



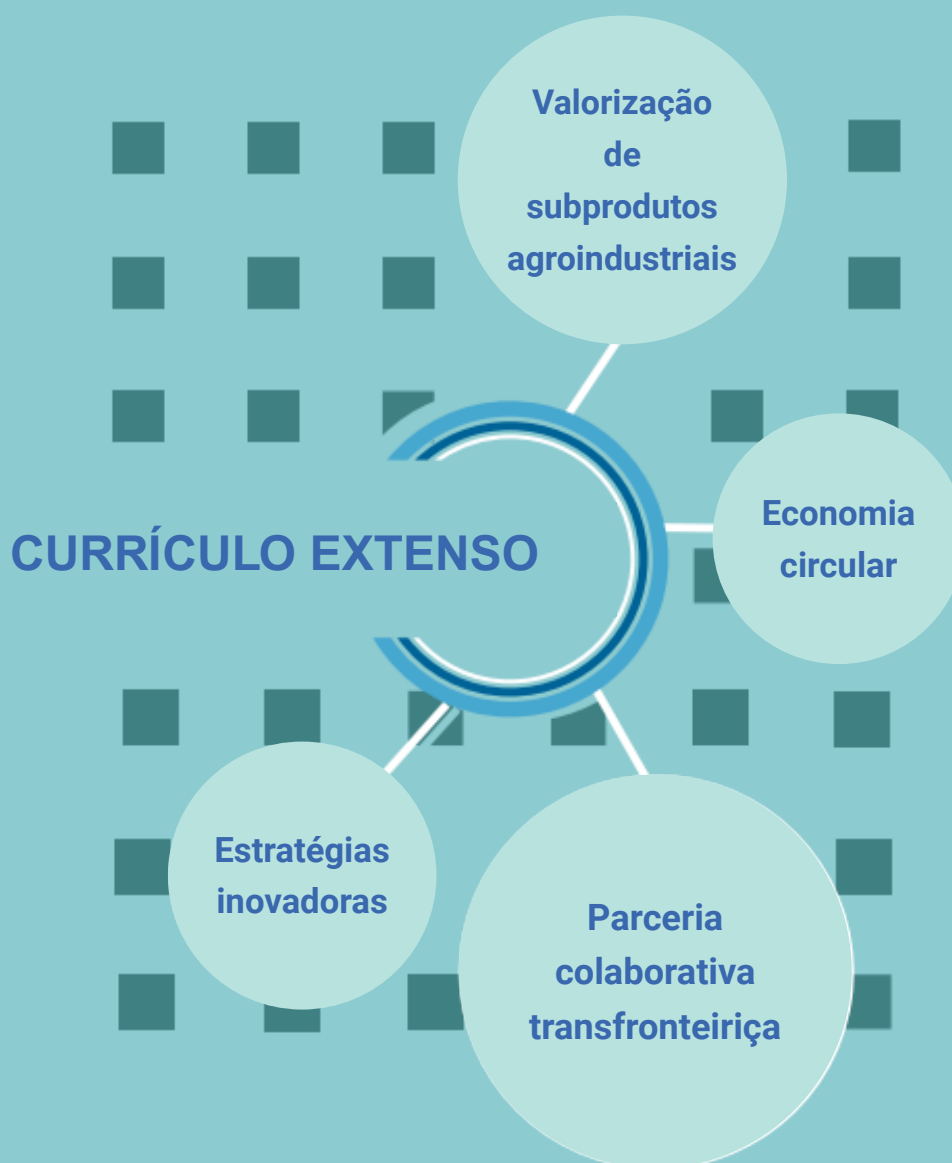
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Projeto n.º: 2024-1-R001-KA220-HED-000246776

Valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar através de métodos inovadores e sustentáveis

eAfoBy



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Índice

DESCRIÇÃO DO CURRÍCULO	3
CURRÍCULO EXTENSO	13
Capítulo 1. Introdução - Classificação dos subprodutos agroalimentares	13
Capítulo 2. Conhecimento técnico sobre subprodutos da cadeia agroalimentar de cada país, em termos de fontes de produção, quantidade produzida por ano, impacto no ambiente, clima e recursos sustentáveis	16
Capítulo 5. Avaliação da composição química e do potencial nutricional de subprodutos	34
Capítulo 6. Tecnologias inovadoras para a valorização de subprodutos da cadeia agroalimentar. Uso de métodos inovadores de extração e transformação de compostos bioativos	38
Capítulo 7. Métodos inovadores e bio-sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar. Implementação de métodos de bioconversão (fermentação espontânea, fermentação controlada, fermentação em estado sólido, digestão anaeróbia, pré-tratamentos enzimáticos)	42
Capítulo 8 – Métodos inovadores e sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar	46
Capítulo 9 - Métodos inovadores e sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar (desidratação, microencapsulação, nanotecnologias)	52





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 10 - Acessibilidade e biodisponibilidade de compostos bioativos através da digestão <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>	63
Capítulo 11 – Desenvolvimento sustentável de produtos. Obtenção de novos alimentos com base em subprodutos da cadeia agroalimentar para a saúde e nutrição humanas (alimentos funcionais, nutracêuticos, proteínas vegetais, suplementos, prebióticos e probióticos)	68
Capítulo 12 – Desenvolvimento sustentável de embalagens. Obtenção de embalagens biodegradáveis e comestíveis com base em subprodutos da cadeia agroalimentar	79
Capítulo 13 - Economia circular e gestão de recursos. Aplicação dos princípios da economia circular no setor agroalimentar. Otimização da cadeia de valor da subprodução. Avaliação da viabilidade económica dos processos de reutilização	83
Referências	93





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

DESCRIÇÃO DO CURRÍCULO

Nome do projeto: “Valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar através de métodos inovadores e sustentáveis” Acrónimo do projeto eAfoBy

Referência do projeto: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Currículo dirigido a peritos e especialistas em agricultura, tecnologias alimentares, segurança alimentar, controlo alimentar e nutricionistas.

Professores responsáveis:

Coordenadora (USAMVCN): Maria Simona Chiș, Adriana Păucean, Anca Fărcaș, Anamaria Pop, Man Simona

Parceiro 1 (UPV): Purificación García Segovia, Marta Igual, Javier Martinez Monzó, Carolina Contreras Monzón

Parceiro 2 (UPORTO): M. Beatriz Oliveira, Helena Sousa, Anabela Costa, Rita Alves

Parceiro 3 (ULST): Alexa Ersilia, Negrea Monica, Cocan Ileana, Jianu Calin

Parceiro 4 (ROMPAN): Voica Daniela, Avram Dana, Marin Daniela.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Objetivos	<p>O currículo estabelece as competências e capacidades cognitivas necessárias para especialistas e profissionais na área da gestão de subprodutos da cadeia agroalimentar. O objetivo é melhorar os conhecimentos dos estudantes e especialistas no campo da valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar através de métodos inovadores e sustentáveis, a fim de promover a inovação e as melhores práticas na valorização agroalimentar. Este conhecimento melhora a capacidade dos estudantes e especialistas para enfrentar desafios complexos na agricultura, produção alimentar, controlo e segurança alimentar, tecnologias alimentares e requisitos de nutrição humana.</p>
Competências cognitivas	<p>O currículo descreve as capacidades e competências cognitivas essenciais para considerar os subprodutos da cadeia agroalimentar, com um papel central na nutrição, na segurança alimentar, no controlo dos alimentos bem como novos métodos sustentáveis de valorização. O currículo destaca o conhecimento científico e técnico sobre subprodutos da cadeia agroalimentar de cada país dos formadores, em termos de origem, quantidade produzida por ano, estratégias atuais utilizadas em cada país para sua valorização, o impacto dos subprodutos da cadeia agroalimentar no ambiente, clima e recursos sustentáveis.</p> <p>O desenvolvimento de capacidades cognitivas deve estar alinhado com o pensamento crítico, a resolução de problemas, a preocupação com a sustentabilidade e o conhecimento técnico.</p> <p>1. Pensamento analítico</p> <p>Avaliação da utilização de subprodutos nas cadeias agroalimentares</p> <p>Avaliação dos desafios e oportunidades em termos de sustentabilidade</p>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Identificação de ineficiências nos atuais sistemas de gestão de subprodutos</p> <p>2. Capacidades de resolução de problemas</p> <p>Desenvolvimento de soluções inovadoras para a redução e reutilização de resíduos</p> <p>Conceção de métodos de processamento sustentáveis para subprodutos</p> <p>Abordagem dos impactos ambientais e económicos</p> <p>3. Investigação e análise</p> <p>Realização de investigação científica sobre a gestão de resíduos agroalimentares</p> <p>Aplicação de princípios bioquímicos e tecnológicos para a valorização de subprodutos</p> <p>Análise de estudos de caso e aplicações no mundo real</p> <p>4. Tomada de decisões e pensamento estratégico</p> <p>Ponderar fatores económicos, ambientais e sociais na valorização de subprodutos</p> <p>Selecionar tecnologias adequadas para o processamento sustentável</p> <p>Integrar princípios da economia circular nas cadeias agroalimentares</p> <p>5. Literacia digital e tecnológica</p> <p>Utilizar ferramentas digitais para a análise e otimização de subprodutos</p> <p>Aplicar abordagens baseadas em dados às práticas de sustentabilidade</p> <p>Compreender a automação e as tecnologias inteligentes no processamento agroalimentar</p> <p>6. Colaboração interdisciplinar</p>
--	---





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Interagir com especialistas em ciência alimentar, agricultura, engenharia e negócios</p> <p>Aplicar conhecimentos interdisciplinares para melhorar a sustentabilidade</p> <p>Desenvolver competências de comunicação para a partilha de conhecimentos e de políticas</p> <p>7. Criatividade e inovação</p> <p>Gerar novas aplicações para subprodutos da cadeia agroalimentar</p> <p>Explorar o desenvolvimento de produtos de base biológica</p> <p>Conceber modelos de negócio sustentáveis</p>
Competências profissionais	<p>As competências profissionais devem estar em conformidade com os requisitos atuais da indústria agroalimentar, da sustentabilidade e da economia circular.</p> <p>1. Competências técnicas e científicas</p> <p>Aplicação dos princípios da bioquímica e da biotecnologia na valorização de subprodutos</p> <p>Identificação e utilização de tecnologias modernas para o processamento e reutilização de subprodutos agroalimentares</p> <p>Controlo da qualidade e segurança alimentar dos produtos derivados de subprodutos</p> <p>2. Competências em inovação e desenvolvimento de produtos</p> <p>Criação de novos produtos sustentáveis com base em subprodutos agroalimentares</p> <p>Utilização de métodos inovadores de extração e transformação de compostos bioativos</p>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Desenvolvimento de embalagens ecológicas e tecnologias respeitadoras do ambiente</p> <p>3. Competências económicas e de gestão de recursos</p> <p>Aplicação dos princípios da economia circular na indústria agroalimentar</p> <p>Avaliação da viabilidade económica dos processos de valorização dos subprodutos</p> <p>Planeamento e otimização da cadeia de abastecimento e distribuição dos produtos obtidos</p> <p>4. Competências em matéria de sustentabilidade e proteção ambiental</p> <p>Implementação de estratégias para reduzir o desperdício alimentar e agroalimentar</p> <p>Avaliação do impacto ambiental dos processos de recuperação</p> <p>Desenvolvimento de práticas agrícolas e industriais sustentáveis</p> <p>5. Competências digitais e utilização de tecnologias avançadas</p> <p>Utilização de inteligência artificial e sensores para otimizar os processos de reciclagem e reutilização</p> <p>Análise de dados para melhorar a eficiência da cadeia agroalimentar</p> <p>Familiarização com software e equipamentos específicos da indústria agroalimentar</p> <p>6. Competências em investigação e desenvolvimento</p> <p>Realização de estudos e experiências para melhorar a valorização dos subprodutos</p> <p>Aplicação de métodos científicos para testar e validar novos produtos</p> <p>Publicação e divulgação dos resultados da investigação agroalimentar</p> <p>7. Competências de comunicação e colaboração interdisciplinares</p>
--	---





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Trabalho em equipas multidisciplinares para a implementação de projetos inovadores</p> <p>Apresentação e promoção de soluções sustentáveis às partes interessadas (agricultores, transformadores, consumidores)</p> <p>Desenvolvimento de parcerias entre o meio académico e a indústria</p>
Unidades de competência	<p>As unidades de competência podem ser estruturadas de forma a abranger aspetos tecnológicos, económicos, de sustentabilidade e de investigação.</p> <p>1. Análise e caracterização de subprodutos agroalimentares</p> <p>Identificação e classificação de subprodutos agroalimentares</p> <p>Avaliação da composição química e do potencial nutricional dos subprodutos</p> <p>Aplicação de métodos de análise físico-química e microbiológica</p> <p>2. Tecnologias inovadoras para a valorização dos subprodutos (valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar)</p> <p>Implementação de métodos de bioconversão (fermentação espontânea, fermentação controlada, fermentação em estado sólido, digestão anaeróbia, pré-tratamentos enzimáticos)</p> <p>Aplicação de tecnologias de extração de compostos bioativos (CO₂ supercrítico, ultrassom, microfiltração, extração assistida por enzimas, extração assistida por micro-ondas, técnicas de extração baseadas em pressão, explosão de vapor, extração com água subcrítica, extração com líquido pressurizado, extração por campo elétrico pulsado, descarga elétrica de alta tensão)</p> <p>Utilização de técnicas de processamento sustentáveis (desidratação, microencapsulação, fermentação, bioconversão, nanotecnologias)</p>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>3. Desenvolvimento sustentável de produtos e embalagens</p> <p>Fabrico de novos produtos alimentares à base de subprodutos da cadeia agroalimentar</p> <p>Desenvolvimento de embalagens biodegradáveis e comestíveis</p> <p>Teste e validação de produtos inovadores à base de subprodutos da cadeia agroalimentar</p> <p>4. Economia circular e gestão de recursos</p> <p>Aplicação dos princípios da economia circular na agroalimentar</p> <p>Otimização da cadeia de valor da subprodução</p> <p>Avaliação da viabilidade económica dos processos de reutilização</p> <p>5. Impacto ambiental e sustentabilidade dos processos</p> <p>Análise do ciclo de vida dos subprodutos e impacto ambiental</p> <p>Implementação de estratégias de redução de resíduos e carbono</p> <p>Aplicação das regras e legislação ambiental sobre a utilização de subprodutos agroalimentares</p> <p>6. Investigação e inovação no setor agroalimentar</p> <p>Desenvolvimento de projetos de investigação para capitalizar os subprodutos</p> <p>Aplicação de métodos científicos para testar e validar soluções inovadoras</p> <p>Publicação e divulgação de resultados no domínio agroalimentar</p> <p>7. Gestão da qualidade e segurança alimentar</p> <p>Aplicação de métodos de rastreabilidade e controlo de contaminantes</p> <p>Gestão de riscos e conformidade com regulamentos legais</p> <p>8. Comunicação e colaboração interdisciplinares</p>
--	--





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Desenvolvimento de competências para trabalhar em equipas multidisciplinares</p> <p>Apresentação e promoção de soluções inovadoras para a indústria e os consumidores</p> <p>Criação de parcerias entre o meio académico e o setor agroalimentar</p>
Elementos de inovação	<p>Os elementos de inovação devem integrar tecnologias avançadas, conceitos de economia circular e soluções sustentáveis.</p> <p>1. Tecnologias avançadas para a valorização de subprodutos agroalimentares</p> <p>Biotecnologias emergentes: o uso de enzimas, microrganismos e engenharia genética para transformar resíduos em produtos de valor acrescentado.</p> <p>Processos de extração ecológicos: métodos ecológicos, como extração supercrítica de CO₂, extração ultrassónica e microfiltração para a recuperação de compostos bioativos.</p> <p>Nano e microencapsulação: proteção e estabilização de compostos bioativos para uso nas indústrias alimentar e farmacêutica.</p> <p>2. Criação de produtos inovadores a partir de subprodutos agroalimentares</p> <p>Ingredientes funcionais: desenvolvimento de suplementos alimentares, prebióticos e probióticos a partir de subprodutos agroalimentares.</p> <p>Materiais de base biológica: produção de bioplásticos, embalagens biodegradáveis ou têxteis sustentáveis a partir de resíduos agroalimentares.</p> <p>3. Sustentabilidade e economia circular</p>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p><i>Upcycling</i> agroalimentar: transformação de subprodutos em produtos premium de valor acrescentado (por exemplo, cascas de frutas transformadas em pós antioxidantes).</p> <p>Agricultura sem desperdício: integração de sistemas de produção agrícola que utilizam todos os recursos sem gerar resíduos.</p>
O impacto	<p>O curso “Valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar através de métodos inovadores e sustentáveis” tem um impacto multidimensional, influenciando a sustentabilidade ambiental, o desenvolvimento económico, a inovação tecnológica e a educação.</p> <p>1. Impacto ambiental</p> <p>Redução do desperdício agroalimentar: incentiva a utilização eficiente dos subprodutos, reduzindo os resíduos enviados para aterros e diminuindo as emissões de gases com efeito de estufa.</p> <p>Promoção da economia circular: apoia práticas sustentáveis através da conversão de resíduos em recursos valiosos.</p> <p>Diminuição da poluição: reduz a contaminação do solo, da água e do ar através de tecnologias de gestão de resíduos ecológicas.</p> <p>2. Impacto económico</p> <p>Criação de novas oportunidades de negócio: incentiva o desenvolvimento de <i>startups</i> e indústrias focadas na valorização de resíduos.</p> <p>Redução de custos para empresas agroalimentares: ajuda as empresas a minimizar os custos de eliminação e a gerar lucros a partir de subprodutos.</p> <p>Criação de emprego: apoia o emprego em indústrias ecológicas e sustentáveis.</p> <p>3. Avanços tecnológicos e científicos</p>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

	<p>Desenvolvimento de técnicas de processamento inovadoras: introduz tecnologias avançadas de extração, fermentação e bioconversão.</p> <p>Incentivo à investigação e inovação: promove estudos interdisciplinares para melhorias sustentáveis na cadeia agroalimentar.</p> <p>4. Impacto social e educativo</p> <p>Capacitação de futuros profissionais: equipa os estudantes com conhecimentos e competências em sustentabilidade, inovação e ciência alimentar.</p> <p>Maior sensibilização do público: promove o consumo responsável e a redução de resíduos na sociedade.</p> <p>Colaboração com a indústria e os decisores políticos: colmata a lacuna entre o meio académico, a indústria e os órgãos governamentais para mudanças políticas impactantes.</p>
--	--

Financiado pela União Europeia. As opiniões e pontos de vista expressos são, no entanto, da exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia ou da ANPCDEF. Nem a União Europeia nem a ANPCDEF podem ser responsabilizadas pelos mesmos.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

CURRÍCULO EXTENSO

Capítulo 1. Introdução - Classificação dos subprodutos agroalimentares

Os subprodutos agroalimentares, tais como cascas, sementes, caules, bagaço, grãos e cascas, são produzidos durante o processamento de alimentos. Normalmente, esses subprodutos são descartados e enviados para aterros sanitários devido à sua produção excessiva e à falta de práticas de gestão sustentáveis, o que leva a vários desafios ambientais, sociais e económicos. Esses subprodutos representam recursos biológicos valiosos, pois possuem propriedades composicionais e nutricionais significativas, sendo ricos em compostos funcionais e bioativos benéficos à saúde humana. Eles podem ser reaproveitados para criar novos ingredientes ou produtos alimentares para consumo humano, facilitando sua utilização completa e reintegração na cadeia de abastecimento alimentar. Tal comportamento alinha-se ao modelo de bioeconomia circular, resultando em receita, oportunidades de negócios e emprego (Gómez-García, R.; et al., 2021)

A classificação dos subprodutos agroalimentares no contexto da sua através de métodos inovadores e sustentáveis pode basear-se em diferentes critérios, tais como a origem, a composição, o potencial de utilização e os métodos de processamento.

1.1. Classificação por origem

Subprodutos de origem vegetal: derivados de frutas, vegetais, cereais, leguminosas e oleaginosas.

- Cascas, sementes e bagaço de frutas e vegetais (por exemplo, cascas de laranja, bagaço de maçã, cascas de tomate) (Difonzo et al., 2022)





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Farelo e cascas de cereais (por exemplo, farelo de trigo, casca de arroz, espigas de milho) (Anal & Panesar, 2021)
- Farinhas de oleaginosas (por exemplo, farinha de soja, farinha de colza, tortas de girassol) (Fernandez F., 2024)
- Subprodutos de origem animal: derivados das indústrias de processamento de carne, laticínios e peixe.
- Farinha de carne e ossos, vísceras, sangue, colagénio, gelatina (Gómez-García, R.; et al., 2021)
- Soro de leite proveniente do processamento de laticínios (Anal & Panesar, 2021)
- Resíduos de peixe (cabeças, espinhas, pele, vísceras) (Fernandez, 2024)

1.2. Classificação por composição

- Subprodutos ricos em hidratos de carbono: bagaço de frutas, farelo de cereais, cascas de batata (Difonzo et al., 2022)
- Subprodutos ricos em proteínas: farinhas de sementes oleaginosas, resíduos de peixe, resíduos do processamento de carne (Anal & Panesar, 2021)
- Subprodutos ricos em lípidos: óleo de cozinha usado, subprodutos de óleo de peixe (Gomez-Garcia, 2021)
- Subprodutos ricos em fibras: cascas, cascas de frutas, biomassa lignocelulósica (Fernandez, 2024)





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Subprodutos ricos em compostos bioativos: bagaço de uva rico em polifenóis, cascas de tomate ricas em carotenoides (Gomez-Garcia, 2021).

1.3. Classificação por potencial de utilização

- *Aplicações em alimentos e rações:*

- Ingredientes alimentares funcionais (fibra alimentar, antioxidantes) (Difonzo et al., 2022)

- Ração animal (farinhas de sementes oleaginosas, resíduos de peixe) (Anal & Panesar, 2021)

- *Produção de bioenergia e biocombustível:*

- Produção de biogás (digestão anaeróbia de resíduos orgânicos) (Triviño-Pineda, A.-S.; 2024)

- Produção de bioetanol e biodiesel (biomassa lignocelulósica, óleos usados) (Mujtaba, M.; 2023)

- *Biopolímeros e embalagens biodegradáveis:*

- Extração de bioplásticos (por exemplo, amido, quitosana, celulose) (Inayatul M, 2025)

- *Usos farmacêuticos e cosméticos:*

- Extração de compostos bioativos (polifenóis, flavonoides, proteínas) (Fernandez, 2024)

- *Compostagem e corretivos de solo:*

- Fertilizantes orgânicos e corretivos de solo (por exemplo, resíduos compostados de frutas e vegetais) (Difonzo et al., 2022)





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

setor agroalimentar representem aproximadamente 30% a 80% do rendimento total, contribuindo para um total de 1,3 mil milhões de toneladas métricas de resíduos alimentares por ano (Brennan, 2024), conforme ilustrado na Figura 2.1.

