

Boletim da Sociedade
Portuguesa de Química

5,00 € - Distribuição
gratuita aos sócios da SPQ

abril-junho
Vol. 46 | N.º 165 | 2022

Química





Ongoing

99

POIROT - Novos Métodos e Abordagens para a Detecção da Adição Ilegal de Fármacos e a Adulteração Botânica de Suplementos Alimentares à Base de Plantas | **99**

Artigos

101

Sustentabilidade na Área Alimentar: Porquê a Emergência? | **101**

Farinha de Maçã cv. Bravo de Esmolfe: Um Adoçante Sustentável e Funcional para Produção de Pão Doce Isento de Glúten | **108**

Tomate Verde Fermentado: Uma Via para a Sustentabilidade Económica e Ambiental | **115**

Embalagens Inteligentes de Base Biológica para Aplicação em Alimentos | **122**

Filmes de Celulose Nanofibrilada com Incorporação de Minerais como Substitutos de Plásticos em Embalagens Alimentares: Potencialidades e Dificuldades | **127**

Ensino | **133**

Nas Redes | **139**

Química Entre Nós | **140**

Espaço dos Mais Novos | **142**

Destaques | **145**

Agenda | **146**

Editorial | **82**

Direção | **83**

Perspetiva | **84**

Notícias

85

Atualidades Científicas | **93**



PESSOAS, PROSPERIDADE, PAZ, PARCERIAS, PLANETA. São estes os cinco Princípios estruturantes da Agenda 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável. A Agenda possui um programa ambicioso em torno destes cinco pilares: erradicar a pobreza e a fome e garantir a dignidade e a igualdade (PESSOAS), garantir vidas prósperas e plenas, em harmonia com a natureza (PROSPERIDADE), promover sociedades pacíficas, justas e inclusivas (PAZ), implementar o programa por meio de uma parceira global firme (PARCERIAS) e proteger os recursos naturais e o clima do planeta para as gerações futuras (PLANETA).

O objetivo da erradicação da fome no mundo tem sofrido muitas contrariedades ao longo de várias

décadas. O impacto das alterações climáticas, os efeitos da pandemia de COVID-19 e a guerra atual no Leste da Europa (a Rússia e a Ucrânia são atores dominantes nos mercados globais de cereais e fertilizantes industriais), têm criado perturbações na cadeia de abastecimento e logística na produção dos bens alimentares, aumentando os seus custos, fatores que poderão provocar uma crise alimentar mundial que se pode prolongar durante vários anos. Muitos especialistas e líderes mundiais têm vindo a alertar para este problema. António Guterres, secretário-geral da ONU, referiu recentemente que os três fatores combinados poderão colocar dezenas de milhões de pessoas em insegurança alimentar, seguida de malnutrição e de fome generalizada. QU Dongyu, diretor-geral da FAO, numa declaração recente (fao.org/director-general/speeches/detail/en/c/1513186), apontou uma *Call to Action* em vários domínios para enfrentar o problema, nomeadamente na assistência agrícola de emergência, no investimento no sector agroalimentar, na aplicação da ciência e da inovação para renovação dos sistemas agroalimentares e na redução dos desperdícios de alimentos.

A SPQ, em particular através da Divisão de Química Alimentar, tem tido um papel ativo em divulgar a importância da Química na procura de soluções para a emergência que se vive nesta área. Os Encontros regulares de Química dos Alimentos, o próximo dos quais a realizar já entre 23 e 26 de outubro 2022 em Castelo Branco, têm sido uma oportunidade para difundir e discutir os avanços científicos que existem no nosso país em domínios como a sustentabilidade, a segurança, a inovação e a qualidade alimentar. Os textos deste número do *Química* são um exemplo da proatividade dos investigadores portugueses nestas áreas, ajudando a promover a inovação sustentável sob ponto de vista ambiental, económico e social, em linha com a *call to action* preconizada pelo diretor-geral da FAO e uma garantia ao cumprimento dos Princípios estruturantes da Agenda 2030 da ONU.

É preciso continuar a alimentar a ideia de que todos contam na prossecução dos objetivos em torno daqueles cinco Princípios, para um mundo mais justo, mais inclusivo, mais digno e mais sustentável. Lamentavelmente, há quem insista em ficar do lado errado da História, atentando contra a dignidade das PESSOAS, tendo uma visão egocêntrica da PROSPERIDADE, procurando as PARCERIAS para proveito próprio, pondo em causa a PAZ, preferindo o conflito e, em última análise, colocando em causa o próprio PLANETA e as gerações futuras. Que não falte o pão, para que haja alguma razão.

Peço a paz e o silêncio / A paz dos frutos e a música de suas sementes abertas ao vento / Peço a paz e meus pulsos traçam na chuva um rosto e um pão / Peço a paz silenciosamente, a paz, a madrugada em cada ovo aberto aos passos leves da morte / A paz peço, a paz apenas, o repouso da luta no barro das mãos, uma língua sensível ao sabor do vinho, a paz clara, a paz quotidiana dos actos que nos cobrem de lama e sol / Peço a paz e o silêncio. (“Peço a Paz”, Casimiro de Brito).

>

Paulo Mendes

BOLETIM DA SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA

PROPRIEDADE DE SOCIEDADE PORTUGUESA DE QUÍMICA
NIPC: 501 139 265
ISSN 0870 – 1180
Registo na ERC n.º 125 525
Depósito Legal n.º 51 420/91
Publicação Trimestral
N.º 165, abril-junho 2022

REDAÇÃO, EDIÇÃO E ADMINISTRAÇÃO

Av. da República, 45 - 3.º Esq. - 1050-187 Lisboa
Tel.: 217 934 637 - Fax: 217 952 349
bspq@uevora.pt - www.spq.pt

Diretor: Paulo Mendes

Diretores-adjuntos: Ana Paula Esteves, Bruno Machado, Maria José Lourenço, Marta Piñeiro Gómez, Vasco D. B. Bonifácio

Comissão de Aconselhamento Editorial:

Augusto Tomé, Helder T. Gomes, João Paulo R. F. André, Joaquim L. Faria, Jorge Morgado, Mário N. Berberan-Santos

ESTATUTO EDITORIAL

Disponível em:
www.spq.pt/boletim/estatuto_editorial

PUBLICIDADE

Sociedade Portuguesa de Química
secretariado@spq.pt

DESIGN GRÁFICO E PAGINAÇÃO

Rodrigo Nina
www.rodrigonina.com
rodrigo.pnina@gmail.com
Tel.: 964 819 822

IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Tipografia Lessa
Pta dos Mogos, 157 - Z. Ind. de Vermoim
4470-343 Maia
+351 229 441 603
geral@tipografialessa.pt
Tiragem: 1.300 exemplares

As colaborações assinadas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores, não vinculando de forma alguma a SPQ, nem a Direção do QUÍMICA. São autorizadas e estimuladas todas as citações e transcrições, desde que seja indicada a fonte, sem prejuízo da necessária autorização por parte do(s) autor(es) quando se trate de colaborações assinadas. As normas de colaboração e as instruções para os autores podem ser encontradas no sítio web da SPQ.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA PELA

