

UNIVERSIDADE DE ÉVORA

Escola de Ciências e Tecnologia

Programa, conteúdos e métodos de ensino da Unidade Curricular

TECNOLOGIA DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Ana Cristina Pinto Agulheiro Santos

Elaborado para efeitos de prestação de provas públicas de agregação no ramo do conhecimento de Ciências Agrárias e Ambientais, na Universidade de Évora, de acordo com o disposto na alínea b) do nº 2 do artigo 8º e na alínea b) do artigo 5º do Decreto-Lei nº 239/2007, de 19 de junho.

Évora, 2025

Índice

I. INTRODUÇÃO	4
I.1. JUSTIFICAÇÃO DA INCLUSÃO DA UNIDADE CURRICULAR (U.C.) NO CURSO DE AGRONOMIA	4
I.2. INTEGRAÇÃO DA U.C. NO CURSO DE AGRONOMIA DA UNIVERSIDADE DE ÉVORA	7
I.3. OBJETIVOS DA U.C.	8
I.4. CONHECIMENTOS A ADQUIRIR PELOS ALUNOS	9
I.5. COMPETÊNCIAS A ADQUIRIR PELOS ALUNOS	10
I.6. AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS	11
I.7. INTERAÇÃO DO CONTEÚDO DESTA U.C. COM OUTRAS ÁREAS DE CONHECIMENTO E DE INVESTIGAÇÃO	13
II. PROGRAMA E CONTEÚDOS DA UNIDADE CURRICULAR	14
II.1. PROGRAMA DA COMPONENTE TEÓRICA	14
II.2. DISTRIBUIÇÃO DAS MATÉRIAS A LECIONAR DE ACORDO COM O PROGRAMA DA COMPONENTE TEÓRICA	17
II.3. <i>Síntese dos conteúdos do programa teórico a lecionar</i>	18
II.3.1. <i>INTRODUÇÃO À PÓS-COLHEITA</i>	18
II.3.2. <i>NOÇÕES FUNDAMENTAIS DA FISIOLOGIA EM PÓS-COLHEITA</i>	22
II.3.3. <i>QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS</i>	24
II.3.4. <i>MÉTODOS USUAIS PARA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E HORTALIÇAS</i>	29
II.3.5. <i>TECNOLOGIAS EMERGENTES DE CONSERVAÇÃO</i>	35
II.3.6. <i>CASOS ESPECÍFICOS DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS</i>	40
II.4. DESCRIÇÃO DA COMPONENTE PRÁTICA	48
II.4.1. <i>Descrição das aulas práticas laboratoriais e objetivos a alcançar</i>	48
II.4.2. <i>Trabalho a apresentar e elementos para avaliação da componente prática</i>	49
III. BIBLIOGRAFIA GERAL	52

I. Introdução

Este documento consta do relatório referido na alínea b) do nº 2 do artigo 8º e na alínea b) do artigo 5º do Decreto-Lei nº 239/2007, de 19 de junho, para as provas de agregação a apresentar à Universidade de Évora, tendo para tal sido escolhida a unidade curricular (U.C.) Tecnologia de Pós-colheita, incluída como U.C. optativa no plano de estudos do 1º ciclo em Agronomia oferecido por aquela Universidade.

Esta unidade curricular (U.C.) foi ministrada com um conteúdo programático semelhante ao que a seguir se apresenta, da qual a relatora foi também responsável. As alterações propostas, em termos de lecionação e avaliação dos conhecimentos, pretendem colmatar falhas identificadas ao longo de vários anos de ensino destas matérias, bem como proceder a uma atualização de metodologias muitas vezes difícil de implementar por motivos vários, falta de meios e de tempo disponível por parte do corpo docente

A presente abordagem ao programa da U.C. é feita a partir do ponto de vista do professor, que realiza uma forma específica de trabalho pedagógico – ensinar- que se distingue da atividade do pedagogo *stricto sensu*, que desenvolve o estudo sistemático das práticas educativas.

Este documento apresenta a justificação para inclusão desta U.C. na formação dos futuros agrónomos, os objetivos a alcançar, mormente no que respeita aos conhecimentos e competências a adquirir pelos alunos, esclarece sobre o programa e, de forma mais detalhada, expõe os conteúdos programáticos da componente teórica e prática e os métodos de avaliação propostos.

I.1. Justificação da inclusão da unidade curricular (U.C.) no curso de Agronomia

O desiderato de muitas disciplinas de agronomia é aumentar a eficiência da produção, aumentando a produtividade, minimizando custos e respeitando as leis naturais de preservação ambiental. Trata-se duma perspetiva dinâmica e imediatista, já que o sector primário pretende dar resposta à crescente procura de alimentos, recorrendo para isso ao aumento das áreas agrícolas e da produtividade das culturas. Para que os esforços levados à prática não sejam um desperdício de recursos, sobretudo considerando produtos muito perecíveis como são os frutos e hortaliças, é imperativo considerar o uso de soluções técnicas próprias no período de pós-colheita, de modo a

maximizar a vida útil dos produtos e a minimizar as perdas, considerando ainda a garantia da segurança dos alimentos e do seu valor nutricional e funcional.

Os consumidores, cada vez mais informados e exigentes, esperam que haja disponibilidade de uma larga panóplia de produtos hortofrutícolas durante todo o ano. Os produtores querem dar resposta rápida às oportunidades de mercado que surgem. Assim se justifica que o enfoque mais habitual desta área do conhecimento da pós-colheita esteja colocado no aumento da vida útil.

O sistema vigente de produção e distribuição de alimentos, mormente de frutos e hortaliças, apresenta elevadas perdas, pelo que se pode considerar que faz um uso não eficiente de recursos escassos como energia, solo agrícola e água, contribuindo assim para as alterações climáticas. Contudo, hoje em dia o conhecimento das enormes e alarmantes perdas obriga a colocar a diminuição de perdas e desperdício de alimentos (PDA) como um objetivo prioritário da pós-colheita a nível mundial. Atualmente, estima-se que 13% dos alimentos produzidos a nível mundial se perdem todos os anos, desde a colheita até à venda a retalho, com um valor económico aproximado de 400 mil milhões de dólares. Para além desta perda de alimentos, 19% são desperdiçados pelos agregados familiares, retalhistas, restaurantes e outros serviços alimentares. Refira-se ainda que a PDA contribui para a crise climática, entre outros aspetos por ser responsável por 8 a 10% das emissões globais de gases com efeito de estufa (UNFCCC, 2020). A nível mundial, os valores mais elevados de desperdício, entre 40 e 50 %, são atingidos pelos frutos, tubérculos e raízes.

Assim, um desafio que se coloca neste momento à prática da Agronomia é o de perceber o efeito das alterações climáticas nos ciclos de produção, na qualidade à colheita, nas datas de colheita, com consequências na conservação dos produtos hortofrutícolas, na generalidade muito perecíveis. O conhecimento de métodos e estratégias para diminuir as perdas e desperdício nestas situações, bem como de manter elevados padrões de qualidade, são objetivos importantes que se colocam.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 (ODS 12), da Agenda 2030, definida pela ONU, mais especificamente a meta 12.3, apela à “redução para metade do desperdício alimentar global *per capita* a nível do retalho e do consumidor e à redução das perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e de abastecimento”. Reduzir as perdas e o desperdício de alimentos (PDA) contribui de forma importante para ¹⁾ melhorar a segurança alimentar e a nutrição, disponibilizando maior quantidade de alimentos, para ²⁾ atenuar a crise climática, já que causa redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e também para ³⁾ reduzir a pressão sobre os recursos naturais, como a terra e a água. Assim sendo, a redução de PDA implicará a transformação dos sistemas agroalimentares e contribuirá para o desenvolvimento sustentável global, uma vez que será

alcançado um conjunto de objetivos e metas comuns numa parceria global de todos os países, quer sejam considerados desenvolvidos ou em desenvolvimento, tal como foi referido por todos os Estados-Membros das Nações Unidas em 2015, na definição dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A existência de tecnologias que permitem a avaliação não destrutiva da qualidade de frutos e hortaliças é uma realidade, como atesta o uso de espectroscopia ou de imagem hiperespectral. O uso destas tecnologias, associadas a *Internet of Things* (IoT), permitirá uma avaliação no momento, com tomadas de decisão informadas, quer no campo quer nas centrais fruteiras, e assim menores PDA e melhor qualidade final dos produtos hortofrutícolas.

Pelo exposto, justifica-se plenamente a inclusão desta U.C. no plano de estudos do curso de licenciatura em Agronomia da Universidade de Évora. Por isso, já no ano letivo de 2004/2005 foi proposta a inclusão de uma disciplina de Pós-colheita no plano de estudos do então curso de Engenharia Agrícola da Universidade de Évora (designado Pré-Bolonha).

Posteriormente, com a implementação do designado “Processo de Bolonha” e a criação do Espaço Europeu de Ensino Superior (EEES) em 2010, o ensino centrou-se na aprendizagem pelos estudantes assente num conceito de trabalho global, mesmo em ambientes não formais, dando relevo a metodologias de aprendizagem ativa e participativa. O ensino / aprendizagem deve ter como objetivos a aquisição de conhecimentos, capacidades e competências promotores de empregabilidade, mobilidade, competitividade e empreendedorismo. A implementação dos ciclos de estudo no Processo de Bolonha, em diversos países do espaço europeu, facilitou e incrementou a prossecução de estudos para um segundo ciclo de estudos, sendo acentuada a mobilidade dos estudantes entre universidades, ou mesmo entre países nos quais os realizam.

Com o processo de adequação dos cursos ao paradigma de Bolonha na Universidade de Évora, foram incluídas duas unidades curriculares na área da Pós-colheita, “Tecnologia de Pós-colheita” (5 ECTS), de carácter optativo no 1º ciclo de Agronomia, a ser lecionada no 5º semestre, e uma outra, também de carácter optativo, “Tecnologia de Pós-colheita e Instrumentação da Qualidade” (6 ECTS), no 2º ciclo de Engenharia Agrónómica. Mais tarde, em 2022/23, o número de ECTS da U.C. do 1º ciclo passou a ser de 6.

Atualmente, os ensinamentos sobre a área de conhecimento que versa a fisiologia dos frutos após a colheita, o estudo dos métodos para a sua preservação com boa qualidade sensorial e nutricional, e consequentemente a diminuição de PDA, fazem parte de muitos dos programas de formação académica em diversas universidades. Esta realidade verifica-se em várias universidades espanholas:

Universidade de Barcelona, Universidade de Lleida, Universidade Politécnica de Cartagena, Universidade Autónoma de Madrid, bem como em universidades de referência na Europa, como KU Leuven e Universidade de Wageningen, e outras como Universidade do Chile, Universidade de São Paulo (Brasil) e Universidade da Califórnia (USA), entre muitas.

I.2. Integração da U.C. no curso de Agronomia da Universidade de Évora

A Pós-colheita de frutos e hortaliças surgiu como disciplina científica incluída nos cursos de Agronomia em meados do século passado. Foi sem dúvida pela mão de Adel Kader, na Universidade da Califórnia, Davis, USA, que esta área científica ganhou lugar na formação académica de agrónomos. O desenvolvimento do Centro de Tecnologia de Pós-colheita, UC-Davis, a partir de uma associação informal de especialistas com publicações inicialmente esporádicas de um boletim de pós-colheita, e hoje amplamente reconhecido como uma fonte mundial de informação e educação sobre pós-colheita, foi e é a confirmação da importância desses conhecimentos na prática da produção agrícola e na cadeia de distribuição de alimentos.

Na proposta aqui apresentada, a unidade curricular Tecnologia de Pós-colheita insere-se no grupo de unidades curriculares optativas oferecidas ao 1º ciclo de Agronomia, sendo ministrada no 1º semestre do 3º ano, e contabilizada com 6 ECTS. Pode ser oferecida como U.C. optativa de outros cursos. O programa proposto deve ser desenvolvido durante 15 semanas de leção, tendo cada aula teórica a duração de 2 horas e cada aula prática de 3 horas (aulas laboratoriais) por semana. O número total de horas de contacto é de 75 (considerando a existência de uma turma) e a carga total de trabalho do estudante é de 156 horas. Na eventualidade do número de inscritos ser superior a 10 alunos terá de aumentar o número de turmas para garantir o número máximo de 10 alunos em cada aula prática laboratorial.

O ensino desta U.C. combina as atividades de leção teórica e prática, com a finalidade de cativar a atenção dos alunos, estimular a sua capacidade de observação e de pensamento crítico e de alcançar assim uma compreensão dos assuntos mais aprofundada (Santana & Mota, 2022). Nas aulas presenciais teóricas são abordados os aspetos fundamentais, sendo a sua duração ajustada aos conteúdos a lecionar, bem como ao ritmo de captação dos alunos e aos seus conhecimentos anteriores, por isso a U.C. será lecionada no último ano do curso. Considerando que esta U.C. poderá ser escolhida como optativa por alunos de outros cursos e frequentada por alunos ao abrigo do

programa *ERASMUS*, terá de se ter em conta a diversidade de formação anterior dos estudantes. Assim, deverá haver da parte do docente bastante flexibilidade no ensino destas matérias fundamentais, para os dotar de conhecimentos indispensáveis para a consequente aprendizagem de aspetos práticos, técnicas e métodos laboratoriais. Os temas a desenvolver nas aulas teóricas e o plano das aulas práticas são apresentados no ponto II. Programa e conteúdos da unidade curricular. A componente prática desta U.C. reveste-se de especial importância, sendo o professor um mediador e tutor do processo de ensino e o maior protagonismo o dos estudantes. O reduzido número de alunos por aula, deve permitir a observação do desempenho dos estudantes, quer na aprendizagem de novos conceitos quer na sua aplicação. Esta opção embora dentro do modelo conceptual do sistema atual, tem uma dinâmica marcadamente diferente já que serão os alunos a determinar qual a matriz de estudo e mesmo planear e definir objetivos do trabalho que irão desenvolver. Nas aulas práticas serão estudados casos específicos de pós-colheita de frutos, hortícolas e ornamentais. Nesta componente de ensino baseado em projetos, os alunos trabalham em pequenos grupos (entre 2 e 3 elementos) sobre um problema ou um estudo de caso, sob a supervisão de um professor. A escolha do fruto a estudar por cada aluno será da sua responsabilidade, com aconselhamento dos docentes, dando ênfase ao papel do aluno e às suas escolhas e motivações, assim colocando-os no centro da aprendizagem. Pretende-se promover a contextualização e aplicação das matérias lecionadas na componente teórica, e em simultâneo diminuir a atitude passiva e o défice de atenção dos alunos, tantas vezes recriminado pelos docentes (Gonçalves & Yamaguchi, 2023). No final, os alunos terão tido oportunidade de aprender a melhor forma de equacionar o problema colocado inicialmente e de analisar em conjunto as soluções viáveis.

I.3. Objetivos da U.C.

O termo pós-colheita relaciona-se com o sistema de abastecimento alimentar que liga o momento da colheita ao momento do consumo. Um sistema que consiste num conjunto de procedimentos que formam um todo integrado, por sua vez ele próprio parte de uma rede de outro sistema alargado de produção de alimentos e segurança alimentar.

O ensino desta unidade curricular de 1º ciclo, designada Tecnologia de Pós-colheita, aqui a ser apresentada, pretende que os alunos adquiram conhecimentos sobre o comportamento fisiológico, e aspetos bioquímicos associados, dos frutos e hortaliças, durante a maturação e após a colheita, de modo a permitir a aplicação adequada das técnicas pós-colheita. É indispensável que os alunos

adquiram conhecimentos da fisiologia dos processos de amadurecimento dos frutos e que entendam, e interiorizem, que os frutos e hortaliças estão em constante alteração, que se deterioram durante o decurso do tempo após a colheita, com consequências na qualidade organolética, nutricional e obviamente na vida útil dos mesmos. A aplicação destes conhecimentos permitirá a escolha adequada das técnicas pós-colheita para aumentar a vida útil, tornar a comercialização mais eficiente, diminuir perdas e desperdício alimentar e melhorar a qualidade dos produtos finais distribuídos aos consumidores.

Os objetivos de carácter prático de maior realce dizem respeito a ¹⁾ aquisição de conhecimentos sobre os métodos para quantificar os parâmetros de qualidade (físico-químicos e sensoriais) dos frutos e hortaliças, ²⁾ conhecer os métodos de conservação mais adequados a cada espécie em estudo, ³⁾ capacidade de realização de trabalho eficaz no sector da pós-colheita.

Esta U.C. visa também sensibilizar os alunos, como cidadãos, para a urgência de uma atitude cívica e atuante no que respeita à redução de PDA, bem como exortá-los a serem atores que contribuem para que sejam alcançados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis.

I.4. Conhecimentos a adquirir pelos alunos

Os alunos devem adquirir, no decurso desta unidade curricular, conhecimentos científicos bem estruturados e consolidados sobre os processos fisiológicos e bioquímicos durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos e hortaliças e sobre a maturação, antes e após a colheita, sobre o comportamento respiratório, transpiração, alterações ao nível celular dos tecidos, degradação das clorofilas, entre outros.