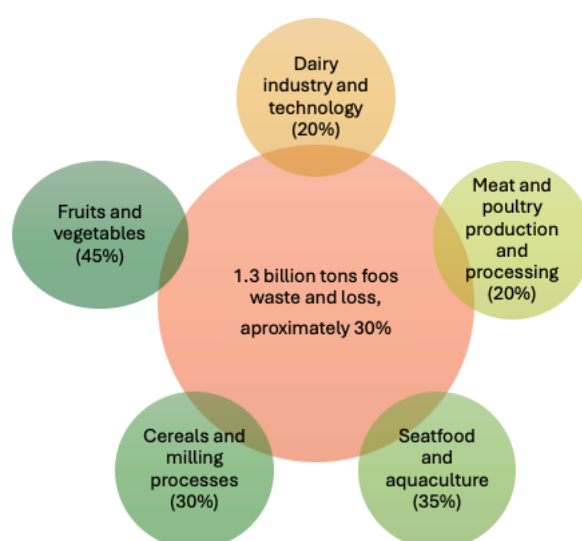


Figura 2.1. Estimativa anual global de perdas e desperdícios alimentares por setor primário (adaptado e modificado de Brennan et al., 2024)

De acordo com Rațu, R.N. et al., 2023, os subprodutos agroalimentares podem ser categorizados de acordo com a fase da cadeia alimentar em que são gerados, da seguinte forma (Fig. 2.2.):



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Primary agricultural production:	Agro-food processing:	Distribution and trade:	Final consumption:
stems, leaves, husks, crop residues, animal manure;	fruit and vegetable peelings, pits, tescovine, cakes, bagasse, molasses;	expired or damaged products, non-compliant packaging;	food waste, prepared and uneaten food.

Aproximadamente um terço de todos os alimentos produzidos globalmente são perdidos ou desperdiçados ao longo da cadeia de abastecimento. O processamento de cereais constitui um dos principais contribuintes para a perda global de alimentos, com uma estimativa de 35% dos grãos de cereais perdidos ou desperdiçados ao longo da cadeia de abastecimento e 12,9% de todo o desperdício alimentar global (Sharma et al., 2025), (Fărcaș et al., 2022). Estas perdas ocorrem em várias etapas, incluindo o manuseamento pré-colheita e pós-colheita, a degradação no armazenamento, as perdas devido à contaminação por micotoxinas e o desperdício ao nível do consumidor (Sharma et al., 2025). Uma análise abrangente do Centro Comum de Investigação (JRC) indica que os sete principais países da UE - França, Alemanha, Polónia, Itália, Espanha, Reino Unido e Roménia - são responsáveis por cerca de 75% da produção total de resíduos agrícolas da UE-28 (aproximadamente 323 Mt por ano), principalmente de cereais, oleaginosas e culturas permanentes (publications.jrc.ec.europa.eu).

A Tabela 2.1 apresenta os principais subprodutos identificados na Roménia, Espanha e Portugal, a sua origem, impacto ambiental e quantidades geradas por ano a nível mundial, bem como as suas oportunidades de valorização.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Tabela 2.1. Principais subprodutos identificados na Roménia, Espanha e Portugal

Subproduto	Fonte de geração	Volume anual estimado	Impacto ambiental	Oportunidades de valorização	Referências
Resíduos agrícolas	Colheita, processos de moagem, processo de limpeza de grãos, processo de pré-cozedura do arroz	~7,7 mil milhões de toneladas/ano (82,6% da biomassa colhida globalmente)	Emissões de GEE provenientes da queima a céu aberto; erosão do solo; poluição por partículas	Biocarvão, biofertilizantes, bioenergia lignocelulósica, biogás	Lefavre et al., 2023, Fărcas et al., 2022
Resíduos de malte	Processo de fabricação de cerveja	~40 milhões de toneladas por ano em todo o mundo	Emissões de metano/CO ₂ provenientes da decomposição	Ingredientes proteico/fibrosos; na produção alimentar (pastelaria, pães, bolachas, muesli, extrudados), biogás, embalagens alimentares, bioplásticos - polihidroxialcanoatos (PHAs); bioetanol, rações animais	Chetrariu 2020, Petit et al., 2020
Resíduos de frutas & vegetais	Manuseamento pós-colheita, ineficiências no transporte, padrões de qualidade	~1,3 mil milhões de toneladas/ano	Metano de aterros; lixiviação de nutrientes	Aplicações industriais (indústria têxtil, indústria química, energia renovável, indústria da saúde, indústria alimentar), pigmentos naturais, encapsulamento	Rapa et al., 2024, Ramzan et al., 2025, Ingale et al., 2025





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Bagaço de maçã	Processamento de maçã (sumo, compota, vinagre, sidra)	~4 Mt/ano	Deterioração por elevada humidade; elevado CQO nos efluentes	Pectina; polifenóis; fibra alimentar; vinagre; matriz probiótica, biogás, ácido propiónico, bioetanol, indústria farmacêutica, indústria alimentar	Vlad et al., 2022, Farcas et al., 2022, Pascoalino et al., 2025
Subprodutos da ameixa	Processamento da ameixa (sumo, néctar, compota, ameixa seca, bebidas alcoólicas e não alcoólicas)	≈5–8 Mt/ano	Lixiviados ricos em fenólicos; toxicidade das sementes	Óleos bioativos; películas comestíveis a partir de proteínas do caroço, indústrias cosmética, farmacêutica e alimentar, biocombustível	Aaqib Sheikh et al., 2023, Ahmed et al., 2023, Rodríguez-Blázquez et al., 2024, Katnic et al., 2022.
Bagaço de azeitona	Óleo de extração de bagaço de azeitona	~40 Mt/ano (principalmente UE)	Contaminação do solo/água por fenólicos, que os tornam não biodegradáveis e fitotóxicos	Extratos bioativos; oligossacarídeos prebióticos; biochar para a indústria alimentar, bioenergia, cosméticos, tratamento de águas residuais, farmacêutica, materiais de embalagem de alimentos, suplementos alimentares para humanos e animais	Gomez-Cruz et al., 2023; Enaine et al., 2023; Fotiadou et al., 2024, Loschi et al., 2024





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Subprodutos da vinificação	Processo tecnológico do vinho	~14 Mt/ano	Elevada carga fenólica que afeta a qualidade do solo e da água; efluentes significativos de águas residuais (borras), contaminação das águas subterrâneas com risco para a população humana e aquática	Extração de polifenóis, ácido tartárico, fibra alimentar; produção de extrato de levedura de borras de vinho, digestão anaeróbia para biogás; filmes de embalagem enriquecidos com bioativos, plástico biodegradável, adsorvente metálico, ração animal (ruminantes)	Karastergiou et al., 2024; Matias et al., 2025
Resíduos cítricos	Processamento de citrinos (sumos, compotas, diferentes formulações de frutas)	~15–25 Mt/ano 56Mt/ano Indústrias de processamento de frutas da UE, das quais 2,5 Mt/ano de laranja	Resíduos ácidos; toxicidade do limoneno; alto CQO/CBO, baixo pH	D-limoneno; pectina; flavonóides; biopolímeros, embalagens de película ativa, possível substituto do plástico, indústria alimentar, produção de bioetanol, ração animal	Manakas et al., 2025; Rawat et al., 2024; Andrade et al., 2023
Subprodutos do café	Indústria do café	~ 10 milhões toneladas de resíduos de casca de café	Libertação de metano, CO ₂ , contribuição para o aquecimento global,	biosorventes para tratamento de água, ingrediente alimentar, cosméticos, fertilizantes, bioetanol, biomassa, biocarvão, embalagens alimentares	Choe, 2025; Costa et al., 2025; Oliveira et al., 2021; Tamilselvan et al., 2024





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

			compostos fitoquímicos tóxicos		
Subprodutos de microalgas	Produção de agar, alginato, carragenina	Biomassa seca de microalgas: ~50.000 t/ano; Spirulina ~12.000 t, Chlorella ~6.600 t. Fluxos residuais (pós-extração) provavelmente dezenas de milhares de toneladas.	A eliminação em grande escala de resíduos fibrosos de algas marinhas pode sobrecarregar os ecossistemas costeiros ou aterros sanitários	A valorização por meio de biogás, biofertilizantes e biorrefinaria mitiga os resíduos e, ao mesmo tempo, fornece produtos de valor agregado.	(Abreu et al., 2023), (Zhang et al., 2024), (Bojorges et al., 2023.)

GEE – Gases com Efeito de Estufa; CQO - Carência Química de Oxigênio; CBO - Carência Bioquímica de Oxigênio.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 3 – Legislação nacional e europeia relativa à valorização e armazenamento de subprodutos da cadeia agroalimentar

A redução e a prevenção do desperdício alimentar são cada vez mais reconhecidas como uma forma importante e impactante de reduzir a pegada ecológica do sistema alimentar e alcançar um sistema alimentar sustentável e resiliente, contribuindo para a segurança alimentar e nutricional global (Wunder et al., 2018).

É agora bem sabido que as indústrias alimentares geram enormes quantidades de subprodutos lignocelulósicos a partir do processamento de cerveja, vinho, cana-de-açúcar, café, vegetais e frutas, entre outros, que são geralmente rejeitados como resíduos e muitas vezes considerados poluentes ambientais. Esses subprodutos alimentares incluem uma ampla variedade de cascas, sementes, caules, raízes, resíduos de polpa, bagaço e cascas, que, apesar do seu valor nutricional, ainda são rejeitados pelas indústrias (Gómez-García et al., 2021).

Globalmente, o atual descarte e a má gestão dos subprodutos agroalimentares têm demonstrado um impacto negativo no meio ambiente e nos setores sociais e económicos (Gómez-García et al., 2021). Além dos elevados custos sociais e económicos, as perdas e o desperdício de alimentos contribuem para as alterações climáticas, com uma pegada de carbono global de aproximadamente 8% do total das emissões antropogénicas de gases com efeito de estufa, e representam um desperdício de recursos limitados, como terra, energia e água (Wunder et al., 2018).

Neste caso, o ambiente é contaminado pelas emissões de gases de efeito estufa, uma vez que estes materiais orgânicos são frequentemente simplesmente descartados em aterros ou





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

queimados para evitar a acumulação de microrganismos, parasitas e pragas (Gómez-García et al., 2021).

Além disso, as atuais estratégias de gestão de resíduos alimentares, incluindo aterros, incineração, compostagem e alimentação animal, não são consideradas estratégias sustentáveis ou ecológicas. Estas estratégias de gestão também envolvem o setor social, uma vez que podem ocorrer algumas doenças respiratórias devido a poluentes tóxicos libertados no ar, diminuindo a qualidade de vida humana (Gómez-García et al., 2021).

Por outro lado, do ponto de vista económico, o conceito de economia circular promoveu estratégias adequadas para a gestão e valorização desses subprodutos, a fim de reduzir a poluição e promover o crescimento bioeconómico sustentável em todos os setores, projetando e criando novas fontes de receita. Essas melhorias poderiam ser alcançadas por meio da valorização total desses resíduos biológicos alimentares, uma vez que eles retêm um alto teor de moléculas bioativas com valor agregado, que poderiam ser extraídas e utilizadas como novas matérias-primas industriais, pois demonstraram possuir várias aplicações bioativas (Gómez-García et al., 2021).

Os subprodutos alimentares são fonte de muitos compostos bioativos úteis, fibras alimentares, ácidos gordos e proteínas, que têm um grande potencial no desenvolvimento de novos produtos alimentares e na promoção da economia circular e da sustentabilidade (Knežević N. et al., 2021).

A UE, através de iniciativas como o Pacto Ecológico Europeu e a Estratégia “Da Quinta à Mesa”, tem procurado enfrentar estes desafios, incentivando práticas agrícolas sustentáveis. Apesar destes esforços, a implementação bem-sucedida de tais políticas enfrenta dois desafios significativos: regulamentação insuficiente em algumas áreas e regulamentação





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

excessivamente rigorosa noutras. Por um lado, a ausência de quadros regulamentares claros e padronizados para a recuperação de resíduos agrícolas tem impedido a plena integração dos resíduos agroalimentares numa economia circular (Nicastro R. et al., 2024).

Os resíduos agrícolas, que incluem biomassa residual da produção e transformação de alimentos, representam um recurso inexplorado para produtos de base biológica, como bioenergia, bioplásticos e biofertilizantes. Apesar do potencial promissor destes produtos, os quadros regulamentares, como a Diretiva 2008/98/CE da UE relativa aos resíduos, têm tido dificuldade em fornecer orientações claras para a recuperação destes materiais (Nicastro R. et al., 2024).

3.1. Legislação europeia sobre a recuperação e armazenamento de subprodutos da cadeia agroalimentar

Ø EU Regulation 2017/625

Este regulamento estabelece regras para os controlos oficiais ao longo da cadeia agroalimentar, a fim de garantir o cumprimento das regras em matéria de segurança alimentar, saúde animal e fitossanidade.

Ø Regulamento (UE) 2019/1009

Este regulamento estabelece um caminho legal para produtos recuperados específicos, como estruvita e biocarvão, mas é necessária uma legislação mais abrangente para outros materiais de base biológica.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Ø Diretiva 2008/98/CE da UE relativa aos resíduos

Esta diretiva promove a hierarquia da gestão de resíduos, incentivando a prevenção, a reutilização, a reciclagem e a valorização energética, e estabelece requisitos para a gestão de resíduos alimentares, incluindo no setor agroalimentar.

Programa da Economia Circular (2018)

- Inclui alterações legislativas para promover a reutilização e a reciclagem, particularmente no setor agroalimentar.
- Meta: reduzir o desperdício alimentar em 50% até 2030.

A economia circular é uma parte fundamental da estratégia da União Europeia para o crescimento sustentável. Centra-se na redução de resíduos, na reutilização de materiais e na melhoria da eficiência dos recursos. Como parte do Pacto Ecológico Europeu, o Plano de Ação para a Economia Circular visa fechar os ciclos dos materiais e reduzir a dependência de recursos finitos. Esta abordagem não só poderia apoiar os objetivos ambientais, como também impulsionaria a inovação, criaria empregos e fortaleceria a economia da UE, ajudando a alcançar a neutralidade climática até 2050. No entanto, o atraso na adoção de medidas legislativas claras tem dificultado a transição para práticas agrícolas sustentáveis, em particular no que diz respeito aos quadros regulamentares que apoiam os modelos de economia circular na agricultura (Nicastro R. et al., 2024).

3.2. Legislação romena sobre a valorização e armazenamento de subprodutos da cadeia agroalimentar

Ø Lei no. 211/2011 relativa ao regime de resíduos





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

A Lei n.º 211/2011 foi revogada pela Portaria de Emergência n.º 92/2021, que transpõe os requisitos da Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos e da Diretiva (UE) 2018/851. Nos termos desta lei, os subprodutos eram definidos como substâncias ou objetos resultantes de um processo de produção cujo objetivo principal não era a sua produção, mas que preenchiam determinadas condições, tais como uma utilização subsequente certa e legal, sem serem sujeitos a transformação posterior.

Ø Lei n.º 217/2016 relativa à redução do desperdício alimentar

A Lei n.º 217/2016 regula as medidas destinadas a prevenir e reduzir o desperdício alimentar na cadeia agroalimentar. Os operadores económicos do setor agroalimentar são obrigados a tomar medidas para prevenir o desperdício alimentar em todas as fases da produção, transformação, armazenamento, distribuição e comercialização dos alimentos. As medidas previstas incluem:

- Vender produtos próximos do prazo de validade a um preço reduzido.
- Transferência de alimentos através de doação ou patrocínio para consumo humano.
- Encaminhamento de subprodutos não destinados ao consumo humano para unidades de transformação autorizadas.
- Transformação de produtos agroalimentares que se tornaram impróprios para consumo humano ou animal em composto ou biogás.
- Encaminhamento dos produtos remanescentes após a conclusão das fases anteriores para unidades de neutralização autorizadas.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Esta lei foi alterada pela Lei n.º 49/2024.

Lei n.º 49/2024, adotada em março de 2024, introduz a obrigação de todos os operadores do setor agroalimentar tomarem medidas para prevenir o desperdício alimentar, a fim de alcançar o objetivo de reduzir o desperdício alimentar em 50% até 2030.

Ø **Lei n.º 249/2015 relativa à gestão de embalagens e resíduos de embalagens**

A Lei n.º 249/2015 regula a gestão de embalagens e seus resíduos, estabelecendo medidas para a prevenção da produção de resíduos, a reutilização de embalagens, a reciclagem e outras formas de valorização. Os operadores económicos do setor agroalimentar são responsáveis pela recolha e valorização dos resíduos de embalagens gerados, nomeadamente através da reciclagem ou reutilização, de acordo com os princípios da economia circular.

Ø **Decisão do Governo n.º 51/2019**

A Decisão do Governo n.º 51/2019 aprova as Normas Metodológicas para a aplicação da Lei n.º 217/2016. Estas normas estabelecem as medidas para prevenir o desperdício alimentar na cadeia agroalimentar e as responsabilidades dos operadores económicos a este respeito. Estabelece também a obrigação de os operadores económicos implementarem pelo menos duas medidas para prevenir o desperdício alimentar antes de ordenarem a neutralização dos resíduos alimentares gerados.

A Lei n.º 217/2016 e as alterações introduzidas pela Lei n.º 49/2024 estão em conformidade com a regulamentação europeia relativa à gestão dos subprodutos na cadeia agroalimentar. Promovem a prevenção do desperdício alimentar, a proteção da saúde pública e animal e apoiam a transição para uma economia circular no setor agroalimentar.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Ø **Ordem n.º 168/2023 da Autoridade Nacional Sanitária, Veterinária e de Segurança Alimentar (ANSVSA)**

Esta ordem regula o controlo oficial dos estabelecimentos que processam, armazenam, transportam, exploram e comercializam produtos de origem não animal, em conformidade com os regulamentos europeus sobre higiene alimentar e controlos oficiais.

Ø **Portaria de Emergência n.º 92/2021 relativa ao regime de resíduos**

A Portaria de Emergência n.º 92/2021 regula a gestão de resíduos na Roménia, incluindo no setor agroalimentar. Exige que os operadores económicos do setor agroalimentar tomem medidas para prevenir o desperdício alimentar, dando prioridade à utilização de produtos alimentares para consumo humano e, se tal não for possível, para alimentação animal ou para recuperação através de compostagem ou biogás.

3.3. Legislação portuguesa sobre a valorização e armazenamento de subprodutos da cadeia agroalimentar

A Tabela 3.1. apresenta a principal legislação nacional portuguesa

Directiva (Decreto-Lei)	Data	Âmbito	Principais disposições	Referências
Decreto-Lei n.º 102-D/2020 Novo Regime Geral da Gestão de Resíduos (nRGGR)	10 Dez. 2020	Gestão de resíduos e valorização de subprodutos	- Define critérios para a classificação de subprodutos (Art. 5.º) - Exige armazenamento separado e utilização posterior prevista - Permite a valorização através de compostagem, digestão anaeróbia, alimentação animal, recuperação de energia	https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Decreto-Lei n.º 152- D/2017	11 Dez 2017	Regime Consolidado de Gestão de Resíduos	Regula o fluxo de resíduos orgânicos, incluindo resíduos de embalagens e bioresíduos - Obriga à recolha seletiva e à potencial recuperação de resíduos agroalimentares biodegradáveis	https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/152-d-2017-114337042
-----------------------------------	-------------------	---	--	---

3.4. Legislação espanhola sobre a valorização e armazenamento de subprodutos da cadeia agroalimentar

A tabela 3.2. destaca a principal legislação espanhola.

Instrumento jurídico	Data	Âmbito	Principais disposições	Referências oficiais (BOE)
Lei 7/2022, de 8 de abril	8 Abr 2022	Resíduos e solos contaminados para uma economia circular	Define os critérios de «subproduto» e «fim de resíduo»; estabelece a hierarquia da gestão de resíduos	https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809
Decreto Real 1528/2012, de 8 de novembro	8 Nov 2012	Subprodutos animais não destinados ao consumo humano	Transpõe o Regulamento (CE) n.º 1069/2009; regula a recolha, armazenamento e utilização de subprodutos animais	https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-14165
Portaria TED/92/2022, de 8 de fevereiro	8 Feb 2022	Classificação dos resíduos de bagaço de azeitona como subprodutos	Condições administrativas para declarar os resíduos de lagares de azeite como subprodutos (não resíduos)	https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-2328
Lei 1/2025, de 1 de abril	1 Apr 2025	Prevenção e valorização da perda e desperdício de alimentos	Quadro para a redução, separação e valorização das perdas e excedentes agroalimentares	https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2025-6597



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 4. Estratégias atuais utilizadas em cada país para a valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar

A **Roménia** tem vindo a desenvolver e a implementar ativamente estratégias para valorizar os subprodutos da cadeia agroalimentar, com o objetivo de reduzir o desperdício, promover a sustentabilidade e apoiar a economia circular.

Uma estratégia fundamental que envolve a extração de compostos bioativos valiosos (tais como polifenóis, vitaminas e antioxidantes, etc.) de subprodutos agroalimentares, que apoia a utilização de subprodutos como bagaço de maçã e casca de castanha para aplicações de alto valor, foi executada no período 2017-2023, no Instituto Nacional de I&D para as Ciências Biológicas, Roménia. O projeto facilitou a transferência de conhecimento e tecnologia do instituto de investigação para pequenas e médias empresas (PME), especialmente aquelas nos setores agrícola e agroalimentar, produtoras de fitofármacos, suplementos nutricionais, bebidas naturais e fabricantes de equipamentos de extração de biomassa (<https://proiecte.incdsb.ro/FITOCOMP/#scop>).

Vários projetos recentes constituem exemplos concretos da valorização inovadora dos subprodutos agroalimentares na Roménia. Um deles é relatado pela UASVM Bucareste e centra-se no desenvolvimento de um Código de Boas Práticas para a transformação de alimentos em produtos secos e aditivos ou corantes naturais, com especial ênfase na criação de extratos e pós a partir de cascas, polpas ou frutos inteiros subutilizados, a fim de reduzir o desperdício e aumentar a competitividade dos fornecedores. Além disso, os resultados incluem sessões de formação para agricultores e processadores, bem como divulgação através de workshops, conferências e plataformas especializadas. O equilíbrio geográfico entre os participantes deste projeto da Europa Central, Oriental, Setentrional e Meridional garantirá a





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

relevância do projeto tanto na UE como fora dela (SUSORGPLUS, 2025 <https://www.susorgplus.eu/about>).

Com início em janeiro de 2025, o projeto METROFOOD-RO EVOLVE constrói uma infraestrutura sólida de investigação e testes na valorização de subprodutos, e o ADER 16.1.2 operacionaliza estas oportunidades através de um esquema de certificação One Health. Projeto financiado através do Plano Estratégico para a Agricultura e o Desenvolvimento Rural (ADER), com foco no desenvolvimento de um esquema nacional de certificação para produtos e rações, no espírito do conceito One Health - integrando a saúde humana, animal e ambiental. Ambos os projetos, realizados pela IBA Bucureste, marcam passos importantes para a valorização sustentável, inovadora e regulamentada dos recursos de subprodutos agroalimentares na Roménia. (<https://bioresurse.ro/blogs/media/conferin%C8%9Ba-lansarea-proiectului-metrofood-ro-evolve-29-ianuarie-2025>).