FCT Fundação
para a Ciência
e a Tecnologia

Apoio do Programa Operacional Ciência, Tecnologia,
Inovação do Quadro Comunitário de Apoio III

Ano Internacional das Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável

>
Adelino Galvão

No próximo dia 8 de julho de 2022 realizar-se-á na sede da UNESCO, em Paris, a abertura oficial do “IYBSSD 2022, Ano Internacional das Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”. As celebrações, que irão decorrer até 30 de junho de 2023, pretendem chamar a atenção dos políticos, cientistas, empresários, diplomatas, organizações nacionais e internacionais e, genericamente, de todos os cidadãos do mundo para o impacto que os quase oito mil milhões de seres humanos estão a causar no planeta. Os desafios sociais, resultantes desse impacto, nas áreas da alimentação, energia, saúde e ambiente só poderão ser alcançados com a ajuda da ciência. Os problemas atuais, como as alterações climáticas, a depleção da camada de ozono, a poluição por plásticos e microplásticos, a depleção e escassez de alguns recursos naturais e a diminuição da biodiversidade por extinção de algumas espécies podem ser mais facilmente mitigados através do conhecimento científico que nos permite tomar decisões informadas. A IUPAC, representada em Portugal pela SPQ, é uma das organizações internacionais promotoras da proposta às Nações Unidas e, como tal, a SPQ decidiu ser um interveniente ativo nos eventos a realizar no nosso país. Estamos neste momento a promover a criação de uma Comissão Nacional para as celebrações juntando esforços com entidades congêneres como o Ciência Viva e demais Sociedades Científicas.

Independentemente dos eventos a organizar no seio da Comissão Nacional para as celebrações, a SPQ antecipou-se e está já a promover algumas atividades subordinadas ao repto lançado pelas Nações Unidas, nomeadamente através da acreditação de ações junto do CCPFC pelo nosso centro de formação: Ciências Básicas para um Desenvolvimento Sustentável (CCPFC/ACC-114764/22; formacao.spq.pt/news/ciencias-bsicas-para-um-desenvolvimento-sustentavel) e Água: Recurso Circular para a Sustentabilidade (CCPFC/ACC-114763/22; formacao.spq.pt/news/gua-recurso-circular-para-a-sustentabilidade). Estas ações de 25 horas serão complementadas com uma formação de 12 horas, realizada sob a forma de Encontro Científico da Divisão de Ensino e Divulgação da Química, que ten-



teremos acreditar para os grupos 510 e 520, alargando o debate aos nossos colegas de biologia e geologia.

Esperamos que as ações que iremos promover durante as celebrações chamem a atenção para a AGENDA 2030 das Nações Unidas e dos 17 objetivos nela contidos que podem, de forma decisiva, transformar e orientar o caminho da Humanidade para um percurso sustentável. A comunidade educativa tem um papel fundamental no 4.º ODS, que pretende criar condições para que todos os jovens possam ter acesso a um processo educativo de qualidade, inclusivo e equitativo com oportunidades, para jovens e menos jovens, de aprendizagem ao longo da vida. Os professores, em particular, têm um papel decisivo no fortalecimento da educação e da formação dos alunos em Ciências Básicas, ciências fundamentais para que se possam atingir os objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

A finalizar, gostaria de lançar o repto a todos os nossos associados para que se envolvam ativamente nas celebrações de mais um ano internacional dedicado à Ciência, podendo para isso contar com o apoio da Sociedade Portuguesa de Química.



>
Adelino Galvão

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa. Desenvolve o seu trabalho de investigação no Centro de Química Estrutural na área da Fotoquímica Computacional. É Secretário-Geral da SPQ desde 2017. adelino@tecnico.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0002-4740-0613

Química e Agricultura por uma Alimentação Sustentável

Nunca como hoje foi tão importante falar sobre o que comemos, como comemos e como vamos alimentar-nos no futuro. Se, por um lado, 2020 e 2021 foram anos que, por excelência, nos convidaram a todos a conversar sobre fauna, flora, biodiversidade e importância de preservar o planeta e os seus recursos, contribuindo para um equilíbrio alimentar e para o bem-estar global, por outro, foram anos em que no mais imprevisível dos cenários o mundo pôde dialogar sobre todos os desafios, sem exceção, inerentes a uma alimentação de qualidade e em quantidade suficiente para todos. A crise pandémica de COVID-19, que todos queremos ver tornar-se história, mostrou-se irónica e profundamente oportuna na reflexão que nos permitiu fazer. Acontece que 2022 nos trouxe ainda mais motivos para discutir estes temas, como o recente cenário de guerra na Ucrânia e as suas consequências.

Num estudo divulgado pela União Europeia, quando consultados, os portugueses admitem que quando compram alimentos, o custo (70%), o sabor (59%) e a segurança alimentar (42%) são os três aspetos que consideram mais importantes para a sua decisão [1]. Contudo, 45% refere que fazer uso reduzido, ou nenhum, de pesticidas é a característica que consideram mais importante para uma alimentação saudável. Ao mesmo tempo, numa pesquisa revelada em 2021 pela Sixty Degrees [2], o alerta ecoa: os efeitos nefastos da pandemia, ao nível das cadeias de produção e oferta de produtos alimentares, podem ser suficientemente graves e prolongados, ao ponto de desencadear uma nova e grande crise alimentar. Ou seja, se em 2020/21 fomos convidados a aprofundar o tema da sanidade vegetal e a sua importância, em 2022, e sobretudo face ao contexto que vivemos, esta conversa estende-se. É absolutamente urgente que a sociedade compreenda que é pela criação de medidas que incentivam a adoção de boas práticas e novas tecnologias que conseguiremos dar resposta aos desafios na construção de uma alimentação saudável, de qualidade, capaz de alimentar uma população em crescendo. É preciso esclarecer que químico e natural não funcionam como oposição entre mau e bom para o que comemos, bem pelo contrário: falar de química nos alimentos é falar de segurança alimentar, de otimização produtiva e de ciência aplicada à produção na garantia de alimentos para todos. Falar de combate aos desafios, falar de novos e cada vez mais eficazes sistemas e métodos de produção, é falar da ciência e do seu poder de, respeitando as especificidades de cada território, permitir trilhar um caminho pela eficácia em que, com

a mesma área de produção disponível, se asseguram mais, melhores, mais seguros e saborosos alimentos, com menor pegada ecológica.

Se pensarmos que perante uma pandemia absolutamente inesperada que assolou o mundo, acrescida do atual conflito, a única esperança de centenas de países foi a confiança no poder da ciência, porque é que quando falamos de alimentar o mesmo mundo, um direito fundamental de todos os indivíduos, tememos os seus efeitos? A indústria fitofarmacêutica não tem medo do seu ADN químico, pelo contrário, tem orgulho na sua génese, confiança, competência e capacidade de transformação ao longo dos anos, numa busca permanente por soluções que permitam não perder a corrida de alimentar dez mil milhões de habitantes em 2050. Ao contrário do planeta, que não tinha qualquer capacidade de prever a velocidade, força e potencial de propagação do vírus SARS-CoV-2, nem a violência (a todos os níveis) desta guerra, antecipando a defesa de todos, no caso do setor agrícola, desde que o homem se tornou agricultor que cedo se deparou com as ameaças às plantas e respetivas culturas atacadas por pragas, doenças e invadidas por espécies indesejadas. Por isso, sabe, talvez como ninguém, como antecipar graves crises, como se proteger e como tirar partido da evolução e desenvolvimento científico para prevenir catástrofes alimentares.