Também é necessário que adquiram conhecimento científico pormenorizado dos fundamentos dos métodos físico-químicos que se adequem à análise de frutos e hortaliças e que sejam capazes de usar esse conhecimento em contexto de investigação, ou de desenvolvimento de processos de manuseamento e de armazenamento durante a pós-colheita. Enumeram-se os seguintes métodos instrumentais e sensoriais de avaliação da qualidade e do estado de maturação que serão abordados nesta U.C.: calibre, cor, textura, sólidos solúveis, acidez, medição de O² e CO² na embalagem, espectroscopia de infravermelho próximo - NIRS (*Near-infrared spectroscopy*), avaliação sensorial mediante fichas hedónicas e estruturadas. Note-se que esta aprendizagem se torna mais consistente porque, para além dos conhecimentos teóricos, ela tem um forte carácter prático, adquirida em contexto laboratorial.

Os alunos devem ter conhecimento de técnicas a aplicar durante a pós-colheita de modo a ampliar a vida útil e diminuir perdas de frutos e hortaliças, como sejam: manipulação, utilização de baixas temperaturas, controlo de humidade relativa, utilização de embalagens de materiais de síntese e de películas edíveis, atmosferas controladas.

Num âmbito mais alargado, os alunos devem ter conhecimentos que lhes permitam refletir sobre assuntos como os problemas de segurança alimentar e das perdas pós-colheita nos países em desenvolvimento com baixos rendimentos. No decurso desta U.C., os alunos devem adquirir conhecimento técnico fundamentado no conhecimento científico relacionado com o comportamento dos consumidores, aspetos nutricionais e funcionais bem como segurança dos produtos hortofrutícolas, no contexto da dieta alimentar, com base em dados analíticos e dados da literatura científica.

I.5. Competências a adquirir pelos alunos

De acordo com o conteúdo apresentado na figura 1, relativo aos objetivos educacionais de Bloom, os conhecimentos adquiridos ao longo da frequência do curso de Agronomia em conjunto com os conhecimentos facultados por esta U.C. devem conferir aos alunos competências para identificar as situações, propor e planear a aplicação de técnicas adequadas bem como propor correções para a resolução de problemas e mesmo criar novas soluções.



Figura 1 Taxonomia dos objetivos educacionais de Bloom.
(Adaptado de Ferraz & Belholt, 2010)

O conhecimento *hands-on* (que tem a designação popular portuguesa de “mão na massa”) adquirido sobre métodos de análise de qualidade e maturação dos frutos e hortaliças permitirá avaliar os estados de maturação à colheita, e monitorizar as alterações durante a vida útil.

Os alunos devem ter capacidade de avaliação do funcionamento da cadeia da

pós-colheita em situações reais e, caso seja necessário, apresentar propostas de correção, tendo simultaneamente em conta as limitações técnicas e os aspetos socioeconómicos, como a viabilidade, os riscos e a sustentabilidade do sistema. Pretende-se capacitar os estudantes para proporem a otimização e o desenvolvimento de métodos e protocolos, específicos para a definição da colheita na fase ótima de maturação, armazenamento adequado e transporte de frutos e produtos hortícolas ao longo de toda a cadeia.

Dada a importância de que os ensaios de pós-colheita se revestem nas empresas mais dinâmicas, pretende-se que esta U.C. faculte aos alunos capacidade para implementar ensaios práticos de vida útil em contexto empresarial e respetiva interpretação e aplicação dos resultados.

Deixando para último o que é inicial e decisivo para a qualidade e comportamento pós-colheita dos produtos, os alunos devem ser competentes para identificar os fatores agronómicos, pré-colheita e genéticos, que determinam o comportamento dos produtos na cadeia de distribuição.

I.6. Avaliação de conhecimentos

A avaliação do aproveitamento respeitará as Normas Gerais de Avaliação em vigor na Universidade de Évora (Regulamento Académico da Universidade de Évora, Despacho Nº 53/2022, de 14 de abril). A avaliação de cada aluno será calculada a partir da nota obtida na componente teórica e na componente prática da U.C., de acordo com a seguinte ponderação: 50% da nota obtida em dois testes ou no exame sem consulta e 50% da nota obtida em trabalhos práticos.

No quadro seguinte apresenta-se com maior detalhe a ponderação proposta para a avaliação

Quadro 1 – Apresentação do sistema adotado para a avaliação contínua e ponderação dos vários elementos

Sistema de avaliação contínua		
Designação	Descrição	Ponderação
Entrega de trabalho escrito e melhorias implementadas.	Trabalho de revisão bibliográfica sobre o tema a desenvolver nas aulas práticas, escolhido de acordo com os professores.	15%
Apresentação e defesa do trabalho	O trabalho será apresentado a todos os colegas e professores da U.C.	10%
Relatório final do trabalho desenvolvido nas aulas práticas	Avaliação do relatório final de acordo com regras disponíveis no Moodle e conhecimentos demonstrados sobre o assunto.	25%
Avaliação teórica	2 testes sem consulta.	50%

Quadro 2 – Apresentação do sistema adotado para a avaliação por exame e ponderação dos vários elementos

Sistema de avaliação por exame		
Designação	Descrição	Ponderação
Apresentação e defesa do trabalho	O trabalho será apresentado a todos os colegas e professores da U.C.	10%
Relatório final do trabalho desenvolvido nas aulas práticas	Avaliação do relatório (incluindo revisão bibliográfica) de acordo com regras disponíveis no Moodle e conhecimentos demonstrados sobre o assunto.	40%
Avaliação teórica	Exame.	50%

Nesta U.C., ao longo do semestre é realizado um trabalho experimental no Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita, desenvolvido pelos alunos durante as aulas práticas, com apoio dos docentes. Este trabalho é constituído por 3 elementos de avaliação: 1) monografia sobre o tema em estudo (a ser integrado no capítulo de introdução do trabalho final), que é disponibilizado aos docentes antes da entrega do trabalho final, para revisão e posterior correção pelo aluno; 2) apresentação presencial do trabalho final com discussão participada por todos os alunos, podendo esta ser, se necessário, em vídeo conferência, devendo ser usada a forma de painel, 3) trabalho escrito de acordo com a organização habitual de um trabalho de investigação (informação previamente disponibilizada no Moodle da U.C.), entregue aos docentes no final do semestre.

Estes trabalhos deverão ser realizados em grupos de 2 ou 3 estudantes, sendo a participação nos trabalhos laboratoriais e a apresentação e discussão dos resultados elementos diferenciadores na avaliação dos alunos do mesmo grupo.

A componente prática é absolutamente indispensável à aquisição dos conhecimentos necessários à aprovação desta U.C. Mesmo os alunos com estatuto de “Estudante Trabalhador” deverão aprender as metodologias básicas para avaliação de qualidade e estado de maturação de produtos hortofrutícolas; nestes casos, que exigem disponibilidade da parte do docente e do estudante, será necessário algum tempo de prática laboratorial, mediante marcação personalizada. Em casos absolutamente excecionais devidamente fundamentados de incapacidade física ou de prova de conhecimentos anteriores, o aluno poderá, em alternativa, ser sujeito a um exame prático.

I.7. Interação do conteúdo desta U.C. com outras áreas de conhecimento e de investigação

A Pós-colheita tem um carácter muito abrangente e está interrelacionada com outras áreas de conhecimento. Vejamos: com a Horticultura (em sentido estrito) e Fruticultura, que dão suporte à produção das matérias primas; com a Fisiologia Vegetal, que estuda os processos celulares que determinam o desenvolvimento e crescimento dos frutos e depois os processos de amadurecimento e senescência, logo intimamente ligados aos métodos usados para controlar a vida útil; com a Química, que estuda a atividade enzimática, a composição de frutos e hortaliças e as alterações que estes sofrem durante o período pós-colheita, esclarecendo sobre o seu valor nutricional, funcional, e eventualmente sobre o seu papel nefasto para a dieta alimentar humana; com a Microbiologia, que é de grande importância para identificar e controlar as doenças, sobretudo fúngicas, que surgem durante a pós-colheita; com a Engenharia, que produz os equipamentos para os vários processos, entre outros selecionar, embalar, transportar, refrigerar; e finalmente com a Robótica e a Inteligência Artificial, que permitem tornar os processos mais rápidos e eficazes, quer na intervenção nos próprios processos descritos acima, quer na avaliação e adequação imediata das condições de armazenamento.

São diversos os projetos de investigação que se relacionam com os temas abordados nesta U.C. Destacam-se vários projetos recentes sobre diversos aspetos agronómicos e de pós-colheita de uva de mesa apirénica, em colaboração com uma empresa da região; projetos no âmbito da Rede de Investigação Transfronteiriça da Extremadura, Centro e Alentejo, com investigação na área da pós-colheita de prunóideas; Ação COST sobre produção sustentável de cerejas de alta qualidade para o mercado europeu. Atualmente estão em curso os projetos “Tecnologias avançadas, inovadoras e digitais para o sector agroalimentar da EUROACE” (TID4AGRO); “Potencial da Dieta Mediterrânica no aumento da qualidade de vida: + saúde + sustentabilidade” (DM4YOU); Quantificação, redução e valorização do desperdício alimentar em empresas do Alentejo (QuaReVAlentejo27).

II. Programa e conteúdos da unidade curricular

II.1. Programa da componente teórica

1. INTRODUÇÃO À PÓS-COLHEITA

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DA PÓS-COLHEITA

- 1.1.1. Os objetivos da pós-colheita
- 1.1.2. O papel da pós-colheita no mundo

1.2. ASPECTOS ECONÓMICOS E SOCIAIS RELEVANTES DA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS

- 1.2.1. Duas vertentes: os produtos perecíveis nos países desenvolvidos e a conservação de alimentos básicos nos países emergentes
- 1.2.2. A situação em Portugal

1.3. PERDAS E DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS

1.4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALOR NUTRICIONAL DOS FRUTOS E HORTALIÇAS

2. ASPECTOS IMPORTANTES DA FISIOLOGIA EM PÓS-COLHEITA

2.1. DESENVOLVIMENTO, CRESCIMENTO, MATURAÇÃO E SENESCÊNCIA DE FRUTOS E HORTALIÇAS

- 2.1.1. Alterações associadas à maturação
- 2.1.2. Influência de aspetos biológicos e ambientais

2.2. RESPIRAÇÃO E MATURAÇÃO

- 2.2.1. Aspetos fundamentais sobre o metabolismo da respiração aeróbica
- 2.2.2. A intensidade respiratória e a vida útil

2.3. EFEITOS FISIOLÓGICOS DO ETILENO

- 2.3.1. Biossíntese do Etileno
- 2.3.2. Mecanismos de controlo do Etileno

2.4. AÇÃO DE OUTROS FITORREGULADORES NA PÓS-COLHEITA

2.5. ATUAÇÃO ENZIMÁTICA

2.6. FRUTOS CLIMATÉRICOS E NÃO CLIMATÉRICOS

2.7. TRANSPIRAÇÃO

2.8. SENESCÊNCIA

3. QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS

3.1. CONCEITOS DE QUALIDADE

- 3.1.1. Normas de qualidade

3.2. MATURAÇÃO VS QUALIDADE

- 3.2.1. Maturação e consequentes alterações nos frutos
- 3.2.2. Momento ótimo de colheita
- 3.2.3. Índices de maturação

3.3. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE/MATURAÇÃO

- 3.3.1. Amostragem
- 3.3.2. Métodos físico-químicos
 - 3.3.2.1. *Massa e calibre*
 - 3.3.2.2. *Cor*
 - 3.3.2.3. *Textura*
 - 3.3.2.4. *Índice refratométrico*
 - 3.3.2.5. *Acidez titulável*
 - 3.3.2.6. *Espetroscopia NIR (Near Infra-Red)*
- 3.3.3. Avaliação sensorial

3.4. DANOS MECÂNICOS

4. MÉTODOS USUAIS PARA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E HORTALIÇAS

4.1. EFEITO DA TEMPERATURA BAIXA

- 4.1.1. Refrigeração
- 4.1.2. Adequação da temperatura às espécies e ao estado de maturação
 - 4.1.2.1. *Frutos sensíveis ao frio*
 - 4.1.2.2. *Danos pelo frio: Chilling injury e Freezing injury*

4.2. EFEITO DA HUMIDADE RELATIVA

- 4.2.1. Perda de água e fatores que afetam a perda de água
- 4.2.2. Métodos de controlo de perda de água

4.3. ATMOSFERAS DE CONSERVAÇÃO

- 4.3.1. Metabolismo dos produtos hortofrutícolas sob diferentes composições da atmosfera em O₂ e CO₂
 - 4.3.1.1. *Intensidade respiratória e “Steady state”*
 - 4.3.1.2. *Produção de etileno e sensibilidade ao etileno*
- 4.3.2. Atmosfera Modificada Passiva vs Atmosfera Modificada Ativa
 - 4.3.2.1. *Filmes de síntese*
 - 4.3.2.2. *Revestimentos edíveis*
- 4.3.3. Atmosfera Controlada (AC)

- 4.3.3.1. *Composição da atmosfera CO₂ e O₂*
- 4.3.3.2. *Atmosferas extremas (Ultra Low Oxygen ULO)*
- 4.3.3.3. *Atmosfera Controlada Dinâmica (Dynamic Controlled Atmosphere DCA)*

5. TECNOLOGIAS EMERGENTES DE CONSERVAÇÃO

- 5.1. **NOVOS GRUPOS DE REGULADORES: JASMONATOS, POLIAMINAS. SALICILATOS**
- 5.2. **IRRADIAÇÃO**
- 5.3. **OZONO**
- 5.4. **ÓLEOS ESSENCIAIS E REVESTIMENTOS EDÍVEIS**
- 5.5. **MELHORAMENTO**
- 5.6. **USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA)**

6. ESTUDO DE CASOS ESPECÍFICOS DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS

- 6.1. **ESTUDO DA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS NÃO CLIMATÉRICOS**
 - 6.1.1. Morango,
 - 6.1.2. Uva de mesa apirénica
 - 6.1.3. Citrinos.
 - 6.1.4. A desverdização dos citrinos
- 6.2. **ESTUDO DA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS CLIMATÉRICOS**
 - 6.2.1. Pêssego,
 - 6.2.2. Maçã
 - 6.2.3. O caso particular da 'Pera rocha' em atmosfera controlada
- 6.3. **ASPETOS DA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS SECOS**
 - 6.3.1. Amêndoa
 - 6.3.2. Noz
- 6.4. **CONSERVAÇÃO DE FRUTOS TROPICAIS E SUBTROPICAIS**
 - 6.4.1. Banana
 - 6.4.2. Papaia.
 - 6.4.3. A sensibilidade ao frio

II.2. Distribuição das matérias a lecionar de acordo com o programa da componente teórica

Quadro 3 – Apresentação detalhada das matérias do programa e do número de aulas necessárias à sua leção

Capítulo do Programa	Tema	Aula	Metodologia de ensino
1. INTRODUÇÃO	1.1. Contextualização da pós-colheita. 1.2. Aspectos económicos e sociais. 1.3. Composição química e valor nutricional dos frutos e hortaliças.	1ª	Exposição dos temas pelo docente.
	1.4. Perdas e desperdício de alimentos.	2ª	Consulta de links pelos alunos com colaboração do docente (ver bibliografia). Discussão de casos concretos.
2. NOÇÕES BÁSICAS DE FIOLOGIA EM PÓS-COLHEITA	2.1. Respiração e maturação. 2.2. Senescência.	3ª	Exposição dos temas pelo docente.
	3.1. Conceitos de qualidade. 3.2. Maturação vs qualidade. 3.3. Avaliação da qualidade/maturação.	4ª	Como atividade de grupo: colocação de frutos no frio para posterior observação de danos e <i>chilling injury</i> . Apresentação <i>in locu</i> de equipamento NIR.
	3.3.3. Avaliação sensorial.	5ª	Exposição dos temas pelo docente.
	3.4. Danos mecânicos.	6ª	Aula com componente laboratorial. Observação de danos por impacto e compressão.
4. CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E HORTALIÇAS	4.1. Efeito da temperatura baixa. 4.2. Efeito da humidade relativa.	7ª	Exposição dos temas pelo docente. Demonstração de <i>chilling injury</i> por observação dos frutos previamente preparados.
	Visualização de equipamentos de calibração e de conservação a temperaturas baixas.	8ª	Visita de estudo a central fruteira.
	4.3. Atmosferas de conservação.	9ª	Exposição dos temas pelo docente.
5. TECNOLOGIAS EMERGENTES DE CONSERVAÇÃO	5.1. Novos grupos de fitorreguladores.	10ª	Exposição dos temas pelo docente.
	5.2. Irradiação	11ª	Consulta de links pelos alunos com colaboração do docente (ver bibliografia).
	5.3. Ozono		
	5.4. Óleos Essenciais e revestimentos edíveis		
	5.5. Melhoramento		

	5.6. Uso de Inteligência Artificial (IA)		Considerar o convite de palestrantes sobre 5.5. e 5.6.
6. ESTUDO DE CASOS ESPECÍFICOS DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS	6.1. Estudo da pós-colheita de frutos não climatéricos: morango, uva de mesa apirénica e a desverdização de citrinos.	12^a	Exposição dos temas pelo docente.
	6.2. Estudo da pós-colheita de frutos climatéricos: pêssego, maçã e pêra. O caso particular da variedade 'Pêra-rocha' em Atmosfera Controlada.	13^a	Exposição dos temas pelo docente.
	6.3. Aspectos da conservação de frutos secos: amêndoa e noz.	14^a	Visita de estudo a empresas da região.
	6.4. Conservação de frutos tropicais e subtropicais: banana, e papaia. Aspecto particular: sensibilidade ao frio.	15^a	Exposição dos temas pelo docente.

