n.1–2, p.156–161, 2013.

ANTUNES, L.E.; FAGHERAZZI, A.F.; VIGNOLO, G. K. Morangos tem produção crescente. **Campo & Lavoura**, v.1, n.1, p.96–102, 2017.

ANTUNES, M.C.; CUQUEL, F.L.; ZAWADNEAK, M.A.C.; MOGOR, Á.F.; RESENDE, J.T.V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p.168–173, 2014.

AREND, G.D.; ADORNO, W.T.; REZZADORI, K.; DI LUCCIO, M.; CHAVES, V.C.; REGINATTO, F.H.; PETRUS, J.C.C. Concentration of phenolic compounds from strawberry (*Fragaria X ananassa* Duch) juice by nanofiltration membrane. **Journal of Food Engineering**, v.201, n.5, p.36–41, 2017.

ARIZA, M.T.; REBOREDO-RODRÍGUEZ, P.; CERVANTES, L.; SORIA, C.; MARTÍNEZ-FERRI, E.; GONZÁLEZ-BARREIRO, C.; CANCHO-GRANDE, B.; BATTINO, M.; SIMAL-GÁNDARA, J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. **Food Chemistry**, v.248, n.6, p.155–165, 2018.

BHAT, R.; GOH, K.M. Sonication treatment convalesce the overall quality of hand-pressed strawberry juice. **Food Chemistry**, v.215, n.15, p.470–476, 2017.

BOONYAKIAT, D.; CHUAMUANGPHAN, C.; MANIWARA, P.; SEEHANAM, P. Comparison of physico-chemical quality of different strawberry cultivars at three maturity stages. **International Food Research Journal**, v.23, n.6, p.2405–2412, 2016.

BOVI, G.G.; CALEB, O.J.; KLAUS, E.; TINTCHEV, F.; RAUH, C.; MAGAJAN, P.V. Moisture absorption kinetics of FruitPad for packaging of fresh strawberry. **Journal of Food Engineering**, v.223, n.1, p.248–254, 2018.

BOZONET, S.M.; CARR, A.C.; PULLAR, J.M.; VISSERS, M. . Enhanced Human Neutrophil Vitamin C Status, Chemotaxis and Oxidant Generation Following Dietary Supplementation with Vitamin C-Rich SunGold Kiwifruit. **Nutrients**, v.7, n.4, p.2574–2588, 2015.

CECATTO, A.P.; CALVETE, E.O.; NIENOW, A.A.; COSTA, R.C. da; MENDONÇA, H.F.C.; PAZZINATO, A.C. Culture systems in the production and quality of strawberry cultivars. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.35, n.4, p.471–478, 2013.

CHAVES, V.C.; CALVETE, E.; REGINATTO, F.H. Quality properties and antioxidant activity of seven strawberry (*Fragaria x ananassa* duch) cultivars. **Scientia Horticulturae**, v.225, n.7, p.293–298, 2017.

COELHO-JÚNIOR, J. M. Strawberry cultivation in Brazil. **GEMA Journal**, v.6, n.1, p.122–130, 2016.

COSMESCU, A.; FELEA, D. P67 Metabolic syndrome: case report. **Archives of Disease in Childhood**, v.102, n.2, p.A59–A60, 2017.

CURI, P.N.; TAVARES, B.S.; ALMEIDA, A.B.; PIO, R.; PECHE, P.M.; SOUZA, V. . Influence of Subtropical Region Strawberry Cultivars on Jelly Characteristics. **Journal of food science**, v.81, n.6, p.S1515–S1520, 2016.

DAVINELLI, S.; BERTOGLIO, J.C.; ZARRELLI, A.; PINA, R.; SCAPAGNINI, G.A Randomized Clinical Trial Evaluating the Efficacy of an Anthocyanin–Maqui Berry Extract (DelphinolÒ) on Oxidative Stress Biomarkers. **Journal of the American College of Nutrition**, v.34, n.S1, p.28–33, 2015.

DURNER, E.F. Photoperiod affects floral ontogeny in strawberry (*Fragaria×ananassa* Duch.) plug plants. **Scientia Horticulturae**, v.194, p.154–159, 2015.

ERGIN, S.O.; YAMAN, H.; DILEK, M. The Usage of Edible Films Extracted from Cherry and Apricot Tree Gums for Coating of Strawberry (*Fragaria ananassa*) and Loquat (*Eriobotrya japonica*) Fruits. **Food Science and Technology**, v.6, n.5, p.561–569, 2018.

FADDA, C.; FENU, P.A.M.; USAI, G.; CARO, A.D.; DIEZ, Y.M.; SANGUINETTI, A.M.; PIGA, A. Antioxidant Activity and Sensory Changes of Strawberry Tree Fruits during Cold Storage and Shelf Life. **Czech Journal of Food Sciences**, v.33, n.6, p.531–536, 2015.