>

António Lopes Dias

Fontes

[1] Comissão Europeia, Eurobarómetro "Making our food fit for the future – new trends and challenges", Outubro 2020. europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/2241.

[2] Sixty Degrees, "Preços agrícolas disparam. Há risco de crise alimentar". sixty-degrees.com/enquanto-os-bancos-centrais-mantiverem-as-injecoes-de-liquidez-a-classe-de-ativos-a-privilegiar-e-a-das-acoas-2 (acedido em 14/04/2022).

>

António Lopes Dias

Licenciado em Engenharia Agronómica pelo Instituto Superior de Agronomia, na especialidade de fitopatologia e fitofarmacologia. Formação em *Marketing and Sales Excellence* pelo INSEAD - Institut Européen d'Administration des Affaires. Fez toda a carreira na indústria fitofarmacêutica. Desde dezembro de 2011 é Diretor Geral da Sigeru/Valorfito, cargo que acumula com o de Diretor Executivo da ANIPLA - Associação Nacional da Indústria para a Proteção das Plantas - desde 2014.

antoniolopesdias@anipla.com



14.º Encontro Nacional de Química Orgânica (14ENQO) e 7.º Encontro Nacional de Química Terapêutica (7ENQT)

As Divisões de Química Orgânica e Química Terapêutica da Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) organizaram o 14.º Encontro Nacional de Química Orgânica (14ENQO) e o 7.º Encontro Nacional de Química Terapêutica (7ENQT) que decorreram presencialmente de 20 a 22 de abril de 2022 no TRYP Lisboa Caparica Mar Hotel, Portugal.

O 14ENQO e o 7ENQT contaram com 245 participantes e envolveram seis lições plenárias apresentadas por Matilde Marques (IST, UL), Carlos Afonso (FF, UL), Alessio Ciulli (*School of Life Sciences, University of Dundee*, Reino Unido), Edward Anderson (*University of Oxford*, Reino Unido), Francesca Grisoni (*Eindhoven University of Technology*, Países Baixos), e via *online* Sarah E. Reisman (*California Institute of Technology*, EUA). Estes Encontros contaram ainda com seis *keynotes* proferidas por Anna Hirsch (*Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland*, Alemanha) - via *online*, Virginie Vidal (*University of Paris*, França),

Participantes durante a sessão de abertura.



Sessão de abertura do 14ENQO/7ENQT. Da esquerda para a direita: Maria Emília Sousa (Presidente da Divisão de Química Terapêutica da SPQ), Virgílio Cruz Machado (Diretor da FCT NOVA), Susana Barreiros (Presidente do Departamento de Química da FCT NOVA), Artur Silva (presidente da SPQ), Paula Branco (Presidente da Divisão de Química Orgânica da SPQ).

Anthony Burke (FF, UC), Maria Manuel Marques (NOVA), Amparo Faustino (UA), seis comunicações orais convidadas e 183 comunicações que se dividiram em 20 comunicações *Flash in 90'*, 75 comunicações orais e 88 comunicações em painel.

As divisões de Química Orgânica e Terapêutica da SPQ premiaram Jaime Coelho como o Melhor Jovem Cientista em Química Orgânica 2021, Fausto Queda com a Melhor Tese de Doutoramento em Química Orgânica 2021, Margarida Espadinha com a Melhor Tese de Doutoramento em Química Terapêutica 2021, Nuno Viduedo com a Melhor Tese de Mestrado em Química Orgânica 2021 e Daniela Malafaia com a Melhor Tese de Mestrado em Química Terapêutica 2021. Foram ainda atribuídos prémios para a melhor comunicação oral, *flash*, e em painel nas duas áreas.

Informações adicionais podem ser consultadas em 14enqo-7enqt.events.chemistry.pt.

> **Maria Emília Sousa**
esousa@ff.up.pt

> **Paula Branco**
paula.branco@fct.unl.pt

5th International Symposium on Nanoparticles, Nanomaterials and Applications

O *International Symposium on Nanoparticles, Nanomaterials and Applications* (ISN²A) teve este ano a sua 5.ª edição entre 24 e 27 de janeiro, tendo sido um dos primeiros eventos científicos presenciais realizados na área da química desde o início da pandemia de COVID-19.

Desde a sua primeira edição em 2014, este

simpósio internacional organizado pela Associação Científica PROTEOMASS e pelo Grupo de Investigação BIOSCOPE, visa promover a disseminação do conhecimento em nanociências e fomentar a criação de novas sinergias científicas e académicas para impulsionar a investigação na área das nanopartículas e na sua aplicação para responder aos desafios do futuro. Estes

aspectos são particularmente visíveis na forma como a nanotecnologia está a revolucionar muitos setores da tecnologia e da indústria, como por exemplo, a medicina, a energia, a tecnologia da informação, a segurança interna, o transporte, a segurança alimentar e as ciências ambientais, entre muitos outros.

Esta 5.ª edição, que decorreu no Hotel Aldeia dos Capuchos, contou com 125 participantes de 28 países. A sessão inaugural do ISN²A 2022 contou com a presença dos professores Carlos Lodeiro e José Luís Capelo, e dos investigadores Elisabete Oliveira e Hugo M. Santos, do LAQV/REQUIMTE – FCT NOVA. Nesta sessão foi lançado o mote para um programa científico verdadeiramente excepcional, que incluiu quatro sessões plenárias, nove *Keynotes*, 49 conferências convidadas, 30 apresentações curtas “*Shotguns*” e 45 *posters*. As sessões plenárias foram proferidas pelo Prof. Ramón Martínez-Mañez da Universidade Técnica de Valência (Espanha) que apresentou novas ideias sobre a comunicação no mundo das Nanopartículas e Nanomotores. A seguir, a Prof.ª Isabel Pastoriza-Santos da Universidade de Vigo (Galiza-Espanha) falou sobre a sinergia entre nano-híbridos plasmónicos e MOFs. Desde os Estados Unidos da América, a Prof.ª Sara Skrabalak da *Indiana University-Bloomington* explicou a preparação de nanocristais multimetálicos por desenho controlado. Finalmente, o Prof. Laurent Bonneviot da Universidade de Lyon (França) dissertou sobre a química de interface das nanopartículas de sílica mesoporosas. As nove *Keynotes* foram apresentadas pelos Professores e investigadores Jonathan Bird (*The State University of New York*, EUA), Inge Zuhorn (*The University of Groningen*, Países Baixos), José Miguel Garcia Martin (CSIC, Espanha), Paulo Ferreira (INL, Portugal), Guang Chu (*Aalto University*, Finlândia), Karthik Shankar (*Alberta University*, Canadá), Kerstin Blank (*Max Planck Institute of Colloids*, Alemanha), Yukio Kawano (*Tokyo Institute of Technology*, Japão), e Dipanjan Pan (*University of Maryland at Baltimore*, EUA).