II.3. Síntese dos conteúdos do programa teórico a lecionar

II.3.1. INTRODUÇÃO À PÓS-COLHEITA

Neste primeiro capítulo introdutório pretende-se sensibilizar o aluno para a importância da pós-colheita na segurança alimentar e na economia, realçando a dicotomia entre os países desenvolvidos e os países emergentes. Para isso apresentam-se mapas e valores de comércio nacional e internacional de vários produtos. Os sistemas agroalimentares e os valores que são mostrados nestas apresentações são discutidos à luz do um conceito alargado de sustentabilidade. Aborda-se a sustentabilidade como a capacidade de satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, considerando-se os três pilares fundamentais: Sustentabilidade Económica, que se centra na manutenção e melhoria do bem-estar das gerações atuais e futuras através do crescimento e desenvolvimento económico; Sustentabilidade Ambiental, que envolve a proteção e a preservação dos recursos naturais e dos ecossistemas de que depende toda a vida e a garantia de que a utilização dos recursos é sustentável ao longo do tempo, e finalmente a Sustentabilidade Social, que pretende uma sociedade justa e equitativa. Após esta abordagem de sensibilização e contextualização são apresentados como objetivos basilares da pós-colheita os seguintes: ¹⁾ reduzir perdas e desperdício, ²⁾ aumentar lucros, ³⁾ poupar recursos, ⁴⁾ maximizar qualidade, ⁵⁾ melhorar as características nutritivas e ⁶⁾ promover o consumo. Outra abrangência da pós-colheita, seguindo as diretivas da FAO, contempla alimentos

perecíveis, os hortofrutícolas e outros como arroz, e mesmo o cacau e o café. Esta organização tem como principal objetivo eliminar a fome, a insegurança alimentar e a má nutrição, para isso necessita conhecer as causas da perda de qualidade ao longo da cadeia e desenvolver tecnologias acessíveis nos países de menores recursos tecnológicos, de modo a minimizar as perdas de alimentos, aumentar o consumo de produtos hortofrutícolas para promover a saúde.

Pretende-se sensibilizar o aluno para a importância da inclusão de frutos e hortaliças na dieta alimentar, apresentando a composição química e consequente interesse nutricional e funcional de vários alimentos na dieta alimentar humana e na persecução da boa saúde. Referência particular à Dieta Mediterrânica (DM) que foi classificada como Património Imaterial da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em 2013, na qual o consumo de produtos hortícolas, ervas aromáticas, frutos, cereais, leguminosas, e também azeite e vinhos, têm especial distinção. São apresentadas estratégias de aumento de consumo de frutos e hortaliças, em países nos quais as Perdas e Desperdício de Alimentos (PDA) e, simultaneamente, os problemas de saúde causados por deficiente dieta são conhecidos. A título de exemplo refere-se o programa “5 ao dia” que visa promover uma alimentação saudável e promover a alteração de hábitos alimentares, com o consumo de pelo menos 5 porções de frutos e/ou hortícolas diariamente, tendo como público alvo as crianças entre os 6 e os 12 anos, e a população sénior. Alguns aspetos de carácter social, como sejam a menor disponibilidade de tempo e famílias mais reduzidas, refletem-se nas exigências dos consumidores, com a procura de alimentos prontos a comer (*Ready to eat*), com longa vida útil, de oferta continuada, que sejam indicados na prevenção de doenças (alimentos funcionais) e também cuja produção seja respeitadora do ambiente.

São apresentados os valores das Perdas e Desperdício dos Alimentos (PDA) em Portugal, na Europa e no mundo que, por serem muito elevados, acentuam o interesse dos conhecimentos no âmbito da pós-colheita para que com a sua aplicação se contribua para a redução das PDA. Identificam-se estratégias para resgatar alimentos nos diferentes níveis da cadeia de distribuição, e para a utilização de partes não convencionais na produção de alimentos. Segundo uma estimativa divulgada em publicação do Parlamento Europeu em 2024, 10 % dos alimentos disponíveis para os consumidores na União Europeia são desperdiçados, mas há mais de 37 milhões de pessoas que não conseguem garantir uma refeição de qualidade a cada dois dias.

A PDA representa não só uma utilização inadequada dos recursos naturais (fertilizantes, terras aráveis, água, combustíveis fósseis), mas também uma oportunidade perdida de alimentar a

população mundial em crescimento, uma vez que se prevê que a produção alimentar aumente 70% para satisfazer as necessidades mundiais até 2050. (Wunderlich & Martinez, 2018).

A Estratégia do “Prado ao Prato” apresentada pela Comissão Europeia em 2020 deverá garantir um sistema alimentar justo, saudável e respeitador do ambiente, assegurando simultaneamente a subsistência dos agricultores. O papel a desempenhar pelos agrónomos, agora em formação, e pelos agricultores, é crucial para alcançar os objetivos anteriormente mencionados.

Esta parte da matéria relacionada com PDA deverá ser lecionada com a intervenção colaborativa dos alunos, usando para isso o acesso aos *links* listados de seguida, numa pesquisa individual sobre os valores de PDA no mundo, na Europa e em Portugal, sobre as formas de as mensurar e finalmente, com base num raciocínio autónomo e criativo dos alunos discutir com os colegas e docentes propostas idealizadas para diminuir as PDA em situações concretas identificadas. Pretende-se assim sensibilizar para o ODS 12.3 cumprindo o proposto na Agenda 2030 que apela a "elevados níveis de participação de todos os atores do desenvolvimento: países, decisores políticos, setor privado, academia, sociedade civil...todos e todas são chamados à ação".

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Reconhecer aspetos reais do comércio de frutos e hortaliças.
- Compreensão de aspetos funcionais e nutricionais da inclusão dos frutos e hortaliças na dieta humana.
- Capacidade de identificar, mensurar e propor correção de situações de elevadas perdas e desperdício ao longo da cadeia de abastecimento.
- Reconhecer o papel da pós-colheita na preservação ou aumento da qualidade dos frutos e hortaliças, o seu contributo para a economia e para a redução de perdas e desperdício.

Bibliografia recomendada

International Society for Horticultural Science (ISHS) (Ed.) (2012). Harvesting the Sun. A Profile of World Horticulture *Scripta* 14. <http://www.harvestingthesun.org>

Magalhães, V.S.M., Ferreira, L.M.D.F., & Silva, C. (2021). Causes and mitigation strategies of food loss and waste: A systematic literature review and framework development. *Sustainable Production and Consumption*, 28(2021), 1580-1599. ISSN 2352-5509, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.08.004>

Slavin J.L., & Lloyd B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr.*, 3(4), 506-16. doi: 10.3945/an.112.002154. PMID: 22797986; PMCID: PMC3649719.

Wunderlich, S.M., & Martinez, N.M. (2018). Conserving natural resources through food loss reduction: production and consumption stages of the food supply chain. *Int. Soil Water Conserv. Res.* 6, 331–339. doi:10.1016/j.iswcr.2018.06.002.

Páginas de interesse

Agenda 2030 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [ODS FAO](#)

Associação Portuguesa de Nutrição. Dieta Mediterrânica. (2023). O benefício da complementaridade. Dieta Mediterrânica. E-book N.º 66. Associação Portuguesa de Nutrição, Porto. [E-Book Med Diet](#)

Associação 5 ao dia <https://www.5aodia.pt>

European Commission. Food Waste https://food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en

European Commission. (2024, junho 5). Let's reduce consumer food waste! Solutions from the European Consumer Food Waste Forum. Public event at the European Commission. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/event/lets-reduce-consumer-food-waste-solutions-european-consumer-food-waste-forum_en

FAO. Seeking end to loss and waste of food along production chain <https://www.fao.org/in-action/seeking-end-to-loss-and-waste-of-food-along-production-chain/en/>

FAO 2024 The state of Food and Agriculture 2024 - Value-driven transformation of agrifood systems the state of food and agriculture 2024. <https://www.fao.org/publications/fao-flagship-publications/the-state-of-food-and-agriculture/en>

FAO, UNEP, FUSIONS... FLW Standard <https://flwprotocol.org/flw-standard/>

Food and Drug Administration (FDA). Nutrition Information for Raw Fruits, Vegetables, and Fish. <https://www.fda.gov/food/nutrition-food-labeling-and-critical-foods/nutrition-information-raw-fruits-vegetables-and-fish>

Instituto Nacional de Estatística (INE). Estatísticas Agrícolas 2023. Lisboa. INE, 2024. Disponível em [www: <url:https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127>](https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127). ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0680-7 [INE Estatísticas Agrícolas 2023](#)

OCDE-FAO (2024) Perspectivas agrícolas 2024-2033 https://www.oecd.org/es/publications/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2024-2033_2b0c9d81-es/full-report.html

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2024). Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos 2024. Nairóbi. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente [UNEP-Food Waste Index Report 2024](#).

UNESCO Intangible Cultural Heritage [UNESCO MED DIET](#)

World Wide Fund for Nature (WWF). Driven to waste: the global impact of food loss and waste on farms
https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_uk_driven_to_waste_the_global_impact_of_food_loss_and_waste_on_farms.pdf

World Resources Institute (WRI). The Global Benefits of Reducing Food Loss and Waste, and How to Do It
<https://www.wri.org/insights/reducing-food-loss-and-food-waste>

II.3.2. NOÇÕES FUNDAMENTAIS DA FISIOLOGIA EM PÓS-COLHEITA

O tema da fisiologia dos frutos após a colheita é fundamental para que os alunos entendam e possam raciocinar autonomamente sobre a maturação dos frutos, os métodos de conservação mais adequados e a sua vida útil. Neste segundo capítulo do programa teórico são explicadas as alterações associadas a reações bioquímicas a nível celular, durante o período pós-colheita, nos produtos hortofrutícolas. Incidirá numa revisão sobre a célula vegetal, com ênfase nas estruturas mais importantes para a posterior compreensão do comportamento pós-colheita: parede celular, mitocôndrias, cloroplastos, plasmodesmos. A fisiologia é o estudo dos processos que ocorrem nos organismos vivos e os frutos e vegetais são partes de plantas vivas cujos processos vitais continuam após a colheita. Os frutos são órgãos vivos que apresentam atividade metabólica após a colheita. A sua vida após a colheita depende do ritmo a que consomem as suas reservas armazenadas e também da taxa de perda de água, sabendo que contêm 65 a 95 por cento de água e que depois de colhidos, já não podem repor os nutrientes e a água.

Serão também revistas as etapas do desenvolvimento e crescimento dos frutos, assunto com o qual a maioria dos alunos já está familiarizada. Será dada atenção à correta terminologia relativa aos frutos, pseudofrutos e hortaliças. A discriminação dos conceitos de maturação organolética, maturação fisiológica e maturação comercial é determinante sob o ponto de vista prático.

O tempo de conservação e a qualidade destes alimentos são dependentes da interação com o meio ambiente (temperatura, humidade relativa e/ou poder evaporativo do ar, composição da atmosfera em O_2 e CO_2 , presença de etileno) e ainda consequência do *stress* mecânico sobre os frutos. O conhecimento aprofundado destes temas permite melhorar a oferta de frutos e hortaliças, com boa qualidade, alto valor nutritivo, adequados ao consumo, com valor acrescentado e, para além destes aspetos, possibilita a redução de perdas quer por senescência quer por outra causa de deterioração dos tecidos.

O estudo do comportamento respiratório dos frutos é de extrema importância e indissociável do estudo da maturação. O processo de maturação reveste-se de particular interesse, sendo

aprofundado o conhecimento sobre as alterações físico-químicas durante a maturação, para diferentes tipos de frutos. O processo respiratório dos frutos, com ênfase para o padrão climatérico e não climatérico, é uma matéria fulcral, que deve ser bem apreendida pelos alunos já que pode ser determinante para a escolha do método de conservação e definição das datas ótimas de colheita e de consumo. O papel do etileno, designado frequentemente como hormona da maturação, reveste-se de especial importância já que é determinante para a maturação dos frutos climatéricos e pode ser uma ferramenta útil quer para acelerar a maturação quer, na sua ausência, para a impedir.

Os processos fisiológicos normais, a respiração e a transpiração, conduzem ao envelhecimento tornando-os impróprios para o consumo, mesmo que não sejam atacados por organismos patogénicos. A vida útil e as alterações associadas à senescência em frutos e hortaliças, com especial relevo para a degradação das clorofilas nas hortaliças, são processos naturais de decomposição que acabam por torná-los inaceitáveis como alimento.

A suscetibilidade aos danos mecânicos é dependente das características fisiológicas, bioquímicas e físicas dos frutos e das condições ambientais, como a temperatura, a humidade e eventualmente de outros tratamentos pós-colheita. Por outro lado, a existência de danos mecânicos aumenta a intensidade dos processos metabólicos como a respiração, transpiração e mesmo a produção de etileno, diminuindo a qualidade e a vida útil, e se se verificar rutura do exocarpo é facilitado o ataque por agentes patogénicos, nomeadamente fungos.

No contexto desta U.C. é indispensável salientar o papel das práticas agronómicas e dos fatores climáticos, referenciados como fatores pré-colheita, na qualidade dos frutos e hortaliças, e também os aspetos intrínsecos como a variedade, as pautas respiratória e de maturação e o momento da colheita, sendo todos eles determinantes na qualidade e vida útil dos produtos hortofrutícolas.

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Conhecer e aplicar os fundamentos da maturação e padrão respiratório dos frutos para melhorar a qualidade e vida útil.
- Identificar os frutos climatéricos e não climatéricos.
- Reconhecer e saber como usar o etileno para controlo da maturação e aumento da vida útil dos frutos.

Bibliografia recomendada

- Gupta, S., Gupta, K., Jasminkumar, K., & Panigrahi, J., (2022). Chapter 6 Current understanding of ethylene and fruit ripening. In *Ethylene in plant biology*. (Eds) Singh, S., Husain, T., Pratap, V., Singh, V.P., Tripathi, D-K., Prasad, S.M., Dubey, N.K. John Wiley & Sons Ltd, 109-124 <https://doi.org/10.1002/9781119744719.ch6>
- Li, Z., & Thomas, C. (2014). Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 35 (2), 138-150. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.001>
- Mishara, V.K. & Gamage, T.V. (2020) Chapter4 Postharvest physiology of fruits and vegetables. In *Handbook of food preservation*, 3ª Edição. CRC Press. eBook ISBN 9780429091483
- Saltveit, M.E. (2016). Respiratory metabolism. In *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. (Eds.) Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M. Agricultural Handbook 66, USDA Agricultural Research Service, Washington, DC. <https://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2927.pdf>
- Saltveit, M.E. (2019). Chapter 4 - Respiratory metabolism. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*. (Eds) E.M. Yahia. Woodhead Publishing, 73-91. ISBN 9780128132784, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00004-X>
- Seymour, G.B, Taylor, J.E. & Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. 1st edition. Chapman & Hall, London. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1>
- Shewfelt, R.L. & Prussia S.E. (1993) Chapter 2 Challenges in handling fresh fruits and vegetables. In: *Food science and technology, postharvest handling*. (Eds) Shewfelt, R.L. & Prussia S.E. Academic Press, 27-41. ISBN 9780080925769, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092576-9.50008-2>
- Wills, R., & Golding J. (2016). *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. 6ª edição. UNSW Press, CABI. ISBN 978-1-78639-148-3 (CABI)

Páginas de interesse

Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas
<http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm>

II.3.3. QUALIDADE DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Na sequência de outras U.C. eventualmente já frequentadas pelos alunos prevê-se que disponham já de alguns conhecimentos sobre qualidade em contexto alimentar.