FAGHERAZZI, A.F.; GRIMALDI, F.; KRETZSCHMAR, A.A.; MOLINA, A.R.; GONÇALVES, M.A.; ANTUNES, L.E.C.; BARUZZI, G.; RUFATO, L. Strawberry production progress in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.1156, n.1156, p.937–940, 2017.

FAOSTAT. **World production of strawberries**. 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 1 dez. 2020.

FERNÁNDEZ-LARA, R.; GORDILLO, B.; RODRÍGUEZ-PULIDO, F.J.; LOURDES GONZÁLEZ-MIRET, M.; VILLAR-MARTÍNEZ, A.A.; DÁVILA-ORTIZ, G.; HEREDIA, F.J. Assessment of the differences in the phenolic composition and color characteristics of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars by HPLC-MS and Imaging Tristimulus Colorimetry. **Food Research International**, v.76, n.1, p.645–653, 2015.

FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; GASPARRINI, M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; MEZZETTI, B.; QUILES, J.L.; GIAMPIERI, F.; BATTINO, M. The Healthy Effects of Strawberry Polyphenols: Which Strategy behind Antioxidant Capacity? **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.56, n.1, p.S46–S59, 2015.

GIAMPIERI, F.; TULIPANI, S.; ALVAREZ-SUAREZ, J.M.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. **Nutrition**, v.28, n.1, p.9–19, 2012.

GIAMPIERI, F.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; GASPARRINI, M.; ALVEZ-SUAREZ, J.M.; AFRIN, S.; BOMPADRE, S.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. Strawberry as a health promoter: an evidence based review. **Food & Function**, v.6, n.5, p.1386–1398, 2015.

GIAMPIERI, F.; FORBES-HERNANDEZ, T.Y.; GASPARRINI, M.; AFRIN, S.; CIANCIOSI, D.; REBOREDO-RODRIGUEZ, P.; VARELA-LOPEZ, A.; QUILES, J.L.; MEZZETTI, B.; BATTINO, M. The healthy effects of strawberry bioactive compounds on molecular pathways related to chronic diseases. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.1398, n.1, p.62–71, 2017.

GUICHARD, E.; SALLES, C.; MORZEL, M.; BON, A.M. **Flavour: From Food to Perception**. Chichester: Wiley-Blackwell, 2017.

GÜNDÜZ, K.; ÖZDEMİR, E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry. **Food Chemistry**, v.155, n.2014, p.298–303, 2014.

HANCOCK, J. F. **Structural and Developmental Physiology. Strawberries**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1999.

HEIDE, O.M.; STAVANG, J.A.; SONSTEBY, A. Physiology and genetics of flowering in cultivated

and wild strawberries - a review. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.88, n.1, p.1–18, 2013.

HERNÁNDEZ, J.M.V.; CARDOSO, G.M.; ESPINOZA, J.A.M.; HINOJOSA, C.V.; SÁNCHEZ, F.D.L.; CABRERA, F.R.; TEJACAL, I.A.; FLORES, L.J.P. Antioxidant Capacity *In vitro* and *In vivo* of Various Ecotypes of Mexican Plum (*Spondias purpurea* L.). **Journal of Food Science**, v.82, n.11, p.2576–2582, 2017.

HIDALGO, G. I.; ALMAJANO, M. Red Fruits: Extraction of Antioxidants, Phenolic Content, and Radical Scavenging Determination: A Review. **Antioxidants**, v.6, n.1, p.1-27, 2017.

HOSSAIN, A.; BEGUM, P.; ZANNAT, M.S; RAHMAN, M.H.; AHSAN, M.; ISLAM, S.N. Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. **Food Chemistry**, v.199, n.1, p.648–652, 2016.

JESUS, M.; SCOLFORO, C.Z.; SARAIVA, S.H.; PINHEIRO, C.J.G; SILVA, P.I.; LUCIA, S.M.D. Physicochemical , microbiological and sensory acceptance alterations of strawberries caused by gamma radiation and storage time. **Scientia Horticulturae**, v.238, n.3, p.187–194, 2018.

KARLUND, A.; HANHINEVA, K.; LEHTONEN, M.; KARJALAINEN, R.O.; SANDELL, M. Nontargeted metabolite profiles and sensory properties of strawberry cultivars grown both organically and conventionally. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.3, p.1010–1019, 2015.

KOWALSKA, J.; KOWALSKA, H.; MARZEC, A.; BRZEZIŃSKI, T.; SAMBORSKA, K.; LENART, A. Dried strawberries as a high nutritional value fruit snack. **Food Science and Biotechnology**, v.27, n.1, p.1–9, 2018.