Delegados do 5th ISN²A 2022-
*International Symposium on Nanoparticles
Nanomaterials and Applications 2022.*

Tal como é habitual, o ISN²A 2022 contou com atividades de promoção do património cultural imaterial da humanidade. No jantar de boas-vindas, e pela mão da “Boémia do Fado”, os participantes foram imersos na riqueza de sons do Fado e na beleza musical da Guitarra Portuguesa. No Jantar de Gala, a violinista Zofia Pajack e a harpista Beatrix Schmitd deleitaram os participantes com algumas obras de A. Vivaldi, L. Boccerini, J. Rodrigo, T. Jones, R. Edelman, V. Monti e L. Greenwood, seguido de uma sessão de convívio com Queimada Galega. Durante o Jantar de Gala, o Prof. Laurent Bonneviot recebeu o Prémio PROTEOMASS. Este prémio, entregue pelo CEO e pelo *Chairman* da PROTEOMASS, os Professores Carlos Lodeiro e José Luis Capelo, respetivamente, constitui o reconhecimento do percurso científico excepcional do premiado na área das Partículas de Sílica Mesoporosas.

A parte social do simpósio contou ainda com uma visita à baixa lisboeta, e com um *cocktail* científico onde se discutiu ciência ao sabor da música.



Entrega do Prémio PROTEOMASS ao Prof. Laurent Bonneviot (Universidade de Lyon, França) pelos Professores José Luís Capelo e Carlos Lodeiro durante o Jantar de Gala.

O Encontro contou com o apoio institucional do LAQV-REQUIMTE, da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, do Turismo de Portugal e Turismo de Lisboa, da *American Chemical Society*, e das empresas LaborSpirit Lda., Paralab, NanoArts, Bruker, da editora MDPI e do jornal *Nanomaterials*.

Mais informações podem ser encontradas em isn2a2022.com.

A próxima edição do evento terá lugar em 2024, na Costa de Caparica, entre os dias 22 e 25 de janeiro.

>
Carlos Lodeiro
clodeiro@bioscopegroup.org
cle@fct.unl.pt

>
José Luis Capelo
jlcapelom@bioscopegroup.org
jlcm@fct.unl.pt

VIII Encontro Nacional de Estudantes de Química Recebeu Sir Fraser Stoddart, Prémio Nobel da Química



O VIII Encontro Nacional de Estudantes de Química (ENEQUI) realizou-se em Coimbra, nos dias 8, 9 e 10 de abril. Mais de 300 estudantes, investigadores e professores de universidades de todo o país estiveram presentes na primeira edição presencial do ENEQUI depois da pandemia de COVID-19.

O Auditório do Departamento de Química e o Auditório da Reitoria da Universidade de Coimbra receberam vários oradores nacionais e internacionais, num painel em que o principal destaque foi *Sir Fraser Stoddart*, Prémio Nobel da Química em 2016.

A sessão de abertura contou com a presença do Prof. Paulo Eduardo Oliveira, Diretor da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, do Prof. Alberto Canelas Pais, Diretor do Departamento de Química da Universidade de Coimbra, de Daniel Aragão, Presidente da Associação Académica de Coimbra e de Amílcar Duque Prata, Coordenador Geral da Comissão Organizadora do ENEQUI. A primeira palestra plenária foi da responsabilidade do Prof. Luís Arnaut, da Universidade de Coimbra e Presidente da *International Photodynamic Association*, com o tema “Terapia Fotodinâmica de Cancro de uma Perspetiva Molecular”. Seguiram-se as comunicações da Dr.^a Paula Monsanto, do Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses, da Prof.^a Marta Pineiro, da Universidade de Coimbra, e da palestra de *Sir Fraser Stoddart*, da *Northwestern University* (EUA), intitulada “*Artificial Molecular Machines*” – tema que esteve na origem da atribuição do Prémio Nobel em 2016, juntamente com Jean Pierre Sauvage e Bernard Feringa.

No segundo dia, o programa científico iniciou-se com comunicações de três estudantes, Francisco Sousa, Margarida Cordeiro e Maria Inês Mendes. Seguiu-se uma sessão de comunicações em painel, em que mais de uma dezena de estudantes portugueses de licenciatura e mestrado tiveram oportunidade de apresentar o seu trabalho a todos os participantes. O dia continuou com

três palestras plenárias. A primeira, proferida pelo Prof. João Mano da Universidade de Aveiro e reconhecido com o Prémio Luso-Espanhol de Química em 2021, com o tema “Porque é preciso um Químico num grupo de Biomateriais?”; de seguida, o Prof. Mário Berberan Santos, do Instituto Superior Técnico e Prémio Ferreira da Silva 2020 da Sociedade Portuguesa de Química, falou sobre “Luz e Moléculas: Processos de Transferência de Energia”; por fim, uma plenária internacional proferida pelo Prof. Manuel Müller, do *King’s College London* (Reino Unido) e vencedor do *Norman Heatley Award* da *Royal Society of Chemistry* para melhor cientista em início de carreira na interface Química-Biologia.

As comunicações orais de estudantes voltaram a ser o mote de abertura para o último dia do ENEQUI, com mais três estudantes: Sofia Guimarães, Inês S. Marques e Tiago Pinto. Seguiram-se comunicações, proferidas pela Prof.^a Maria Manuel Marques da FCT NOVA e pelo Prof. Filipe Antunes, da Universidade de Coimbra. Após estas comunicações, teve lugar uma Mesa Redonda com o tema “A Importância de Comunicar Ciência”, moderada pelo Prof. Carlos Fiolhais, da Universidade de Coimbra, e que contou com a participação do Prof. João Paiva (Universidade do Porto), do Prof. Pedro Simas (Universidade Católica de Lisboa), da Doutora Liliana Oliveira (SciComPt – Rede de Comunicação de Ciência e Tecnologia de Portugal) e do Dr. Bernardo Albuquerque Nogueira (Universidade de Coimbra). Discutiram-se vários temas relacionados com a forma como os cientistas comunicam com a sociedade, numa conversa onde o público participou ativamente.

Antes da última palestra do ENEQUI, novamente a cargo de *Sir Fraser Stoddart*, os participantes assistiram a uma apresentação acerca da *Chemistry Europe*. Seguiu-se a sessão plenária, intitulada “O meu percurso até Estocolmo”. Nesta palestra, que contou com vários momentos comoventes e de gargalhada da audiência, o

Prof. Stoddart recordou o seu percurso até ter recebido o Prémio Nobel, em 2016, e como tem sido desde então. Na sessão de encerramento, tomaram a palavra a Prof.^a Cláudia Cavadas, Vice-Reitora da Universidade de Coimbra, que realçou a forte participação dos jovens estudantes de Química de todo o país e a qualidade do painel científico presente, e Amílcar Duque Prata, que em nome de toda a comissão organizadora agradeceu a todas as entidades particulares e coletivas que contribuíram para a realização desta edição do ENEQUI. Foram ainda anunciados os vencedores das melhores comunicações, selecionados pela comissão científica. Nas comunicações orais, foram distinguidas Maria Inês Mendes e Sofia Guímaro, e nas comunicações em painel, Bruna Costa.

