



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
COMPONENTE CURRICULAR ANATOMIA VEGETAL

THALISSON JOHANN MICHELON DE OLIVEIRA
WILLIAN NAVES DUARTE

**ALTERAÇÕES NA ANATOMIA E ULTRAESTRUTURA DE FRUTOS
DECORRENTES DE PROCESSOS PÓS-COLHEITA**

PIRACICABA – SP

2023

THALISSON JOHANN MICHELON DE OLIVEIRA
WILLIAN NAVES DUARTE

**ALTERAÇÕES NA ANATOMIA E ULTRAESTRUTURA DE FRUTOS
DECORRENTES DE PROCESSOS PÓS-COLHEITA**

Trabalho apresentado à Escola Superior de
Agricultura Luiz De Queiroz da Universidade de
São Paulo, como requisito parcial para a
composição da 2º avaliação da disciplina de
Anatomia Vegetal.

Orientadora:
Prof^ª. Dr^ª. Beatriz Appezzato da Gloria

PIRACICABA – SP

2023

1. INTRODUÇÃO

A pós-colheita de frutos é uma etapa crítica na cadeia de produção agrícola, pois afeta diretamente a qualidade, valor nutricional e durabilidade dos frutos. As alterações na anatomia e ultraestrutura são fenômenos comuns que ocorrem nos processos de pós-colheita, podendo ocorrer no armazenamento, transporte e/ou no processamento. Porém essas causas podem ser intensificadas ou amenizadas, e essas mudanças podem comprometer sua aparência, textura, sabor e valor comercial.

Com isso, este resumo científico aborda as principais alterações na anatomia e nas ultraestruturas de frutos, destacando as causas e importâncias dessas mudanças no contexto da pós-colheita.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Mecanismos de alteração

As alterações durante o processo pós-colheita podem ocorrer devido a vários mecanismos, como respiração, transpiração, distúrbios enzimáticos e ocorrência de características físicas e químicas. A respiração e transpiração são processos metabólicos que continuam mesmo após a colheita, resultando em alterações na estrutura celular e na composição química dos tecidos. Além disso, a ocorrência de impactos físicos, como lesões mecânicas e danos por frio, bem como reações químicas, como a oxidação lipídica, também podem causar alterações na anatomia e ultraestrutura desses alimentos.

2.2. Firmeza do fruto

Consoante estudos de Su *et al* (2022), a textura da fruta está amplamente relacionada à estrutura e morfologia celular. À medida que o fruto desenvolve, as células do parênquima do fruto tornam-se gradualmente maiores, o arranjo celular tornou-se menos rígido, as paredes das células do fruto tornam-se mais finas e o espaço intercelular tornou-se maior do que era na fase de fruto jovem, onde as células estavam dispostas de forma organizada e compactada, rupturas intracelulares e as lacunas entre as células adjacentes foram mínimas. O tamanho e a disposição das células do fruto e a espessura da parede celular afetaram as alterações de textura durante o desenvolvimento (YANG *et al*, 2022).

2.3. Coloração do fruto

No estudo de Wang *et al* (2022), os tratamentos com ALA induziram alterações significativas de cor. Aos 4 Dias Após Tratamento (DAT) os frutos tratados com ALA atingiram o estágio de quebra. Aos 8 DAT, a cor da casca do tomate com tratamento ALA era

vermelha clara, enquanto a cor da casca do tomate controle ainda era predominantemente verde. Portanto, acreditamos que o fruto do tratamento com ALA amadureceu demais aos 12 DAT. Consequentemente, o tratamento com ALA acelerou significativamente a transição do verde para o vermelho em comparação com o controle. Em particular, aos 4 e 8 DAT, o valor a^* dos frutos tratados com ALA foi significativamente superior ao do controle.

Nos estudos de Jurikivá *et al* (2019), durante a maturação dos frutos as antocianinas foram acumuladas nas camadas externas do pericarpo. A epiderme as células continham vacúolos corados, muitos deles com glóbulos de antocianina bem visíveis. Numerosos corpos de antocianina ocorreram dentro das primeiras células da camada hipodérmica. A ocorrência de vacúolos intensamente coloridos não foi encontrada em partes mais profundas dos frutos maduros. As antocianinas pareciam ser sintetizadas ao redor do tonoplasto e condensado na parte interna do vacúolo. Ocorrências de vacúolos com corpos de antocianina indicam seu papel protetor durante os primeiros fases do desenvolvimento do gametófito feminino como bem como o desenvolvimento das sementes na maturação dos frutos. Além disso, vacúolos coloridos aumentam a proteção contra a influência negativa das condições ambientais.