Neste terceiro capítulo são apresentados diferentes conceitos de qualidade, que se pretendem enquadrar nesta U.C., de modo a dar relevo à sua aplicação a frutos e hortaliças. Consideram-se como atributos externos de qualidade: o aspeto visual, a sensação tátil, o cheiro e a existência ou não de defeitos; como atributos internos, são identificados os que se avaliam quando do consumo, o aroma,

o sabor e a textura; por último os atributos ocultos, importantes para distinguir entre diversos produtos, são, o valor nutricional e funcional e, que cumpram os requisitos da segurança dos alimentos. Os parâmetros a serem considerados para avaliação e quantificação de qualidade/maturação são baseados no anteriormente exposto, e também no estudo das normas de qualidade em vigor para frutos e hortaliças. Os métodos de medição dos parâmetros escolhidos são explicados numa abordagem de fundamentação teórica, e posterior aplicação em laboratório, no decurso das aulas práticas. Os parâmetros físicos a considerar são: massa, forma, calibre, cor e textura; os parâmetros químicos: acidez e sólidos solúveis totais, podem ainda ser tratados alguns aspetos do valor nutricional, nomeadamente o teor em polifenóis totais e a capacidade antioxidante. No subcapítulo seguinte é abordado o tema Maturação vs Qualidade, muito abrangente na área da pós-colheita. São apresentadas as principais alterações que ocorrem durante a maturação dos frutos: na atividade respiratória, na biossíntese de etileno e na sensibilidade à sua presença, na permeabilidade dos tecidos, ao nível das características de qualidade organolética (com o aumento do teor em açúcares e diminuição da acidez), na diminuição da firmeza dos tecidos e por vezes com a produção de compostos voláteis, entre outras. Tendo em conta a inter-relação entre a qualidade e o estado de maturação dos frutos, a utilização destes mesmos métodos é usada para a avaliação do estado de maturação. Por vezes, em casos específicos, são ainda estudados aspetos como a aparência da zona de abscisão dos frutos, características da superfície dos frutos, como a presença de pruína, a distribuição do amido na polpa de frutos, a relação açúcar/ácidos e padrões de respiração e de produção de etileno. Estas alterações por serem muito diferentes em frutos provenientes de pomóideas, prunóideas, cucurbitáceas, solanáceas e citrinos, são mais pormenorizadas para casos concretos como: maçãs de diversas variedades, pêssegos, melão, tomate e laranja. Pode-se neste momento da leção introduzir o conceito de momento ótimo de colheita e a descrição de índices de maturação específicos.

As normas de amostragem são apresentadas e é levada a discussão com os alunos não somente a necessidade de serem cumpridas, mas também as dificuldades inerentes a essa obrigação, salientando a imposição temporal de 24 horas para analisar o frutos e vegetais frescos.

Após esta reflexão, são apresentados alguns dos vários métodos não destrutivos existentes. Realçam-se os que se impõem por serem práticos, repetíveis, sensíveis às diferenças, e fiáveis. São estes a avaliação da cor no espaço $L^*a^*b^*$, através de colorímetro, a espectroscopia de infravermelhos próximos (NIR) com comprimentos de onda entre 780 nm e 2500 nm, e o impacto mecânico, com duração de contacto inferior a 10 milissegundos com esfera de impacto e altura de impacto

controlada de modo a permitir realizar os testes abaixo do limite do ponto de rutura. Convém explicar que no Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita do MED/UÉvora existem equipamentos para a realização destes testes não destrutivos referidos, o que permite aos alunos terem durante a aula contacto com os mesmos e seguir o princípio de "aprender fazendo".

A avaliação e análise sensorial faz parte integrante da avaliação da qualidade. Análise Sensorial é descrita pelo *Institute of Food Technologists*, (1975) como a disciplina da ciência usada para reconhecer, medir, analisar e interpretar as reações às características dos alimentos e materiais tal como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Uma abordagem completa da análise sensorial implica a compreensão do produto a analisar e dos objetivos dessa análise, a definição dos parâmetros e do tipo de amostra, o tipo de teste a selecionar com as escalas e fichas próprias, e a utilização de provadores ou consumidores, como um instrumento de medida, para obter uma avaliação correta dos descritores e escalas usados. Para atingir os objetivos propostos na análise devem ser usados os métodos estatísticos adequados para analisar e interpretar os resultados da avaliação sensorial, e tirar as devidas conclusões (Lawless & Heymann, 2010; ISO 6658:2017). A utilização de normas para a realização correta da análise sensorial é frisada durante esta exposição, referindo as da *International Organization for Standardization* (ISO). Serão abordados os aspetos teóricos mais importantes, tais como o treino do painel de provadores, o conceito de descritor, os vários tipos de testes e a sua adequação aos objetivos, as fichas de prova e as escalas e finalmente os requisitos a ter em conta para a realização duma prova e a sala de provas.

Sabe-se que a textura dos frutos é fundamental para a [valorização da qualidade dos frutos](#) e para a sua [aceitabilidade de pelo consumidor](#). Os frutos apresentam grandes diferenças na textura consoante o seu estado de desenvolvimento, à colheita e após a colheita. Essa característica é determinante para a decisão do estado de maturação ideal para a colheita, [para a adequação de equipamento de colheita e de calibração](#), para a escolha da embalagem, para o tempo de vida útil, e ainda [para outras decisões como a seleção de novas variedades](#). A [não consideração](#), ou [desconhecimento](#), da [textura dos frutos](#) é uma das causas do elevado valor de Perdas e Desperdício Alimentar, que urgentemente deve ser reduzido. Também é de considerar que, a bem duma dieta alimentar saudável, é necessário aumentar o consumo hortofrutícolas, para o que a [agradabilidade dos frutos frescos](#) pode ser um atrativo importante.

Será apresentado um caso concreto de avaliação sensorial da textura, com recurso a um painel de provadores e a consumidores, e ainda duma forma acessória a avaliação instrumental.

O subcapítulo destinado aos danos mecânicos surge no final do estudo da qualidade. Os frutos frescos podem ser suscetíveis a danos mecânicos, causadores de perda de qualidade e de redução do tempo de vida útil, devido à consequente aceleração dos processos metabólicos. Os danos mecânicos podem ser causados por impacto, por compressão, sem causar rutura do exocarpo mas excedendo o ponto de rutura das células do mesocarpo, ou por corte, com rutura do exocarpo. Podem acontecer durante a colheita e nos procedimentos que se seguem, para a preparação para o mercado, como sejam: lavagem, seleção, calibragem, embalagem, transporte, e conservação, ou seja em qualquer das fases do manuseamento pós-colheita. Para adotar estratégias que contribuam para reduzir os danos mecânicos é necessário conhecer as suas causas e fatores que influenciam a suscetibilidade dos frutos, como o estado de maturação à colheita, aspetos genéticos e práticas agronómicas como, as fertilizações, nomeadamente em Ca e K. São apontadas as forças de compressão excessivas durante a colheita, quer seja apanha manual quer mecânica, e os impactos sofridos durante as operações de colheita, transporte, calibração e embalagem. O aspeto característico das "manchas" (danos) é devido ao escurecimento causado pela atuação de enzimas, como a polifenol oxidase (PPO), que afetam substratos fenólicos, como o catecol e a tirosina, no citoplasma, acelerando as reações químicas e a formação de melaninas, e aparecendo o tom escuro característico. A taxa de escurecimento depende da concentração e da atividade da PPO, da quantidade e da natureza dos compostos fenólicos, do pH, da quantidade de oxigénio disponível no tecido vegetal, entre outros. As suas implicações práticas e métodos para avaliar os danos são abordados numa perspetiva realista, que permita identificar a causa dos mesmos. Foi previamente feita pelos alunos a preparação de frutos para a observação dos danos na aula, de modo a ser possível a identificação do tipo de dano. Consideram-se sempre durante este estudo vários tipos de danos mecânicos, associados a situações reais, que podem ser ocasionados por forças de impacto (contacto inferior a 10 milissegundos) e compressão (força quase estática).

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Escolher os testes adequados para avaliação da qualidade/maturação.
- Definir momento ótimo de colheita para as diferentes espécies e variedades.
- Identificar a causa dos danos mecânicos e minimizar a sua incidência.
- Reconhecer a importância da Análise Sensorial para a aceitabilidade e avaliação de qualidade dos frutos.

Bibliografia recomendada

Abbott, J.A. (1999) Quality measurements of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207-225.

Ekman, J., Goldwater, A., & Winley, E. (2016). *Postharvest management of vegetables: Australian supply chain handbook*. Horticulture Innovation Australia Limited. Western Sydney University. SBN: 978-0-9925251-5-6

Homer, I., García-Ramos, F.J., Ortiz-Cañavate, J., & Ruiz-Altisent, M. 2010. Evaluation of a non-destructive impact sensor to determine on-line fruit firmness. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(1), 67-74.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000100007>

ISO 6658:2017. (2017). Sensory analysis – Methodology - General guidance. 3ª edição, International Organization for Standardization. Geneve, Suíça.

Kader, A.A. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. 3rd edition, Adel A. Kader (Ed.) University of California, Davis, USA.

Lawless, H. & Heymann, H. (2010) *Sensory evaluation of food science. Principles and practices*. 2nd Edition. Ithaca, New York, USA. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>

Natarajan, S., & Ponnusamy, V. (2023). A review on quality determination for fruits and vegetables. In: Uddin, M.S., Bansal, J.C. (eds) *International Joint Conference on Advances in Computational Intelligence*. IJCACI 2022. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1435-7_15

Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., & Agulheiro-Santos, A.C. (2023), Methods for quality evaluation of sweet cherry. *J Sci Food Agric.*, 103: 463-478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12144>

Seymour, G.B, Taylor, J.E. & Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. 1st edition. Chapman & Hall, London. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1>

Akter, T., Bhattacharya, T., Kim, J.-H., Kim, M.S., Baek, I., Chan, D.E. & Cho, B.-K. (2024). A comprehensive review of external quality measurements of fruits and vegetables using nondestructive sensing technologies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15(2024) 101068, ISSN 2666-1543, <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101068>

Páginas de interesse

Produtos tradicionais portugueses <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/cat/frutos-frescos>

Trigueiros, J.J.B.L. (S/D). Manual de Tecnologias de Colheita. Sociedade Portuguesa de Inovação Ministério do Trabalho e da Solidariedade. Lisboa.
<https://www.spi.pt/documents/books/hortofruticolas/Wc559baca66f03.asp>

Research and Information Center. UC Davis. Produce facts Sheets <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets>

Comission Internationale de l'eclairage <https://cie.co.at/>

Postharvest Research and Extension Center UC Davis <https://postharvest.ucdavis.edu/>

Codex Alimentarius. International Food Standards. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

II.3.4. MÉTODOS USUAIS PARA CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E HORTALIÇAS

Neste capítulo que versa a conservação, são estudados os fatores que influenciam a qualidade e a conservação dos frutos, incidindo em primeiro lugar sobre o efeito da temperatura baixa no metabolismo dos frutos após a colheita, considerando a diminuição da velocidade das reações metabólicas e da atividade enzimática, a menor multiplicação de microrganismos patogénicos e a desaceleração, nalguns casos, da maturação. A taxa de reações fisiológicas no tecido vegetal aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura. Esta relação é descrita através do “quociente de temperatura de Van't Hoff” ou Q10, que indica que a taxa de reações químicas aproximadamente duplica por cada aumento de 10 °C na temperatura. A temperatura de armazenamento mais eficiente situa-se entre 2 e 5 °C, uma vez que é neste intervalo que o arrefecimento tem o maior benefício em termos de aumento do tempo de armazenamento. São apresentados aos alunos vários casos concretos e considerações de ordem prática relativamente às câmaras de conservação. Apresenta-se informação sistematizada sobre as temperaturas mais adequadas a cada espécie, estado de maturação e objetivos de conservação, com as consequentes alterações na vida útil dos frutos. São apresentadas e consultadas tabelas com valores específicos de temperatura, humidade relativa e vida útil para as várias espécies, variedades e estados de maturação.

A maioria dos frutos e hortaliças só congela a temperaturas inferiores a 0°C, em função da concentração de solutos dissolvidos dentro das células. Os cristais de gelo em expansão podem perfurar as paredes celulares causando perda de integridade estrutural, lesões típicas da congelação *freezing injury*. Os produtos ficam incapazes de retomar a sua atividade metabólica normal.

A lesão por frio, *chilling injury*, é mais comum nos frutos e hortaliças originários de regiões tropicais ou temperadas quentes, quando são mantidos a baixas temperaturas. A perda de peso é frequentemente rápida, a maturação anormal e a deterioração é rápida quando expostos a temperaturas mais elevadas. Estes danos fisiológicos podem não ser óbvios durante o armazenamento, mas aparecem quando o produto é colocado a temperatura mais elevada, por

exemplo em casa do consumidor. Os sintomas mais comuns são áreas deprimidas, lesões húmidas, escurecimento interno e podridões superficiais, sabores e cheiros estranhos. Para melhor apreensão, por parte dos alunos, destes danos muito comuns são apresentadas imagens ilustrativas dos danos causados por temperaturas baixas inadequadas, habitualmente danos por frio ou *chilling injury*, muito frequentes no comércio de frutos tropicais entre nós, e também de *freezing injury* de ocorrência ocasional. Numa das aulas dedicadas a este capítulo a (5ª aula teórica) inclui-se um breve trabalho de grupo durante o qual serão colocados a 2° C, na câmara de conservação do Laboratório de Tecnologia e Pós-colheita, alguns exemplares de frutos e hortaliças sensíveis ao frio; na aula dedicada ao tema das temperaturas de conservação (8ª aula) serão vistos os exemplares danificados pelo frio, usando assim a observação e o erro para construir conhecimento.

As baixas temperaturas reduzem o crescimento de microrganismos, ajudando a reduzir as doenças nos produtos armazenados. A maioria dos microrganismos patogénicos na pós-colheita tem a sua ótima multiplicação a temperaturas entre 15 e 25°C. Alguns, como *Botrytis cinerea*, muito comum nos frutos conservados pelo frio, podem continuar a desenvolver-se a 0°C, mas a sua taxa de multiplicação é mais baixa do que seria a uma temperatura superior. São apresentados vários casos já estudados sobre o efeito retardador do desenvolvimento de microrganismos em condições de frio. De forma aparentemente contraditória, a prática do chamado *curado* ou *delayed storage*, que consiste em manter os frutos sob temperaturas elevadas durante algumas horas antes da entrada na câmara de frio, melhora a qualidade de alguns frutos. Esta prática é ancestralmente usada pelos produtores de algumas prunóideas e tem sido alvo de novos estudos à luz dos atuais conhecimentos da atuação enzimática durante a pós-colheita.

Salienta-se que a temperatura baixa desempenha um papel inquestionável na grande maioria dos métodos de conservação, mesmo nos mais elaborados que a seguir serão estudados. O equilíbrio da humidade relativa (HR) no ambiente no qual os frutos e hortaliças são conservados é um objetivo indispensável para se conseguir boa conservação de frutos e muito particularmente das hortaliças de folhas. Realça-se sempre o aspeto positivo da humidade relativa do ar elevada e temperatura baixa, de forma concomitante, na conservação dos frutos.

A perda de água causa murchidão, alterações de textura, mau sabor e má aparência. O excesso de água, uma ocorrência muitas vezes não considerada, é também prejudicial, sobretudo quando, sob a forma de condensação na superfície de frutos e embalagens, causa perda de qualidade devido ao aumento das doenças, aparecimento de fissuras e descolorações, em alguns produtos. Os fungos desenvolvem-se particularmente bem com HR superior a 85-90%. Assim, torna-se evidente que a HR

tem de se manter elevada, para controlar a transpiração, ou seja, a perda de água através de estomas e lenticelas, mas por outro lado não pode haver água sob a forma líquida na superfície dos frutos e hortaliças. As hortaliças de folhas devem ser mantidas com HR superior a 95%. Acresce a este difícil equilíbrio o facto de a quantidade de vapor de água contida no ar variar consoante a temperatura, sendo o ar quente capaz de reter muito mais vapor de água do que o ar frio. Com a descida da temperatura o ar tem menos capacidade de reter o vapor de água e poderá haver condensação. Caixas com produtos com temperatura elevadas colocadas numa câmara de frio podem sofrer condensação no interior da embalagem (sobre o produto e na face interior da embalagem). Os riscos de um deficiente controlo do binómio temperatura - humidade relativa são muitos.

A água move-se nos tecidos vegetais através de membranas permeáveis, impulsionada por diferenças na concentração de soluto dentro e fora das células. Este processo - osmose - cria a pressão de turgescência que mantém os vegetais firmes e estaladiços porque a água no interior das células pressiona as paredes e membranas celulares. O vapor de água no exterior dos produtos deverá estar em equilíbrio com o vapor de água no interior do produto, que por sua vez está em equilíbrio com a água líquida contida nas células e as mudanças entre líquido e vapor serão as mesmas em ambas as direções. A pressão de vapor é a quantidade de vapor de água contida no ar. A diferença entre a pressão de vapor no interior do produto e a pressão de vapor no ar circundante é designada por déficit de pressão de vapor (DPV). Valores elevados de DPV conduzem à perda de humidade e são suscetíveis de ocorrer quando produtos quentes são colocados numa câmara fria. Para calcular o DPV e verificar a sua dependência da temperatura, pressão de vapor e HR é apresentada aos alunos e estudada uma carta psicrométrica. Apresenta-se um exemplo de um produto a diferentes temperaturas colocado em câmara de frio, e observada assim a diferença no seu comportamento no que respeita à perda de água.