Informações detalhadas sobre o VIII Encontro Nacional de Estudantes de Química estão disponíveis em enequi.org.



Participantes durante uma sessão do Encontro.

>

Amílcar Prata

Presidente da Comissão Organizadora do ENEQUI
amilcarprata@gmail.com

X Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Química

Decorreu, nos passados dias 8, 9, 10 e 11 de abril, a 10.^a edição do Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Química (X ENEEQ) na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Este evento tem como objetivo juntar os estudantes de Engenharia Química de todo o país, fomentando a discussão de ideias, a partilha de conhecimento, a vivência de experiências em conjunto e permitir uma maior conexão entre os estudantes das várias instituições de ensino do país.

Para isso, o evento contou com palestras e duas mesas redondas sobre os mais diversos temas, atuando sobre as vertentes da Versatilidade em Engenharia Química, Engenharia Química e Saúde, Engenharia Química para a Sustentabilidade e Transição Energética. Para além disso, o evento teve, ainda, durante a tarde de dia 9 de abril, uma sessão de *workshops*

Visão geral do auditório durante uma das palestras.



Mesa Redonda sobre o papel da Engenharia Química na Saúde. Moderação do Professor Joaquim Luís Faria (FEUP e Vice-Presidente da SPQ),

com a participação da Professora Cláudia Gomes Silva (FEUP, LSRE-LCM), Doutora Joana Loureiro (LEPABE) e Doutor Ruben Pereira (ICBAS, I3S).

em *soft-skills*, alimentação saudável, *hard-skills* de Engenharia Química, entre outras.

Para além das atividades técnicas, os participantes tiveram a oportunidade de fazer uma visita pelo Porto realizando um jogo “*Escape In City*” pelas ruas da cidade, terminando num passeio de barco pelas pontes do rio Douro. No último dia, os alunos contaram com visitas de estudo a empresas na zona do Porto, podendo, assim, contactar diretamente com o tecido empresarial.

O evento contou com cerca de 250 participantes de todo o país, tendo tido o apoio de diversas empresas, associações e instituições nacionais e internacionais.

>

Rui Matias

up201806812@edu.fe.up.pt



Global Women's Breakfast GWB 2022 – Quando o Vidro se Torna Mote

O *Global Women's Breakfast* (GWB) 2022 atraiu mais de 400 eventos individuais de 78 países diferentes e envolveu mais de 30.000 químicos. Esta iniciativa, lançada pela IUPAC em 2011 e retomada em 2019, mantém o propósito de “Reforçar a diversidade na Ciência (*Empowering Diversity in Science*)” através da criação de uma rede virtual em que as mulheres com formação e atividade profissional na área da Química e ciências afins se encontram e partilham as suas preocupações, sucessos e aspirações profissionais, como referido anteriormente no *Química* (2021, 45, 293-302).

À semelhança do que aconteceu nos anos anteriores, a Sociedade Portuguesa de Química (SPQ) associou-se de novo a esta iniciativa. Considerando que 2022 é o Ano Internacional do Vidro, definido pela Organização das Nações Unidas, o programa do GWB foi preparado em torno desta temática:

9:15 *Online connection*

9:20 *The GWB – Global Women's Breakfast and IUPAC – Christopher Brett*

9:30 *Painting on Glass – Márcia Vilarigues*

9:40 *Art collection crystal & glass “Única” | Making of “Caneleto” – Vista Alegre – Rita Faustino*

9:50 *The art of a glass blower – António Morais*

10:00 *19th Century, stories told in glass – ISEP Museum Coffee in a glass*

Foram convidad@s tod@s, homens ou mulheres, de ciência ou ligad@s às ciências, a associarem-se a este pequeno-almoço, no dia 16 de fevereiro. Mantendo-se as circunstâncias de pandemia de COVID-19, o pequeno-almoço ocorreu uma vez mais de forma virtual. O número de participantes ultrapassou os 100!

Christopher Brett abriu a sessão, na qualidade de *Past President* da IUPAC (Presidente em 2020-2021) e membro da SPQ. O Professor Christopher Brett, docente da Universidade de Coimbra, enalteceu o papel da IUPAC e referiu-se à evolução que o GWB tem vindo a assumir, tornando-se uma iniciativa com grande visibilidade na atualidade, que se espera esteja a contribuir para a inclusão das mulheres na Ciência, em particular na Química, mas também na Sociedade.

Márcia Vilarigues, docente e investigadora da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa (FCT NOVA), da área da Conservação e Restauro do Património Cultural e da História Técnica da Arte e Degradação de Materiais, falou sobre o vidro na arte realçando o vitral. Márcia Vilarigues partilhou a sua experiência e

encantou-nos com as “receitas” de preparação do vidro (*Int. J. Appl. Glass Sci.* 2020, 11, 756-773), enaltecendo o material como manifestação de Arte.

Rita Faustino é a única mulher a trabalhar no departamento de fabrico do vidro no grupo empresarial Vista Alegre. A sua paixão pelo manuseamento do vidro é contagiante e as suas histórias prenderam-nos a atenção. Para ilustrar o fabrico de algumas peças emblemáticas, Rita usou um filme rodado nas instalações da Vista Alegre (youtu.be/A2sTK8Aqv0). Rita não encontra qualquer dificuldade em ser a única mulher a trabalhar numa equipa composta por homens.

A Química recorre a inúmeros materiais de vidro, desde copos, matrizes, provetas, condensadores, termómetros, termostatos, etc., mas todos os que existem disponíveis e comercializados não respondem a todas as necessidades, sendo fundamental a existência de oficinas de manuseamento de vidro, que contribuem para o sucesso de muitos projetos. Convidámos António Morais, que nos mostrou o rosto de quem desenhou, fabricou, reparou, alterou muitas das peças que alguns dos participantes recordaram com saudade, gratidão e encanto, reconhecendo o contributo determinante para o sucesso dos seus projetos de mestrado, doutoramento e investigação. Hoje aposentado, António Morais alertou para o perigo da extinção destes serviços, cada vez mais escassos nas instituições de Ensino Superior a nível global (technologynetworks.com/tn/blog/carrying-the-torch-for-scientific-glassblowing-297789).

Algumas das peças de vidro do material dos Laboratórios de Química são autênticas relíquias. O Museu do ISEP (isep.ipp.pt/museu) preparou um pequeno filme que mostrava algum do seu espólio, apresentando uma breve explicação da função de cada peça.

O GWB2022 terminou com uma chávena de café, chá ou outra bebida servida em recipiente de vidro e todos juntos, palestrantes e participantes, conseguiram colocar novamente o GWB2022 da SPQ no Mapa do Mundo, no *site* da IUPAC.

Parabéns a todos pelo fantástico evento *Global Women's Breakfast* (GWB) deste ano 2022!