KUMAR, S.; KUMAR, R.; NAMBI, V.E.; GUPTA, R.K. Postharvest Changes in Antioxidant Capacity, Enzymatic Activity, and Microbial Profile of Strawberry Fruits Treated with Enzymatic and Divalent Ions. **Food and Bioprocess Technology**, v.7, n.7, p.2060–2070, 2014.

KUROTOBI, T.; HOSHINO, T.; KAZAMI, Y.; HAYAKAWA, F.; HAGURA, Y. Relationship between sensory analysis for texture and instrument measurements in model strawberry jam. **Journal of Texture Studies**, v.49, n.4, p.359-369, 2018.

MAKSIMOVIĆ, J.D.; POLEDICA, M.; MUTAVDŽIĆ, D.; MOJOVIĆ, M.; RADIVOJEVIĆ, D.; MILIVOJEVIĆ, J. Variation in Nutritional Quality and Chemical Composition of Fresh Strawberry Fruit: Combined Effect of Cultivar and Storage. **Plant Foods for Human Nutrition**, v.70, n.1, p.77–84, 2015.

MANDAVE, P.; KHADKE, S.; KARANDIKAR, M.; PANDIT, V. Antidiabetic , Lipid Normalizing , and Nephroprotective Actions of the Strawberry : A Potent Supplementary Fruit. **International Journal of Molecular Sciences**, v.18, n.124, p.1–22, 2017.

MIRMAJLESSI, S.M.; DESTEFANIS, M.; GOTTSBERGER, R.A.; MÄND, M.; LOIT, E. PCR-based specific techniques used for detecting the most important pathogens on strawberry: a systematic review. **BioMed Central**, v.4, n.9, p.1–11, 2015.

MISRAN, A.; PADMANABHAN, P.; SULLIVAN, J. A.; KHANIZADEH, S.; PALIYATH, G. Composition of phenolics and volatiles in strawberry cultivars and influence of preharvest hexanal treatment on their profiles. **Canadian Journal of Plant Science**, v.95, n.1, p.115–126, 2015.

MUZZAFFAR, S.; JAN, R.; WANI, I. A.; MASOODI, F. A.; MUNAFF BHAT, M.; WANI, T. A.;

WANI, G. R. Effect of preservation methods and storage period on the chemical composition and sensory properties of strawberry crush. **Cogent Food & Agriculture**, v.2, n.1, p.1–11, 2016.

NOUR, V.; TRANDAFIR, I.; COSMULESCU, S. Antioxidant Compounds, Nutritional Quality and Colour of Two Strawberry Genotypes from *Fragaria* × *Ananassa*. **Erwerbs-Obstbau**, v.59, n.2, p.123–131, 2017.

NUÑEZ-MANCILLA, Y.; PÉREZ-WON, M.; URIBE, E.; VEGA-GÁLVEZ, A.; DI SCALA, K. Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*). **LWT - Food Science and Technology**, v.52, n.2, p.151–156, 2013.

OKUT, D.; DEVSEREN, E.; KOÇ, M.; OCAK, Ö.Ö.; KARATAŞ, H.; KAYMAK-ERTEKIN, F. Developing a vacuum cooking equipment prototype to produce strawberry jam and optimization of vacuum cooking conditions. **Journal of Food Science and Technology**, v.55, n.1, p.90–100, 2018.

OLIVEIRA, A.; GOMES, M.H.; ALEXANDRE, E.M.C.; POÇAS, F.; ALMEIDA, D.P.F.; PINTADO, M. Phytochemicals preservation in strawberry as affected by pH modulation. **Food Chemistry**, v.170, n.1, p.74–83, 2015.

ORNELAS-PAZ, J.J.; YAHIA E.M.; RAMÍREZ-BUSTAMANTE, N.; PÉREZ-MARTÍNES, J.D.; ESCALANTE-MINAKATA, M.P.; IBARRA-JUNQUERA, V.; ACOSTA-MUÑIS, C.; GUERRERO-PRIETO, V.; OCHOA-REYES, E. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. **Food Chemistry**, v.138, n.1, p.372–381, 2013.

PAPAROZZI, E.T.; MEYER, G.E.; SCHLEGEL, V.; BLANKENSHIP, E.E.; ADAMS, S.A.; CONLEY, M.E.; LOSEKE, B.; READ, P.E. Strawberry cultivars vary in productivity, sugars and phytonutrient content when grown in a greenhouse during the winter. **Scientia Horticulturae**, v.227, n.1, p.1–9, 2018.

PÁTKAI, G. **Fruit and Fruit Products as Ingredients**. 2. ed. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2012.