No subcapítulo sobre o efeito da humidade relativa na conservação dos frutos, e mais especificamente sobre métodos de controlo da HR, indicam-se as exigências dos produtos em HR que deverão ser mantidas nas câmaras de frio, assunto já introduzido no subcapítulo anterior sobre temperaturas. São apontados cuidados de manutenção como: o ar de entrada deve ter temperatura próxima da desejada, reduzindo as flutuações de temperatura; atenção à estanqueidade das câmaras e salas, já que se mal vedadas, abertas com frequência ou com variações significativas de temperatura, terão uma humidade mais baixa e mais variável; adicionar água sob a forma de pequenas gotículas pode trazer alguns problemas adicionais na integridade das embalagens de cartão e na formação de gelo nas bobinas de refrigeração, logo obriga a mais ciclos de descongelação.

Outra estratégia apresentada neste subcapítulo, e mais tarde retomada com mais detalhe, é o uso de embalagens de materiais de síntese, vulgo plástico, e de revestimentos edíveis que atuam como barreira eficaz contra a perda de humidade. São referidos diferentes sistemas pré-arrefecimento: em água, ar forçado, com gelo, vácuo e em câmara de pré-arrefecimento, e explicada a sua necessidade em casos específicos, bem como a eficácia de alguns deles, também em casos específicos.

A distinção entre Atmosfera Modificada Passiva e Atmosfera Modificada Ativa é estudada sendo consolidados estes conhecimentos através da apresentação de casos de estudo. A utilização de películas de síntese (filmes e embalagens plásticas) para condicionar a composição da atmosfera no interior da embalagem é apresentada, com especial referência aos materiais de síntese mais comuns. É apresentada a caracterização daquelas películas no que respeita à transferência de massa em termos de vapor de e água, transferência de gases, nomeadamente O^2 e CO^2 , e à proteção mecânica do produto embalado. A falta de legislação portuguesa para alguns destes produtos e materiais utilizados deve ser esclarecida, sendo indicada para suprir as falhas a legislação da Comunidade Europeia. Faz-se notar que se trata dum processo dinâmico, estando sempre a surgir novos polímeros, bem como alterações à legislação. Referem-se os Regulamento (CE) 1935/2004 e Regulamento (UE) 10/2011, relativos aos materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos, Regulamento (UE) 450/2009, relativo às embalagens ativas e inteligentes e Regulamento (UE) 2023, que altera o anexo I do Regulamento (UE) 10/2011, relativo aos materiais e objetos de matéria plástica destinados a entrar em contacto com os alimentos.

Os produtos minimamente processados, vulgo IV Gama, são apresentados, referindo-se a introdução de gases no interior da embalagem, para aumento da vida útil e controlo das oxidações dos tecidos expostos após o corte.

Neste ponto do programa é suposto os alunos terem integrado conhecimentos sobre os aspetos da fisiologia dos frutos e hortaliças (respiração, maturação e produção de etileno), o efeito do binómio temperatura-humidade relativa e o efeito da presença e da concentração de CO^2 , O^2 e C^2H^4 junto dos produtos. Apontam-se as técnicas que promovem a alteração da composição da atmosfera, com diminuição da concentração de O^2 e aumento da concentração de CO^2 , para controlo da intensidade respiratória e do desenvolvimento de microrganismos. A presença ou não de etileno, considerando os conhecimentos anteriores sobre a pauta respiratórios dos frutos, é um assunto decisivo para a intensidade respiratória, biossíntese de etileno e processo de amadurecimento, logo determinante para a vida útil.

A utilização da Atmosfera Controlada (AC) é apresentada, considerando os efeitos, as vantagens e o seu custo-benefício, não esquecendo que é muito utilizada em todo o mundo, nomeadamente na conservação de maçãs e outros frutos climatéricos. A alteração na atmosfera de armazenamento em AC, com redução da concentração de oxigénio (O_2) e o aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2), em simultâneo com temperaturas baixas e HR elevadas, contribuem para evitar o amadurecimento dos frutos, prolongando o período de armazenamento de alguns frutos, com evidente redução de perdas. A resposta a esta tecnologia está muito dependente ¹⁾ do padrão respiratório do fruto, sendo mais adequada a frutos climatéricos; ²⁾ do estado de maturação à colheita, sendo indicada a colheita no estado pré-climatérico; ³⁾ da espécie e da variedade, e de outros fatores, nomeadamente ⁴⁾ aspetos nutricionais associados ao desenvolvimento dos frutos. Sabendo que a alteração do nível de O_2 afeta a sensibilidade dos frutos ao CO_2 , são disponibilizadas aos alunos para consulta, tabelas com os valores dos gases referidos, da temperatura e HR e do tempo de conservação previsto para diferentes espécies e variedades. A concentração de O_2 durante a conservação em AC é determinante para o sucesso do processo. Assim, foram desenvolvidos equipamentos que permitem manter as câmaras em condições de baixo teor de O_2 , de cerca de 2 a 3 %; outra possibilidade referida como oxigénio ultrabaixo (*Ultra Low Oxygen ULO*) pode apresentar níveis de 1 % de O_2 , com vantagem para a qualidade (textura e cor), prevenção de doenças e de distúrbios fisiológicos

Uma tecnologia bastante divulgada nos últimos anos para a conservação de maçã é a chamada Atmosfera Controlada Dinâmica (*Dynamic Controlled Atmosphere, DCA*). Nesta tecnologia o nível de O_2 é reduzido ao nível mais baixo possível, desde que superior ao nível de concentração crítica de O_2 (*Lower Oxygen Limit LOL*), para que não se verifique respiração anaeróbia com a consequente degradação de qualidade dos frutos (surgem etanol, acetaldeído e acetato de etilo, causadores de *off-flavours*). A tecnologia DCA envolve a monitorização das concentrações de gases na sala de armazenamento através de sensores e as condições vão-se adaptando de acordo com o metabolismo dos frutos durante o armazenamento. O *stress* causado aos frutos pelo baixíssimo nível de O_2 pode ser avaliado a partir da fluorescência da clorofila, do quociente respiratório ou do cálculo do CO_2 da respiração. Já é possível o conhecimento da dinâmica dos frutos armazenados em tempo real de forma não destrutiva.

As condições de conservação, quer seja de AC, ULO ou DCA, para serem eficazes e manterem elevados padrões de qualidade dos frutos durante o maior tempo possível, requerem diferentes valores, para diferentes espécies e para diferentes variedades.

Muitas outras variantes na disponibilidade de O_2 têm sido estudadas e praticadas, em técnicas como ILOS (*Initial Low Oxygen Stress*) e RLOS (*Repeated Low Oxygen Stress*). No primeiro caso, no interior da câmara frigorífica os níveis de oxigénio são propositadamente baixos (≈ 0.5 kPa O_2) no início da conservação, durante alguns dias, e de seguida as condições são normalizadas para os níveis de O_2 habituais em AC. A segunda variante (RLOS) consiste em aplicar 0.5 kPa de O_2 algumas vezes durante o período de conservação (por exemplo 2 a 3 vezes, ou uma semana periodicamente durante longas conservações). Utilizando um sistema multifatorial que inclui variedade, parâmetros de qualidade, estado de maturação à colheita, condições de armazenamento disponíveis e, eventualmente, outras, poderão ser otimizadas as condições de armazenamento para garantir a manutenção da qualidade dos frutos, minimizar perdas, diminuir o consumo de energia e reduzir o uso de substâncias químicas nefastas para a saúde e para o ambiente.

A discussão com os alunos sobre as diferentes tecnologias de conservação é incentivada, tendo em conta o sistema no seu todo e não unicamente a eficácia. Os alunos perante um caso de estudo (a maçã como o fruto mais comercializado em todo o mundo após conservação de longa duração) são levados a observar, analisar, a informação sobre o comportamento dos frutos em relação aos objetivos pretendidos, e ponderar sobre a adequação da tecnologia utilizada, propondo melhorias em relação ao praticado.

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Capacidade de selecionar as condições de conservação mais adequadas aos produtos e aos objetivos comerciais.
- Identificar as fisiopatias mais importantes, nomeadamente as causadas por temperaturas inadequadas, conhecer as suas causas e propor a correção.
- Propor de forma assertiva a presença conjunta de diversos frutos e hortaliças em câmaras de frio.
- Reconhecer e saber como aplicar o etileno para controlo da maturação e aumento da vida útil dos frutos.
- Avaliar a adequação dos métodos de AC aos casos concretos de conservação.
- Reconhecer o papel sinérgico do controlo de O_2 e CO_2 na conservação de frutos.

Bibliografia Recomendada

Kader, A.A. (2002) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3ª Edição. University of California, Agriculture and Natural Resources, Oakland, USA.

Kitinoja, L. & Kader, A.A. (2015). *Small-Scale Postharvest Handling Practices: A Manual for Horticultural Crops*. 5ª Edição. Postharvest Horticulture Series Nº. 8E. UC Davis, USA.

Patel, B., Tandel, Y.N., Patel, A.H. & Patel, B.L. (2016). Chilling injury in tropical and subtropical fruits: a cold storage problem and its remedies: A review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5 (4), 1882-1887. ISSN 2278-3687

Rao, C.G. (2015). *Engineering for storage of fruits and vegetables: cold storage, controlled atmosphere storage, modified atmosphere storage*. Academic Press, Elsevier Inc. USA.

Thewes, F.R., Wood, R.M., Both, V., Keshri, N., Geyer, M., Pansera-Espíndola, B., Hagemann, M.H., Brackmann, A., Wünsche, J.N., & Neuwald, D.A. (2021). Dynamic controlled atmosphere: A review of methods for monitoring fruit responses to low oxygen. *Comunicata Scientiae*, 12, e3782. <https://doi.org/10.14295/cs.v12.3782>

Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire R. F., & Crisosto C. H. (2008). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables & Flowers*. Postharvest Technology Center, UC Davis. USA.

Valero, D. & Serrano, M. (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC Press. Boca Raton, USA. ISBN 9780429093333. DOI <https://doi.org/10.1201/9781439802670>

Páginas de interesse

Fruit Physiological Disorders. UC Davis. <https://postharvest.ucdavis.edu/physiological-disorders>

Information on Post-harvest operations. FAO. <https://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/fruits-vegetables/en/>

Storage recommendations. UC Davis. <https://postharvest.ucdavis.edu/storage-recommendations>

II.3.5. TECNOLOGIAS EMERGENTES DE CONSERVAÇÃO

A rápida evolução tecnológica permite um conhecimento mais minucioso do comportamento dos frutos e hortaliças na pós-colheita e, em simultâneo, o recurso a metodologias inovadoras que se pretendem mais eficientes na manutenção da qualidade e no aumento da vida útil. Os parâmetros que habitualmente se controlam durante o período de pós-colheita são: temperatura, humidade relativa e concentração de determinados gases, O₂, CO₂ e C₂H₄. Contudo surgem frequentemente

métodos, materiais e equipamentos inovadores. Nesta U.C. serão apresentados de forma superficial, já que o seu estudo mais aprofundado poderá ser remetido para uma formação mais avançada num segundo ciclo de estudos, nomeadamente Engenharia Agronómica. Outro aspeto a ser lembrado neste capítulo é a nova utilização de práticas antigas e de conhecimento empírico, referido como retro-inovação.

Este capítulo do programa tem forçosamente um carácter dinâmico, sendo indispensável a sua atualização contínua.

Para informação mais completa e atual serão apresentados, embora numa forma bastante superficial, os novos reguladores que se revestem do maior interesse na pós-colheita, deixando o aprofundamento deste assunto para uma formação de 2º ciclo. Os recentes avanços nas tecnologias têm permitido a identificação de novos compostos que intervêm no metabolismo dos frutos após a sua colheita. Os fitorreguladores jasmonatos, poliaminas e salicilatos, no contexto da pós-colheita de frutos, influenciam por um lado a qualidade e a maturação, e por outro lado a resistência ao *stress* e a doenças, convergindo todos estes aspetos para uma maior vida útil. Os estudos recentes apontam aqueles compostos como compostos-chave na gestão pós-colheita dos frutos, com menor recurso a tratamentos químicos. Descreve-se brevemente a atuação dos fitorreguladores referidos, com apresentação de resultados recentes de investigação publicados. Os jasmonatos nos frutos após a colheita desempenham um papel fundamental na regulação do amadurecimento, porque influenciam a produção de etileno, e na defesa contra agentes patogénicos, como *Botrytis cinerea* ou *Penicillium spp*, induzindo a produção de fitoalexinas, que defendem contra fungos e bactérias. As poliaminas, putrescina, espermina e espermidina, desempenham um papel importante na resposta dos frutos ao *stress* pós-colheita e na resistência ao frio, ajudando a manter a integridade das membranas celulares e a função antioxidante. Durante o armazenamento, as poliaminas podem estar envolvidas na regulação da senescência dos frutos, retardando a sua deterioração. O ácido salicílico pode induzir uma resistência sistémica adquirida (*Systemic Acquired Resistance*, SAR), que melhora a capacidade de defesa dos frutos contra os agentes patogénicos durante a pós-colheita e, em termos de amadurecimento, podem também influenciar a redução da velocidade de amadurecimento de certos frutos, inibindo a produção de etileno e prolongando a vida útil dos frutos.

A irradiação é um método físico que recorre a energia ionizante para conservação de alimentos, expondo o alimento a uma determinada quantidade de radiação ionizante e por um determinado intervalo de tempo, considerando as características do alimento e o objetivo final. Os tipos de

radiação mais utilizados são, em primeiro lugar, os raios gama, depois os eletrões de elevada energia e finalmente os raios X. Deve-se fazer notar que estes tratamentos, cujos testes de aplicação são seguidos de perto pela *Food and Drug Administration* (FDA), pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por organizações especificamente criadas para o efeito, como *Joint Expert Committee on Food Irradiation* (JECFI), continuam a gerar alguma desconfiança por parte dos consumidores. Em trabalhos com alimentos, foi definida uma terminologia específica: radapertização, radurização e radicidação, dependendo da dose de irradiação que se aplica em cada uma das técnicas. O processo de radurização tem como objetivo reduzir o número de leveduras, fungos e bactérias não esporuladas, para prolongar a vida útil, e recorre a doses entre 0,75 a 2,5 kGy, é aplicada a vegetais e outros produtos naturais. Regra geral os tratamentos pós-colheita em frutos recorrem a uma dose baixa, até 1 kGy, conseguindo-se retardar o amadurecimento e eliminar alguns organismos prejudiciais. O decreto-Lei nº337/2001 define quais os alimentos que podem ser expostos à radiação ionizante em Portugal, indicando unicamente as ervas aromáticas secas, as especiarias e os condimentos vegetais e refira-se que não existem atualmente instalações aprovadas para o efeito. A aplicação do ozono, O³, devido à sua capacidade de controlar o desenvolvimento de fungos e bactérias, e de preservar as características sensoriais dos alimentos, tornou-se muito promissora no atual panorama da conservação de frutos. Podem ser feitos tratamentos com ozono gasoso, ozono na água ou injeção de ozono nas câmaras de arrefecimento. A adição de ozono afeta o metabolismo dos vegetais, incluindo a eliminação do etileno, a inibição dos processos de amadurecimento, a ativação de enzimas envolvidas na biossíntese de compostos fenólicos e o aumento dos sistemas de defesa antioxidante. Além disso, o ozono ativa os fitoquímicos antimicrobianos, tornando os produtos frescos mais resistentes às infeções microbianas.

Refiram-se, no âmbito da inovação, o uso de óleos essenciais (OEs) para controlo de fungos e aumento de vida útil, incorporados em revestimentos edíveis, com uso de nanomateriais ou simplesmente usando a sua volatilidade característica para que atuem no interior de embalagens.

Os revestimentos edíveis contribuem para o aumento da vida útil de frutos frescos, devido à sua capacidade de formar barreira entre o fruto e o meio exterior, promovendo uma atmosfera modificada no produto onde se aplica, com consequente redução na transferência de O₂ e CO₂, e diminuição das perdas de água. Estas formulações devem ser inodoras, insípidas e incolores, não alterar as características organoléticas e não apresentar toxicidade. Face aos problemas ambientais atuais, são procuradas soluções que visam a substituição de materiais de embalagem como os plásticos sintéticos, por materiais biodegradáveis.

Têm sido obtidas novas variedades, cada vez mais divulgadas e comuns, que pretendem melhorar a vida útil dos frutos e hortaliças, e consequentemente aumentar a eficiência da cadeia de abastecimento de alimentos. A obtenção dessas variedades tem usado diferentes técnicas: o melhoramento convencional por hibridação, cruzamento e seleção, método longo e trabalhoso; o melhoramento de plantas baseado em mutação; o melhoramento de plantas baseado em transgênicos, muito controverso; e recentemente a edição de genes específicos para obter as características desejadas, uma vez que pode gerar uma modificação precisa do genoma, como o *clustered regularly interspersed short palindromic repeats* (CRISPR)/Cas, já usado em culturas como tomate, morango e batata.