Para Buhrman *et al* (2022), ao comparar a morfologia dos AVI (Inclusões Vacuolares Antocianinas) de diferentes espécies, é notável ver que eles tendem a agrupar-se num subconjunto limitado de determinantes estruturais. A maioria dos AVIs são descritos como estruturas semelhantes a vesículas, enquanto outros têm uma morfologia redonda, porém mais granular. Além da composição de flavonóides dentro do vacúolo, o ambiente molecular que facilita a condensação da antocianina permanece inexplorado.

Nos estudos de Zhu *et al* (2021), mostraram cloroplastos em flavedos (epicarpo) dos frutos maduros, e que o número de cloroplastos estava diminuído no final do desenvolvimento. A microscopia eletrônica de transmissão (TEM) também revelou cloroplastos nos flavedos durante os estágios finais do desenvolvimento do fruto eram menos visíveis. O estágio de maturação resultou em diferenças nos grânulos de amido e relatado a função CsSGR na degradação da clorofila.

2.4. Escurecimento enzimático

O aspecto visual do fruto ou hortaliça é o primeiro parâmetro utilizado na fase pós-colheita para classificações quanto à qualidade e para tomada de decisão do consumidor pois, além do aspecto nutricional, a cor indica sanidade, possíveis alterações devido a infecções por

microrganismos e frescor (tempo decorrido desde a colheita até o consumo) (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Além desses fatores, podem ocorrer situações de escurecimento do produto que estão ligadas a outros processos. No caso da lichia (*Litchi chinensis* Sonn.), o escurecimento não está associado com perda de qualidade nutricional ou frescor, mas à oxidação enzimática de compostos pela enzima polifenol oxidase (PPO). Ela atua quando há extravasamento de conteúdo da célula, e o conteúdo intracelular entra em contato com o oxigênio do ar ambiente, promovendo a oxidação do conteúdo e alteração da coloração (escurecimento).

Com a remoção do fruto da lichia da árvore são desencadeados processos pós-colheita que se manifestam no rápido escurecimento e perda de água do pericarpo, levando a uma aparência desfavorável do pericarpo, embora a qualidade da parte comestível do fruto permaneça a mesma. O processo de escurecimento do pericarpo do fruto da lichia está fortemente associado a modificações na anatomia do pericarpo do fruto.

Durante o desenvolvimento do fruto da lichia, as etapas que se sucedem após a polinização ocorrem de forma ordenada. O aumento observado no tamanho do fruto ocorre inicialmente pela expansão da semente nas cinco primeiras semanas, devido ao acúmulo de reservas, não sendo observado aumento em volume de outros tecidos (FAHIMA *et al*, 2019).

Esse desenvolvimento interno tem início após a expansão total da semente e do pericarpo. Como os tecidos externos já cessaram seu crescimento, a expansão interna pressiona os tecidos externos além de seu tamanho original e capacidade plástica. Com isso começam a surgir micro rachaduras na superfície do pericarpo. Essas rachaduras são pontos de descontinuidade do tecido do exocarpo, que expõe as células ao contato com o ar ambiente.

Para reduzir esse problema podem ser utilizados reguladores vegetais em etapas específicas do desenvolvimento do fruto. As citocininas quando aplicadas na fase de expansão do pericarpo promovem multiplicação celular, aumentando o número de células, diminuindo o número de micro rachaduras e prevenindo a oxidação enzimática no pericarpo de lichia (FAHIMA *et al*, 2019).

No caso da banana, fruto climatérico e que não tolera exposição a baixas temperaturas, o escurecimento enzimático ocorre após a exposição a baixas temperaturas (inferiores a 13°C) que desencadeiam alterações fisiológicas que levam à desestabilidade da membrana celular e extravasamento de conteúdo celular, ocasionando o escurecimento enzimático (WANG *et al*, 2021).