Outro projeto em curso durante 2021-2023, «Bioconversão ecologicamente sustentável de resíduos de cereais de cerveja para valorização completa», visa desenvolver um sistema de bioconversão inovador e ecologicamente sustentável para a valorização completa dos resíduos de cereais de cerveja (BSG), um dos subprodutos mais abundantes na indústria cervejeira (<https://ancafarcas.wixsite.com/sustainable-pce/dissemination-2021-2023>).

O apoio financeiro e estratégico é fornecido por meio de instrumentos como o Programa Nacional de Desenvolvimento Rural (PNDR) — notadamente a Submedida 4.2 — e o Plano Estratégico Nacional para a Agricultura e o Desenvolvimento Rural 2023–2027. Estes programas oferecem financiamento para tecnologias e infraestruturas dedicadas ao processamento e reutilização de subprodutos agroindustriais, apoiando diretamente a sua valorização no âmbito de uma economia circular (<https://www.madr.ro/planul-national-strategic-pac-post-2020.html>). Por fim, o contexto político mais amplo é moldado pelas

32



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Decisões Governamentais n.º 870/2013 e n.º 942/2017, que estabelecem a estratégia integrada da Roménia para a gestão de resíduos, reconhecendo explicitamente o papel dos resíduos do setor agrícola e alimentar na consecução dos objetivos de sustentabilidade. (<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocument/196382>)

Em **Espanha**, o CARTIF é um centro de investigação aplicada privado e sem fins lucrativos, criado em 1994 na Universidade de Valladolid. A sua missão principal é fornecer soluções inovadoras e intersectoriais que melhorem os processos, sistemas e produtos industriais, aumentando assim a competitividade e promovendo novas oportunidades de negócio. Por outro lado, o AGROALNEXT, financiado pelos fundos NexGenerationEU, teve um tema intitulado Utilização abrangente de resíduos agroalimentares e sua aplicação no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas para alimentos (RES4PACK), no qual investigadores da Universidade Politécnica de Valência estão a valorizar cascas de amêndoas e caules de uvas da produção de vinho para obter extratos bioativos antioxidantes e antimicrobianos, juntamente com materiais celulósicos para embalagens alimentares ativas, promovendo os objetivos da economia circular. 3P-PACK. Embalagens ativamente compostáveis feitas de casca de banana para embalagem de alimentos são outro projeto baseado na valorização da cadeia agroalimentar (<https://foodupv.webs.upv.es/proyectos-realizados/>).

Em **Portugal**, o grupo Sovena integra a produção de azeite com a valorização do biodiesel e dos subprodutos. O bagaço e as sementes da azeitona são utilizados para extrair compostos bioativos ou convertidos em bioenergia, enquanto o grupo Cerealis se dedica à valorização das cascas e do farelo dos cereais, utilizando-os em ingredientes ricos em fibras, rações ou aplicações energéticas. FeedValue (INIAV), IntegraValor, Centre BIO: Bioindustries, Biorefineries, and Bioproducts, VALOR+, CircularTech são apenas alguns dos





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

projetos que visam sustentar a valorização da cadeia agroalimentar.
(<https://blc3.pt/projects.php>)

Capítulo 5. Avaliação da composição química e do potencial nutricional de subprodutos

A indústria agroalimentar é um dos setores que mais gera resíduos orgânicos. Muitos desses subprodutos têm uma composição nutricional rica em compostos bioativos, nutrientes essenciais e fibras, mas muitas vezes são descartados sem recuperação, o que contribui para a degradação ambiental e o desperdício de recursos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2014), uma grande quantidade de alimentos é perdida ou desperdiçada globalmente ao longo da cadeia de abastecimento.

A adoção de práticas de gestão sustentável que priorizem a prevenção de resíduos, a minimização de perdas e a valorização de subprodutos e coprodutos é essencial para alcançar os objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Tais abordagens promovem a sustentabilidade dos sistemas alimentares, ajudam a mitigar a desnutrição e incentivam o crescimento económico, otimizando o uso dos recursos naturais (Gómez-García et al., 2021; Despoudi et al., 2021). Nesse contexto, a investigação científica e tecnológica, realizada em colaboração com empresas do setor, tem desempenhado um papel central na caracterização e valorização dos resíduos agroindustriais, com o objetivo de reintegrá-los de forma segura e eficiente na cadeia alimentar (Leong & Chang, 2022; Özcan et al., 2023; Ritika et al., 2024).

Subprodutos da produção de azeite

A produção de azeite gera grandes volumes de subprodutos. Estes têm um impacto ambiental significativo. Este é particularmente o caso nos países mediterrânicos. Os principais





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

resíduos são o bagaço de azeitona, a água de lavagem e os resíduos sólidos, como folhas e ramos.

O bagaço de azeitona, composto por cascas, polpa e caroços que permanecem após a extração do azeite, contém níveis elevados de compostos fenólicos, fibras alimentares solúveis e insolúveis e ácidos gordos bioativos. Estudos recentes demonstraram as suas propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, sendo considerado um ingrediente funcional promissor para utilização em alimentos, suplementos nutricionais e cosméticos (Nunes et al., 2018; Nunes et al., 2019; Nunes et al., 2021; Sousa et al., 2023).

No entanto, as águas residuais do processo de extração são ricas em compostos fenólicos e têm uma elevada carga orgânica, o que representa um desafio ambiental significativo. Contudo, tem sido investigada como uma fonte potencial de antioxidantes naturais para utilização nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica (Nunes et al., 2016). Além disso, a digestão anaeróbia pode produzir biogás e converter estes efluentes em fontes de energia alternativas (Hamdi, 1996; Bani Kheiredine et al., 2022; Vaz et al., 2024).

Os resíduos lignocelulósicos, como folhas e galhos, podem ser valorizados através da extração de compostos bioativos, como a oleuropeína e outros polifenóis, que têm sido usados na medicina tradicional e agora são encontrados em produtos nutracêuticos. A compostagem também é um método viável de produção de fertilizantes orgânicos (Erbay & Icier, 2010; Yangui et al., 2021; Michailides et al., 2011).

Subprodutos da produção de vinho

A produção de vinho gera grandes quantidades de resíduos, incluindo bagaço de uva (composto por cascas e sementes), especialmente em países produtores como Portugal, França,





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Itália e Espanha. A composição desses subprodutos varia dependendo da variedade da uva, do tipo de vinho e do processo tecnológico utilizado.

O bagaço da produção de vinho tinto geralmente tem uma concentração mais elevada de compostos fenólicos devido ao contacto prolongado com as peles durante a fermentação. Os mais relevantes destes compostos são os flavonoides, as antocianinas, as proantocianidinas e os ácidos fenólicos, que lhes conferem uma elevada atividade antioxidante (García-Lomillo & González-SanJosé, 2017; Ilyas et al., 2021).

As sementes são particularmente valorizadas pelo seu teor lipídico. São uma fonte de óleos ricos em ácidos gordos insaturados. Estes ácidos incluem os ácidos linolénico, oleico e palmítico. As sementes têm propriedades emolientes. Também têm benefícios comprovados para a saúde cardiovascular. Foram identificadas aplicações promissoras na indústria alimentar, cosmética e farmacêutica para estes óleos, bem como para os extratos fenólicos obtidos a partir das sementes, com propriedades que incluem efeitos antiobesidade, hipolipidémicos, antimicrobianos e reguladores da microbiota intestinal (Ferreira & Santos, 2022; Yang et al., 2021; Liu et al., 2020; Talebi et al., 2023; Ajit et al., 2021; Unusan, 2020).

Subprodutos da indústria de processamento de frutas

O processamento de frutas na indústria gera diferentes tipos de resíduos orgânicos, como cascas, polpa, sementes e caules. Estes têm potencial para serem utilizados na alimentação e na tecnologia. Em particular, as cascas são ricas em polissacarídeos, compostos fenólicos e fibras alimentares com atividade antioxidante (Nirmal et al., 2023; Teshome et al., 2023; Fierascu et al., 2020).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Entre os compostos de interesse está a pectina, um polissacarídeo estrutural com propriedades gelificantes, emulsionantes e estabilizantes, amplamente utilizado nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica. Estudos identificaram fontes alternativas de pectina nas cascas de melão, kiwi e romã. Esses rendimentos são comparáveis às fontes comerciais tradicionais (laranja e maçã) (Güzel & Akpınar, 2019; Picot-Allain et al., 2020; Frosi et al., 2023).

Além da pectina, os resíduos cítricos contêm quantidades significativas de açúcares, ácidos orgânicos, aminoácidos, proteínas, óleos essenciais, flavonoides e vitaminas. Estes subprodutos têm sido utilizados com sucesso no desenvolvimento de alimentos funcionais, como iogurtes probióticos, que são microbiologicamente benéficos e aceitáveis para os consumidores (Sharma et al., 2017; Dosoky & Setzer, 2018; Dias et al., 2020).

Subprodutos da produção de café

O café é uma das bebidas mais consumidas e valorizadas no mundo. A sua qualidade é determinada por uma variedade de fatores, incluindo variedade botânica, origem geográfica, métodos de processamento e condições de armazenamento. Ao longo das várias etapas do processamento do grão de café, particularmente durante a colheita, o processamento e a torrefação, são gerados vários subprodutos com alto potencial de valorização.

Vários resíduos agroindustriais são identificados no processamento dos frutos. Estes incluem grãos imaturos e defeituosos resultantes dos processos de triagem e lavagem. Outros resíduos incluem a polpa e o pergaminho, que estão associados ao processamento húmido. Depois, há as cascas obtidas pelo método seco. A pele de prata é libertada durante a torrefação. Por fim, as borras de café são produzidas quando a bebida é preparada. (Alves et al., 2017; Murthy & Naidu, 2012). Dentre esses subprodutos, destaca-se a polpa do café pelo alto teor de





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

compostos bioativos, fibras e cafeína, que lhe conferem propriedades antioxidantes e efeitos benéficos sobre os parâmetros metabólicos. O seu perfil nutricional e funcional levou à sua recente inclusão na categoria dos “novos alimentos” pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA, 2021).

Vários estudos destacaram o potencial da polpa de café na formulação de alimentos funcionais e suplementos alimentares que podem modular o metabolismo lipídico, controlar a glicemia e prevenir doenças metabólicas, como obesidade e diabetes (Pérez et al., 2023; Gil-Ramírez et al., 2024; Rungraung et al., 2023; Bashir et al., 2024). Outros subprodutos relevantes, como os grãos de café, contêm quantidades significativas de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e estão a ser investigados para uso nas indústrias alimentar, cosmética e de biomateriais (Saratale et al., 2020).

Capítulo 6. Tecnologias inovadoras para a valorização de subprodutos da cadeia agroalimentar. Uso de métodos inovadores de extração e transformação de compostos bioativos

A crescente produção de subprodutos agroalimentares representa um desafio ambiental significativo, mas também uma oportunidade valiosa para a valorização de compostos bioativos com potenciais aplicações nas indústrias alimentar, cosmética e farmacêutica. Subprodutos como o bagaço de azeitona e as casca de café contêm teores elevados de compostos fenólicos, ácidos orgânicos, vitaminas e fibras alimentares. No entanto, devemos desenvolver e aplicar tecnologias inovadoras para extrair esses compostos de forma eficiente, segura e sustentável. Este capítulo analisa os principais avanços tecnológicos aplicados à





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

extração e transformação de compostos bioativos a partir de subprodutos agroindustriais, com foco em métodos sustentáveis e de química verde.

Os métodos convencionais utilizados baseiam-se principalmente no processo de extração sólido-líquido, que envolve o uso de solventes orgânicos como etanol ou metanol, frequentemente misturados com água. Por exemplo, solventes hidroetanólicos (1:1) a 40 °C por 60 minutos demonstraram ser eficazes na extração de compostos antioxidantes do bagaço de azeitona (Nunes et al., 2018). No caso da pele de prata do café, Costa et al. (2012) otimizaram a extração com etanol-água a 50% (v/v), utilizando um desenho experimental para maximizar o rendimento total de compostos antioxidantes e fenólicos. Embora estas técnicas ofereçam bons rendimentos, são geralmente demoradas, consomem muita energia e solventes e nem sempre são compatíveis com os princípios da química verde.

Uma das abordagens tecnológicas mais recentes é a extração assistida por ultrassom (EAU), que utiliza ondas ultrassônicas para promover a cavitação acústica e facilitar a ruptura celular e a libertação de compostos bioativos. Utilizando apenas água como solvente, esta técnica demonstrou permitir a recuperação de fenólicos do bagaço de azeitona em apenas 5 minutos, alcançando rendimentos superiores aos da extração aquosa convencional de 60 minutos (Nunes et al., 2018). A EAU também tem sido utilizada para obter extratos de pele de prata de café com propriedades prebióticas (Machado et al., 2024).

Outra técnica promissora é a tecnologia multifrequência modulada multimodo (MMM), que combina múltiplas frequências e modos de vibração para aumentar a eficiência da extração. Tem como vantagens a eliminação da necessidade de moer a amostra e o uso de água como solvente. Em estudos com pele de prata do café, a tecnologia MMM permitiu uma maior recuperação de antioxidantes em apenas 10 minutos, em comparação com a extração clássica





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

de 60 minutos (Puga et al., 2017). Além disso, esta tecnologia foi ampliada com sucesso para um nível piloto, mantendo a qualidade dos extratos (Peixoto et al., 2022).

A aplicação de sistemas de membranas (nanofiltração e osmose reversa) permite a concentração seletiva de compostos bioativos e a separação de frações com diferentes aplicações. No caso do bagaço de azeitona, foi utilizado um processo patenteado de extração verde integrada, seguido de concentração assistida por membranas, permitindo o uso da fração permeada para irrigação (Nunes et al., 2019).

Outras abordagens emergentes incluem a extração assistida por micro-ondas, fluidos supercríticos, campos elétricos pulsados e descargas elétricas de alta tensão. Estas técnicas têm demonstrado grande potencial em termos de eficiência, reduzindo o consumo de energia e o tempo de processamento, preservando a integridade dos compostos bioativos simultaneamente (Soares et al., 2024).

A comparação dos diferentes métodos aplicados a vários subprodutos agroalimentares melhora a nossa compreensão das vantagens e limitações de cada abordagem. Por exemplo, no caso da pele de prata do café, a extração convencional utilizando uma solução de etanol-água a 50% a 60 °C durante 30 minutos maximizou a recuperação de compostos fenólicos e a atividade antioxidante (Costa et al., 2012). A extração assistida por ultrassom (EAU) em meio aquoso permitiu a produção de extratos ricos em fibra solúvel e ácidos clorogénicos, proporcionando benefícios prebióticos (Machado et al., 2024). A tecnologia MMM, que não requer moagem, pode proporcionar um maior rendimento de compostos como o ácido clorogénico e a cafeína em apenas 10 minutos, com alta eficiência energética (Puga et al., 2017; Peixoto et al., 2022).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Em relação ao bagaço de azeitona, a extração hidroetanólica convencional a 40 °C por 60 minutos resultou na recuperação de 487 μg EAG/mL de compostos fenólicos (Nunes et al., 2018). Utilizando apenas água como solvente e extraído por apenas 5 minutos, a EAU obteve 402 μg EAG/mL, alcançando um rendimento superior ao da extração aquosa convencional (257 μg EAG/mL). A aplicação de tecnologia verde integrada, utilizando membranas, permitiu a separação e concentração de compostos fenólicos e tocoferóis (Nunes et al., 2019). Os resultados demonstram que, embora os métodos convencionais possam fornecer resultados satisfatórios, as técnicas inovadoras distinguem-se pela sua rapidez, respeito pelo ambiente e alta eficiência na extração de compostos bioativos, mesmo em condições menos extremas.

Os extratos resultantes foram incorporados em formulações de transportadores micro e nanolipídicos (Fathi et al., 2022) para aumentar a estabilidade, biodisponibilidade e eficiência de entrega dos compostos ativos. Essas formulações demonstraram perfis de libertação adequados e são compatíveis com aplicações em suplementos alimentares e cosméticos. Além disso, o extrato de pele de prata exibiu potencial antidiabético ao inibir o transporte intestinal de glicose e frutose (Peixoto et al., 2022), bem como um efeito prebiótico na promoção do crescimento de *Lactocaseibacillus paracasei* (Machado et al., 2024).

Tecnologias como a extração assistida por ultrassom (EAU), modulação multifrequencial multimodo (MMM) e processos de membrana são altamente promissoras para a valorização de subprodutos agroalimentares, permitindo a extração eficiente, sustentável e económica de compostos bioativos. Estas abordagens estão alinhadas com os princípios da bioeconomia e da economia circular, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento de produtos inovadores e funcionais. Estudos futuros devem concentrar-se na otimização dos parâmetros operacionais e na ampliação dos processos para uso industrial.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 7. Métodos biológicos innovadores e sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar. Implementação de métodos de bioconversão (fermentação espontânea, fermentação controlada, fermentação em estado sólido, digestão anaeróbia, pré-tratamentos enzimáticos)

Métodos inovadores e biosustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar
Implementação de métodos de bioconversão

Os objetivos do desenvolvimento sustentável devem ser regenerativos para promover abordagens sustentáveis na produção de alimentos e gestão de resíduos, com produção de alimentos funcionais e sem desperdício, visando o bem-estar através da alimentação. A valorização dos subprodutos agroalimentares através de métodos biológicos inovadores e sustentáveis é fundamental para aumentar a eficiência dos recursos, reduzir o impacto ambiental e promover as bioeconomias circulares (Soccol et al., 2017).

As técnicas de fermentação espontânea e controlada utilizam culturas microbianas nativas ou selecionadas para transformar resíduos alimentares em produtos de valor acrescentado, como ácidos orgânicos, enzimas e compostos bioativos (Simone et al., 2023). A fermentação controlada com *Lactobacillus* spp. e *Saccharomyces* spp. pode converter bagaço de frutas e vegetais em produtos ricos probióticos, conservantes naturais e ingredientes alimentares funcionais (López-Gómez et al., 2020). A fermentação em estado sólido utiliza fungos para produzir enzimas, pigmentos e proteínas em substratos de resíduos agrícolas, como farelo de cereais ou cascas de frutas, oferecendo uma alternativa ecológica com uso mínimo de água.

A fermentação espontânea consiste num processo de fermentação natural sem adição de culturas iniciadoras, dependendo da microbiota nativa. É comumente usada para resíduos de frutas e vegetais e outros substratos para proliferação da microbiota. Normalmente ocorre





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

em tanques abertos ou fermentadores em condições ambientais. Outros interesses da fermentação espontânea são os bagaços de azeitona, uva e outros subprodutos ricos em antioxidantes que podem ganhar com os metabolitos produzidos, como, por exemplo, ácidos gordos de cadeia curta relevantes para a saúde intestinal e o bem-estar geral. É interessante, por ser de baixo custo e exigir uma infraestrutura mínima. As questões negativas associadas têm a ver com resultados imprevisíveis, deterioração e risco de contaminação. Além disso, a variabilidade na atividade microbiana e na qualidade do produto, pode ser importante para se obter produtos típicos associados ao “terroir”.

A caracterização da microbiota típica dos produtos, orienta esta abordagem para a transformação de resíduos em subprodutos de valor acrescentado, importante em termos de produção de alimentos funcionais e gestão de resíduos e desenvolvimento regenerativo.

A fermentação controlada corresponde à fermentação utilizando culturas iniciadoras selecionadas para garantir a consistência e a segurança, utilizando substratos como bagaço de frutas, cascas de vegetais, subprodutos de cereais, resíduos lácteos e tem as seguintes características:

- Necessidade de controlo do pH, temperatura e teores de oxigénio, utilizando fermentadores ou biorreatores.
- As culturas utilizadas são tipicamente bactérias como *Lactobacillus* spp. e leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*.
- Os benefícios são a produção consistente de compostos bioativos, enzimas e ácidos orgânicos, utilizados no desenvolvimento de alimentos funcionais e conservantes naturais.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Alguns exemplos são: fermentação láctica de casca de cenoura para desenvolver compostos antimicrobianos para embalagens de alimentos ou rações.

Fermentação em estado sólido - consiste na fermentação em substratos sólidos com água livre mínima, ideal para culturas fúngicas.

- É adequada para resíduos agrícolas como casca de arroz, bagaço de frutas ou farelo de trigo usados como substrato.
- Inoculada com fungos como *Aspergillus niger*, *Rhizopus* spp., *Trichoderma* spp.
- Realizada em tabuleiros, colunas ou biorreatores de leito fixo.
- Os benefícios são a produção eficiente de enzimas, micoproteínas, compostos aromáticos e ácidos orgânicos.
- Baixo consumo de água, eficiência energética.

Os desafios: difícil de dimensionar e controlar a temperatura/humidade.

A digestão anaeróbia transforma resíduos orgânicos, como cascas de frutas, resíduos vegetais e estrume, em biogás renovável e digesto rico em nutrientes (Kumar et al., 2021). É outro tipo de decomposição microbiana da matéria orgânica na ausência de oxigénio, produzindo biogás e anaeróbiadigesto.

Resíduos de origem:

- Estrume animal, resíduos vegetais, cascas de frutas, resíduos de abate, lamas de estações de tratamento de águas residuais.
- Requer digestores selados com controlo da temperatura (mesofílicos ou termofílicos).
- Subprodutos: biogás rico em metano e digesto rico em nutrientes (usado como fertilizante).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Benefícios:

- Gera energia renovável e reduz as emissões de gases de efeito estufa.
- O digesto melhora a fertilidade do solo e fecha os ciclos de nutrientes.

Desafios:

- A biomassa lignocelulósica necessita de pré-tratamento.
- Inibição devido a matérias-primas com alto teor de gordura ou ácidas.

Como exemplo:

- Digestão anaeróbia de cascas de batata e resíduos lácteos em sistemas de codigestão para biogás e composto.

Pré-tratamentos enzimáticos - uso de enzimas (celulases, amilases, proteases) para decompor polímeros complexos (celulose, lignina, proteínas) em unidades fermentáveis.

Implementação:

- Aplicado a resíduos agrícolas como palha, cascas, bagaço de frutas ou grãos usados na fabricação de cerveja.
- As enzimas podem ser adicionadas antes da fermentação ou digestão para aumentar o rendimento.

Benefícios:

- Aumenta a biodisponibilidade de nutrientes ou açúcares fermentáveis.
- Permite a recuperação de produtos de alto valor (bioetanol, hidrolisados de proteínas).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Requer otimização cuidadosa do pH e da temperatura.

Exemplo:

O pré-tratamento da casca de citrinos com celulase melhora a produção de bioetanol ou aumenta a extração de fibra solúvel para enriquecimento alimentar.

Potencial de integração: abordagens combinadas de bioconversão.

Exemplos

- Hidrólise enzimática do bagaço de frutas → liberta açúcares.
- Fermentação controlada de hidrolisado utilizando *Lactobacillus*.
- Sólidos remanescentes → fermentação em estado sólido para produzir enzimas ou biopolímeros.
- Resíduos → digestão anaeróbia para biogás e composto.

Em geral, estas abordagens visam transformar um resíduo em subprodutos de valor acrescentado com vantagens para o bem-estar.