Será de salientar, na parte final deste capítulo que versa a inovação, a Inteligência Artificial (IA) e a análise de *Big Data*, que permitem otimizar as condições de conservação com recurso a sensores para ajustar os parâmetros em tempo real e mesmo antecipar por modulação as possíveis alterações. A já usada refrigeração inteligente (*Smart cooling*), usa sensores que enviam medições em tempo real para ajustar os parâmetros referidos, temperatura, HR e os gases no interior da câmara.

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Conhecer a dinâmica inerente à conservação de frutos.
- Saber procurar e seleccionar informação fiável sobre métodos inovadores.

Bibliografia recomendada

Ahsan-Sher, A., Khan, U., Rafique, M.N., Ikram, M.A., & Mazhar, A.R. (2024). Development and analysis of a smart cold storage system for fruit warehouses. *2nd International Conference on Modern Technologies in Mechanical & Materials Engineering* (MTME-2024). MATEC Web of Conferences 398, Acta 01027. Topi, Pakistan. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439801027>

Balbinot Filho, C.A, & Borges, C.D. (2020). Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. *Braz. J. Food Technol.*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32118>

Barthwal, R., Negi, A., Kathuria, D., & Singh, S. (2025). Ozonation: Post-harvest processing of different fruits and vegetables *Food Chemistry*, 463(9):141489 DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141489

Bernalte, M.J. Sabio, E. Hernández, M.T. & Gervasini., C. (2003). Influence of storage delay on quality of ‘Van’ sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2), 303-312. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00194-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00194-1)

Bisht, B., Bhatnagar, P., Gururani, P., Kumar, V., Tomar, M.S., Sinhmar, R., Rath, N., & Kumar, S. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables. A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114(2021), 372-385, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>

Kader, A.A. (2013). Post harvest technology of horticultural crops. An overview from farm to fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 1, 1-8.

Laranjo, M., Fernández-Léon, A.M., Potes, M.E., Agulheiro-Santos, A.C. & Elias, M. (2017). Use of essential oils in food preservation. In *Antimicrobial research: Novel bioknowledge and educational programs*, 177-188 (Microbiology Book Series #6). Eds A. Méndez-Vilas, Formatex Research Center, Badajoz, Espanha. <http://www.microbiology6.org/ebook.php>

Laranjo, M., Fernández-León, A.M., Agulheiro-Santos, A.C., Potes, M.E., & Elias, M. (2019). Essential oils of aromatic and medicinal plants play a role in food safety. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8) <https://doi.org/10.1111/jfpp.14278>

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2001). Decreto-Lei no 337/2001. (2001). Diário da República nº 297/2001, 8434–7.

Pintado, C.J.M., Velardo B., Lozano, M., & Gonzalez-Gomez, D. (2010). Effect of delayed storage on chilling injury incidence and postharvest quality attributes of peaches and nectarines. *Acta Horticulturae*, 877(877), 513-521. DOI:10.17660/ActaHortic.2010.877.66

Sarron E., Gadonna-Widehem P., & Aussenac T. (2021). Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: A critical review. *Foods*, 10(3), 605. doi: 10.3390/foods10030605. PMID: 33809297; PMCID: PMC8000956.

Thompson, J., Cantwell, M., Arpaia, M.L., Kader, A., Crisosto, C., & Smilanick, J. (2001). Effect of cooling delays on fruit and vegetable quality. *Perishables Handling Quarterly Issue*, Nº 105, 2-5. University of California, Davis, USA.

Páginas de interesse

Food Irradiation: What You Need to Know. (2024 maio 3) US Food & Drug Administration (FDA) <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/food-irradiation-what-you-need-know>

Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) Nº 1601/91, Regulations (EC) Nº 2232/96 and (EC) Nº 110/2008 and Directive 2000/13/EC (2025 fevereiro 19) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1334/2025-02-19>

II.3.6. CASOS ESPECÍFICOS DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS

Como corolário das matérias anteriormente tratadas, neste capítulo são estudadas as técnicas utilizadas para cada um dos produtos indicados, tidos como de grande interesse económico na atualidade. A escolha destas espécies será sempre passível de ser alterada de acordo com a dinâmica do sector produtivo, com os aspetos económicos e eventualmente com o interesse manifestado pelos alunos.

Do estudo de cada fruto constam os seguintes assuntos:

- I. Morfologia da espécie
- II. Aspetos fisiológicos
 - a. Respiração e maturação
 - b. Padrões de maturação para colheita
 - c. Transpiração
 - d. Aspetos nutricionais
 - e. Fisiopatias mais comuns
 - f. Doenças e pragas mais importantes
- III. Pós-colheita e vida útil
 - a. Operações de colheita,
 - b. Seleção e calibragem,
 - c. Embalamento e escolha de embalagem
 - d. Técnicas adequadas de conservação
- IV. Qualidade final e comercialização
 - a. Aspetos comerciais
 - b. Consumo e apresentação final do produto

Competências específicas adquiridas neste capítulo

- Avaliar a qualidade de cada uma das espécies estudadas.
- Implementar o método adequado para a conservação.
- Identificar e prevenir os erros mais comuns.

II.3.6.1. Estudo da pós-colheita de frutos não climatéricos: morango, uva de mesa apirénica e a desverdização de citrinos

Neste subcapítulo, ao ser estudado o **morango** dar-se-á especial atenção ao conceito vida útil *versus* intensidade respiratória, já que estes frutos múltiplos são exemplo de uma elevada intensidade respiratória naturalmente conducentes a uma curta vida útil; neste caso também será destacado o papel fundamental da maturação à colheita e da embalagem como estratégia de proteção física dos produtos e de garantia de qualidade.

O estudo da **uva de mesa apirénica** reveste-se de particular interesse pelo comportamento incoerente dos bagos e das ráquis. O escurecimento e desidratação das ráquis, embora parte não comestível do produto, tem grande interesse comercial, o que leva a que sejam testados e praticados métodos de conservação que visam unicamente a sua manutenção.

Os **citrinos** são frutos bem conhecidos pela sua longa vida útil. São apresentados os parâmetros de qualidade, porque são distintos da maioria dos que são usados em outros frutos, quantidade de sumo para 1 kg de frutos, cor exterior, acidez e/ou sólidos solúveis totais, e nalguns casos, facilidade de descasque. A desverdização é um procedimento que se aplica frequentemente a algumas variedades de citrinos, quando o epicarpo não adquire a cor laranja desejável, devida à degradação da clorofila e síntese de carotenoides, como resposta a condições de temperatura durante a produção.

Bibliografia recomendada

Agulheiro-Santos, A.C., Laranjo, M., & Ricardo-Rodrigues, S. (2022). *Table grapes: There is more to vitiviniculture than wine....*. In: Grapes and wine. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.99986

Agulheiro-Santos, A.C., Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., Melgão, C., & Velásquez, R. (2022). Non-destructive prediction of total soluble solids in strawberry using near infrared spectroscopy. *J Sci Food Agric.*, 102(11), 4866-4872. doi: [10.1002/jsfa.11849](https://doi.org/10.1002/jsfa.11849)

Artés-Hernández F, Aguayo E, & Artés F. (2004) Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 59-67. DOI: 10.1016/s0925-5214(03)00116-9

Blanckenberg, A., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2021). Postharvest losses in quantity and quality of table grape (cv. Crimson Seedless) along the supply chain and associated economic, environmental and resource impacts. *Sustainability*, 13(8), 4450. <https://doi.org/10.3390/su13084450>

Duarte, A., Marques, C., Nunes, C., Lopes, L., & Salazar, M. (2006) *Código de boas práticas de higiene no processamento de citrinos para comercialização em fresco*. (Ed.) Uniprofrutal Faro, Portugal.

Duarte, A. (2020) *Manual de Boas Práticas de Fruticultura. Citrinos*. (Ed.) Frutas Legumes e Flores & Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade (INIAV, I.P.). https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/manual_de_fruticultura_citrinos_1.pdf

Gómez di Marco, G., P.A., Artés Hernández, F.A., Aguayo Giménez, E.P., Pilar, & Artés Calero, F. (2014). Desverdización de los cítricos y del pimiento. In *Modelización de las condiciones de transporte y conservación prolongada en frutas y hortalizas*. FRUTURA, V. (Ed.). UPM-CYTED, Madrid. ISBN 978-84-697-0186-7.

Rabasco-Vílchez, L., Jiménez-Jiménez, F., Possas, A., Brunner, M., Fleck, C. & Pérez-Rodríguez, F. (2024). Evaluating the shelf life of strawberries using a portable Vis-NIR spectrophotometer and a reflectance quality index (RQI). *Postharvest Biology and Technology*, 218, 113189. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113189>.

Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., Coelho, R., Martins, P., Rato, A.E., Vaz, M., Valverde, P., Shahidian, S., Véstia, J., & Agulheiro-Santos, A.C. (2019). Terroir influence on quality of 'Crimson' table grapes. *Scientia Horticulturae*, 245, 244- 249. DOI: 10.1016/j.scienta.2018. 10.035

Páginas de interesse

Calendário da fruta e dos legumes https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/fruit-and-vegetables/fruit-and-vegetables-calendar_pt Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

Gabinete de políticas e planeamento e administração geral (GPPAG). (2018). Normas de comercialização e rotulagem. Atualizado 2/2025. <https://www.gpp.pt/index.php/normas-de-comercializacao-e-rotulagem>

Postharvest Research and Extension Center. (s/d). Produce facts sheets. University of California, Davis, USA. [Postharvest research and extension center UC Davis produce-facts](https://postharvestresearch.ucdavis.edu/produce-facts)

Taste the season: Eat more fruit and vegetables https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/4f371046-f466-4b8c-b1b8f3d6d51dc467_en?filename=citrus-dashboard_en.pdf&prefLang=pt. Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

II.3.6.2. Estudo da pós-colheita de frutos climatéricos: maçã e pêsego, O caso particular da variedade Pera-rocha em AC.

A **maçã** é sem dúvida o fruto mais comercializado em todo o mundo. Parte do seu sucesso deve-se à facilidade e perfeito conhecimento das práticas de pós-colheita que permitem que os frutos mantenham as suas qualidades durante o armazenamento, transporte e comercialização, com o mínimo de perdas. Sendo um fruto climatérico, deve ser colhido no estado pré-climatérico para se adaptar a conservações de longa duração, com recurso a refrigeração, controlo de HR e/ou AC.

O caso da '**Pera Rocha**' será apresentado como um exemplo de sucesso e de gestão da conservação que permite a disponibilização para o mercado de pera durante todo o ano, recorrendo a uma

criteriosa colheita, conservação em atmosfera convencional e, finalmente, conservação em AC, que consegue manter os frutos com qualidade durante 11 meses. Foram particularmente interessantes os recentes desenvolvimentos exigidos devido à proibição pela União Europeia da utilização de difenilamina (DPA), na conservação da 'Pera Rocha'.

A pós-colheita de prunóideas, particularmente de **pêssego**, será abordada, considerando dois aspetos específicos: a grande suscetibilidade de ocorrência de danos mecânicos e a sensibilidade a temperaturas específicas de conservação com desenvolvimento de numerosas fisiopatias: *mealiness*, *leatheriness*, escurecimento interno do mesocarpo (*internal browning*), escurecimento à volta do endocarpo (*blackpitcavity*), cor vermelha da polpa (*bleeding*), e outros. São apresentados alguns dos métodos propostos para evitar estes malefícios: aquecimento prévio à conservação ou *delay cooling*, aquecimentos intermitentes, uso de AC e uso de LO.

Bibliografia recomendada

Almeida, D.P.F. (2017). *Novas recomendações para o armazenamento prolongado de pera 'Rocha' produzida na região Oeste de Portugal*. Atas Portuguesas de Horticultura. VIII Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, Coimbra, Portugal, 7 a 10 de junho de 2017

Argenta, L.C., Wood, R.M., Mattheis, J.P., Thewes, F.R., & Nesi, C.N. (2024). Impact of storage atmosphere relative humidity on 'Gala' apple fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 217, 113085. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113085>.

Cheng, C., Liang, X., Wei, W., Zhang, N., Yao, G., & Yan, R. (2024). Enhanced shelf-life quality of peaches (*Prunus persica* L.) using ethylene manipulating active packaging in e-commerce logistics. *Scientia Horticulturae*, 326, 112701. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112701>.

Dias, C., Ribeiro, T., Rodrigues, A.C., Ferrante, A., Vasconcelos, M.W., & Pintado, M. (2022). Cold storage demand for 'Rocha' pear ripening: A comparison between a shorter and longer cold period. *Scientia Horticulturae*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111033>.

Jordi Giné-Bordonaba, J., Cantín, C.M., Echeverría, G., Ubach, D., & Larrigaudière, C. (2016). The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 115, 38-47, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.006>.

Mditshwa, A., Fawole, O.A., & Opara, U.L. (2018). Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples. A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 59-68, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.011>.

Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., Elias, M., & Agulheiro-Santos, A.C. (2023). Chapter 13 *Prunus* spp. Fruit quality and postharvest: Today's challenges and future perspectives. In *New advances in postharvest technolog*. Kahramanoğlu, İ. (Ed.). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.112638.

Páginas de interesse

Associação Nacional de Produtores Pera Rocha (ANP). <https://perarocha.pt/>

Gabinete de políticas e planeamento e administração geral (GPPAG). (2018). Normas de comercialização e rotulagem. Atualizado 2/2025. <https://www.gpp.pt/index.php/normas-de-comercializacao-e-rotulagem>

Pera Rocha do Oeste DOP. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-food-and-drink/pera-rocha-do-oeste-pdo_pt Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

Postharvest Research and Extension Center. (s/d). Produce facts sheets. University of California, Davis, USA. [Postharvest research and extension center UCDavis produce-facts](https://postharvestresearch.ucdavis.edu/produce-facts)

II.3.6.3. Aspectos da conservação de frutos secos: amêndoa e noz

O aumento expressivo da cultura de **amêndoa** e **noz** no nosso país, nomeadamente no Alentejo, bem como a especificidade da sua conservação, levam a que seja dedicado um subcapítulo aos frutos secos.

Apresentam-se os principais parâmetros de qualidade para nozes, amêndoas e avelãs, considerando desde logo a marcada importância na qualidade e no preço alcançado. Refira-se a cor, determinante na valorização; a textura e o desenvolvimento da rigidez; o sabor, com o problema da rancificação e dos *off-flavours* facilmente absorvidos do exterior; o teor de humidade que tem que ser controlado para evitar a incidência de fungos, com eventual presença de micotoxinas; os danos causados por insetos. Para ser possível um armazenamento dos frutos secos é essencial que estes apresentem o teor de humidade ideal para conservação, para isso recorre-se à sua secagem. São apresentados os métodos de secagem mais comuns: secagem ao sol, secagem ao ar, secagem em duas fases (por calor até 12%, seguida de secagem ao ar até 5 a 6%, secagem por ar quente). Relacionam-se as condições de conservação com o tempo de armazenamento e a qualidade final: humidade do produto, temperatura, HR, concentração de O₂ e controlo de insetos.

O processo de rancificação é brevemente explicado, pela importância que tem na conservação de frutos secos com elevadas quantidades de gorduras polinsaturadas, instáveis, como é o caso da noz, *versus* a avelã e amêndoa, que tendo grande quantidade de ácidos gordos monoinsaturados são muito mais estáveis.

Para amêndoa, noz, avelã, pistachios e castanhas são apresentadas condições ótimas de conservação, principais problemas, vida útil expectável e propostas para embalamento.

Reserva-se uma parte do tempo de lecionação destas matérias para consulta de *links* atuais com informação sobre a comercialização de frutos secos.

Bibliografia recomendada

Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) Frutos secos e secados <https://www.asae.gov.pt/newsletter2/asaenews-n-92-dezembro-2015/frutos-secos-e-frutos-secados.aspx>

Gonzalez, M & Palacios, M. (2024). La guía definitiva para el tratamiento postcosecha del almendro. Universidad Politecnica de Cartagena. <https://synergynuts.upct.es/almendro/tratamiento-postcosecha-almendro/>

Páginas de interesse

DERCO Food, USA. <https://www.dercofoods.com/en/products>

Postharvest Research and Extension Center, UC Davis <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/dried-fruits-nuts>

The Almond Doctor. <https://www.thealmonddoctor.com/blog/post-harvest-care-for-almonds>

II.3.6.4. Conservação de frutos tropicais e subtropicais: banana e papaia. Caso particular da sensibilidade ao frio

A temperatura elevada e alta humidade, que se fazem sentir nas regiões tropicais, e a sensibilidade às temperaturas baixas de conservação dos frutos tropicais são dificuldades a ultrapassar para conseguir uma vida útil adequada, a manutenção da qualidade e a redução das perdas dos produtos tropicais frescos. Nos últimos anos tem havido um aumento muito acentuado da venda de frutos tropicais em todo o mundo, com exportações a partir dos países da América do Sul e Central, e de alguns países africanos, para os Estados Unidos, para a Europa, e para alguns países asiáticos.