O *Global Women's Breakfast* 2022 gerou muitas informações valiosas, que atualmente estão a ser analisadas em detalhe pela IUPAC. Muitas das imagens do evento de 2022 estão disponíveis na página do GWB Flickr (flickr.com/groups/iupacgwb2022) e confirmam a criatividade e a paixão instalada pelo GWB, a nível global. Para o ano, 14 de fevereiro de 2023, haverá mais e com a respon-

sabilidade acrescida de acontecer no Ano Internacional das Ciências Básicas e do Desenvolvimento Sustentável (IYBSSD) com o tema “*Breaking Barriers in Science*”. A Química unir-se-á à Matemática, Física, Biologia, Geologia, ... e todos faremos do GWB 2023 um evento memorável.

>

Cristina Delerue-Matos

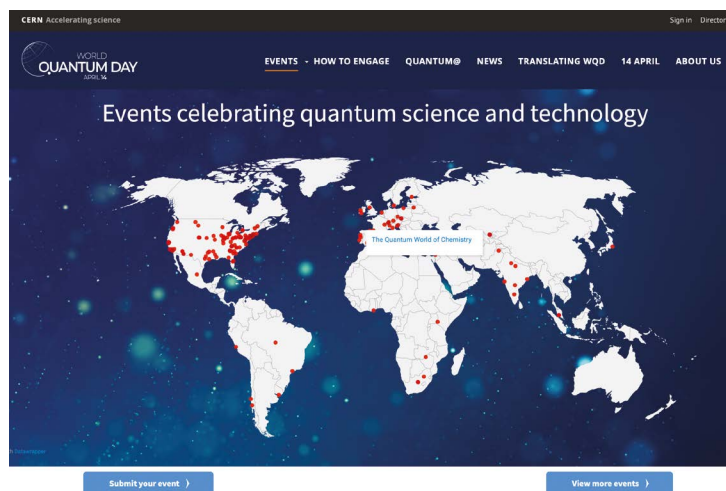
cmm@isep.ipp.pt

World Quantum Day

No passado dia 14 de abril celebrou-se o *World Quantum Day*, que é uma iniciativa de divulgação da ciência e tecnologia de base quântica para público não especialista, promovida por colegas de mais de 65 países. A Sociedade Portuguesa de Química, através do Grupo de Química Computacional, participou com a série de palestras designada “*The Quantum World of Chemistry - O Mundo Quântico da Química*” (worldquantumday.web.cern.ch/events/quantum-world-chemistry-o-mundo-quantico-da-quimica).

A celebração à escala global foi pensada e projetada fundamentalmente por físicos. Realmente, quando pensamos na Teoria Quântica e nos seus efeitos, é óbvio estabelecermos a associação com a Física, a Física Quântica. Esta teoria, já com mais de 100 anos, teve a sua génese numa ideia disruptiva avançada em 1900 pelo físico Max Planck. A sua hipótese da quantização da energia permitiu descrever observações experimentais que a Física e a Termodinâmica Clássica não conseguiam explicar, nomeadamente a emissão de energia radiante por um corpo em equilíbrio térmico. Os estudos deste cientista abriram uma autêntica caixa de Pandora que acabou por dar origem, cerca de duas décadas mais tarde, a toda uma construção sólida de explicação do Mundo: a Mecânica Quântica. Os seus resultados e efeitos são muitas vezes contraintuitivos e até contestados por quem se recusa a ver o Mundo como não-determinístico. Por exemplo, o próprio Albert Einstein, que muito contribuiu para esta “nova Física”, morreu sem acreditar plenamente nas suas consequências. Niels Bohr, físico dinamarquês e um dos principais rostos da Teoria costumava dizer “Quem não se sente chocado com a Teoria Quântica é porque não a compreende”. No entanto, apesar de muitas desconfianças e após um século de rigorosas provas à sua credibilidade (é assim que a Ciência evolui), a Física Quântica tem resistido e, à luz do atual conhecimento, é a Teoria mais completa de que dispomos para descrever o Universo.

Mas, entre os grandes pioneiros desta Teoria há químicos. Lembremo-nos, por exemplo, de Madame Curie (prémio Nobel da Física em 1903 e da Química



em 1911) ou Ernest Rutherford (prémio Nobel da Química em 1908). Na verdade, um químico que estude as reações químicas ao nível molecular/atômico necessita de compreender e dominar a teoria quântica. Os efeitos de correlação eletrónica, sobreposição de estados quânticos, efeito de túnel, etc., estão sempre presentes. A fronteira entre Química e Física fica mais tênue e esse é tipicamente o mundo da Química Computacional.

Por isso mesmo, a Sociedade Portuguesa de Química foi desafiada pelos Organizadores deste evento para participar, e as interessantes palestras selecionadas foram capazes de dar exemplos ilustrativos da importância de fenómenos quânticos no contexto da Química, nomeadamente na conceção de novos fármacos, na indústria de gases e no estudo de mecanismos de reações químicas.

O programa teve a duração de cerca de três horas com a seguinte série de palestras (ver mais detalhes em computational.spq.pt/news/world-quantum-day-april-14):



- “A Química no Espaço Virtual”, Pedro A. Fernandes, Departamento de Química e Bioquímica, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal.

- “Para Além da Ciência: Aplicação da Química Quântica na Indústria dos Gases”, Filipe Menezes, Instituto de Biologia Estrutural da Universidade Técnica de Munique/Helmholtz, Munique, Alemanha.

- “Há Química ao Fundo do Túnel”, José Roque, CQC-IMS, Departamento de Química, Universidade de Coimbra, Portugal.

Estas palestras foram transmitidas *online*, via

Zoom, em língua portuguesa e numa linguagem acessível para serem entendidas por um público mais alargado não especialista, mas que sente curiosidade por estas matérias. Para quem perdeu este interessante evento, fica a esperança de uma nova edição do *World Quantum Day* em abril do próximo ano.

>

Alexandre Magalhães

almagalh@fc.up.pt

Pelo Grupo de Química Computacional

Três Portugueses Distinguidos como *Chemistry Europe Fellows* 2020/2021



Anabela A. Valente



Carlos A. M. Afonso



Nuno Maulide

Os químicos portugueses Anabela A. Valente (Departamento de Química da Universidade de Aveiro; Laboratório Associado CICECO), Carlos A. M. Afonso (Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa; iMed - *Research Institute for Medicines*) e Nuno Maulide (Instituto de Química Orgânica, Universidade de Viena, Áustria) foram recentemente distinguidos como *Chemistry Europe Fellows* 2020/2021.

Os principais interesses científicos de Anabela A. Valente centram-se na síntese e caracterização de catalisadores heterogéneos e uso da catálise homogénea e heterogénea (reações de oxidação e ácido-base), nomeadamente para a valorização química da biomassa. A investigação de Carlos A. M. Afonso centra-se essencialmente no desenvolvimento de metodologias sintéticas com recurso a catalisadores e em fluxo contínuo, química mais sustentável, valorização sintética dos recursos naturais nacionais, desenvolvimento de novos líquidos iónicos, biotransformações e síntese de moléculas bioativas. Os interesses científicos de Nuno Maulide situam-se essencialmente na área da química orgânica e incluem o desenvolvimento de novas metodologias sintéticas, em particular

para a obtenção de compostos bioativos, e a síntese total de compostos naturais.