Capítulo 8 – Métodos inovadores e sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar

Na indústria alimentar, a extrusão termoplástica é classificada como uma tecnologia de processamento de alta temperatura e curta duração (ATCD), uma vez que facilita a produção de uma ampla gama de produtos alimentares e rações com modificações mínimas no





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

equipamento principal, desde que os parâmetros do processo sejam controlados adequadamente (Abilmazhinov et al., 2021).

A cozedura por extrusão oferece várias vantagens notáveis, sendo a mais proeminente a sua capacidade de transformar matérias-primas de baixo custo numa ampla gama de produtos de valor acrescentado em tempos de processamento curtos. Este método permite uma produção consistente e de alto rendimento através de um sistema contínuo e energeticamente eficiente (Offiah et al., 2018).

Os sistemas de extrusão podem ser operados em condições de cisalhamento baixo, médio ou alto, dependendo das características dos materiais de entrada e das propriedades desejadas do produto final. As extrusoras termoplásticas são geralmente usadas em condições de alto cisalhamento. O cisalhamento baixo, ou extrusão a frio, é normalmente aplicado na fabricação de produtos como massas e itens de carne reestruturados (Abilmazhinov et al., 2021).

Os resíduos agrícolas podem ser efetivamente utilizados no desenvolvimento de produtos de valor agregado por meio do processamento de extrusão, uma tecnologia altamente versátil e energeticamente eficiente, capaz de acomodar uma ampla gama de matérias-primas heterogéneas (Dey et al., 2021).

A extrusão é um **processo termomecânico contínuo**, no qual uma mistura de matérias-primas - normalmente húmidas, amiláceas e/ou proteicas - é forçada através de uma matriz sob alta pressão, cisalhamento e temperatura moderada a alta (até ~200 °C), resultando na texturização, cozedura, modelagem e densificação do extrudado (Coton et al., 2020).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

A **bioconversão refere-se** à transformação biológica de resíduos agroindustriais - tais como bagaço de frutas, cascas de cereais, grãos usados e borras de café - em produtos ricos em energia (por exemplo, biogás, bioetanol, bio-hidrogénio, lípidos microbianos) pela ação de microrganismos, sistemas enzimáticos ou consórcios fermentativos (Kiran et al., 2014). Empregando métodos como digestão anaeróbia, fermentação e lipogénese microbiana - frequentemente combinados em biorrefinarias em cascata - esta abordagem permite a valorização eficiente de resíduos, a redução de gases de efeito estufa, a implantação de bioenergia rural e a geração económica de coprodutos.

As tecnologias modernas de extração apoiadas por **métodos térmicos** avançados têm demonstrado um potencial significativo na redução do tempo de processamento e dos resíduos agroindustriais. Entre elas, técnicas emergentes como a extração com água subcrítica e a extração assistida por micro-ondas (EAM) têm ganhado cada vez mais atenção, particularmente pela sua eficácia na extração de compostos polifenólicos de subprodutos agroalimentares. Esses métodos facilitam a recuperação rápida e eficiente de solutos devido a mecanismos aprimorados de transferência de massa e dessorção, à medida que as estruturas celulares são rompidas, melhorando assim a acessibilidade dos compostos-alvo ao solvente. Consequentemente, estes processos alcançam maiores eficiências de extração em prazos mais curtos e com menor consumo de solvente, em comparação com as abordagens convencionais. No entanto, as temperaturas elevadas envolvidas nesses métodos térmicos podem afetar negativamente os rendimentos de polifenóis, induzindo reações de degradação, incluindo a formação de compostos indesejáveis, como o 5-hidroximetilfurfural (Duah Boateng et al., 2023).

A indústria alimentar está a adotar cada vez mais tecnologias inovadoras de extração suave e não térmica - tais como extração assistida por ultrassom, extração por líquido





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

consumo de energia e solventes, tempos de processamento mais curtos e maior eficiência de extração (Yudhister et al., 2025).

A **extração assistida por enzimas** tem sido usada como uma estratégia eficaz para valorizar os fluxos de resíduos, facilitando a libertação de compostos fenólicos das matrizes celulares vegetais. Este método aumenta a eficiência da extração, preservando a integridade estrutural e a bioatividade dos fitoquímicos recuperados (Brennan et al., 2024).

A **extração assistida por ultrassom** melhora significativamente o rendimento e a taxa de recuperação de compostos de alto valor - como antioxidantes e polifenóis - a partir de subprodutos do processamento de frutas e vegetais, aumentando assim a eficiência e a sustentabilidade do processo. Além disso, esta técnica minimiza o consumo de solventes e preserva efetivamente a integridade dos constituintes bioativos termolábil (Yudhister et al., 2025).

Loncaric et al., 2020 utilizaram **campo elétrico pulsado (CEP)**, extração assistida por ultrassom (EAU) e descargas elétricas de alta tensão (DEAT) para a extração de compostos fenólicos do bagaço de mirtilo. Os autores concluíram que o método CEP liberta um teor total de polifenóis mais elevado em comparação com o método DEAT ou EAU e que a eficiência da extração é influenciada por vários parâmetros, incluindo: para DEAT – o tipo de solvente, duração do tratamento e frequência de descarga; para CEP - composição do solvente, intensidade do campo elétrico e número de pulsos aplicados; e para EAU- tipo de solvente, temperatura de extração e tempo de processamento.

As técnicas de extração baseadas em pressão - tais como alta pressão hidrostática (APH), extração por líquido pressurizado (ELP) e extração por fluido supercrítico (EFP) - ganharam atração significativa no setor agroalimentar devido à sua capacidade de extrair





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

compostos bioativos de alto valor (por exemplo, fenólicos, antocianinas, lípidos) de resíduos do processamento de alimentos (por exemplo, bagaço, farelo, borras de café). Esses métodos são ambientalmente favoráveis, geralmente utilizam solventes de grau alimentar ou CO₂ e operam sob condições térmicas moderadas para manter a integridade dos compostos (Battistella Lasta et al., 2019, Visnjevec et al., 2024).

A extração por líquido pressurizado (ELP) é reconhecida como uma técnica eficaz para a recuperação de compostos bioativos - particularmente fenólicos - não apenas de matrizes vegetais primárias, mas também de resíduos agroindustriais e subprodutos. Em comparação com os métodos de extração convencionais, a ELP oferece rendimentos equivalentes ou superiores, reduzindo significativamente o uso de solventes e o tempo de processamento (Visnjevec et al., 2024).

A **explosão de vapor** é considerada uma técnica promissora de pré-tratamento físico-químico capaz de romper eficazmente a arquitetura lignocelulósica da biomassa. Este processo altera a composição e a estrutura da hemicelulose e da lignina através de uma combinação de cozedura a vapor de alta pressão e descompressão rápida, o que induz forças mecânicas de cisalhamento. Devido à sua eficácia em superar a recalcitrância da biomassa, a explosão de vapor tem sido amplamente adotada como método padrão de pré-tratamento na produção de biocombustíveis e aplicações de polpação lignocelulósica (He et al., 2022). O estudo de Padilla-Rascon et al., 2020, confirma que os subprodutos do caroço de azeitona podem ser usados para a produção de açúcar por meio de tratamentos como explosão ácida e de vapor (195 °C, 5 minutos), seguidos por hidrólise com enzimas.

Os processos de separação baseados em membranas e acionados por pressão, como ultrafiltração, microfiltração e nanofiltração, oferecem inúmeras vantagens para a recuperação de compostos lábeis de fluxos aquosos diluídos. Estas tecnologias são consideradas

51



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

ecologicamente corretas, pois operam a temperaturas relativamente baixas (normalmente 20-60 °C), requerem um consumo mínimo de energia e não necessitam do uso de reagentes químicos adicionais. Além disso, são passíveis de automatização, eletrificação e conceção de sistemas compactos. Devido à sua permeabilidade seletiva - governada por mecanismos de exclusão de tamanho, forma e carga - os processos de membrana exibem uma eficiência excepcional no fracionamento de moléculas biológicas, preservando simultaneamente a integridade estrutural e funcional dos compostos recuperados (Papaioannou et al., 2022). No contexto da separação baseada em membranas, os polifenóis dos subprodutos da cadeia agroalimentar podem ser fracionados com base na sua massa molecular e nas características específicas da membrana utilizada. Normalmente, os polifenóis de baixa massa molecular são predominantemente recuperados na fase de retentato durante a nanofiltração (NF), devido à permeabilidade seletiva da membrana (Castro-Muñoz et al., 2016).

Capítulo 9 - Métodos inovadores e sustentáveis de valorização dos subprodutos da cadeia agroalimentar (desidratação, microencapsulação, nanotecnologias)

Os subprodutos alimentares são muito perecíveis, o que representa um desafio para as indústrias alimentar e farmacêutica no que diz respeito à garantia da sua segurança microbiológica e qualidade. Para evitar a degradação, os subprodutos alimentares devem ser transportados rapidamente e armazenados em condições refrigeradas. Tratamentos preliminares, como irradiação e secagem, podem aumentar a segurança dos subprodutos alimentares. No entanto, os processos de secagem ou moagem até um tamanho de partícula fina podem ser técnicas eficientes para a valorização dos subprodutos e dos seus compostos bioativos (Comunian et al., 2021).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Métodos de secagem aprimorados podem ser utilizados para valorizar os subprodutos, a fim de resolver preocupações relacionadas à sustentabilidade e à segurança alimentar. Dependendo das necessidades dos fabricantes e do tipo de procedimentos de secagem utilizados durante o processamento, os produtos finais apresentam-se geralmente numa variedade de formas sólidas (chips, tiras ou cubos) e produtos granulares/pós em várias formas e tamanhos. Além disso, a retenção de componentes bioativos dos subprodutos iniciais pode ser facilitada por tecnologias de secagem inovadoras (Choon Hui Tan et al., 2021).

A secagem pode alterar significativamente as características físicas, particularmente a textura, devido à remoção da humidade. Além disso, a aparência visual, a textura, o sabor, o odor e a cor podem ser afetados, e os alimentos podem tornar-se rígidos, quebradiços, duros e encolher significativamente. A secagem pode causar endurecimento e encolhimento, tornando o produto mais resistente. A secagem excessiva das camadas celulares externas do tecido pode levar ao endurecimento, o que impede a remoção da humidade das camadas celulares internas. Em condições extremas de secagem, o revestimento endurecido pode fragmentar-se, enquanto as camadas celulares internas permanecem líquidas (Choon Hui Tan et al., 2021). A escolha da tecnologia de secagem ideal é crucial para a valorização dos produtos, pois afeta tanto as qualidades físicas quanto nutricionais. Os métodos de secagem podem ser classificados com base no tipo de material, teor de humidade ou cinética de secagem para selecionar a tecnologia apropriada.

Métodos de secagem

I. Métodos de secagem convencionais

Os métodos de secagem convencionais mais conhecidos são a secagem em tambor, a secagem em câmara, a secagem em forno de ar quente, a secagem solar e a secagem a vácuo,





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

juntamente com a secagem por pulverização, a liofilização e a secagem em leito fluidizado. Durante a secagem em tambor, o vapor é usado para elevar a temperatura da superfície interna do tambor, enquanto que, na secagem em câmara, o produto é seco em tabuleiros ou prateleiras e exposto a calor e fluxo de ar regulados para eliminar a humidade. Por outro lado, a técnica mais popular para criar frutas em pó e secas para uso em panificação, processamento de alimentos ou como aditivos em outros produtos é a secagem em forno de ar quente, enquanto a secagem solar é tradicionalmente usada para produtos como vegetais, frutas, tabaco, chá, café, frutas, nozes, cereais e arroz e requer energia de baixa temperatura (Khatri et al., 2024).

A secagem a vácuo é um processo eficaz para criar concentrados e pós secos de alta qualidade, mantendo o seu sabor natural e valor nutricional. O método ocorre em condições de pressão reduzida, o que diminui o ponto de ebulição da água e permite a evaporação da água a uma temperatura mais baixa, evitando danos causados pelo calor ao pó gerado. (Hasan et al., 2019). O método mais utilizado e adaptável para secar itens líquidos é a secagem por pulverização, enquanto a liofilização, também conhecida como freeze-drying, é um procedimento de secagem que remove a humidade, mantendo a estrutura, o sabor, o conteúdo nutricional e bioativo do produto por sublimação (Hasan et al., 2019). A secagem em leito fluidizado funciona através do fornecimento contínuo de partículas húmidas para entrar em contacto com uma superfície quente ou soprando ar quente para manter o material fluidizado. A secagem em leito fluidizado é utilizada nos setores alimentar, farmacêutico e químico para secar pós húmidos e cápsulas/partículas sólidas (Fathi et al., 2022).

II. Método inovador de secagem

De acordo com a literatura, os métodos inovadores mais importantes e utilizados para a secagem são: liofilização por pulverização, campos elétricos pulsados (CEP), secagem por micro-ondas, secagem a vácuo por micro-ondas (MW), fluidização por micro-ondas, secagem





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

por infravermelho (IV), liofilização por infravermelho, secagem hidráulica condutiva e secagem por fluido supercrítico.

A liofilização por pulverização é uma tecnologia de secagem inovadora e avançada que preserva as propriedades e a qualidade de uma variedade de materiais, incluindo pós, medicamentos e biomateriais. Este método combina os princípios da secagem por pulverização e da liofilização para realizar uma secagem rápida, preservando os materiais tratados, enquanto o processamento CEP envolve a aplicação de pulsos de alta tensão aos alimentos mantidos entre dois elétrodos, sendo uma técnica de secagem inovadora que combina a tecnologia CEP com o processo de secagem (Khatri et al., 2024).

A secagem por micro-ondas é um processo revolucionário que utiliza energia de micro-ondas para eliminar a humidade das matrizes alimentares, mantendo a sua qualidade e características. Quando os alimentos são expostos a micro-ondas, as ondas eletromagnéticas penetram neles e geram calor, resultando na vaporização da água (Fathi et al., 2022), enquanto os processos de secagem a vácuo por micro-ondas utilizam micro-ondas com frequências de rádio que variam de 300 a 30.000 MHz como fonte de calor. A secagem a vácuo por micro-ondas pode ser quase 50% mais rápida e eficiente graças à secagem a vácuo combinada (vácuo de alta pressão) para ajudar a eliminar a humidade (Fathi et al., 2022).

A fluidização por micro-ondas substitui os produtores de calor tradicionais em secadores de leito fluidizado. A radiação eletromagnética é a fonte de energia, causando uma vibração interna para aquecer o material e induzir a humidade de dentro para fora (Fathi et al., 2022). Outro método de secagem inovador são os comprimentos de onda IV (1-6 μm), que interagem com a camada interna do produto, levando ao aumento do calor e à evaporação da água. Além disso, a radiação infravermelha distante (RIVD), que permite uma dispersão homogénea do calor, está a ser utilizada como opção de secagem. Por outro lado, a liofilização

55



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

por infravermelho (LIV) é uma técnica especializada que melhora o processo de secagem, combinando luz infravermelha (IV) com os princípios da liofilização. A liofilização por infravermelho aquece o material progressivamente durante o processo de secagem (Fathi et al., 2022).

A secagem hidráulica condutiva (SHC) é um novo processo de secagem que transmite calor diretamente de uma superfície aquecida para o material. O material retém o calor, aumentando o calor interno e fazendo com que a humidade evapore. A secagem por fluido supercrítico também é considerada um método revolucionário de secagem para a fabricação de pós. Tem múltiplas aplicações, incluindo sumo de fruta em pó para bebidas instantâneas, fabricação de alimentos e suplementos alimentares. O CO₂ é usado como fluido supercrítico, exibindo propriedades líquidas e gasosas em pressões e temperaturas específicas. A temperatura e a pressão são reguladas para expandir o fluido supercrítico, resultando na precipitação de componentes e na separação do CO₂ do pó seco. O CO₂ é naturalmente não tóxico, tornando esta técnica ideal para criar produtos de alta pureza. A exposição mínima ao calor reduz a oxidação, mantendo a frescura e a cor do pó.

Microencapsulação

A tecnologia de microencapsulação preserva os produtos químicos bioativos, embalando componentes sólidos, líquidos e gasosos num filme contínuo e formando cápsulas com tamanhos que variam de micrómetros a milímetros. A microencapsulação é comumente usada nas indústrias farmacêutica e alimentar pela sua capacidade de (i) reduzir as reações de oxidação em materiais centrais expostos a elementos externos, como calor, humidade, ar e luz; (ii) reduzir subprodutos; e facilitar a transferência bioativa (Comunian et al., 2021).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Os procedimentos de encapsulamento mais comuns para componentes alimentares incluem secagem por pulverização, arrefecimento por pulverização, coacervação complexa, gelificação iónica e emulsificação.

- a. *Secagem por pulverização* (atomização)
- b. *Arrefecimento por pulverização* (arrefecimento por pulverização, congelamento por pulverização ou granulação).
- c. *Coacervação complexa*
- d. *Gelificação iónica*
- e. *Emulsificação*

Agentes encapsulantes

Vários materiais têm sido utilizados para encapsulamento, incluindo polissacarídeos como goma arábica, maltodextrina e amidos modificados; proteínas como isolado e concentrado de proteína de soro de leite, gelatina, proteína de soja, caseína e soro de leite; e lipídios como óleo vegetal e gorduras hidrogenadas. A maltodextrina e a goma arábica são comumente usadas como agentes transportadores para secagem por pulverização devido ao seu baixo custo e disponibilidade.

No que diz respeito aos subprodutos, duas direções são atualmente utilizadas para se obter alternativas sustentáveis. Assim, materiais provenientes de subprodutos alimentares foram utilizados como agentes encapsulantes, ou a encapsulação foi utilizada para incorporar subprodutos alimentares nos alimentos.

Para a primeira direção, bagaço de maçã, cascas de banana, farelo de aveia, beterraba sacarina, óleo de abacate e levedura de cerveja usada foram recentemente utilizados como





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

agentes transportadores. No entanto, estudos demonstraram que a microencapsulação de vários ingredientes, tais como bagaço de cereja ácida, extrato de semente de uva, extrato de polifenol da casca da maçã, extrato de folha de oliveira, extrato de casca de romã e óleo de semente de romã, conduziu com sucesso a alimentos funcionais (Comunian et al., 2021, Borah et al., 2023).

Nanotecnologia

Com a ajuda da nanotecnologia, os resíduos agrícolas podem ser redefinidos como um recurso valioso na vanguarda da inovação sustentável, em vez de um fardo para o ambiente.

Utilizando química verde, biocatalisadores e nanocompósitos biodegradáveis, os resíduos agrícolas estão a ser reciclados numa ampla gama de produtos, incluindo biocombustíveis, nanofertilizantes, bioplásticos e sofisticados sistemas de armazenamento de energia. Além de reduzir os resíduos, isto abre novas fontes de receita e fortalece a economia circular, criando oportunidades económicas em todos os setores. Um dos passos mais importantes para o crescimento sustentável é o potencial da tecnologia para transformar resíduos em produtos de alto desempenho e ecologicamente corretos. A nanotecnologia tem aplicações na conversão de biomassa, é usada como técnica bioquímica para valorização de resíduos, enquanto catalisadores em nanoescala são usados para processos termoquímicos (Balakrishnan Preethi et al., 2024).

Diferentes técnicas de secagem e técnicas híbridas de secagem recomendadas para estabilizar os atributos funcionais e nutricionais

Os últimos desenvolvimentos em tecnologia de secagem visam aumentar a vida útil e a estabilidade de armazenamento de produtos alimentares, encontrando um substituto viável para





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

conservantes artificiais. No entanto, como os fitoconstituintes são sensíveis ao calor, o processo de secagem pode causar a sua distorção e degradação.

Assim, estudos mostram que encontrar os métodos de secagem certos é essencial para produzir novos produtos com texturas secas altamente porosas, alta retenção de ingredientes ativos, alto rendimento de secagem e alta preservação de fitoconstituintes, bem como maior eficiência energética, baixo custo e operações ambientalmente seguras (Fathi, F. et al., 2022; Siddiqui S.A., et al., 2024).

Por exemplo, a utilização do método de secagem por bomba de calor para bagaço de uva permitiu que as alterações nas velocidades do ar aumentassem o rendimento e proporcionassem uma técnica económica, mas que causa uma degradação do trans-resveratrol, catequina e epicatequina. Por outro lado, ao alterar a velocidade do ar de 1,5 para 2,5 m/s, o rendimento da secagem aumentou de 50% para 69%, e o consumo de energia e o tempo de secagem diminuíram significativamente (Taşeri et al., 2018). Cenouras cortadas em cubos foram secas por meio de secagem por micro-ondas/leito fluidizado e os autores concluíram que a remoção do teor de humidade aumentou em comparação com o mecanismo convencional, observou-se uma boa retenção das propriedades físico-químicas e biológicas em comparação com o secador de leito fluidizado e a cor inicial, o sabor e a qualidade uniforme foram bem conservados (Stanisławski, 2005).

Os métodos de secagem têm o potencial de contribuir para um baixo desempenho de secagem, altos custos operacionais e forte impacto ambiental. Além disso, podem afetar o valor nutricional de macronutrientes, como proteínas, amidos, gomas e fibras alimentares presentes nos alimentos, a integridade das estruturas alimentares e as suas propriedades funcionais.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

A estabilização dos atributos funcionais e nutricionais das macromoléculas pode ser feita através de:

- Compreensão da correlação entre a técnica de secagem utilizada e os atributos funcionais e nutricionais;
- Otimização dos parâmetros operacionais dos diferentes métodos de secagem;
- Técnicas de secagem híbridas (combinação de algumas técnicas) e mecanismos de pré-tratamento.

A secagem através de abordagens convencionais, como a secagem ao sol ou ao ar livre, é um processo lento e pode levar a produtos de qualidade inferior devido à contaminação. Várias técnicas avançadas de secagem (micro-ondas, vácuo, infravermelho, congelação, secagem em forno e diferentes tecnologias de secagem híbrida) foram desenvolvidas com sucesso em todo o mundo.

Para escolher o método de secagem certo, é necessário considerar os seguintes fatores:

- a qualidade do produto;
- redução do tempo de secagem;
- eficiência energética;
- relação custo-benefício geral.

Estratégias para aumentar a funcionalidade dos produtos alimentares e subprodutos durante a secagem





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

As principais estratégias para aumentar a funcionalidade dos produtos alimentares durante a secagem são divididas por Betoret et al., 2016, em três grupos:

1. Adição de ingredientes que protegem a degradação de compostos bioativos.

Uma variedade de protetores foi adicionada ao meio de secagem antes da liofilização ou secagem por pulverização para proteger a viabilidade dos probióticos durante a desidratação, incluindo leite em pó desnatado, proteína de soro de leite, trealose, glicerol, betaína, adonitol, sacarose, glicose, lactose e polímeros, como dextrano e polietilenoglicol (Morgan et al., 2006). Betoret et al., 2016, mostram que os efeitos benéficos dos protetores parecem estar relacionados ao seu efeito protetor sobre proteínas e membranas celulares.

2. Criação de elementos estruturais que protegem/mantêm a funcionalidade dos compostos bioativos.

Encapsulação - pode contribuir para aumentar a vida útil do produto; aumentar a funcionalidade, promover a libertação controlada do composto bioativo encapsulado no local alvo e manter as suas propriedades, protegendo os seus compostos bioativos. Na maioria das vezes, a cápsula é composta principalmente por *polissacarídeos (inulina e polidextrose)*, *proteínas e suas combinações* para a microencapsulação de componentes antioxidantes e probióticos.