São estudados neste subcapítulo dois frutos tropicais com características comerciais marcadamente diferentes, a **banana**, como o fruto mais consumido no mundo, com esquemas de produção e distribuição bem definidos e controlados, e a **papaia**, com produção e consumo de grande importância local, que apresenta um aumento muito expressivo no comércio internacional.

A banana representa cerca de 75% do comércio de frutos tropicais e o seu consumo é superior a cem mil milhões de bananas por ano. Para que sejam transportadas até ao destino, e cheguem no estado

de maturação acertado com as preferências do consumidor final, é necessário um processo de colheita, transporte por terra até ao porto, transporte marítimo, amadurecimento controlado realizado em instalações e condições exclusivas. O processo será apresentado aos alunos com um caso concreto de envio da Colômbia para a Bélgica. Será estudada a “carta de cores”, relativa ao estado e maturação da banana, para coadjuvar a explicação do processo, bem como as diferentes especificações para venda a retalho e preferência do consumidor. Chama-se a atenção do risco inerente ao facto da bananeira ser propagada vegetativamente e da variedade Cavendish estar presente em cerca de 90% das plantações no mundo.

A papaia tem a sua maior produção em países asiáticos (Índia), seguida da América do Sul (Guatemala, México e Brasil), sendo o maior importador os EUA e a Europa. Deve-se realçar que este fruto apresenta elevado consumo interno na Índia, sendo, por isso, os países americanos os principais exportadores. São apresentados aos alunos valores do comércio internacional. A papaia é um fruto climatérico, com elevada sensibilidade, e para manter a qualidade das papaias durante o seu transporte desde a exploração agrícola até ao retalhista é necessário um manuseamento correto, com adequadas condições de temperatura e HR, de embalagem e de transporte. As principais causas de perdas são o amadurecimento excessivo e os danos mecânicos.

Bibliografia recomendada

Esguerra, E., Rapusas, R. & Rolle, R.S. (2020). *Post-harvest management of papaya to ensure quality and safety. Guidance for stakeholders in the horticultural supply chain*. FAO. Roma. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb0584en>

Seymour, G.B, Taylor, J.E. & Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. 1st edition. Chapman & Hall, London. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1>

Zainalabidin, F.A. (2019). Optimum postharvest handling- Effect on quality and shelf life of tropical fruits and vegetables. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci.*, 7 (2019): 23-30. DOI: 10.47253/jtrss.v7i1.505

Páginas de interesse

Atlas Big Map. Mapas e Estatísticas do Mundo e Regiões. Produção Mundial de Banana por País <https://www.atlasbig.com/pt-pt/paises-pela-producao-de-banana>

Atlas Big Map. Mapas e Estatísticas do Mundo e Regiões. Produção Mundial de Mamão por País <https://www.atlasbig.com/pt-pt/paises-por-producao-de-mamao>

Postharvest Research and Extension Center Banana. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/banana>

Postharvest Research and Extension Center Papaya. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/papaya>

The surprising science behind the world's most popular fruit.
<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/food-journeys-graphic>

II.4. Descrição da Componente Prática

II.4.1. Descrição das aulas práticas laboratoriais e objetivos a alcançar

Nestas aulas serão realizados trabalhos experimentais com frutos, hortaliças ou ornamentais, tendo como objetivo o estudo das alterações naqueles produtos, tendo como variáveis a temperatura, a humidade relativa e a composição da atmosfera, mediante a possível colocação de embalagem de material de síntese ou revestimento edível. Os objetivos de âmbito geral da pós-colheita devem ser considerados pelos alunos, designadamente: reduzir perdas e disponibilizar produtos hortofrutícolas de elevada qualidade durante uma vida útil alargada.

No contexto de sensibilização dos alunos para a realidade da pós-colheita ser-lhes-á solicitado que proponham temas de estudo. Os alunos deverão observar a realidade do seu quotidiano, ou questionar observações já feitas, sobre as quais irão pesquisar fontes bibliografia fiáveis. Assim, a atividade será iniciada com a proposta de uma problematização. Com recurso aos conhecimentos adquiridos em outras unidades curriculares e às matérias que simultaneamente e de forma consertada vão sendo expostas nas aulas teóricas, promovendo a contextualização da teoria na prática, os alunos irão fazer a proposição de hipóteses e dos objetivos e ainda o delineamento dos ensaios. O professor entra como um mediador no processo de ensino e os alunos serão os protagonistas neste tempo dedicado à experimentação, *hands-on*, durante o qual serão responsabilizados pela realização dos testes aos longo do ensaio proposto. Os métodos aos quais podem recorrer são os mais habituais em estudos laboratoriais de pós-colheita como sejam: pesagem e calibração, medição de cor por colorimetria, avaliação da textura com recurso a texturómetro, ou equipamentos portáteis de medição de firmeza como Durofel, Penefel e Chatillon, medição de Sólidos Solúveis Totais por refractometria, avaliação de Acidez Titulável, e em casos particulares pode ainda ser realizada medição de O_2 e CO_2 com medidor de gases Anneolia, utilização de equipamento para recolha de espectros NIR e avaliação da capacidade antioxidante e dos polifenóis totais.

O professor dará suporte aos alunos na condução dos ensaios, na realização dos testes e na utilização dos equipamentos, sendo expectável que os alunos se tornem autónomos na sua execução. Serão disponibilizados protocolos de todos os métodos e para todos os equipamentos usados. Estas aulas

práticas pretendem tornar os estudantes participantes ativos no processo de aprendizagem, contrariando a passividade e falta de interesse de que tantas vezes são acusados.

Finalmente, após 6 semanas do decurso dos ensaios, os dados serão devidamente organizados e estudados com recurso a um programa de estatística. Deve-se considerar que em muitos dos casos não será possível ter um número de frutos que corresponda a uma amostragem correta, pelo que os resultados e a discussão dos mesmos serão um simples exercício académico sem validade estatística. Na etapa final, os alunos elaborarão um relatório e em simultâneo executarão um *poster*, para ser apresentado aos colegas, a outros professores da U.C. ou a convidados de outras unidades curriculares afins, e será promovida uma ampla discussão dos resultados obtidos. Deve ser sempre salientada a resposta à hipótese colocada inicialmente. No final, será realizada uma “mesa redonda” supervisionada para refletir sobre o desenvolvimento de uma cadeia de abastecimento pós-colheita, tendo em conta os temas tratados durante as aulas.

II.4.2. Trabalho a apresentar e elementos para avaliação da componente prática

Ao longo do semestre deverá ser feito um trabalho experimental desenvolvido pelos próprios alunos durante as aulas práticas, com o apoio do professor (Quadro 5). Estes trabalhos deverão ser tratados em grupos de 2, em casos justificados 3 estudantes, sendo a participação nos trabalhos laboratoriais e a apresentação e discussão dos resultados elementos diferenciadores na classificação dos alunos do mesmo grupo. O trabalho prático é indispensável para a avaliação, sendo sempre necessária uma nota superior a 9,5 valores em cada uma das avaliações, componente teórica e parte prática, para que o estudante possa ser aprovado na unidade curricular. Recorde-se que a avaliação final desta U.C. conta com 50% da componente prática, obtida através do elementos e avaliação referidos e 50% da componente teórica, avaliada mediante 2 testes escritos, ou exame.

Quadro 5 – Distribuição e organização do trabalho prático laboratorial por aulas

Descrição do trabalho prático laboratorial a realizar	Número de aulas
O tema a tratar deve ser escolhido pelo aluno, que o apresenta ao professor. Em caso de falta de proposta, o professor tem de indicar um tema. 1ª etapa - São sugeridas observações do dia-a-dia nas quais os alunos identifiquem falta de qualidade, dificuldade na conservação ou maturação imprópria de um produto. Proposta do estudante 2ª etapa – Pesquisa bibliográfica sobre o tema previamente aprovado (3 artigos ou relatórios técnicos aprovados pelo professor). 3ª etapa - Propostas objetivas para o trabalho a realizar.	1ª a 3ª aulas
Implementação do ensaio. Realização dos testes laboratoriais de pós-colheita mais comuns e disponíveis durante o ensaio, realizados pelos estudantes: calibre, cor, textura, SST, acidez, testes sensoriais. Podem ser realizadas alguns testes complementares de acordo com o compromisso dos estudantes, por exemplo, avaliação da taxa respiratória, impacto mecânico, NIR e outros.	4ª a 10ª aulas
Organização dos resultados, análise estatística sumária e discussão dos resultados. A dimensão das amostras testadas pelos estudantes não conferem validade estatística aos resultados, pelo que é bem enfatizado que se trata apenas de um exercício de aprendizagem.	11ª a 13ª aulas
Apresentação de um poster. Discussão entre todos os colegas e outros professores da U.C. e convidados.	14ª aula
Mesa-redonda supervisionada sobre o desenvolvimento de uma cadeia de abastecimento pós-colheita, considerando os temas tratados.	15ª aula

O trabalho é composto por 3 elementos de avaliação:

- 1) Uma monografia sobre o tema em estudo, pós-colheita de uma cultura hortícola ou frutícola, a ser integrada na introdução do trabalho final;
- 2) Uma apresentação do trabalho sob a forma de poster com um resumo do trabalho e da sua discussão;

3) Um trabalho escrito de acordo com a organização habitual de um relatório de trabalho de investigação, estando a informação disponível no Moodle da Universidade (Quadro 6), com não mais de 5 páginas, fonte Arial, tamanho 11 e espaçamento 1,15 com margens moderadas.

Este relatório deve ser entregue aos docentes para posterior avaliação no final do semestre, após todas as apresentações e sugestões feitas por todos os colegas e professores serem consideradas pelos autores do trabalho. O trabalho escrito deverá ser melhorado até à última aula, sendo visto como um processo dinâmico de aprendizagem.

Quadro 6 – Exemplo da informação a disponibilizar no Moodle para os estudantes sobre a organização do relatório final referido como elemento 3 da avaliação

Título e nomes dos alunos autores do estudo	
Resumo	Deve apresentar o problema que foi tratado, a metodologia utilizada, os principais resultados obtidos e as conclusões mais relevantes.
<i>Abstract</i>	<i>It should state the problem that was addressed, the methodology used, the main results obtained and the most relevant conclusions.</i>
Palavras-chave	5 (se possível não utilizadas no título).
<i>Key words</i>	<i>5 (if possible, not used in the title).</i>
Introdução	Enquadramento e justificação do tema escolhido. Formulação do problema. Referências a obras já publicadas sobre o tema (pelo menos 3 obras publicadas).
Objectivos	Claros e sucintos.
Material e métodos	Devem incluir: conceção experimental; descrição dos materiais, incluindo material vegetal; metodologias utilizadas para cada um dos testes e breve indicação da análise estatística.
Resultados e discussão	Interpretação dos resultados obtidos nos testes realizados, referindo-se sempre aos resultados obtidos por outros autores. Apresentação de tabelas, gráficos, fotografias, figuras com os resultados.
Conclusões	As conclusões mais importantes, se as houver.
Bibliografia	Ver normas da APA ou outras devidamente fundamentadas.

Este relatório deve ser entregue aos docentes para posterior avaliação no final do semestre, após todas as apresentações e sugestões feitas por todos os colegas e professores. O trabalho escrito deve ser melhorado até à última aula. É suposto ser um processo dinâmico de aprendizagem.

A mesa-redonda final visa uma discussão abrangente que permita aos alunos interligar os conhecimentos adquiridos, com a prática dos trabalhos realizados e também com a sua capacidade de observação e espírito crítico durante as visitas realizadas a empresas do sector.

Como corolário refira-se que esta aula final pode ser usada pelos docentes como um momento recolha de comentários críticos dos alunos e de reflexão sobre o decorrer e o sucesso da U.C. na aquisição de conhecimentos sobre Pós-colheita no âmbito da formação em Agronomia.

III. Bibliografia

Abbott, J. A. (1999). Quality measurements of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15(3), 207-225.

Agulheiro-Santos, A.C. & Roseiro, C. (2012). Rheological properties of foods. In I. Arana, (Ed.). *Physical properties of foods: Novel measurement techniques and applications* pp.23-52. CRC Press. Taylor & Francis Group ISBN-10:1439835365; ISBN-13:978-14398353. <https://doi.org/10.1201/b11542>

Agulheiro-Santos, A.C., Laranjo, M., & Ricardo-Rodrigues, S. (2022). *Table grapes: There is more to vitiviniculture than wine....* In: Grapes and wine. IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.99986

Agulheiro-Santos, A.C., Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., Melgão, C., & Velásquez, R. (2022). Non-destructive prediction of total soluble solids in strawberry using near infrared spectroscopy. *J Sci Food Agric.*, 102(11), 4866-4872. doi: [10.1002/jsfa.11849](https://doi.org/10.1002/jsfa.11849)

Ahsan-Sher, A., Khan, U., Rafique, M.N., Ikram, M.A., & Mazhar, A.R. (2024). Development and analysis of a smart cold storage system for fruit warehouses. *2nd International Conference on Modern Technologies in Mechanical & Materials Engineering (MTME-2024)*. MATEC Web of Conferences 398, Acta 01027. Topi, Pakistan. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439801027>.

Almeida, D. (2005). *Manuseamento de produtos hortofrutícolas*. 1ª Edição. SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação Consultadoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. (SPI) (Eds). Porto. ISBN 972-8589-55-7.

Almeida, D.P.F. (2017). *Novas recomendações para o armazenamento prolongado de pera ‘Rocha’ produzida na região Oeste de Portugal*. Atas Portuguesas de Horticultura. VIII Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas, Coimbra, Portugal, 7 a 10 de junho de 2017

Argenta, L.C., Wood, R.M., Mattheis, J.P., Thewes, F.R., & Nesi, C.N. (2024). Impact of storage atmosphere relative humidity on ‘Gala’ apple fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 217, 113085. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113085>.

Artés-Hernández F, Aguayo E, & Artés F. (2004) Alternative atmosphere treatments for keeping quality of ‘Autumn seedless’ table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 31, 59-67. DOI: 10.1016/s0925-5214(03)00116-9

Balbinot Filho, C.A, & Borges, C.D. (2020). Efeitos da radiação UV-C em alface e maçã minimamente processadas: uma revisão. *Braz. J. Food Technol.*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32118>

Barthwal, R., Negi, A., Kathuria, D., & Singh, S. (2025). Ozonation: Post-harvest processing of different fruits and vegetables *Food Chemistry*, 463(9):141489 DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.141489

Bernalte, M.J. Sabio, E. Hernández, M.T. & Gervasini, C. (2003). Influence of storage delay on quality of 'Van' sweet cherry. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2), 303-312. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00194-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00194-1)

Bisht, B., Bhatnagar, P., Gururani, P., Kumar, V., Tomar, M.S., Sinhmar, R., Rathi, N., & Kumar, S. (2021). Food irradiation: Effect of ionizing and non-ionizing radiations on preservation of fruits and vegetables. A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114(2021), 372-385, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.002>

Blanckenberg, A., Opara, U. L., & Fawole, O. A. (2021). Postharvest losses in quantity and quality of table grape (cv. Crimson Seedless) along the supply chain and associated economic, environmental and resource impacts. *Sustainability*, 13(8), 4450. <https://doi.org/10.3390/su13084450>

Cheng, C., Liang, X., Wei, W., Zhang, N., Yao, G., & Yan, R. (2024). Enhanced shelf-life quality of peaches (*Prunus persica* L.) using ethylene manipulating active packaging in e-commerce logistics. *Scientia Horticulturae*, 326, 112701. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2023.112701>.

Dias, C., Ribeiro, T., Rodrigues, A.C., Ferrante, A., Vasconcelos, M.W., & Pintado, M. (2022). Cold storage demand for 'Rocha' pear ripening: A comparison between a shorter and longer cold period. *Scientia Horticulturae*, 299. <https://doi.org/10.1016/j.scientia.2022.111033>.

Duarte, A. (2020) *Manual de Boas Práticas de Fruticultura. Citrinos*. (Ed.) Frutas Legumes e Flores & Estação Nacional de Fruticultura Vieira Natividade (INIAV, I.P.). https://www.inia.pt/images/publicacoes/livros-manuais/manual_de_fruticultura_citrinos_1.pdf

Duarte, A., Marques, C., Nunes, C., Lopes, L., & Salazar, M. (2006) *Código de boas práticas de higiene no processamento de citrinos para comercialização em fresco*. (Ed.) Uniprofrutal Faro, Portugal.

Esguerra, E., Rapusas, R. & Rolle, R.S. (2020). *Post-harvest management of papaya to ensure quality and safety. Guidance for stakeholders in the horticultural supply chain*. FAO. Roma. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb0584en>

Ferraz, A.P.C.M. & Belhot, R.V. (2010). Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos. *Gest. Prod., São Carlos*, 17 (2), 421-431. <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqBm/?format=pdf&lang=pt>

Florkowski, W.J., Banks, N.H., Shewfelt, R.L., & Prussia S.E. (Eds). (2021). *Postharvest handling. A systems approach*. 4ª Edição. Elsevier, Academic Press. Inc. ISBN: 9780128228456

Gómez di Marco, G., P.A., Artés Hernández, F.A., Aguayo Giménez, E.P., Pilar, & Artés Calero, F. (2014). Desverdezación de los cítricos y del pimiento. In *Modelización de las condiciones de transporte y conservación prolongada en frutas y hortalizas*. FRUTURA, V. (Ed.). UPM-CYTED, Madrid. ISBN 978-84-697-0186-7.