O programa *Chemistry Europe Fellows* foi estabelecido em 2015 pelos presidentes e representantes da *Chemistry Europe* para homenagear bianualmente membros excecionais das Sociedades *Chemistry Europe* que contribuíram de forma significativa através do seu apoio, investigação, criatividade e inovação. É a mais alta distinção concedida pela *Chemistry Europe*. Os *Fellows* recebem um certificado e mantêm a designação como *Chemistry Europe Fellow* para toda a vida. Em 2020/2021 foram distinguidas 27 pessoas:

***Chemistry Europe Fellows* honorários** - Eva E. Wille (Alemanha) e Peter Göllitz (Alemanha).

Chemistry Europe Fellows - Lutz Ackermann (Alemanha), Carlos A. M. Afonso (Portugal), Angela Agostiano (Itália), Nicola Armaroli (Itália), Pablo Ballester (Espanha), Tatiana Besset (França), Vlasta Brezová (Eslováquia), Radek Cibulka (República Checa), Ivana Císařová (República Checa), Fernando P. Cossío (Espanha), Jeanne Crassous (França), Damien Debecker (Bélgica), Célia Fonseca Guerra (Países Baixos), Sonja Herres-Pawlis (Alemanha), Patrik Johansson (Suécia), Péter Kele (Hungria), Christoforos Kokotos (Grécia), Janusz Lewiński (Polónia), Stefan Matile (Suíça), Belén Martín-Matute (Suécia), Nuno Maulide (Áustria), Tatjana Parac-Vogt (Bélgica), Floris Rutjes (Países Baixos), David Spichiger (Suíça), Anabela A. Valente (Portugal).

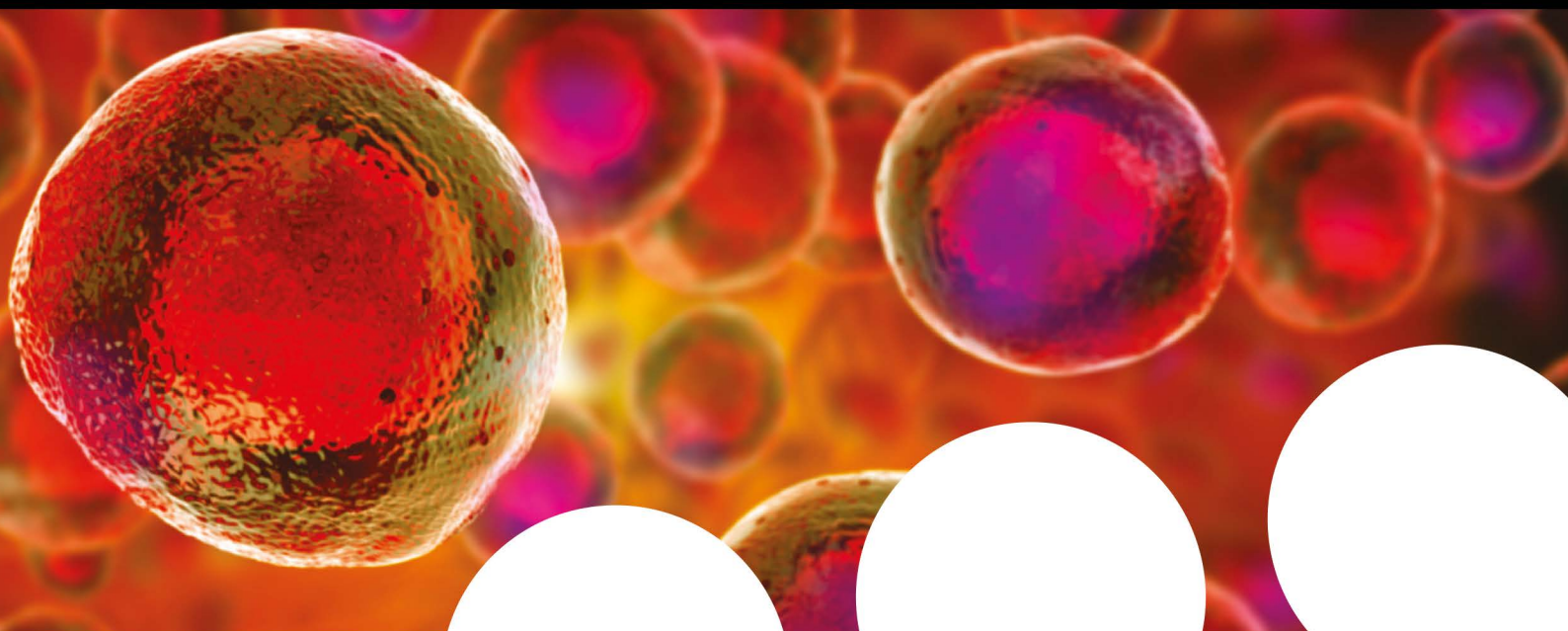
Informação adicional pode ser consultada em chemistryviews.org/fellows.

>

Bruno Machado

brunofm@fe.up.pt

Your research is important and needs to be shared with the world



Benefit from the Chemistry Europe Open Access Advantage

- Articles published open access have higher readership
- Articles are cited more often than comparable subscription-based articles
- All articles freely available to read, download and share.

Submit your paper today.



www.chemistry-europe.org

Poderá a Estrutura Cristalina do Chocolate Ser Influenciada pelo Molde?



Crédito: ChemistryViews

Uma barra de chocolate é uma mistura de massa de cacau, manteiga de cacau, açúcar e outros ingredientes, como o leite em pó, que interagem entre si de modo complexo. Nas barras de chocolate, a gordura consiste principalmente em triacilgliceróis, que podem permanecer no estado líquido ou cristalizar em fases diferentes com pontos de fusão distintos, dependendo das condições de preparação. A temperatura à qual um determinado chocolate funde tem influência no seu sabor e textura, sendo considerado ideal um ponto de fusão próximo da temperatura corporal. Quando os *chocolatiers* fazem chocolate, geralmente vertem o chocolate temperado num molde e deixam-no arrefecer até atingir a forma cristalina desejada.

Fumitoshi Kaneko (Universidade de Osaka, Japão) e colaboradores investigaram o modo como a cristalização de gorduras no chocolate é afetada pela superfície do molde. A equipa de investigação analisou a estrutura dos componentes da gordura em três locais diferentes de uma barra de chocolate (junto à superfície do molde, em contacto com o ar e no centro da barra) usando

espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) com módulo de reflexão total atenuada (ATR), uma técnica que permite o estudo direto de amostras sólidas ou líquidas sem preparação adicional. Os investigadores produziram uma pasta de chocolate com cacau, manteiga de cacau e outros ingredientes que foi fundida e vertida em moldes de policarbonato. Após arrefecimento, as barras de chocolate foram retiradas dos moldes e posteriormente analisadas por FTIR-ATR.