Filmes e revestimentos comestíveis - podem atuar como transportadores de compostos bioativos funcionais antioxidantes e/ou com propriedades antimicrobianas, bactérias com efeito probiótico ou antimicrobiano e outros componentes que aumentam o valor do produto, aumentando a vida útil do alimento e protegendo as suas propriedades físico-químicas, mantendo a sua integridade mecânica e características de manuseamento.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Impregnação a vácuo - também pode ser usada para mitigar o efeito de secagem, introduzindo compostos protetores, *como açúcares, álcoois de açúcar e açúcares não redutores na matriz alimentar.*

3. Prevenção de reações que causam a degradação de compostos bioativos e promoção daquelas que resultam num efeito funcional.

A secagem a vácuo e a secagem a vácuo ultrassónica, a secagem por micro-ondas, a secagem assistida por ultrassom, a liofilização e a secagem por vapor superaquecido a baixa pressão contribuem para:

- Redução da oxidação lipídica de produtos à base de peixe ou carne;
- Redução de pigmentos, vitamina C, compostos fenólicos e outras perdas de ingredientes em menor quantidade devido à oxidação em frutas e vegetais;
- Redução da oxidação de carotenoides - por secagem com ar quente a temperaturas abaixo de 60 °C, secagem a vácuo e secagem a vapor superaquecido a baixa pressão.

Essas estratégias podem ser aplicadas independentemente da fonte do composto bioativo, seja ele naturalmente presente na matriz alimentar ou derivado da recuperação de resíduos alimentares.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 10 - Acessibilidade e biodisponibilidade de compostos bioativos através da digestão *in vivo* e *in vitro*

A avaliação da bioacessibilidade e biodisponibilidade de compostos bioativos tornou-se um pilar da ciência nutricional, especialmente no contexto do desenvolvimento de alimentos funcionais e nutracêuticos. Os compostos bioativos, tais como polifenóis, carotenoides, glucosinolatos e peptídeos, são amplamente reconhecidos pelos seus potenciais benefícios para a saúde; no entanto, a sua eficácia fisiológica depende em grande parte da sua libertação da matriz alimentar durante a digestão e da sua subsequente absorção e metabolismo no corpo humano (Parada & Aguilera, 2007).

O termo bioacessibilidade refere-se à fração de um composto que é libertada da matriz no trato gastrointestinal e fica disponível para absorção, enquanto a biodisponibilidade abrange a fração que realmente atinge a circulação sistémica e exerce um efeito biológico (Carbonell-Capella, et al, 2014). Esses conceitos são especialmente importantes no estudo de polifenóis e outros fitoquímicos cujos benefícios para a saúde estão bem documentados, mas cuja absorção permanece variável e muitas vezes baixa (Dima & Dima, 2020).

Para estudar estes fenómenos, os modelos de digestão *in vitro* têm sido cada vez mais padronizados e amplamente adotados. Um dos marcos mais significativos neste campo foi o desenvolvimento do método INFOGEST, um modelo estático *in vitro* validado internacionalmente que simula as fases oral, gástrica e intestinal da digestão humana. O protocolo consensual inicialmente publicado por Minekus et al. (2014; 2015) forneceu uma estrutura reproduzível e harmonizada para investigadores em todo o mundo (Fig. 10.1). Posteriormente, Brodkorb et al. (2019) atualizaram e refinaram esse método, consolidando a sua aplicação para diferentes matrizes alimentares e permitindo a comparabilidade dos resultados entre laboratórios. Esta abordagem provou ser fundamental para prever o

63



Co-funded by
the European Union

comportamento de bioativos em condições digestivas, avaliando a sua estabilidade, transformação e potencial de absorção.

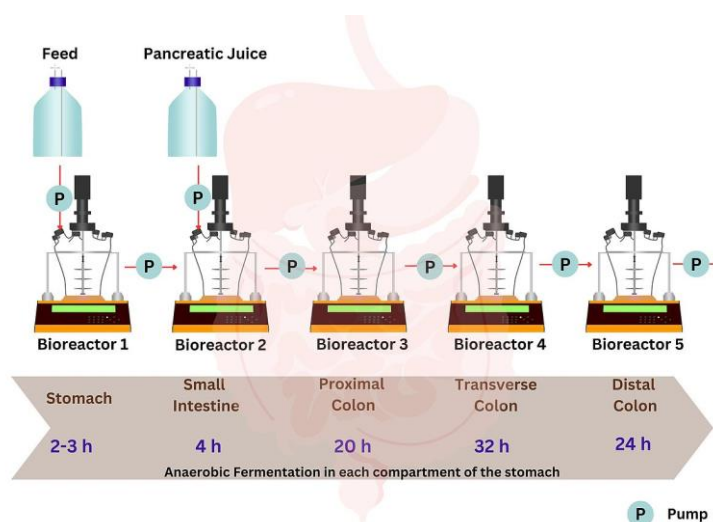


Fig. 10.1 Visão geral simplificada do modelo de digestão *in vitro* (Fonte: LAMBDA Instruments GmbH, LAMBDA Instruments GmbH)

Paralelamente, os estudos *in vivo* continuam a desempenhar um papel fundamental na compreensão dos complexos mecanismos que regem o destino dos compostos bioativos. Essas investigações geralmente envolvem modelos humanos ou animais para avaliar não apenas a absorção, mas também o metabolismo, a distribuição e a excreção dos compostos. Rein et al. (2013) e os mais referenciados Manach et al. (2005) publicaram uma revisão abrangente da biodisponibilidade dos polifenóis, destacando as controvérsias em torno da sua absorção e transformação metabólica, e a importância das reações de conjugação no fígado e das biotransformações mediadas pela microbiota intestinal. Mais recentemente, Williamson (2025)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

fornece uma perspectiva atualizada sobre a biodisponibilidade dos polifenóis na dieta, destacando o papel crítico do metabolismo mediado pela microbiota intestinal, reações de conjugação hepática e sistemas de administração inovadores, como a nanoencapsulação, para aumentar a absorção sistêmica. Bié et al. (2023) exploraram ainda mais a interação entre os polifenóis e a microbiota intestinal, enfatizando como as transformações microbianas podem modular tanto a bioacessibilidade quanto a eficácia biológica desses compostos. Visvanathan et al. (2022) reviram os múltiplos fatores que influenciam a bioacessibilidade e a biodisponibilidade dos polifenóis cítricos, fornecendo um roteiro para o projeto de *modelos in vitro*, estudos em animais e ensaios clínicos em humanos. Essas contribuições atualizadas não apenas confirmam a natureza complexa do metabolismo dos compostos bioativos, mas também ressaltam a importância de abordagens integrativas - combinando digestão *in vitro*, modelos de absorção celular e metabolômica - para preencher a lacuna entre a ingestão e os resultados benéficos para a saúde.

Um número crescente de estudos combina agora digestão *in vitro* com modelos de absorção celular (por exemplo, monocamadas Caco-2) (fig. 10.2) e ferramentas de metabolômica para preencher a lacuna entre a digestão simulada e a disponibilidade sistêmica (Kalintas Caglar et al., 2024; Pinto et al., 2024; Redha et al., 2025; Serena-Romero et al., 2023; Villalba et al., 2022).



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

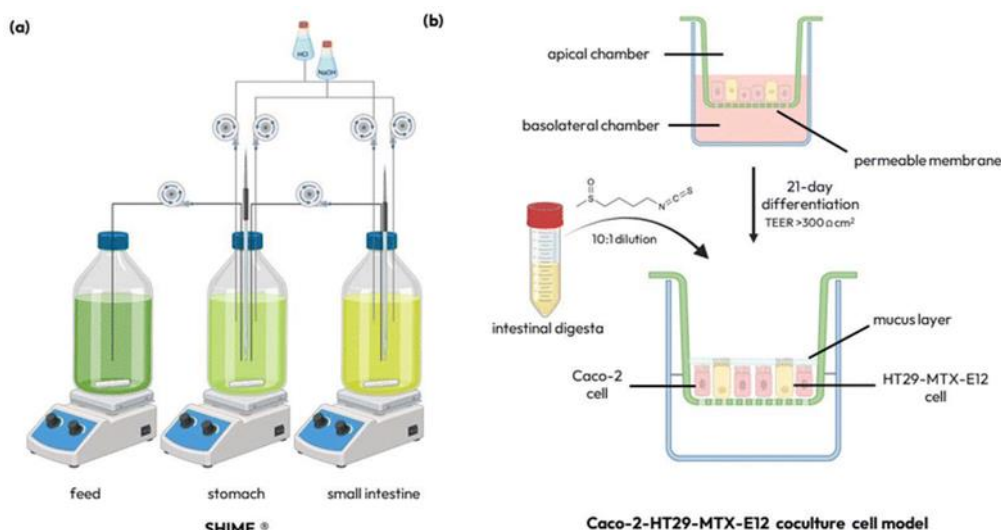


Fig. 10.2. (a) Digestão gastrointestinal dinâmica *in vitro* e (b) absorção intestinal *in vitro* com base no modelo de co-cultura celular Caco-2-HT29-MTX-E12. (Imagem de Redha et al, 2025, com CC BY, <https://doi.org/10.1039/D4FO03446E>)

O impacto da matriz alimentar é outro fator-chave que modula a bioacessibilidade e a biodisponibilidade (Parada & Aguilera, 2007). Técnicas de encapsulação, emulsificação e coingestão com gorduras alimentares estão entre as estratégias exploradas para melhorar a entrega e absorção de compostos pouco solúveis, como carotenoides e vitaminas lipofílicas. Investigações recentes têm-se concentrado no desenvolvimento de ingredientes funcionais a partir de subprodutos agroindustriais ricos em bioativos. Alguns exemplos dessas aplicações de subprodutos agroindustriais podem ser encontrados em Rocchetti et al. (2021), que examinaram como a incorporação de pó de bagaço de uva no pão de trigo afeta a bioacessibilidade dos compostos fenólicos e a digestibilidade do amido durante a digestão simulada, ou Costa et al, que avaliaram as alterações na composição química e na bioatividade do extrato de bagaço de uva Syrah durante a digestão *in vitro*. O estudo de Hou et al. (2018)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

investigou como a digestão simulada afeta o teor de flavonoides e a atividade antioxidante em cascas de tangerina secas envelhecidas e frescas. Em subprodutos de laranja, Lu et al. (2020) compararam a bioacessibilidade de extratos de casca de citrinos envelhecidos encapsulados em vários sistemas à base de lípidos usando diferentes modelos de digestão *in vitro*. Outro estudo avaliou como a digestão gastrointestinal *in vitro* afeta a bioacessibilidade e a capacidade antioxidante de compostos bioativos em farinhas de tomate produzidas através de diferentes métodos de extração (Coelho et al., 2021). Do ponto de vista do efeito de processos tecnológicos, como a extrusão, para melhorar a bioacessibilidade de compostos bioativos de fontes vegetais, as contribuições de Martínez-Monzó e colegas, por exemplo, demonstram como as condições de processamento podem modular a liberação e a estabilidade desses bioativos de subprodutos (Igual et al., 2021; Igual et al., 2022; Igual et al., 2023; Peñaranda et al., 2025; Sarmiento-Torres, et al., 2025).

Ainda existem desafios na correlação dos resultados *in vitro* com os resultados *in vivo*, especialmente considerando a variabilidade individual, a composição da microbiota intestinal e a capacidade de biotransformação das enzimas do hospedeiro. No entanto, o método INFOGEST continua a ser aperfeiçoado, com versões que agora incorporam fermentação colônica simulada, variações de sais biliares e modificações específicas para cada idade. A integração desses modelos de digestão com técnicas ômicas e estudos avançados de biodisponibilidade será essencial para traduzir as descobertas laboratoriais em recomendações nutricionais acionáveis.

A aplicação integrada de metodologias de digestão *in vitro* e *in vivo* oferece uma estrutura robusta para explicar a bioacessibilidade e a biodisponibilidade de compostos bioativos. Esta abordagem tem implicações significativas para recomendações alimentares, formulação de alimentos funcionais e avanços na nutrição em saúde pública. À medida que as





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

técnicas analíticas e os modelos experimentais continuam a evoluir, o campo está a progredir em direção a uma compreensão mais abrangente e precisa das interações entre os componentes dos alimentos e o sistema digestivo humano, informando subsequentemente os resultados em saúde.

Capítulo 11 – Desenvolvimento sustentável de produtos. Obtenção de novos alimentos com base em subprodutos da cadeia agroalimentar para a saúde e nutrição humanas (alimentos funcionais, nutraceuticos, proteínas vegetais, suplementos, prebióticos e probióticos)

A indústria agroalimentar gera uma quantidade significativa de subprodutos que, se utilizados adequadamente, podem ser transformados em alimentos funcionais, nutraceuticos, proteínas vegetais, suplementos, prebióticos e probióticos, contribuindo tanto para a redução de resíduos como para a saúde humana. Esses subprodutos são ricos em compostos bioativos, incluindo antioxidantes, fibras alimentares e polifenóis, que oferecem vários benefícios à saúde, incluindo efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e prebióticos. O desenvolvimento de produtos alimentares sustentáveis a partir desses subprodutos está alinhado com uma abordagem de desperdício zero, promovendo a economia circular na indústria alimentar.

11.1. Alimentos funcionais

A indústria agroalimentar gera subprodutos significativos que podem ser reutilizados em alimentos funcionais, ricos em compostos bioativos, oferecendo benefícios para a saúde (Galanakis, 2021).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

11.1.1. Iogurte probiótico enriquecido com extratos de casca de frutas

Subprodutos como cascas de laranja, romã e banana são ricos em compostos bioativos, incluindo polifenóis e antioxidantes, que contribuem para a saúde intestinal e melhoram a viabilidade dos probióticos em produtos lácteos fermentados. Estudos recentes indicam que o iogurte suplementado com extratos de casca de frutas apresenta maior eficácia probiótica e maior atividade antioxidante (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

11.1.2. Pão enriquecido com farinha de sementes de uva

O uso de sementes de uva, um subproduto da produção de vinho, como substituto da farinha na panificação tem-se mostrado promissor no aumento das propriedades funcionais do pão. A farinha de sementes de uva é rica em polifenóis, ácidos gordos ômega-6 e fibra alimentar, oferecendo potenciais benefícios para a saúde cardiovascular e melhorando o controle glicémico (López-Caballero et al., 2022).

11.1.3. Pastelaria com pó de bagaço de uva (biscoitos, bolos, pãezinhos)

Num estudo recente realizado na Faculdade de Engenharia Alimentar (ULST) (Poiana et al., 2023), foram desenvolvidos três tipos de produtos de panificação — biscoitos, bolos e pãezinhos — utilizando farinha de trigo espelta e diferentes percentagens de bagaço de uva (BU) (Figura 11.1). O objetivo era avaliar o potencial do bagaço de uva como substituto parcial da farinha de trigo espelta em formulações de pastelaria fortificada.

Os resultados deste estudo fornecem evidências convincentes da viabilidade de incorporar BU em produtos de panificação. Como fonte rica em compostos fenólicos e com elevada atividade antioxidante, o BU melhorou significativamente o valor nutricional dos produtos finais. Especificamente, os biscoitos, bolos e pãezinhos enriquecidos com BU em pó apresentaram

69



Co-funded by
the European Union

Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

um perfil nutricional melhorado em comparação com as amostras controlo, particularmente no que diz respeito ao teor de lípidos e cinzas. Isto sugere que o BU pode ser efetivamente utilizado para fortificar produtos de panificação, oferecendo não só benefícios nutricionais melhorados, mas também contribuindo para as propriedades funcionais destes produtos alimentares.

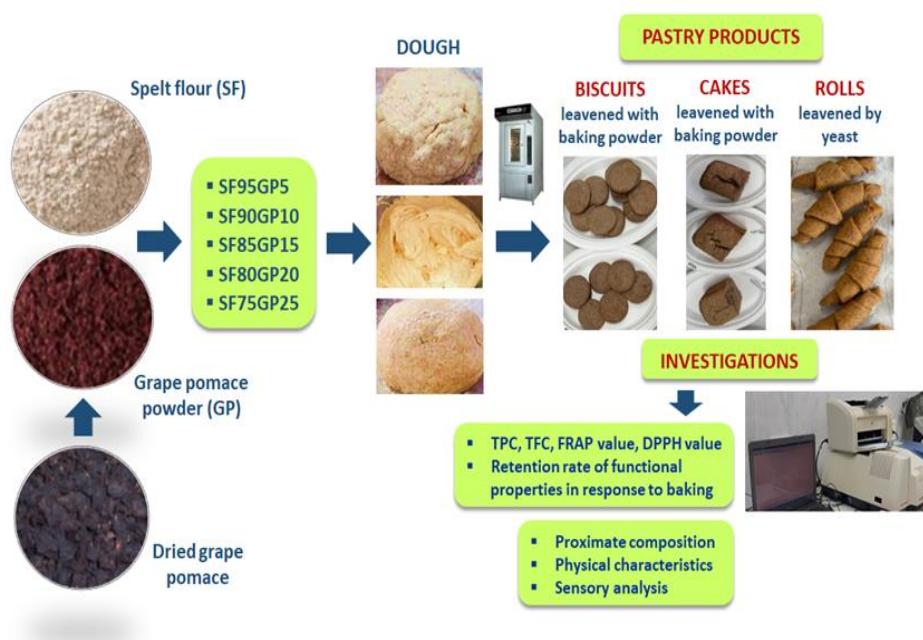


Figura 11.1. Produtos de pastelaria com bagaço de uva (Poiana et al., 2023)

11.1.4. Baguete com adição de resíduos de bagaço de malte

Os resíduos de bagaço de malte (RM), um subproduto da produção de cerveja, são uma fonte poderosa de proteínas, fibras alimentares e compostos prebióticos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Como parte da iniciativa EITFOOD RIS Consumer Engagement Labs, a Faculdade de Engenharia Alimentar (ULS Timisoara) colaborou com a Prospero para desenvolver um novo produto alimentar funcional denominado **Brewer's Baguette**. Este produto já está disponível no mercado em Timisoara.

A Brewer's Baguette é um pão hipoglicémico enriquecido com fibra, obtido através da valorização das raízes de malte, um subproduto da indústria de produção de cerveja. A inclusão do bagaço de malte não só melhora o perfil nutricional do pão, como também contribui para as suas propriedades funcionais, tais como a redução do seu índice glicémico.

Além dos seus benefícios para a saúde, o Brewer's Baguette destaca-se como um produto sustentável. Ao utilizar resíduos de malte, que de outra forma seriam descartados, este pão contribui para a redução de resíduos e apoia os princípios da economia circular. O desenvolvimento de produtos alimentares inovadores e sustentáveis está em consonância com os esforços globais para promover a eficiência dos recursos e a responsabilidade ambiental nos sistemas alimentares (<https://tim7.ro/bagheta-berarului/>).



Figura 11.2. Brewer's Baguette





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

11.1.5. Massa à base de bagaço de tomate

O processamento do tomate resulta em subprodutos significativos, incluindo casca e sementes, que são ricos em licopeno, um potente antioxidante, e fibra alimentar. Fortificar a massa com bagaço de tomate melhora o seu perfil nutricional, contribuindo tanto para a saúde cardiovascular como para a proteção antioxidante, com vários estudos a apoiar os benefícios desses produtos para a saúde do consumidor (Wadhwa & Bakshi, 2013).

11.1.6. Biscoitos enriquecidos com ómega 3 proveniente de subprodutos de peixe

O processamento do peixe gera subprodutos como pele, espinhas e aparas, que são ricos em ácidos gordos ómega-3 e peptídeos bioativos. Esses subprodutos podem ser incorporados em produtos de panificação, como biscoitos, que, quando consumidos regularmente, podem proporcionar benefícios significativos para a saúde cardiovascular e cognitiva (López-Caballero et al., 2022).

11.1.7. Salsichas com sementes de tomate e pimento

Estudos recentes demonstraram o potencial significativo dos subprodutos do processamento de vegetais, particularmente sementes, no desenvolvimento de produtos cárneos de valor agregado. Esses subprodutos provaram ser especialmente eficazes devido à sua capacidade antioxidante (Cocan et al. (2022); Cadariu et al. (2022)).

Os subprodutos do processamento de pimento e tomate melhoram as formulações de carne, especificamente na criação de salsichas sem nitritos. Os subprodutos de tomate e pimento podem substituir eficazmente o nitrito de sódio nas salsichas de porco, oferecendo um potencial antioxidante comparável. Esta substituição não só melhora o perfil antioxidante das salsichas, como também promove a utilização destes subprodutos como aditivos naturais para

72



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

prevenir ou retardar a degradação oxidativa em formulações de salsichas sem nitritos. Além disso, a investigação enfatizou a adequação desses subprodutos do processamento de vegetais em vários processos tecnológicos, incluindo fumagem, secagem e escaldamento, confirmando a sua eficácia na melhoria da qualidade e do prazo de validade dos produtos cárneos (Cocan et al. (2022); Cadariu et al. (2022)).

11.2. Nutracêuticos

Nutracêuticos referem-se a produtos alimentares que proporcionam benefícios para a saúde além da nutrição básica. Estes podem ser derivados de frutas, vegetais, grãos ou outros produtos agrícolas e são enriquecidos com compostos bioativos que oferecem benefícios específicos para a saúde, como melhorar a digestão, aumentar a imunidade ou reduzir o risco de doenças crónicas.

11.2.1. Nutracêuticos à base de frutas.

O bagaço de maçã, um subproduto da produção de sumo de maçã, está a ser utilizado para criar produtos nutracêuticos. O bagaço de maçã contém fibras alimentares, antioxidantes e polifenóis, que são benéficos para a saúde digestiva e proporcionam efeitos anti-inflamatórios. Empresas na Europa estão a trabalhar no desenvolvimento desses subprodutos em alimentos funcionais ou suplementos que promovem a saúde cardíaca e a função intestinal (Kołodziejczyk K, et al., 2007).

A rosa mosqueta é amplamente utilizada para produzir produtos nutracêuticos, particularmente a partir dos subprodutos do seu processamento. As sementes e cascas da rosa mosqueta, frequentemente descartadas, são ricas em vitamina C, antioxidantes e ácidos gordos





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

essenciais, que são utilizados em suplementos e alimentos funcionais que apoiam a saúde imunológica, reduzem a inflamação e melhoram a saúde da pele (Vlaicu PA, et al., 2022).

11.2.2. Nutracêuticos derivados de subprodutos à base de grãos

Farinha de glúten de milho, um nutracêutico hidrolisado enzimaticamente, que produz peptídeos com propriedades antioxidantes que podem reduzir a oxidação lipídica e ter potencial anticancerígeno.

(<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65deeb9f0f3e94b9e5d2bfc4>)

- **Gérmen de milho** é rico em fitoesteróis, que podem ajudar a reduzir os níveis de colesterol e tocoferóis (vitamina E), que atuam como antioxidantes (Deepak TS, 2022).
- **A seda do milho** contém malsina, um composto fenólico com efeitos anti-inflamatórios e potenciais benefícios para o controlo de peso (Sarepoua, E., 2013).
- **O farelo de trigo** é uma fonte rica em fibra alimentar e tem demonstrado ajudar na digestão, regular o açúcar no sangue e reduzir o risco de doenças cardíacas.