Gonçalves, T.M. & Yamaguchi, K.K.L. (2023). Experimentation in teaching Genetics: DNA extraction from natural products. A experimentação no ensino de Genética: extração de DNA em produtos naturais. *Concilium*, 23 (2), 68–77. <https://scispace.com/pdf/experimentation-in-teaching-genetics-dna-extraction-from-2botfutu.pdf>

Gonzalez, M & Palacios, M. (2024). La guía definitiva para el tratamiento postcosecha del almendro. Universidad Politecnica de Cartagena. <https://synergynuts.upct.es/almendro/tratamiento-postcosecha-almendro/>

González-Gómez, D., Bernalte, M.J., Ayuso, M.C., Fernández-León, M.F., Lozano, M., Rato, A.E., Palma, V. & Agulheiro-Santos, A.C. (2017). Evaluation of different postharvest conditions to preserve the amount of bioactive compounds, physicochemical quality parameters and sensory attributes of 'Sweetheart' cherries. *Acta Hort.*, 1161, 581-586. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1161.92>

Gupta, S., Gupta, K., Jasminkumar, K., & Panigrahi, J., (2022). Chapter 6 Current understanding of ethylene and fruit ripening. In *Ethylene in plant biology*. (Eds) Singh, S., Husain, T., Pratap, V., Singh, V.P., Tripathi, D-K., Prasad, S.M., Dubey, N.K. John Wiley & Sons Ltd, 109-124 <https://doi.org/10.1002/9781119744719.ch6>

International Society for Horticultural Science (ISHS) (Ed.) (2012). Harvesting the Sun. A Profile of World. Horticulture Scripta 14. <http://www.harvestingthesun.org>

Jordi Giné-Bordonaba, J., Cantín, C.M., Echeverría, G., Ubach, D., & Larrigaudière, C. (2016). The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 115, 38-47, <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.12.006>.

Kader A.A. (2002). *Postharvest technology of horticultural crops*. 3ª edição, Adel A. Kader (Ed.) University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311, Oakland, USA.

Kader, A.A. (2013). Post harvest technology of horticultural crops. An overview from farm to fork. *Ethiopian Journal of Applied Science and Technology*, 1, 1-8.

Kitinoja, L. & Kader, A.A. (2015). *Small-Scale Postharvest Handling Practices: A Manual for Horticultural Crops*. 5ª Edição. Postharvest Horticulture Series Nº. 8E. UC Davis, USA.

Laranjo, M., Fernández-Léon, A.M., Potes, M.E., Agulheiro-Santos, A. C. & Elias, M. (2017). Use of essential oils in food preservation, In A. Méndez-Vilas (eds) *Antimicrobial Research: Novel bioknowledge and educational programs* (Microbiology Book Series #6. pp. 177-188). Formatex Research Center. ISBN-13 978-84-947512-0-2. <http://www.microbiology6.org/ebook.php>

Laranjo, M., Fernández-León, A.M., Agulheiro-Santos, A.C., Potes, M.E., & Elias, M. (2019). Essential oils of aromatic and medicinal plants play a role in food safety. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(8) <https://doi.org/10.1111/jfpp.14278>

Laranjo, M., Fernández-Léon, A.M., Potes, M.E., Agulheiro-Santos, A.C. & Elias, M. (2017). Use of essential oils in food preservation. In *Antimicrobial research: Novel bioknowledge and educational programs*, pp.177-188 (Microbiology Book Series #6). Eds A. Méndez-Vilas, Formatex Research Center, Badajoz, Espanha. ISBN-13 978-84-947512. <http://www.microbiology6.org/ebook.php>

Li, Z., & Thomas, C. (2014). Quantitative evaluation of mechanical damage to fresh fruits. *Trends in Food Science & Technology*, 35 (2), 138-150. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.001>

Magalhães, V.S.M., Ferreira, L.M.D.F., & Silva, C. (2021). Causes and mitigation strategies of food loss and waste: A systematic literature review and framework development. *Sustainable Production and Consumption*, 28(2021), 1580-1599. ISSN 2352-5509, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.08.004>

Mditshwa, A., Fawole, O.A., & Opara, U.L. (2018). Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples. A review. *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 59-68, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.011>.

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas (2001). Decreto-Lei no 337/2001. (2001). Diário da República nº 297/2001, 8434–7.

Mishara, V.K. & Gamage, T.V. (2020) Chapter4 Postharvest physiology of fruits and vegetables. In *Handbook of food preservation*, 3ª Edição. CRC Press. eBook ISBN 9780429091483

Patel, B., Tandel, Y.N., Patel, A.H. & Patel, B.L. (2016). Chilling injury in tropical and subtropical fruits: a cold storage problem and its remedies: A review. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5 (4),1882-1887. ISSN 2278-3687

Pintado, C.J.M., Velardo B., Lozano, M., & Gonzalez-Gomez, D. (2010). Effect of delayed storage on chilling injury incidence and postharvest quality attributes of peaches and nectarines. *Acta Horticulturae*, 877(877), 513-521. DOI:10.17660/ActaHortic.2010.877.66

Rabasco-Vílchez, L., Jiménez-Jiménez, F., Possas, A., Brunner, M., Fleck, C. & Pérez-Rodríguez, F. (2024). Evaluating the shelf life of strawberries using a portable Vis-NIR spectrophotometer and a reflectance quality index (RQI). *Postharvest Biology and Technology*, 218, 113189. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113189>.

Rao, C.G. (2015). *Engineering for storage of fruits and vegetables: cold storage, controlled atmosphere storage, modified atmosphere storage*. Academic Press, Elsevier Inc. USA.

Ricardo-Rodrigues, S., Laranjo, M., Elias, M., & Agulheiro-Santos, A.C. (2023). Chapter 13 *Prunus* spp. Fruit quality and postharvest: Today's challenges and future perspectives. In *New advances in postharvest technolog*. Kahramanoğlu, İ. (Ed.). IntechOpen. doi: 10.5772/intechopen.112638.

Rodrigues, S., Laranjo, M., Coelho, R., Martins, P., Rato, A.E., Vaz, M., Valverde, P., Shahidian, S., Véstia, J. & Agulheiro-Santos, A. C. (2019) Terroir influence on quality of 'Crimson' table grapes. *Scientia Horticulturae*, 245,244-249. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.035>

Saltveit, M.E. (2016). Respiratory metabolism. In *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks*. (Eds.) Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M. Agricultural Handbook 66, USDA Agricultural Research Service, Washington, DC. <https://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2927.pdf>

Saltveit, M.E. (2019). Chapter 4 Respiratory metabolism. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*. (Eds) E.M. Yahia. Woodhead Publishing, 73-91. ISBN 9780128132784, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00004-X>

Santana, A.J.S., & Mota, M.D.A. (2022). Natureza da Biologia, ensino por investigação e alfabetização científica: uma revisão sistemática. *Revista Educar Mais*, 6, 450-466. <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2735>

Sarron E., Gadonna-Widehem P., & Aussenac T. (2021). Ozone treatments for preserving fresh vegetables quality: A critical review. *Foods*, 10(3), 605. doi: 10.3390/foods10030605. PMID: 33809297; PMCID: PMC8000956.

Seymour, G.B, Taylor, J.E. & Tucker, G.A. (1993). *Biochemistry of fruit ripening*. 1st edition. Chapman & Hall, London. ISBN-13: 978-0412408304. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-1584-1>

Shewfelt, R.L. & Prussia S.E. (1993) Chapter 2 Challenges in handling fresh fruits and vegetables. In: *Food science and technology, postharvest handling*. (Eds) Shewfelt, R.L. & Prussia S.E. Academic Press, 27-41. ISBN 9780080925769, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092576-9.50008-2>

Slavin J.L., & Lloyd B. (2012). Health benefits of fruits and vegetables. *Adv Nutr.*, 3(4), 506-16. doi: 10.3945/an.112.002154. PMID: 22797986; PMCID: PMC3649719.

Thewes, F.R., Wood, R.M., Both, V., Keshri, N., Geyer, M., Pansera-Espíndola, B., Hagemann, M.H., Brackmann, A., Wünsche, J.N., & Neuwald, D.A. (2021). Dynamic controlled atmosphere: A review of methods for monitoring fruit responses to low oxygen. *Comunicata Scientiae*, 12, e3782. <https://doi.org/10.14295/cs.v12.3782>

Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsey, T. R., Kasmire R. F., & Crisosto C. H. (2008). *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables & Flowers*. Postharvest Technology Center, UC Davis. USA.

Thompson, J., Cantwell, M., Arpaia, M.L., Kader, A., Crisosto, C., & Smilanick, J. (2001). Effect of cooling delays on fruit and vegetable quality. *Perishables Handling Quarterly Issue*, Nº 105, 2-5. University of California, Davis, USA.

Valero, D. & Serrano, M. (2010). *Postharvest biology and technology for preserving fruit quality*. CRC Press. Boca Raton, USA. ISBN9780429093333. DOI<https://doi.org/10.1201/9781439802670>

Wills, R., & Golding, J. (2016). *Postharvest An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. 6ª Edição. UNSW Press CABI. ISBN 9781786391483 (CABI).

Wunderlich, S.M., & Martinez, N.M. (2018). Conserving natural resources through food loss reduction: production and consumption stages of the food supply chain. *Int. Soil Water Conserv., Res.* 6, 331–339. doi:10.1016/j.iswcr.2018.06.002.

Zainalabidin, F.A. (2019). Optimum postharvest handling- Effect on quality and shelf life of tropical fruits and vegetables. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci.*, 7 (2019): 23-30. DOI: 10.47253/jtrss.v7i1.505

Zômpero, A.F., & Laburú, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. (2011). *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 13, 67- 80, <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?format=pdf&lang=pt>

Links para consulta geral

Agenda 2030 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [ODS FAO](#)

Associação 5 ao dia <https://www.5aodia.pt>

Associação Nacional de Produtores Pera Rocha (ANP). <https://perarocha.pt/>

Associação Portuguesa de Nutrição. Dieta Mediterrânica. (2023). O benefício da complementaridade. Dieta Mediterrânica. E-book N.º 66. Associação Portuguesa de Nutrição, Porto. [E-Book Med Diet](#)

Atlas Big Map. Mapas e Estatísticas do Mundo e Regiões. Produção Mundial de Banana por País <https://www.atlasbig.com/pt-pt/paises-pela-producao-de-banana>

Atlas Big Map. Mapas e Estatísticas do Mundo e Regiões. Produção Mundial de Mamão por País
<https://www.atlasbig.com/pt-pt/paises-por-producao-de-mamao>

Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) Frutos secos e secados
<https://www.asae.gov.pt/newsletter2/asaenews-n-92-dezembro-2015/frutos-secos-e-frutos-secados.aspx>

Calendário da fruta e dos legumes https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/fruit-and-vegetables/fruit-and-vegetables-calendar_pt Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

Codex Alimentarius. International Food Standards. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/en/>

Comission Internationale de l'eclairage <https://cie.co.at/>

DERCO Food, USA. <https://www.dercofoods.com/en/products>

European Commission. (2024, junho 5). Let's reduce consumer food waste! Solutions from the European Consumer Food Waste Forum. Public event at the European Commission.
https://knowledge4policy.ec.europa.eu/event/lets-reduce-consumer-food-waste-solutions-european-consumer-food-waste-forum_en

European Commission. Food Waste https://food.ec.europa.eu/safety/food-waste_en

FAO (s/d) INPhO Information on postharvest operations <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/en/>

FAO (2024). The state of Food and Agriculture 2024 - Value-driven transformation of agrifood systems the state of food and agriculture 2024. <https://www.fao.org/publications/fao-flagship-publications/the-state-of-food-and-agriculture/en>

FAO, UNEP, FUSIONS... FLW Standard <https://flwprotocol.org/flw-standard/>

FAO. (2020). Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021, background paper. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb2395en>

FAO. Seeking end to loss and waste of food along production chain <https://www.fao.org/in-action/seeking-end-to-loss-and-waste-of-food-along-production-chain/en/>

Food and Drug Administration (FDA). Nutrition Information for Raw Fruits, Vegetables, and Fish. <https://www.fda.gov/food/nutrition-food-labeling-and-critical-foods/nutrition-information-raw-fruits-vegetables-and-fish>

Food Irradiation: What You Need to Know. (2024 maio 3) US Food & Drug Administration (FDA) <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/food-irradiation-what-you-need-know>
Fruit Physiological Disorders. UCDavis. <https://postharvest.ucdavis.edu/physiological-disorders>

Gabinete de políticas e planeamento e administração geral (GPPAG). (2018). Normas de comercialização e rotulagem. Atualizado 2/2025. <https://www.gpp.pt/index.php/normas-de-comercializacao-e-rotulagem>

Gabinete de políticas e planeamento e administração geral (GPPAG). (2018). Normas de comercialização e rotulagem. Atualizado 2/2025. <https://www.gpp.pt/index.php/normas-de-comercializacao-e-rotulagem>

Information on Post-harvest operations. FAO. <https://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/fruits-vegetables/en/>

Instituto Nacional de Estatística (INE). Estatísticas Agrícolas 2023. Lisboa. INE, 2024. Disponível em [www: <url:https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127>](https://www.ine.pt/xurl/pub/439500127). ISSN 0079-4139. ISBN 978-989-25-0680-7 [INE Estatísticas Agrícolas 2023](#)

Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas
<http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055s02.htm>

OCDE-FAO (2024) Perspectivas agrícolas 2024-2033 https://www.oecd.org/es/publications/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2024-2033_2b0c9d81-es/full-report.html

Parlamento Europeu. (2024 25 março). Redução do desperdício alimentar: quais são as ações da UE? <https://www.europarl.europa.eu/topics/pt/article/20240318STO19401/reduzir-o-desperdicio-alimentar-quais-sao-as-aco-es-da-ue>

Pera Rocha do Oeste DOP. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/geographical-indications-and-quality-schemes/geographical-indications-food-and-drink/pera-rocha-do-oeste-pdo_pt Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

Postharvest Research and Extension Center Banana. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/banana>

Postharvest Research and Extension Center Papaya. <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/papaya>

Postharvest Research and Extension Center UCDavis <https://postharvest.ucdavis.edu/>

Postharvest Research and Extension Center, UCDavis <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/dried-fruits-nuts>

Postharvest Research and Extension Center. (s/d). Produce facts sheets. University of California, Davis, USA. [Postharvest research and extension center UCDavis produce-facts](#)

Postharvest Research and Extension Center. (s/d). Produce facts sheets. University of California, Davis, USA. [Postharvest research and extension center UCDavis produce-facts](#)

Postharvest resources and extension center. UCDavis.
http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts

Produtos tradicionais portugueses <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/cat/frutos-frescos>

Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (2024). Relatório do Índice de Desperdício de Alimentos 2024. Nairóbi. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente [UNEP-Food Waste Index Report 2024](#).

Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on flavourings and certain food ingredients with flavouring properties for use in and on foods and amending Council Regulation (EEC) N° 1601/91, Regulations (EC) N° 2232/96 and (EC) N° 110/2008 and Directive 2000/13/EC (2025 fevereiro 19) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2008/1334/2025-02-19>

Research and Information Center. UCDavis. Produce facts Sheets <https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets>

Storage recommendations. UCDavis. <https://postharvest.ucdavis.edu/storage-recommendations>

Taste the season: Eat more fruit and vegetables

https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/4f371046-f466-4b8c-b1b8f3d6d51dc467_en?filename=citrus-dashboard_en.pdf&prefLang=pt. Agriculture and rural development. Comissão Europeia.

The Almond Doctor. <https://www.thealmonddoctor.com/blog/post-harvest-care-for-almonds>

The surprising science behind the world's most popular fruit.

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/food-journeys-graphic>

Trigueiros, J.J.B.L. (S/D). Manual de Tecnologias de Colheita. Sociedade Portuguesa de Inovação Ministério do Trabalho e da Solidariedade. Lisboa.

<https://www.spi.pt/documents/books/hortofruticolas/Wc559baca66f03.asp>

UCDavis. (s/d). Produce facts. Fruits and vegetables your dietary essentials

<http://www.fao.org/3/cb2395en/cb2395en.pdf>

UNESCO Intangible Cultural Heritage [UNESCO MED DIET](#)

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2020). United Nations Climate Change Annual Report 2019 ISBN: 978-92-9219-190-0

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/unfccc_annual_report_2019.pdf

World Resources Institute (WRI). The Global Benefits of Reducing Food Loss and Waste, and How to Do It

<https://www.wri.org/insights/reducing-food-loss-and-food-waste>

World Wide Fund for Nature (WWF). Driven to waste: the global impact of food loss and waste on farms

https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/wwf_uk_driven_to_waste_the_global_impact_of_food_loss_and_waste_on_farms.pdf