RAHMAN, M.M.; MONIRUZZAMAN, M.; AHMAD, M.R.; SARKER, B.C.; ALAM, M.K. Maturity stages affect the postharvest quality and *shelf-life* of fruits of strawberry genotypes growing in subtropical regions. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.15, n.1, p.28–37, 2016.

RANTANEN, M.; KUROKURA, T.; JIANG, P.; MOUHU, K.; HYTÖNEN, T. Strawberry homologue of TERMINAL FLOWER1 integrates photoperiod and temperature signals to inhibit flowering. **The Plant Journal**, v.82, n.1, p.163–173, 2015.

RECAMALES, A.; MEDINA, J.L.; HERNANZ, D. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. **Journal of Food Quality**, v.30, n.1, p.837–853, 2007.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. **Advances in Fruit Processing Technologies**. London: CRC Press, 2012.

ŠAMEC, D.; MARETIĆ, M.; LUGARIĆ, I.; MEŠIĆ, A.; SALOPEK-SONDI, B.; DURALIJA, B. Assessment of the differences in the physical, chemical and phytochemical properties of four strawberry cultivars using principal component analysis. **Food Chemistry**, v.194, n.1, p.828–834, 2016.

SANDHU, A.K.; HUANG, Y.; XIAO, D.; PARK, E.; EDIRISINGHE, I.; BURTON-FREEMAN, B. Pharmacokinetic Characterization and Bioavailability of Strawberry Anthocyanins Relative to Meal

Intake. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.64, n.24, p.4891–4899, 2016.

SCHWIETERMAN, M.L.; COLQUHOUN, T.A.; JAWORSKI, E.A.; BARTOSHUK, L.M.; GILBERT, J.L.; TIEMAN, D.M.; ODABASI, A.Z.; MOSKOWITZ, H.R.; FOLTA, K.M.; KLEE, H.J.; SIMS, C.A.; WHITAKER, V.M.; CLARK, D.G. Strawberry flavor: Diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception. **PLoS ONE**, v.9, n.2, p.1–12, 2014.

SÓJKA, M.; MISZCZAK, A.; SIKORSKI, P.; ZAGIBAJLLO, K.; KARLIŃSKA, E.; KOSMALA, M. Pesticide residue levels in strawberry processing by-products that are rich in ellagitannins and an assessment of their dietary risk to consumers. **NFS Journal**, v.1, n.1, p.31–37, 2015.

SOODE-SCHIMONSKY, E.; RICHTER, K.; WEBER-BLASCHKE, G. Product environmental footprint of strawberries: Case studies in Estonia and Germany. **Journal of Environmental Management**, v.203, n.1, p.564–577, 2017.

SOUZA, V.R.; PEREIRA, P.A.P.; SILVA, T.L.T.; LIMA, L.C.O.; PIO, R.; QUEIROZ, F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. **Food Chemistry**, v.156, n.1, p.362–368, 2014.

SUITOR, C.W.; MEYERS, L. **Dietary Reference Intakes Research Synthesis**. Washington: The National Academies Press, 2006.

USDA. **USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy Release**. 2016. Disponível em: <https://data.nal.usda.gov/dataset/usda-national-nutrient-database-standard-reference-legacy-release/resource/8735078e-7cd1-4692-8b3b-70b2cafa1ae3>. Acesso em: 22 nov. 2017.

VENDRAME, S.; DEL BO, C.; CIAPPELLANO, S.; RISO, P.; KLIMIS-ZACAS, D. Berry Fruit Consumption and Metabolic Syndrome. **Antioxidants**, v.5, n.4, p.E34, 2016.

XIAO, D.; SANDHU, A.; HUANG, Y.; PARK, E.; EDIRISINGHE, I.; BURTON-FREEMAN, B.M. The effect of dietary factors on strawberry anthocyanins oral bioavailability. **Food Function**, v.8, n.1, p.3970–3979, 2017.

XU, F.; SHI, L.; CHEN, W.; CAO, S.; SU, X.; YANG, Z. Effect of blue light treatment on fruit quality, antioxidant enzymes and radical-scavenging activity in strawberry fruit. **Scientia Horticulturae**, v.175, n.1, p.181–186, 2014.

ZELIOU, K.; PAPASOTIROPOULOS, V.; MANOUSSOPOULOS, Y.; LAMARI, F.N. Physical and chemical quality characteristics and antioxidant properties of strawberry cultivars (*Fragaria × ananassa* Duch.) in Greece: assessment of their sensory impact. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.98, n.11, p.4065–4073, 2018.

Recebido em: 12 de setembro de 2019

Aceito em: 13 de abril de 2021

Endereço para correspondência:
Graziela Nunes
grazielaznunes@gmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)