(<https://www.healthline.com/nutrition/wheat-bran>)

- **O trigo bulgur**, feito de trigo duro integral triturado, é rico em fibras e nutrientes que auxiliam na digestão e apoiam a saúde cardíaca.
- **O farelo de arroz** contém orizanol, um composto que pode ajudar a reduzir os níveis de colesterol, bem como antioxidantes que apoiam a saúde geral (Myrdal Miller, A.; 2014)
- **O farelo de cevada** é uma boa fonte de beta-glucano, que tem efeitos redutores do colesterol e é benéfico para a saúde cardíaca (Ousager LB, 2012).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

11.3. Proteínas vegetais

A utilização de subprodutos da cadeia agroalimentar como fontes de proteínas vegetais está a ganhar uma atenção significativa na indústria alimentar. Estes subprodutos, derivados de oleaginosas, cereais, leguminosas e do processamento de frutas e vegetais, oferecem alternativas sustentáveis de proteínas com benefícios funcionais e nutricionais.

- **Hambúrgueres de proteína de soja e ervilha** são uma alternativa vegetal à carne. Análogos da carne enriquecidos com proteína extraída da farinha de soja e resíduos do processamento de ervilhas. Essas proteínas melhoram a textura e a qualidade nutricional, ao mesmo tempo que reduzem a dependência de fontes de proteína animal (Sharma et al., 2023).

- **Salsichas à base de fava e tremçoço:** a incorporação de proteínas de subprodutos de leguminosas melhora a digestibilidade e a biodisponibilidade das proteínas em formulações de salsichas à base de plantas (Galanakis, 2021).
- **Pão enriquecido com farinhas de oleaginosas:** incorporação de farinha de girassol, colza ou cânhamo como fonte de proteínas e fibras em formulações de pão fortificado (Poiana et al., 2023).
- **Biscoitos proteicos sem glúten:** Utilização de proteína de grão-de-bico e lentilha proveniente de subprodutos da moagem para aumentar o teor de proteína em produtos de panificação sem glúten (López-Caballero et al., 2022).
- **Iogurtes à base de plantas:** Utilização de isolados de proteína de subprodutos do processamento de aveia, arroz e amêndoa para desenvolver iogurtes sem laticínios com maior teor de proteína e propriedades bioativas (Wadhwa & Bakshi, 2013).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- **Bebidas vegetais enriquecidos com proteína:** Bebidas de amêndoa e coco fortificadas, incorporando proteínas de ervilha e cânhamo provenientes de resíduos agroindustriais para aumentar o valor nutricional (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).
- **Barras proteicas a partir de subprodutos de cereais:** Proteínas de farelo de trigo, farelo de arroz e bagaço de frutas incorporadas em barras proteicas para aumentar a saciedade e os benefícios nutricionais (Myrdal Miller et al., 2014).

11.4. Suplementos

O desenvolvimento de suplementos alimentares a partir de subprodutos da cadeia agroalimentar é uma estratégia sustentável e inovadora que melhora tanto a saúde ambiental como a saúde humana. Estes suplementos utilizam compostos bioativos, fibra alimentar, proteínas e antioxidantes derivados de resíduos vegetais e da indústria alimentar para melhorar a nutrição. Numerosos estudos têm enfatizado o potencial significativo destes subprodutos na criação de suplementos funcionais que apoiam o bem-estar geral.

- Isolados de proteína de ervilha e soja – Extraídos de subprodutos do processamento de leguminosas, estas proteínas apoiam o crescimento muscular e a saciedade (Galanakis, 2021).
- Proteínas em pó de cânhamo e linhaça – Ricas em aminoácidos essenciais e ómega-3, benéficas para a saúde cardiovascular e metabólica (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).
- Suplementos de proteína de farelo de arroz – Um subproduto da moagem do arroz, a proteína de farelo de arroz oferece nutrição vegetal hipoalergénica (López-Caballero et al., 2022).
- Cápsulas de fibra de aveia e farelo de trigo – Contêm β -glucanos, que apoiam a saúde intestinal, a redução do colesterol e a regulação do açúcar no sangue (Wadhwa & Bakshi, 2013).

76



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Pó de bagaço de frutas (maçã, uva, citrinos) – Uma fonte natural de pectina e polifenóis, promovendo a saúde digestiva e a atividade prebiótica (Poiana et al., 2023).
- Cápsulas de extrato de semente de uva – Uma fonte rica em proantocianidinas, conhecidas pelos seus benefícios antienvhecimento, cardiovasculares e cognitivos (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).
- Extrato de casca de romã – Contém ácido elágico e polifenóis, eficazes na redução da inflamação e na saúde da pele (López-Caballero et al., 2022).

11.5. Prebióticos e probióticos

O desenvolvimento de suplementos prebióticos e probióticos a partir de subprodutos da cadeia agroalimentar está em consonância com os princípios de sustentabilidade, ao mesmo tempo que melhora a saúde humana. Estes subprodutos, ricos em fibra alimentar, oligossacarídeos e compostos favoráveis à fermentação, servem como excelentes substratos para o apoio à microbiota intestinal.

11.5.1. Prebióticos de subprodutos agroalimentares

Prebióticos são componentes alimentares não digeríveis que promovem o crescimento de bactérias intestinais benéficas, melhorando a digestão e a função imunológica.

- Inulina e frutooligossacarídeos (FOS) – Extraídos da raiz de chicória, alcachofra de Jerusalém e cascas de cebola, esses compostos aumentam a diversidade da microbiota intestinal (Galanakis, 2021).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Pectina do bagaço de frutas – Encontrada no bagaço de maçã, citrinos e uvas, a pectina atua como um prebiótico que melhora a saúde intestinal e o metabolismo do colesterol (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).
- Arabinoxilanos do farelo de cereais – Derivadas do farelo de trigo, centeio e aveia, estas fibras apoiam a produção de ácidos gordos de cadeia curta (AGCC), o que beneficia a saúde intestinal (Wadhwa & Bakshi, 2013).
- Amido resistente da casca da banana e da batata – Uma fibra fermentável que alimenta bactérias intestinais benéficas e apoia a regulação do açúcar no sangue (López-Caballero et al., 2022).

11.5.2. Probióticos de subprodutos agroalimentares

Os probióticos são microrganismos vivos que contribuem para a saúde intestinal, melhorando a digestão e a função imunológica.

- Subprodutos lácteos fermentados (soro de leite, leitelho) – Fornecem estirpes de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, que melhoram o equilíbrio da microbiota intestinal (Galanakis, 2021).
- Farelo de arroz fermentado e subprodutos de cereais – Contêm bactérias do ácido láctico (LAB) que melhoram a saúde digestiva e a função imunológica (Myrdal Miller et al., 2014).
- Kombucha e resíduos de frutas fermentadas – Utilizando chá, cascas de maçã e miolo de ananás, estes contêm leveduras e probióticos que auxiliam a digestão e o metabolismo (Cocan et al., 2022).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Capítulo 12 – Desenvolvimento sustentável de embalagens. Obtenção de embalagens biodegradáveis e comestíveis com base em subprodutos da cadeia agroalimentar

No atual contexto global, caracterizado por uma preocupação crescente com a sustentabilidade e a gestão eficiente dos recursos, a recuperação de subprodutos da cadeia agroalimentar é uma direção fundamental para promover uma economia circular e reduzir significativamente o desperdício.

Os subprodutos agroalimentares são definidos como materiais resultantes dos processos de produção alimentar, que não se destinam ao consumo humano direto, mas que podem ser transformados por tecnologias adequadas. Incluem uma vasta gama de matérias-primas, tais como cascas, caules, grãos, soro de leite, farelo, bem como restos vegetais ou animais. A utilização eficiente destes materiais é crucial para reduzir o desperdício alimentar e os impactos ambientais negativos, contribuindo simultaneamente para o desenvolvimento de sistemas agroalimentares mais sustentáveis. As embalagens alimentares são uma parte essencial do setor da indústria alimentar. No entanto, o setor das embalagens alimentares procura agora embalagens leves e biodegradáveis para reduzir o uso de materiais, o desperdício e os custos de transporte.

Os principais subprodutos que podem ser obtidos do setor agroalimentar são:

- Cereais: farelo, amido, gérmenes, resíduos de processamento, etc.
- Frutas e legumes: cascas, sementes, peles, polpas, etc.
- Indústria leiteira: soro de leite, leite desnatado, leitelho, etc.
- Indústria da carne: ossos, gorduras, órgãos, etc.
- Indústria de extração de óleo: tortas de sementes de girassol, tortas de sementes de colza, etc.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Na cadeia de produtos cerealíferos, o processamento de trigo, milho e outros cereais leva à geração de farelo, gérmenes e vários outros resíduos ricos em fibras e outros compostos bioativos, que podem ser usados como matéria-prima para a produção de embalagens biodegradáveis.

O amido é uma boa fonte de material biodegradável para embalagens de alimentos, sendo proveniente do trigo, milho, arroz e batata. É amplamente considerado um substituto sustentável do plástico para embalagem de alimentos. Além disso, vários alimentos, como frutas, vegetais, snacks e produtos secos, podem ser embalados usando amido como filme biodegradável (Kolybaba, M.; et al., 2016).

A indústria de frutas e vegetais gera subprodutos como cascas, sementes e bagaço resultantes do processamento de maçãs, peras, uvas, tomates e outras frutas e vegetais. São fontes valiosas de celulose, pectina e outros biopolímeros com potencial em aplicações de embalagem. Outro exemplo é o material de embalagem ecológico à base de ácido algínico e extrato de bagaço de uva de *Vitis vinifera* L. (subprodutos da vinificação) para armazenamento refrigerado de carne vermelha. Especificamente, as aminas biogénicas são consideradas “sentinelas” dos processos de putrefação (Aresta, A.M.; et al., 2023).

Os bioplásticos são alternativas ecológicas aos plásticos convencionais. Podem ser de base biológica, biodegradáveis ou ambos - feitos a partir de biomassa e/ou decompostos por microrganismos em água e CO₂.

Classificação e exemplos de plástico (Zhao, X.; et al., 2023):

➤ **À base de petróleo e não biodegradável:**

1) **PA** – poliamida





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- 2) **PTT** – politrimetileno tereftalato
 - 3) **PE** – polietileno
 - 4) **PET** – polietileno tereftalato
 - 5) **PP** – polipropileno
- ⇒ **Bioplásticos**

Podem ser de **base biológica, biodegradáveis** ou ambos:

- **APL** – ácido polilático
- **PHA** – polihidroxialcanoatos
- **SPB** – succinato de polibutileno
- **TPBA** – tereftalato de polibutileno adipato (*biodegradável, mas à base de petróleo*)
- **PCL** – policaprolactona (*biodegradável, mas à base de petróleo*)

A indústria de laticínios produz grandes quantidades de soro de leite, um subproduto resultante da fabricação de queijo. O soro de leite contém proteínas, lactose e outros componentes que podem ser usados para criar filmes e revestimentos biodegradáveis. De acordo com o regulamento (CE) n.º 450/2009 da Comissão Europeia, «materiais e artigos ativos são materiais e artigos destinados a prolongar o prazo de validade ou a manter ou melhorar o estado dos alimentos embalados.

A indústria de laticínios gera grandes volumes de resíduos líquidos como subproduto durante o processo de coagulação da caseína. Este líquido, denominado soro de leite, é um subproduto proteico solúvel em água, de cor verde-amarelada, derivado da extração da caseína no processamento do queijo. Uma forma possível de reciclar o soro de leite é explorar o seu teor proteico como fonte de biopolímeros para criar películas/revestimentos comestíveis em alimentos (Yadav, J.S.S.; et al., 2015).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Na indústria da carne, as peles de suínos e bovinos são as principais fontes de gelatina, pois são facilmente disponíveis. As fontes de gelatina comumente utilizadas são a pele e a cartilagem de suínos (46%), peles bovinas (29,4%), ossos (23,1%) e outras fontes (1,5%). As gelatinas extraídas de peles de suínos, aves e peixes e resíduos de peles bovinas não curtidas, ou subprodutos, são utilizadas para a produção de películas de embalagem ou revestimentos comestíveis (Nilsen-Nygaard, J., et al., 2021).

A indústria de óleos vegetais, que inclui o processamento de sementes de girassol, colza e soja, produz grãos e outros resíduos ricos em proteínas e fibras.

Propriedades dos revestimentos comestíveis obtidos a partir de semolas:

- Permitem prolongar o prazo de validade dos produtos alimentares;
- Proporcionam resistência física, reduzem as trocas de humidade do produto;
- Reduzem a permeabilidade ao oxigénio, evitando alterações químicas, como a oxidação de nutrientes (Serrapica, F.; et al., 2019).

As tortas de óleo são os principais subprodutos obtidos após a extração do óleo das sementes. Em seguida, são secas ao ar para remover a água antes do armazenamento. As películas comestíveis obtidas a partir de tortas de óleo são adequadas para embalagens se possuírem fortes propriedades estruturais, biológicas, óticas e de barreira. Elas bloqueiam eficazmente odores, vapor, óleo, água, oxigénio e luz para evitar a oxidação lipídica, perda de humidade e descoloração, preservando assim a qualidade e a aparência do produto (Petraru, A.; et al., 2021).

Biopolímeros à base de proteínas





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- ❖ A torta de soja contém proteína de soja e é usada para produzir filmes biodegradáveis com boas propriedades mecânicas e de barreira.
- ❖ A torta de girassol é rica em proteína de girassol e é adequada para a formação de filmes com resistência moderada à água.
- ❖ A torta de colza (canola) contém proteína de colza e é utilizada na criação de filmes comestíveis que exibem atividade antioxidante e antimicrobiana.
- ❖ A torta de amendoim é rica em proteína e é usada para fazer filmes biodegradáveis com boa flexibilidade.

Biopolímero composto

Tortas de mistura de sementes oleaginosas (por exemplo, misturas de soja e girassol): usados para formular filmes de biopolímeros compostos, combinando proteínas e fibras para melhorar o desempenho mecânico e de barreira (Popović Senka, et al., 2020).

Capítulo 13 - Economia circular e gestão de recursos. Aplicação dos princípios da economia circular no setor agroalimentar. Otimização da cadeia de valor da subprodução. Avaliação da viabilidade económica dos processos de reutilização

13.1. Economia circular e gestão de recursos

O setor agroalimentar sempre foi um dos principais geradores de resíduos, especialmente quando se considera a transformação e o processamento de matérias-primas a nível industrial (Chiaraluce et al., 2023). Atualmente, isso tem um enorme impacto nos sistemas alimentares. Essa produção tem impactos ambientais, económicos e sociais, afetando a sustentabilidade das cadeias de abastecimento agroalimentares. Os sistemas alimentares estão

83



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

A economia circular é um modelo económico que visa minimizar o desperdício e maximizar a utilização dos recursos, o que contrasta com a economia linear tradicional, que segue um modelo de «extrair, fabricar, descartar» (Cahyadi et al., 2024).

A implementação de uma economia circular permite uma utilização mais eficiente dos recursos e menos resíduos ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde o fabrico até ao consumo. Uma abordagem integrada à produção alimentar, agricultura e comércio de alimentos contribui para a expansão das áreas rurais e pode promover a adoção de práticas ambientalmente amigáveis (Fazle Rabbi e Bin Amin, 2024).

A gestão da cadeia de abastecimento envolve a coordenação e integração de todas as atividades envolvidas na produção e entrega de um produto, desde a aquisição de matérias-primas até à entrega final ao consumidor. Uma gestão eficaz da cadeia de abastecimento visa aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a satisfação do cliente. Os principais componentes incluem abastecimento, compras, produção, logística e distribuição, que devem ser geridos de forma coerente para garantir um funcionamento harmonioso (Cahyadi et al., 2024).

Integrar a economia circular na gestão da cadeia de abastecimento envolve incorporar princípios circulares nos processos da cadeia de abastecimento. Esta integração requer a reformulação das atividades da cadeia de abastecimento para priorizar a eficiência dos recursos, reduzir o desperdício e prolongar a vida útil dos produtos. As práticas incluem cadeias de abastecimento de ciclo fechado, nas quais os produtos são devolvidos para reutilização, remanufatura ou reciclagem, e abastecimento sustentável para garantir que os materiais sejam ecologicamente corretos (Cahyadi et al., 2024).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

13.2. Aplicação dos princípios da economia circular no setor agroalimentar

No contexto dos sistemas agrícolas e alimentares, a agricultura circular tende a ser referida como bioeconomia circular para a distinguir da circularidade na indústria transformadora, que tende a depender mais de recursos não renováveis extraídos (Duncan et al., 2023).

A agricultura circular é frequentemente confundida com a retórica do campo à mesa e da responsabilidade da cadeia de abastecimento, que abrange elementos do ciclo de vida e da rastreabilidade antes e depois da exploração agrícola e que geralmente se refere implicitamente aos sistemas agrícolas e alimentares em países de rendimento elevado. Devido à sua complexidade biológica e como complemento aos processos naturais do ecossistema, a agricultura fornece alguns dos exemplos mais claros de uso circular de recursos, muitos dos quais evoluíram ao longo de séculos de prática e troca formal e informal de conhecimentos em sistemas agrícolas transitórios de baixo rendimento e extensivos. Os exemplos incluem respeitar a sazonalidade na produção para adequar os calendários de cultivo às condições de pico de crescimento, utilizar resíduos de culturas na alimentação animal, aumentar os nutrientes do solo a partir de resíduos animais e humanos e otimizar a utilização de outros produtos biológicos de origem animal, incluindo para a produção de energia renovável (Duncan et al., 2023).

A União Europeia, através das suas estratégias Green Deal e Farm to Fork, está a colocar a economia circular no centro do futuro crescimento industrial verde. Embora a economia circular tenha surgido como uma solução potencialmente vantajosa para todos na indústria agroalimentar, ainda há muito a ser feito em termos do quadro regulamentar e aspetos técnicos (Chiaraluce et al., 2023).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

A integração dos princípios da economia circular na gestão da cadeia de abastecimento agroalimentar oferece uma abordagem promissora para aumentar a sustentabilidade e a eficiência. Essa integração envolve várias estratégias-chave (Cahyadi et al., 2024).

A implementação dos princípios da economia circular pode afetar os 3Ps (planeta-pessoas-proveito) da sustentabilidade. Esta reduz a pressão sobre os recursos naturais, reutilizando produtos descartados e contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa. A economia circular envolve atividades produtivas desenvolvidas com respeito à sociedade e ao meio ambiente, a fim de promover condições de trabalho dignas e desenvolvimento social equitativo. Por fim, promove perspectivas de remuneração justa e criação de empregos, com base na reutilização e valorização dos resíduos (Chiaraluce et al., 2023).

A eficiência dos recursos pode ser alcançada por meio de práticas como agricultura de precisão e métodos agrícolas sustentáveis, que otimizam o uso da água, energia e matérias-primas, melhorando a eficiência e reduzindo o impacto ambiental (Cahyadi et al., 2024).

Os princípios da economia circular incluem o design para a eliminação de resíduos, a manutenção dos produtos e materiais em uso e a regeneração dos sistemas naturais. Estes princípios são frequentemente parte integrante desses nichos e têm uma história mais longa nos princípios de engenharia que visam melhorar a eficiência do uso de recursos materiais na produção. Na agricultura, os princípios da bioeconomia circular são integrados nas estratégias e planos governamentais e setoriais. Esta abordagem aumenta a sustentabilidade, promovendo a eficiência dos recursos, reduzindo o impacto ambiental e estimulando o crescimento económico através de modelos de negócio inovadores. O principal objetivo da economia circular é utilizar e reciclar totalmente os materiais para combater as alterações climáticas e reduzir o consumo de recursos naturais. A recuperação de resíduos transforma subprodutos

87



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

workshops para difundir o pensamento circular, começando pelas novas gerações nas escolas, promovendo a transição económica sustentável (Chiaraluce et al., 2023).

Questões regulamentares e políticas também representam obstáculos significativos à integração dos princípios da economia circular na cadeia de abastecimento agroalimentar. Regulamentos e políticas inconsistentes entre as regiões podem impedir a adoção generalizada de práticas de economia circular. Por exemplo, a falta de políticas de apoio em algumas regiões pode impedir a implementação de estratégias de redução de resíduos e eficiência de recursos. São necessárias políticas padronizadas para incentivar a adoção global dos princípios da economia circular e criar um ambiente propício para a transição para uma economia circular. Estudos comparativos sobre como diferentes quadros regulamentares e políticos influenciam a implementação da economia circular em diferentes regiões podem fornecer informações valiosas e ajudar a adaptar as estratégias às necessidades e condições locais (Cahyadi et al., 2024).

13.3. Otimização da cadeia de valor dos subprodutos

A cadeia de valor agroalimentar global enfrenta desafios sem precedentes, incluindo um aumento estimado de 50% na procura até 2050, perda de biodiversidade causada pelas alterações climáticas e impactos ambientais significativos, como 35% das emissões globais de gases com efeito de estufa e 70% do uso de água doce (Saladi, 2025). A cadeia de valor refere-se às etapas pelas quais os alimentos passam, desde os produtores até aos usuários finais. Ela inclui a agricultura, o processamento, a distribuição e o comércio a retalho. Cada etapa agrega valor, garantindo qualidade e acessibilidade para os consumidores (Saladi, 2025). A importância da reutilização e da recuperação como forma de melhorar as práticas de produção sustentável, reduzindo os fluxos de resíduos através da recuperação de recursos na cadeia, é cada vez mais reconhecida. Confrontado com novos desafios no contexto das alterações

89



Co-funded by
the European Union



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

climáticas, o setor alimentar e agrícola poderia beneficiar, em particular, da recuperação de fluxos secundários (comestíveis), tais como partes de culturas não colhidas e cascas de vegetais, que são frequentemente ignoradas pelos consumidores. Com foco em estratégias para valorizar os fluxos secundários nas unidades de processamento de alimentos, esta investigação desenvolve um modelo de otimização misto-inteiro para apoiar os decisores na obtenção de um portfólio de produtos e uma configuração de processamento ótimos (Remijnse et al., 2025).

Um aspeto vital da economia circular é compreender como o valor é criado e identificar os fatores que permitem a criação de valor. A economia circular é impulsionada por inovações que permitem a criação de valor. Estas inovações sustentam o aumento do desempenho ambiental, económico e social das empresas. Na verdade, existe uma forte interligação entre sustentabilidade e inovação. Vários autores atribuem as inovações que impactam a criação de valor numa abordagem de economia circular a quatro áreas principais: processo, produto, serviço e modelo de negócio. Esses são pré-requisitos para alcançar formas deecoinovação ou estratégias que favoreçam a transição de uma economia linear para uma economia circular. Dados os tipos de inovações relatados, a sua função pode ser atribuída à economia circular através das formas discutidas abaixo (Poponi et al., 2023).

As inovações de produto levam à geração de valor por meio de ações destinadas a prolongar o seu ciclo de vida. Tais comportamentos incluem a reutilização ou acondicionamento do produto, a reutilização de componentes ou o uso de ecodesign, que envolve a redução do impacto do produto ao longo do seu ciclo de vida e a otimização da produção, vida útil e recuperação por meio do uso de múltiplas metodologias (Poponi et al., 2023).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

As inovações de processo criam valor através da otimização das etapas de trabalho, manifestadas na redução e recuperação de resíduos através da lógica de ciclo fechado ou aberto e na otimização do uso de energia e recursos em geral (Poponi et al., 2023).