Frutos climatéricos são aqueles que continuam seu processo de amadurecimento após a remoção da planta mãe devido ao aumento na taxa respiratória desencadeada por etileno. Para manter o máximo da qualidade e reduzir a taxa de amadurecimento é utilizado, dentre outras técnicas, o armazenamento refrigerado, que leva à diminuição do metabolismo celular pela diminuição da energia cinética das moléculas (NELSON & COX, 2019).

No entanto não são todas os produtos hortícolas que toleram baixas temperaturas, não sendo possível atingir o máximo de redução de metabolismo sem que ocorram danos aos tecidos. Mas podem ser utilizadas outras técnicas que mitiguem os danos causados pelo frio (chilling). Como os frutos são produtos vivos, ainda possuem metabolismo ativo e responsivo às alterações do ambiente externo. Devido a isso, sua exposição a reguladores vegetais pode promover respostas de alteração metabólica que induzam resistência a essas alterações ambientais.

Na banana, a aplicação de melatonina (regulador vegetal) leva a alterações metabólicas que promovem, em última análise, a tolerância a baixas temperaturas por períodos mais elevados e diminuiu o escurecimento enzimático que ocorre pela oxidação de conteúdo intracelular extravasado. A melatonina atuou aumentando o conteúdo de fosfolípidios e ácidos graxos insaturados, induziu as atividades das enzimas eliminadoras de espécies reativas de oxigênio (ROS) e reduziu o conteúdo de peróxido de hidrogênio e oxigênio singlete da banana. Também induziu a expressão de miR528, resultando na expressão negativa dos potenciais genes alvo de MaPPO1, MaPPO2 e MaPPO3, e inibiu as atividades de PPO, além de alterar o conteúdo de 63 polifenólicos na banana, o que contribuiu para retardar os danos causados pelo frio e aliviar o escurecimento da casca (WANG, et al. 2021).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As alterações na anatomia e na ultraestrutura de frutos durante o processo pós-colheita são de grande relevância para a indústria alimentícia, uma vez que influenciam diretamente a qualidade, a aparência e a textura dos alimentos, afetando assim seu valor nutricional e a vida útil desses produtos. Essas alterações são fenômenos naturais, mas que podem ser controlados e gerenciados por meio de práticas adequadas de manejo pós-colheita, como o controle da temperatura e umidade, visando a preservação da qualidade e segurança dos alimentos.

4. REFERÊNCIAS

BUHRMAN, Kees *et al.* Anthocyanic Vacuolar Inclusions: From Biosynthesis to Storage and Possible Applications. **Frontiers in Chemistry**, v. 10, p. 913324, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.913324>.

CHITARRA, M.I.F. CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

FAHIMA, Amit *et al.* Cytokinin treatment modifies litchi fruit pericarp anatomy leading to reduced susceptibility to post-harvest pericarp browning. **Plant Science**, v. 283, p. 41-50, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.02.006>.

NELSON, D.L. & COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 1278p.

JURÍKOVÁ, Tünde *et al.* Evaluation of Fruit Anatomy, Accumulation and Detection of Polyphenols in Black Crowberry (*Empetrum nigrum*). **Acta Biologica Cracoviensia**, 2019. DOI: <https://doi.org/10.24425/abcsb.2019.127744>.

SU, Qiufang *et al.* Variation in cell wall metabolism and flesh firmness of four apple cultivars during fruit development. **Foods**, v. 11, n. 21, p. 3518, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11213518>.

WANG, Junwen *et al.* Application of 5-aminolevulinic acid promotes ripening and accumulation of primary and secondary metabolites in postharvest tomato fruit. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 1036843, 2022. DOI: [10.3389/fnut.2022.1036843](https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1036843).

WANG, Zhiqiang *et al.* Melatonin enhanced chilling tolerance and alleviated peel browning of banana fruit under low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 179, p. 111571, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2021.111571>.

YANG, Ling *et al.* Differential pulp cell wall structures lead to diverse fruit textures in apple (*Malus domestica*). **Protoplasma**, 259, 1205–1217, 2022.

ZHU, Kaijie *et al.* Regulation of carotenoid and chlorophyll pools in hesperidia, anatomically unique fruits found only in Citrus. **Plant Physiology**, v. 187, n. 2, p. 829-845, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiab291>.