13.4. Avaliação da viabilidade económica dos processos de reutilização

Durante a última década, a economia circular tem recebido cada vez mais atenção em todo o mundo como um método para superar o atual modelo de produção e consumo, que se caracteriza pelo aumento do uso e esgotamento dos recursos (Hamam M. et al., 2021).

A economia circular no contexto das cadeias de abastecimento alimentar enfatiza a importância de reduzir o desperdício de alimentos, promover a recuperação e reutilização de resíduos, adotar novos modelos de negócio circulares e abordar as implicações socioeconómicas e políticas. A adoção de princípios circulares pode contribuir para melhorar a eficiência, a sustentabilidade e a resiliência do sistema alimentar, ao mesmo tempo que cria novas oportunidades económicas (Bigliardiab, 2024).

No contexto atual de escassez de recursos, alterações climáticas globais, degradação ambiental e aumento da procura de alimentos, a agricultura biológica representa uma estratégia promissora para apoiar uma agricultura sustentável, restauradora e regenerativa. O problema criado pelos subprodutos da indústria agroalimentar e pela geração de resíduos tem atraído a atenção de académicos, reguladores, indústria e consumidores (Hamam M. et al., 2021).

Reduzir o impacto ambiental, melhorar a eficiência dos recursos e aumentar a rentabilidade são apenas alguns dos benefícios que o setor alimentar tem obtido com a adoção de perspetivas de economia circular. Esta abordagem promove o pensamento colaborativo e a inovação em toda a cadeia de valor alimentar. No entanto, existem obstáculos específicos que precisam ser





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

superados para colocar esses conceitos em prática. Isso inclui mudar a percepção dos consumidores, superar obstáculos legislativos, melhorar a logística e as cadeias de abastecimento e encontrar soluções criativas para o problema do desperdício de alimentos. Apesar destes obstáculos, há muitas oportunidades para resolver problemas urgentes, como a insegurança/disponibilidade alimentar e a acessibilidade, usando conceitos de economia circular. O setor alimentar pode melhorar significativamente a sustentabilidade aderindo a esses princípios, reduzindo o desperdício de alimentos e incentivando práticas sustentáveis em toda a cadeia de abastecimento. Além disso, esta abordagem tem o potencial de abrir novos mercados para produtos de valor acrescentado feitos a partir do desperdício alimentar (Fazle Rabbi e Bin Amin, 2024).

A economia circular, como todos os outros modelos sustentáveis, requer não só conceitos inovadores, mas também atores inovadores; a sua implementação muitas vezes precisa de ser apoiada por partes interessadas que possibilitem mudanças nas políticas e nas ferramentas de tomada de decisão. A adoção de estratégias pelas empresas para melhorar a circularidade do sistema de produção também requer a colaboração com outras empresas ao longo de toda a cadeia de abastecimento para alcançar o modelo circular mais eficiente possível. Implementar uma economia circular nem sempre é fácil, pois muitas vezes enfrenta limites biofísicos, incluindo os elevados requisitos energéticos para a recuperação de recursos e a perda de qualidade desses recursos (Hamam M. et al., 2021).





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

Referências

1. Abreu, A. P., Martins, R., & Nunes, J. (2023). Emerging Applications of *Chlorella* sp. and *Spirulina* (*Arthrospira*) sp. In *Bioengineering* (Vol. 10, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/bioengineering10080955>
2. Ajit, A., Vishnu, A. G., & Varkey, P. (2021). Incorporation of grape seed extract towards wound care product development. *3 Biotech*, 11(6), 261. <https://doi.org/10.1007/s13205-021-02826-4>
3. Alves, R. C., Rodrigues, F., Nunes, M. A., Vinha, A. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2017). State of the art in coffee processing by-products. In C. M. Galanakis (Ed.), *Handbook of coffee processing by-products* (pp. 1–26). Academic Press.
4. Anal, A. K., & Panesar, P. S. (Eds.). (2022). *Valorization of agro-industrial byproducts: Sustainable approaches for industrial transformation* (1st ed., p. 378). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003125679>
5. Andrade, M. A., Barbosa, C. H., Shah, M. A., Ahmad, N., Vilarinho, F., Khwaldia, K., Silva, A. S., & Ramos, F. (2023). Citrus By-Products: Valuable Source of Bioactive Compounds for Food Applications. In *Antioxidants* (Vol. 12, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/antiox12010038>
6. Aradwad, P., Raut, S., Abdelfattah, A., Rauh, C., & Sturm, B. (2025). Brewer's spent grain: Unveiling innovative applications in the food and packaging industry. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 24, Issue 3). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70150>
7. Aresta, A. M., De Vietro, N., Gubitosa, J., Rizzi, V., De Pasquale, I., Fini, P., Cosma, P., Curri, M. L., & Zambonin, C. (2023). Effect of a composite alginate/grape pomace extract packaging material for improving meat storage. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(1), 15958.
8. Arslan, A., and Alibaş, I. 2024. Assessing the effects of different drying methods and minimal processing on the sustainability of the organic food quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Volume 94, June, 103681
9. Bani Kheiredine, R., Derbal, K., Charbit, K., & Maryem, A. (2022). Biogas production by an anaerobic co-digestion process from olive mill waste: Effect of ultrasonic pre-treatment. *Desalination and Water Treatment*, 246, 139–145. <https://doi.org/10.5004/dwt.2022.28011>
10. Bojorges, H., López-Rubio, A., Martínez-Abad, A., & Fabra, M. J. (2023). Overview of alginate extraction processes: Impact on alginate molecular structure and techno-functional properties. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 140). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104142>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

11. Bashir, K. M. I., Kim, J. W., Park, H. R., Lee, J. K., Choi, B. R., Choi, J. S., & Kim, Y. S. (2024). Validating the health benefits of coffee berry pulp extracts in mice with high-fat diet-induced obesity and diabetes. *Antioxidants*, 13, 10. <https://doi.org/10.3390/antiox13010010>
12. Bessada, S. M. F., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Coffee silverskin: A review on potential cosmetic applications. *Cosmetics*, 5(1), 5. <https://doi.org/10.3390/cosmetics5010005>
13. Betoret, E., Calabuig-Jiménez, L., Barrera, C., Dalla Rosa, M. 2016. Sustainable Drying Technologies for the Development of Functional Foods and Preservation of Bioactive Compounds, Sustainable Drying Technologies, Chapter 3, Intech Open; DOI: 10.5772/64191
14. Bié, J., Sepodes, B., Fernandes, P. C. B., & Ribeiro, M. H. L. (2023). Polyphenols in Health and Disease: Gut Microbiota, Bioaccessibility, and Bioavailability. *Compounds*, 3(1), 40-72. <https://doi.org/10.3390/compounds3010005>
15. Borah M.S., Ajita Tiwari , Kandi Sridhar , Kairam Narsaiah , Prakash Kumar Nayak, and Baskaran Stephen Inbaraj, Recent Trends in Valorization of Food Industry Waste and By-Products: Encapsulation and In Vitro Release of Bioactive Compounds, *Foods* **2023**, 12, 3823
16. Brennan, C. S. (2024). Regenerative Food Innovation: The Role of Agro-Food Chain By-Products and Plant Origin Food to Obtain High-Value-Added Foods. In *Foods* (Vol. 13, Issue 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13030427>
17. Brodkorb, A., Egger, L., Alming, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., ... & Recio, I. (2019). INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature protocols*, 14(4), 991-1014.
18. Cadariu, A. I., Cocan, I., Negrea, M., Alexa, E., Obistioiu, D., Hotea, I., Radulov, I., & Poiana, M.-A. (2022). Exploring the potential of tomato processing byproduct as a natural antioxidant in reformulated nitrite-free sausages. *Sustainability*, 14(19), 11802. <https://doi.org/10.3390/su141911802>
19. Cahyadi E.R. , Hidayati N., Zahra N., Arif C., Integrating Circular Economy Principles into Agri-Food Supply Chain Management: A Systematic Literature Review, *Sustainability* 2024, 16, 7165. <https://doi.org/10.3390/su16167165>
20. Carbonell-Capella, J. M., Buniowska, M., Barba, F. J., Esteve, M. J., & Frígola, A. (2014). Analytical methods for determining bioavailability and bioaccessibility of bioactive compounds from fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(2), 155–171. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12049>.





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

21. Chiaraluce G., Bentivoglio D. and Finco A., The circular economy model in the agri-food sector: A new strategy for the regional development, *AIMS Agriculture and Food* 2023, 8(3): 851–872.
22. Choe, U. (2025). Valorization of spent coffee grounds and their applications in food science. In *Current Research in Food Science* (Vol. 10). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101010>
23. Choon Hui Tana, Ching Lik Hiib, Chaleeda Borompichaichartkul,d, Puttapon Phumsombatc, Ianne Konga, and Liew Phing Pui, Valorization of fruits, vegetables, and their by-products: Drying and bio-drying, *DRYING TECHNOLOGY*, 2022, pages1-25.
24. Cocan, I., Cadariu, A.-I., Negrea, M., Alexa, E., Obistioiu, D., Radulov, I., & Poiana, M.-A. (2022). Investigating the antioxidant potential of bell pepper processing by-products for the development of value-added sausage formulations. *Applied Sciences*, 12(23), 12421. <https://doi.org/10.3390/app122312421>
25. Coelho, M. C., Ribeiro, T. B., Oliveira, C., Batista, P., Castro, P., Monforte, A. R., Rodrigues, A. S., Teixeira, J., & Pintado, M. (2021). In Vitro Gastrointestinal Digestion Impact on the Bioaccessibility and Antioxidant Capacity of Bioactive Compounds from Tomato Flours Obtained after Conventional and Ohmic Heating Extraction. *Foods*, 10(3), 554. <https://doi.org/10.3390/foods10030554>
26. Comunian, T.A., Silva, M.P., Souza, C.J.F., 2021. The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science & Technology* Volume 108, February 2021, Pages 269-280
27. Corneanu, M., Golache, E., Sîrbu, S., & Iurea, E. (n.d.). *CONSIDERATIONS REGARDING THE INFLUENCE OF CLIMATE ON THE PLUM IN THE CULTIVATION CONDITIONS IN ROMANIA*.
28. Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreira, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, 350–357. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.006>
29. Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Barreiro, S. V. P., Nunes, M. A., Cunha, L. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2014). Optimization of antioxidants extraction from coffee silverskin, a roasting by-product, having in view a sustainable process. *Industrial Crops and Products*, 53, 350–357. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.006>.
30. Costa, A. S. G., Alves, R. C., Vinha, A. F., Costa, E., Costa, C. S. G., Nunes, M. A., Almeida, A. A., Santos-Silva, A., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- profiles of silverskin, a coffee roasting by-product. *Food Chemistry*, 267, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.106>
31. Costa, A. S. G., Peixoto, J. A. B., Machado, S., Espírito Santo, L., Soares, T. F., Andrade, N., Azevedo, R., Almeida, A., Costa, H. S., Oliveira, M. B. P. P., Martel, F., Simal-Gandara, J., & Alves, R. C. (2025). Coffee Pulp from Azores: A Novel Phytochemical-Rich Food with Potential Anti-Diabetic Properties. *Foods*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/foods14020306>
 32. Costa, J. R., Amorim, M., Vilas-Boas, A., Tonon, R. V., Cabral, L. M., Pastrana, L., & Pintado, M. (2019). Impact of in vitro gastrointestinal digestion on the chemical composition, bioactive properties, and cytotoxicity of *Vitis vinifera* L. cv. Syrah grape pomace extract. *Food & function*, 10(4), 1856-1869. <https://doi.org/10.1039/C8FO02534G>
 33. de Mello, V., de Mesquita Júnior, G. A., Alvim, J. G. E., Costa, J. d. C., & Vilela, F. M. P. (2023). Recent patent applications for coffee and coffee by-products as active ingredients in cosmetics. *International Journal of Cosmetic Science*, 45, 267–287. <https://doi.org/10.1111/ics.12843>
 34. Deepak, T. S., & Jayadeep, P. A. (2022). Prospects of maize (corn) wet milling by-products as a source of functional food ingredients and nutraceuticals. *Food Technology and Biotechnology*, 60(1), 109–120. <https://doi.org/10.17113/ftb.60.01.22.7340>
 35. Despoudi, S., Bucatariu, C., Otlés, S., & Kartal, C. (2021). Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. In S. Otlés (Ed.), *Food waste recovery* (2nd ed., pp. 3–19). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820563-1.00008-1>
 36. Dias, P. G. I., Sajiwanie, J. W. A., & Rathnayaka, R. M. U. S. K. (2020). Formulation and development of composite fruit peel powder incorporated fat and sugar-free probiotic set yogurt. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 59–66. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2020.11.1.0084>
 37. Difonzo, G., Grassi, S., & Paciulli, M. (2022). Upcycling of agro-food chain by-products to obtain high-value-added foods. *Foods*, 11(14), 2043. <https://doi.org/10.3390/foods11142043>
 38. Dima C, Assadpour E, Dima S, Jafari SM. Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2020 Nov;19(6):2862-2884. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12623>.
 39. Dosoky, N. S., & Setzer, W. N. (2018). Biological activities and safety of *Citrus* spp. essential oils. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), 1966. <https://doi.org/10.3390/ijms19071966>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

40. Duncan A.J. , Ayantunde A., Blummel M., Amole T., Padmakumar V., Moran D., Applying circular economy principles to intensification of livestock production in Sub-Saharan Africa, 2023, *Outlook on Agriculture* 52(3)
41. Erbay, Z., & Icier, F. (2010). The importance and potential uses of olive leaves. *Food Reviews International*, 26(4), 319–334. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.496021>
42. European Food Safety Authority (EFSA). (2022). Safety of dried coffee husk (cascara) from *Coffea arabica* L. as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*, 20, e07185. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7085>
43. Fărcaș, A. C., Socaci, S. A., Nemeș, S. A., Salanță, L. C., Chiș, M. S., Pop, C. R., Borșa, A., Diaconeasa, Z., & Vodnar, D. C. (2022). Cereal Waste Valorization through Conventional and Current Extraction Techniques—An Up-to-Date Overview. *Foods*, 11(16), 1–34. <https://doi.org/10.3390/foods11162454>
44. Fathi, F., Ebrahimi, S. N., Prior, J. A. V., Machado, S. M. L., Kouchaksaraee, R. M., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2022). Formulation of nano/micro-carriers loaded with an enriched extract of coffee silverskin: Physicochemical properties, in vitro release mechanism and in silico molecular modeling. *Pharmaceutics*, 14(1), 112. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14010112>
45. Fathi, F., Ebrahimi, S.N., Matos, L.C., Oliveira, M.B.P.P., Alves, R.C. 2022. Emerging drying techniques for food safety and quality: A review. *Compr. Rev Food Sci Food Saf.*; 21:1125–1160
46. Fazle Rabbi M., Bin Amin M., Circular economy and sustainable practices in the food industry: A comprehensive bibliometric analysis, *Cleaner and Responsible Consumption* 14 (2024) 100206
47. Fernandes, F., Delerue-Matos, C., & Grosso, C. (2024). Unveiling the potential of agrifood by-products: A comprehensive review of phytochemicals, bioactivities and industrial applications. *Waste and Biomass Valorization*. <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02622-0>
48. Food and Agriculture Organization (FAO). (2014). *Food waste footprint: Full-cost accounting*. Rome: FAO.
49. Galanakis, C. M. (2021). *Food waste recovery: Processing technologies and industrial techniques*. Academic Press.
50. García-Lomillo, J., & González-SanJosé, M. L. (2017). Applications of wine pomace in the food industry: Approaches and functions. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 3–22. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12238>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

51. Gil-Ramírez, A., Rebollo-Hernanz, M., Cañas, S., Monedero Cobeta, I., Rodríguez-Rodríguez, P., Gila-Díaz, A., & Martín-Cabrejas, M. A. (2024). Unveiling the nutritional profile and safety of coffee pulp as a first step in its valorization strategy. *Foods*, 13, 3006. <https://doi.org/10.3390/foods13183006>
52. Gomez-García R., Campos D.A., Aguilar C.N., Madureira A.R., Pintado M., Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives, *Journal of Environmental Management* 299 (2021) 113571
53. Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal of Environmental Management*, 299, 113571. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113571>
54. Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal of Environmental Management*, 299, 113571. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113571>
55. Güzel, M., & Akpınar, Ö. (2019). Valorisation of fruit by-products: Production characterization of pectins from fruit peels. *Food and Bioprocess Technology*, 115, 126–133. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.009>
56. Hamam M., Chinnici G., Di Vita G., Pappalardo G., Pecorino B., Giulia Maesano G., D'Amico M., Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review, *Sustainability* 2021, 13, 3453. <https://doi.org/10.3390/su13063453>
57. Hamdi, M. (1996). Anaerobic digestion of olive mill wastewaters. *Process Biochemistry*, 31(2), 105–110. [https://doi.org/10.1016/0032-9592\(95\)00035-6](https://doi.org/10.1016/0032-9592(95)00035-6)
58. Hou, F., Hu, K., Gong, Y., Xu, J., Wu, Y., & Zhang, M. (2018). Effects of in vitro simulated digestion on the flavonoid content and antioxidant activity of aged and fresh dried tangerine peel. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(3), e13532. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13532>
59. Igual, M., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2021). Amino acids release from enriched bread with edible insect or pea protein during in vitro gastrointestinal digestion. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 24, 100351. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100351>
60. Igual, M., Moreau, F., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2023). Valorization of beetroot by-products for producing value-added third generation snacks. *Foods*, 12(1), 176. <https://doi.org/10.3390/foods12010176>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

61. Igual, M., Păucean, A., Vodnar, D. C., García-Segovia, P., Martínez-Monzó, J., & Chiş, M. S. (2022). In Vitro Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Rosehip-Enriched Corn Extrudates. *Molecules*, 27(6), 1972. <https://doi.org/10.3390/molecules27061972>
62. Inada, K. O. P., Nunes, S., Martinez-Blazquez, J. A., Tomás-Barberán, F. A., Perrone, D., Monteiro, M. 2020. Effect of high hydrostatic pressure and drying methods on phenolic compounds profile of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel and seed. *Food Chemistry*, 309, 125794. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125794>
63. Inayatul, M., Paulus Lobo, G., Sri, S., & Dahlang, T. (2025). Can agriculture and food waste be a solution to reduce environmental impact of plastic pollution? Zero-waste approach for sustainable clean environment. *Bioresource Technology*, 420, 132130. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2025.132130>
64. Ingale, O. S., Pravin, B. P., Pawase, P. A., Shams, R., Dash, K. K., Bashir, O., & Roy, S. (2025). Enhancing bioactive stability and applications: microencapsulation in fruit and vegetable waste valorization. In *Discover Food* (Vol. 5, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00412-8>
65. Jiang, H., Zhang, M., Fang, Z., Mujumdar, A.S., Xu, B. 2016. Effect of different dielectric drying methods on the physic-chemical properties of a starch–water model system. *Food Hydrocolloids*, 52, 192–200. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.06.021>
66. Kalintas Caglar, N., Saroglu, O., Karakas, C.Y., Tasci, C.O., Catalkaya, G., Yildirim, R.M., Gulpepe, E.E., Gulec, S., Sagdic, O., Capanoglu, E. and Karadag, A. (2024), Liposomal black mulberry extract loaded-nanofibers: preparation, characterisation, and bioaccessibility of phenolics by simulated in vitro digestion combined with the Caco-2 cell model. *Int J Food Sci Technol*, 59: 9298-9309. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17570>
67. Karastergiou, A., Gancel, A. L., Jourdes, M., & Teissedre, P. L. (2024). Valorization of Grape Pomace: A Review of Phenolic Composition, Bioactivity, and Therapeutic Potential. In *Antioxidants* (Vol. 13, Issue 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/antiox13091131>
68. Katnić, Đ., Marinović-Cincović, M., Porobić, S. J., Vujčić, I., Šaponjić, A., Sikirić, B., & Živojinović, D. (2022). Characterization and kinetics of thermal decomposition behavior of plum and fig pomace biomass. *Journal of Cleaner Production*, 352. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131637>
69. Knežević N., Ranilović J., Cvetković T., Grbavac S., Palfi M., Vegetable by-products in the European food legislative framework, *Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition* vol.16 (3-4), 2021





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

70. Kołodziejczyk, K., Markowski, J., Kosmala, M., Król, B., & Płocharski, W. (2007). Apple pomace as a potential source of nutraceutical products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(4B), 291–295.
71. Kolybaba, M., Tabil, L., Panigrahi, S., Crerar, W., Powell, T., & Wang, B. (2016). *Biodegradable polymers: Past, present, and future*. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
72. Kumar, A., et al. (2021). Recent advances in anaerobic digestion of food waste: A review. *Bioresource Technology*, 319, 124187. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124187>
DOI:10.1016/j.tifs.2020.07.015
73. Leong, Y. K., & Chang, J. S. (2022). Valorization of fruit wastes for circular bioeconomy: Current advances, challenges, and opportunities. *Bioresource Technology*, 359, 127459. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127459>
74. Li, Y., Xu, S. Y., Sun, D.-W. 2007. Preparation of garlic powder with high allicin content by using combined microwave-vacuum and vacuum drying as well as microencapsulation. *Journal of Food Engineering*, 83(1), 76–83. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.057>
75. Liu, M., Yun, P., Hu, Y., Yang, J., Khadka, R. B., & Peng, X. (2020). Effects of grape seed proanthocyanidin extract on obesity. *Obesity Facts*, 13(2), 279–291. <https://doi.org/10.1159/000502235>
76. López-Caballero, M. E., et al. (2022). Agro-industrial by-products as sources of bioactive compounds for functional foods: A review. *Food Bioscience*, 47, 101674. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101674>
77. López-Gómez, J. P., et al. (2020). Biotechnological approaches for agro-waste valorization. *Trends in Food Science & Technology*,
78. Loschi, F., Zengin, G., Zancato, M., Ferrarese, I., De Zordi, N., Dall'Acqua, S., & Sut, S. (2024). Valorisation of olive pomace from Veneto region: Oven-dried material for food, nutraceutical, and cosmetic application of the OLIVARE project. *Process Biochemistry*, 137, 153–163. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2024.01.001>
79. Lu, X., et al. (2020). Evaluation of Oral Bioaccessibility of Aged Citrus Peel Extracts Encapsulated in Different Lipid-Based Systems: A Comparison Study Using Different in Vitro Digestion Models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(1), 97–105.
80. Machado, M., Espírito Santo, L., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., Oliveira, M. B. P. P., Ferreira, H., & Alves, R. C. (2023). Bioactive Potential and Chemical Composition of Coffee By-Products: From Pulp to Silverskin. *Foods*, 12(12), 2354. <https://doi.org/10.3390/foods12122354>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

81. Machado, M., Galrinho, M. F., Passos, C. P., Espírito Santo, L., Chiş, M. S., Ranga, F., Puga, H., Palmeira, J., Coimbra, M. A., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2024). Prebiotic potential of a coffee silverskin extract obtained by ultrasound-assisted extraction on *Lactocaseibacillus paracasei* subsp. *paracasei*. *Journal of Functional Foods*, 120, 106378. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106378>
82. Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 230S–242S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.230S>
83. Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Rémésy, C. (2005). Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1 Suppl), 230S–242S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.230S>
84. Manakas, P., Balafoutis, A. T., Kottaridi, C., & Vlysidis, A. (2025). Sustainability assessment of orange peel waste valorization pathways from juice industries. In *Biomass Conversion and Biorefinery* (Vol. 15, Issue 5, pp. 6525–6544). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s13399-024-05626-x>
85. Michailides, M., Christou, G., Akratos, C. S., Tekerlekopoulou, A. G., & Vayenas, D. V. (2011). Composting of olive leaves and pomace from a three-phase olive mill plant. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(3), 560–564. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.02.007>
86. Minekus, M., Alming, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T. O. R. S. T. E. N., Bourlieu, C., ... & Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & function*, 5(6), 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
87. Minekus, M. (2015). The TNO gastro-intestinal model (TIM). *The Impact of Food Bioactives on Health: in vitro and ex vivo models*, 37–46.
88. Morgan, C.A., Herman, N., White, P.A. & Vesey, G. 2006. Preservation of micro-organisms by drying: A review. *Journal of Microbiological Methods*. 66, 183–193
89. Mujtaba, M., Fraceto, L. F., Fazeli, M., Mukherjee, S., Savassa, S. M., de Medeiros, G. A., do Espírito Santo Pereira, A., Mancini, S. D., Lipponen, J., & Vilaplana, F. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: A review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production*, 402, 136815. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>
90. Murthy, P. S., & Naidu, M. M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

91. Myrdal Miller, A., Mills, K., Wong, T., Drescher, G., Lee, S. M., Sirimuangmoon, C., Schaefer, S., Langstaff, S., Minor, B., & Guinard, J.-X. (2014). Flavor-enhancing properties of mushrooms in meat-based dishes in which sodium has been reduced and meat has been partially substituted with mushrooms. *Journal of Food Science*, 79, S1795–S1804. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12549>
92. Nicastro R., Papale M., Fusco G.M., Capone A., Morrone B., Carillo P., Legal Barriers in Sustainable Agriculture: Valorization of Agri-Food Waste and Pesticide Use Reduction, *Sustainability* 2024, 16, 8677. <https://doi.org/10.3390/su16198677>
93. Nilsen-Nygaard, J., Fernández, E. N., Radusin, T., Rotabakk, B. T., Sarfraz, J., Sharmin, N., Sivertsvik, M., Sone, I., & Pettersen, M. K. (2021). Current status of biobased and biodegradable food packaging materials: Impact on food quality and effect of innovative processing technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1333–1380. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12701>
94. Nunes, M. A., Alves, R. C., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Olive pomace phenolics extraction: Conventional vs emergent methodologies. In Vilarinho, C., Castro, F., & Lopes, M. (Eds.), *WASTES – Solutions, Treatments and Opportunities II* (pp. 395–400). Taylor & Francis. ISBN 978-1-138-19669-8
95. Nunes, M. A., Costa, A. S. G., Bessada, S., Santos, J., Puga, H., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Olive pomace as a valuable source of bioactive compounds: A study regarding its lipid- and water-soluble components. *Science of the Total Environment*, 644, 229–236. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.350>
96. Nunes, M. A., Palmeira, J. D., Melo, D., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., & Oliveira, M. B. P. P. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of a new olive pomace functional ingredient. *Pharmaceuticals*, 14(9), 913. <https://doi.org/10.3390/ph14090913>
97. Nunes, M. A., Pawlowski, S., Costa, A. S. G., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P. P., & Velizarov, S. (2019). Valorization of olive pomace by a green integrated approach applying sustainable extraction and membrane-assisted concentration. *Science of the Total Environment*, 652, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.204>
98. Nunes, M. A., Pimentel, F. B., Costa, A. S. G., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2016). Olive by-products for functional and food applications: Challenging opportunities to face environmental constraints. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 35, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.04.016>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

109. Pérez Calvo, A., Paz Ruiz, N., & Delgado Espinoza, Z. (2023). Coffee pulp: A sustainable and affordable source for developing functional foods. *Processes*, 11, 1693. <https://doi.org/10.3390/pr11061693>
110. Petraru, A., Ursachi, F., & Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake: Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), 2487. <https://doi.org/10.3390/plants10112487>
111. Picot-Allain, M. C. N., Ramasawmy, B., & Emmambux, M. N. (2020). Extraction, characterisation, and application of pectin from tropical and sub-tropical fruits: A review. *Food Reviews International*, 38(3), 282–312. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1733008>
112. Pinto, D., López-Yerena, A., Lamuela-Raventós, R., Vallverdú-Queralt, A., Delerue-Matos, C., & Rodrigues, F. (2024). Predicting the effects of in-vitro digestion in the bioactivity and bioaccessibility of antioxidant compounds extracted from chestnut shells by supercritical fluid extraction—a metabolomic approach. *Food Chemistry*, 435, 137581. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137581>
113. Plazzotta, S., Calligaris, S., Manzocco, L. 2019. Structure of oleogels from κ -carrageenan templates as affected by supercritical CO₂-drying, freeze-drying and lettuce-filler addition. *Food Hydro colloids*, 96,1–10.<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.008>
114. Poiana, M.-A., Alexa, E., Radulov, I., Raba, D.-N., Cocan, I., Negrea, M., Misca, C. D., Dragomir, C., Dossa, S., & Suster, G. (2023). Strategies to formulate value-added pastry products from composite flours based on spelt flour and grape pomace powder. *Foods*, 12, 3239. <https://doi.org/10.3390/foods12173239>
115. Poiana, M.-A., et al. (2023). Utilization of agro-food by-products in bakery products. *Food Chemistry*, 387, 132967. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.132967>
116. Poponi S., Arcese G., Ruggieri A., Pacchera F., Value optimisation for the agri-food sector: A circular economy approach, *Business Strategy and the Environment* 2023, 023;32:2850–2867, DOI: 10.1002/bse.3274
117. Popović, S., Hromiš, N., Šuput, D., Bulut, S., Romanić, R., & Lazić, V. (2020). Valorization of by-products from the production of pressed edible oils to produce biopolymer films. In *Cold Pressed Oils* (pp. 15–30). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818188-1.00002-4>
118. Preethi B., Natchimuthu Karmegam, Sivasubramanian Manikandan Sundaram Vickram , Ramasamy Subbaiya , Shanmugam Rajeshkumar , Chinnasamy Gomadurai, Muthusamy Govarthanam, Nanotechnology-powered innovations for agricultural and food waste valorization: A critical appraisal





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- in the context of circular economy implementation in developing nations, *Process Safety and Environmental Protection* 184 (2024) 477–491
119. Psarommatis F., May G., A Cost–Benefit Model for Sustainable Product Reuse and Repurposing in Circular Remanufacturing, *Sustainability* 2025, 17, 245
120. Puga, H., Alves, R. C., Costa, A. S. G., Vinha, A. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2017). Multi-frequency multimode modulated technology as a clean, fast, and sustainable process to recover antioxidants from a coffee by-product. *Journal of Cleaner Production*, 168, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.231>
121. Redha, A. A., Torquati, L., Bows, J. R., Gidley, M. J., & Cozzolino, D. (2025). Microencapsulation of broccoli sulforaphane using whey and pea protein: in vitro dynamic gastrointestinal digestion and intestinal absorption by Caco-2-HT29-MTX-E12 cells. *Food & Function*, 16(1), 71-86. <https://doi.org/10.1039/D4FO03446E>
122. Rein MJ, Renouf M, Cruz-Hernandez C, Actis-Goretti L, Thakkar SK, da Silva Pinto M. Bioavailability of bioactive food compounds: a challenging journey to bioefficacy. *Br J Clin Pharmacol*. 2013 Mar;75(3):588-602. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04425.x>
123. Rein, M. J., Renouf, M., Cruz-Hernandez, C., Actis-Goretti, L., Thakkar, S. K., & da Silva Pinto, M. (2013). Bioavailability of bioactive food compounds: A challenging journey to bioefficacy. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 75(3), 588–602. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04360.x>
124. Remijnse M., Rohmer S.U.K., Marandi A., Woensel T.V., Optimising agri-food supply chains: Managing food waste through harvest and side-stream valorisation, *Journal of Cleaner Production* 503, 2025
125. Reyes, A., Cerón, S., Zúñiga, R., & Moyano, P. 2007. A comparative study of microwave-assisted air drying of potato slices. *Biosystems Engineering*, 98(3), 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.07.006>
126. Ritika, Rizwana, Shukla, S., Sondhi, A., Tripathi, A. D., Lee, J. K., & Verma, D. K. (2024). Valorisation of fruit waste for harnessing the bioactive compounds and its therapeutic application. *Trends in Food Science & Technology*, 144, 104302. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104302>
127. Rocchetti, G., Rizzi, C., Cervini, M., Rainero, G., Bianchi, F., Giuberti, G., Lucini, L., & Simonato, B. (2021). Impact of Grape Pomace Powder on the Phenolic Bioaccessibility and on In Vitro Starch Digestibility of Wheat Based Bread. *Foods*, 10(3), 507. <https://doi.org/10.3390/foods10030507>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

128. Rodrigues, R., Oliveira, M. B. P. P., & Alves, R. C. (2023). Chlorogenic acids and caffeine from coffee by-products: A review on skincare applications. *Cosmetics*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.3390/cosmetics10010012>
129. Rodríguez-Blázquez, S., Pedrera-Cajas, L., Gómez-Mejía, E., Vicente-Zurdo, D., Rosales-Conrado, N., León-González, M. E., Rodríguez-Bencomo, J. J., & Miranda, R. (2024). The Potential of Plum Seed Residue: Unraveling the Effect of Processing on Phytochemical Composition and Bioactive Properties. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2). <https://doi.org/10.3390/ijms25021236>
130. Rungraung, N., Muangpracha, N., & Trachootham, D. (2023). Twelve-week safety and potential lipid control efficacy of coffee cherry pulp juice concentrate in healthy volunteers. *Nutrients*, 15(7), 1602. <https://doi.org/10.3390/nu15071602>
131. Saladi V.S., *Optimising the Agri-Food Value Chain: Latest Trends and Proven Methods for Success*, 2025, DOI: 10.13140/RG.2.2.30375.46242
132. Samad, N., Okonkwo, C. E., Ayyash, M., Al-Marzouqi, A. H., Yuliarti, O., & Kamal-Eldin, A. (2025a). Valorization of Fruit Pomace by Enzymatic Treatment and Microbial Fermentation. *Fermentation*, 11(7), 376. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070376>
133. Samad, N., Okonkwo, C. E., Ayyash, M., Al-Marzouqi, A. H., Yuliarti, O., & Kamal-Eldin, A. (2025b). Valorization of Fruit Pomace by Enzymatic Treatment and Microbial Fermentation. *Fermentation*, 11(7), 376. <https://doi.org/10.3390/fermentation11070376>
134. Saratale, G. D., Bhosale, R., Shobana, S., Banu, J. R., Pugazhendhi, A., Mahmoud, E., Sirohi, R., Bhatia, S. K., Atabani, A. E., Mulone, V., Yoon, J.-J., Shin, H. S., & Kumar, G. (2020). A review on valorization of spent coffee grounds (SCG) towards biopolymers and biocatalysts production. *Bioresource Technology*, 314, 123800. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123800>
135. Sarepoua, E., Tangwongchai, R., Suriharn, B., & Lertrat, K. (2013). Relationships between phytochemicals and antioxidant activity in corn silk. *International Food Research Journal*, 20(5), 2073–2079.
136. Sarmiento-Torres, L. F., Murrillo-Franco, S. L., Galvis-Nieto, J. D., Rodríguez, L. J., Igual, M., García-Segovia, P., & Orrego, C. E. (2025). Physicochemical and Functional Properties and In Vitro Digestibility of Green Banana Flour-Based Snacks Enriched With Mango and Passion Fruit Pulp by Extrusion Cooking. *International Journal of Food Science*, 2025(1), 5204346.
137. Serena-Romero, G., Ignat-Gutiérrez, A., Conde-Rivas, O., Lima-Silva, M. Y., Martínez, A. J., Guajardo-Flores, D., & Cruz-Huerta, E. (2023). Impact of In Vitro Digestion on the Digestibility, Amino Acid





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

- Release, and Antioxidant Activity of Amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) and Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Proteins in Caco-2 and HepG2 Cells. *Antioxidants*, 12(12), 2075. <https://doi.org/10.3390/antiox12122075>
138. Serrapica, F., Masucci, F., Raffrenato, E., Sannino, M., Vastolo, A., Barone, C. M. A., & Di Francia, A. (2019). High fiber cakes from Mediterranean multipurpose oilseeds as protein sources for ruminants. *Animals*, 9(11), 918. <https://doi.org/10.3390/ani9110918>
139. Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages, and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
140. Sharma, N., Bhardwaj, A., Esua, O. J., Pojić, M., & Tiwari, B. K. (2025). Cereal processing by-products and wastewater for sustainable protein extraction. *Waste Management*, 201. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.114790>
141. Sharma, S., et al. (2023). Advances in plant-based meat substitutes. *Journal of Food Science*, 45, 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2023.123456>
142. Sheikh, M. A., Saini, C. S., & Sharma, H. K. (2023). Harnessing plum (*Prunus domestica* L.) processing wastes for the fabrication of bio-composite edible films: An attempt towards a food circular bioeconomy. *Food Hydrocolloids*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108790>
143. Siddiqui, S.A., Ucakc, I., Tokeri, O.S., Jaind, S., Elsheikhe, W., Redhaf, A.A., Kurt, A., Toker, O.S. 2024. Impact of drying on techno-functional and nutritional properties of food proteins and carbohydrates - A comprehensive review. *DRYING TECHNOLOGY 2024, VOL. 42, NO. 4*, 592–611 <https://doi.org/10.1080/07373937.2024.2303580>
144. Simone N, Di Loreto G, Bacceli M, Di Marco S, Cellini M, Vecchiotti G, Lanza B. Spontaneous and Controlled Fermentation Tests in Industrial Table Olives Production. *Applied Sciences*. 2023; 13(16):9455. <https://doi.org/10.3390/app13169455>
145. Soares, T. F., Alves, R. C., & Oliveira, M. B. P. P. (2024). From olive oil production to by-products: Emergent technologies to extract bioactive compounds. *Food Reviews International*, 40(10), 3342–3369. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2354331>
146. Soccol, C. R., et al. (2017). Biorefineries: an overview. *Bioresource Technology*, DOI: 10.1016/j.biortech.2017.03.008
147. Sousa, M. M., Ferreira, D. M., Machado, S., Lobo, J. C., Costa, A. S. G., Palmeira, J. D., & Oliveira, M. B. P. P. (2023). Effect of different time/temperature binomials on the chemical features, antioxidant





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

157. Vega-Mercado, H., Gongora-Nieto, M.M., and Barbosa-Canovas, G. V. 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49(271), 289. [https://doi.org/ 10.1016/S0260-8774\(00\)00224-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00224-7)
158. Villalva, M., Jaime, L., Siles-Sánchez, M. d. I. N., & Santoyo, S. (2022). Bioavailability Assessment of Yarrow Phenolic Compounds Using an In Vitro Digestion/Caco-2 Cell Model: Anti-Inflammatory Activity of Basolateral Fraction. *Molecules*, 27(23), 8254. <https://doi.org/10.3390/molecules27238254>
159. Visvanathan, S., & Williamson, G.(2022). Review of factors affecting citrus polyphenol bioavailability and their importance in designing in vitro, animal, and intervention studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(6), 4509-4545. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12829>
160. Vlad, C. C., Păcularu-Burada, B., Vasile, A. M., Milea, Ștefania A., Bahrim, G. E., Râpeanu, G., & Stănciuc, N. (2022). Upgrading the Functional Potential of Apple Pomace in Value-Added Ingredients with Probiotics. *Antioxidants*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/antiox11102028>
161. Vlaicu, P. A., Untea, A. E., Turcu, R. P., Panaite, T. D., & Saracila, M. (2022). Rosehip (*Rosa canina* L.) meal as a natural antioxidant on lipid and protein quality and shelf-life of polyunsaturated fatty acids enriched eggs. *Antioxidants*, 11(10), 1948. <https://doi.org/10.3390/antiox11101948>
162. Wadhwa, M., & Bakshi, M. P. S. (2013). Utilization of fruit and vegetable wastes as livestock feed and as substrates for generation of other value-added products. *FAO Animal Production and Health Paper*, 4, 1–67.
163. Wang, H. C., Zhang, M., & Adhikari, B. 2015. Drying of shiitake mushroom by combining freeze-drying and mid-infrared radiation. *Food and Bioprocess Technology*, 94, 507–517. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.07.008>
164. Williamson G. Bioavailability of Food Polyphenols: Current State of Knowledge. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2025 Apr;16(1):315-332. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-023817>
165. Wunder S., McFarland K., Hirschnitz-Garbers M., Parfitt J., Luyckx K., Jarosz D., Youhanan L., Stenmarck A., Colin F., Burgos S., Gheoldus M., Cummins A.C., Mahon P., Van Herpen E., EU policy review for waste prevention and valorisation 2018, WP3, Deliverable 3.3.
166. Xu, X., Zhang, L., Feng, Y., El Gasim A Yagoub, A., Sun, Y., Ma, H., Zhou, C. 2020. Vacuum pulsation drying of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench): Better retention of the quality characteristics by flat sweep frequency and pulsed ultrasound pretreatment. *Food Chemistry*, 326, 127026. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127026>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

167. Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33(6), 756–774. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2015.07.002>
168. Yang, C., Shang, K., Lin, C., Wang, C., Shi, X., Wang, H., & Wu, D. (2021). Processing technologies, phytochemical constituents, and biological activities of grape seed oil (GSO): A review. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 1074–1083. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.011>
169. Yangui, T., Chakroun, H., Dhoub, A., & Bouaziz, M. (2021). Biological properties and chemical composition of essential oils from fresh and shade-dried olive leaves of *Olea europaea* L. Chemlali cultivar. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(6), 1389–1401. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2026254>
170. Zhang, M., Bhandari, B., & Fang, Z. 2017. Handbook of drying of vegetables and vegetable products. Taylor & Francis Group.
171. Zhang, Y., Hawboldt, K., & MacQuarrie, S. (2024). Extraction of bioactive compounds from beach-cast brown algae: a review on accelerated solvent extraction and subcritical water extraction. In *RSC Sustainability* (Vol. 2, Issue 8, pp. 2069–2091). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d4su00204k>
172. Zhao, X., Wang, Y., Chen, X., Yu, X., Li, W., Zhang, S., Meng, X., Zhao, Z.-M., Dong, T., Anderson, A., Aiyedun, A., Li, Y., Webb, E., Wu, Z., Kunc, V., Ragauskas, A., Ozcan, S., & Zhu, H. (2023). Sustainable bioplastics derived from renewable natural resources for food packaging. *Matter*, 6(1), 97–127. <https://doi.org/10.1016/j.matt.2022.11.006>.
173. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
174. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/172506>
175. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/170029>
176. <https://legislatie.just.ro/public/detaliiidocument/44014>
177. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/210623>
178. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocumentAfis/277592>
179. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/245846>





UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Project code: 2024-1-RO01-KA220-HED-000246776

180. <https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=legissum:4300993#:~:text=SUMMARY%20OF%20animal%20health%20and%20welfare>
181. (<https://proiecte.incdsb.ro/FITOCOMP/#scop>)
182. (SUSORGPLUS, 2025 <https://www.susorgplus.eu/about>)
183. (<https://bioresurse.ro/blogs/media/conferin%C8%9Ba-lansarea-proiectului-metrofood-ro-evolve-29-ianuarie-2025>)
184. (<https://ancafarcas.wixsite.com/sustainable-pce/disemination-2021-2023>)
185. (<https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC197106/>)
186. (https://www.madr.ro/docs/ind-alimentara/risipa_alimentara/2024/Norme-metodologice-de-aplicare-a-Legii-nr.-217-2016.pdf)
187. (<https://www.madr.ro/planul-national-strategic-pac-post-2020.html>)
188. (<https://legislatie.just.ro/Public/DetaliiDocument/196382>)
189. ***<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65deeb9f0f3e94b9e5d2bfc4>
190. ***<https://tim7.ro/baghet-a-berarului/>
191. ***<https://www.healthline.com/nutrition/wheat-bran>

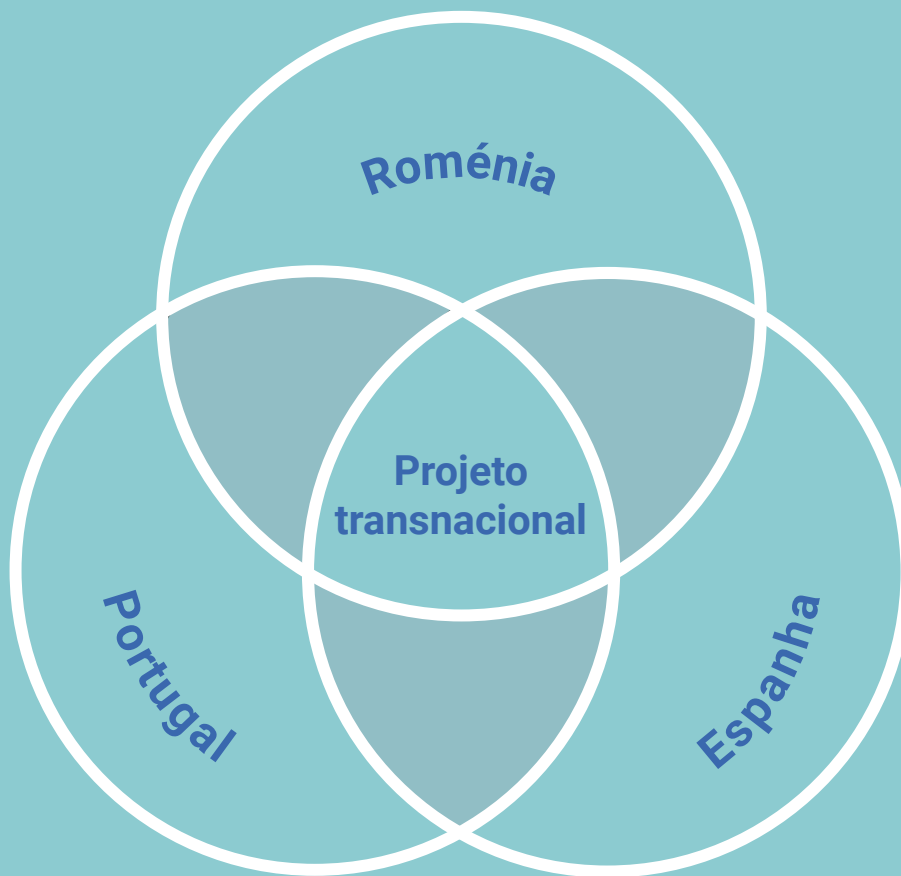




UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



eAfoBy



Projeto n.º: 2024-1-R001-KA220-HED-000246776



Co-funded by
the European Union