Os resultados obtidos evidenciaram que a superfície da barra do chocolate que contactou com o molde continha cadeias de ácidos gordos regularmente “empacotadas” e mais ordenadas, cujos espectros tinham melhor semelhança com os da forma cristalina mais desejável, o denominado polimorfo V. A superfície da barra de chocolate em contacto com o ar continha cadeias “empacotadas” de modo irregular e mais desordenadas, apresentando o centro da barra de chocolate características intermédias. Estes resultados podem ser explicados pela grande diferença de condutividade térmica entre o material do molde e o ar, o que faz com que a cristalização ocorra de modo suave na região próxima à superfície do molde. Este trabalho de investigação sugere que a estrutura de uma barra de chocolate é muito menos uniforme do que se pensava anteriormente e que melhorar o processo de cristalização pode originar barras de chocolate com melhor sabor e aparência, e com um comportamento de fusão mais favorável.

Fontes

Crystalline Structure of Chocolate Can Be Influenced by the Mold, chemistryviews.org/details/news/11302066/Crystalline_Structure_of_Chocolate_Can_Be_Influenced_by_the_Mold.html (acedido em 31/11/2021).

F. Kaneko, K. Oonishi, H. Uehara, H. Hondoh, *Cryst. Growth Des.* **2021**, *21*, 3290-3298. DOI: 10.1021/acs.cgd.1c00027.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Péptidos Bioativos do Leite Podem Promover o Sono

Como é do conhecimento geral, é frequente ouvir que beber leite morno pode promover o sono. As propriedades do leite responsáveis pela indução do sono são atribuídas, geralmente, ao aminoácido triptofano. No entanto, outros constituintes do leite podem também estar envolvidos no processo. Por exemplo, o tratamento da caseína, uma proteína do leite de vaca, com tripsina (uma enzima), origina

uma mistura de péptidos denominada hidrolisato triptico de caseína (CTH, do inglês *casein tryptic hydrolysate*) que alivia o *stress* e aumenta o sono. Muitos sedativos prescritos para as insónias atuam ativando o recetor GABA, que suprime a sinalização nervosa. No CTH verificou-se que o decapeptido α -casozepina (α -CZP) apresenta afinidade para o local benzodiazepínico do recetor GABA.

L. Zheng, M. Zhao (Universidade de Tecnologia do Sul da China e Centro de Pesquisa de Tecnologias de Regulação de Nutrição e Processamento Verde de Alimentos de Guangdong, Guangzhou, China) e colegas investigaram o CTH na tentativa de encontrar outros péptidos que possam melhorar o sono e, eventualmente, ser mais eficazes que o α -CZP. Os investigadores iniciaram o estudo comparando os efeitos do CTH e α -CZP em testes de sono em ratos, tendo verificado que o CTH evidenciou melhores propriedades para melhorar o sono do que o α -CZP “isolado”. Estes resultados sugerem que podem existir no CTH outros péptidos promotores do sono, para além de α -CZP. A equipa de investigação identificou péptidos bioativos, libertados do CTH durante a digestão simulada, por espectrometria de massa e avaliaram, virtualmente, a sua afinidade de ligação ao recetor GABA e a sua capacidade de atravessar a barreira hematoencefálica. O péptido mais promissor, Tyr-Pro-Val-Glu-Pro-Phe, aumentou de modo significativo, em comparação com um grupo de controlo, quer a proporção de ratos que adormeceram em 15 minutos quer a duração do sono. De acordo com estes investigadores, os efeitos secundários deste péptido e o mecanismo de ação exato necessitam de investigação mais aprofundada.



Crédito: ChemistryViews

Fontes

Bioactive Peptides in Milk Can Promote Sleep, chemistryviews.org/details/news/11323055/Bioactive_Peptides_in_Milk_Can_Promote_Sleep.html (acedido em 20/12/2021).

J. Qian, L. Zheng, G. Su, M. Huang, D. Luo, M. Zhao, *J. Agric. Food Chem.* **2021**, *69*, 11246–11258. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c03937.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Revestimento Duplo Nutre Sementes

Eventos climáticos extremos, com períodos de seca grandes, resultam em *stress* hídrico de muitas culturas, em particular durante os estágios cruciais de germinação das sementes. As sementes são habitualmente revestidas com nutrientes ou fertilizantes. Em regiões semiáridas, que representam cerca de 15% das terras globais, os agricultores e produtores de sementes podem aplicar polímeros superabsorventes às sementes ou ao solo como proteção contra a seca. Essas práticas podem contaminar o solo com excesso de fertilizantes e resíduos poliméricos.

Benedetto Marelli (Instituto de Tecnologia de Massa-

chusetts, EUA) e colaboradores, inspirados pelo revestimento natural das sementes de chia, que expandem na forma de gel quando molhadas, desenvolveram um novo revestimento para sementes que as ajuda a reter a humidade enquanto capturam nutrientes do solo durante a germinação. As sementes foram revestidas com uma camada interna de seda/trealose contendo rizobactérias. As rizobactérias promovem o crescimento das plantas ligando-se às raízes, convertendo o nitrogénio fixado no solo numa forma que a planta pode usar, e também ajudam as plantas a combater o *stress* hídrico. Externamente, a semente foi revestida com pectina e carboximetilcelulose, polímeros biodegradáveis e seguros para alimentos que se expandem em gel e com capacidade para reter água quando expostos à humidade. Este gel ajuda as rizobactérias a colonizar as raízes da planta no início da germinação e mantém a semente húmida. Os investigadores aplicaram este revestimento duplo em sementes de feijão comum que foram deixadas germinar em condições de seca. Em comparação com as sementes não revestidas, as sementes com revestimento duplo desenvolveram raízes significativamente mais longas e as folhas dos seus rebentos tiveram uma tolerância significativamente maior ao *stress* hídrico.

Crédito: Felice Frankel (C&EN, *Chemical & Engineering News*)



Fontes

Double coating nurtures seeds, cen.acs.org/food/agriculture/Double-coating-nurtures-seeds/99/i26 (acedido em 20/12/2021).

A. T. Zvinavashe, J. Laurent, M. Mhada, H. Sun, H. M. E. Fouda, D. Kim, S. Mouhib, L. Kouisni, B. Marelli, *Nat. Food* **2021**, 2, 485-493. DOI: 10.1038/s43016-021-00315-8.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

A Velocidade de Amadurecimento das Uvas Pode Influenciar o Aroma do Vinho

As características das uvas são fortemente influenciadas pelo meio ambiente das vinhas, podendo as alterações climáticas afetar a qualidade das uvas e do vinho. Por exemplo, ondas de calor e secas podem levar a um amadurecimento precoce. À medida que amadurecem, ocorre a acumulação de açúcares, compostos fenólicos e compostos voláteis que originam alterações no perfil da composição química da uva e, conseqüentemente, influenciam o aroma do vinho, um dos aspetos essenciais para a obtenção de um vinho com qualidade. Para contrariar os efeitos negativos das mudanças climáticas na qualidade do vinho, investigadores têm estudado o modo de controlar o processo de amadurecimento das uvas.

Christopher M. Ford (Universidade de Adelaide e *Australian Research Council Training Center for Innovative Wine Production*, Glen Osmond, Austrália) e colegas investigaram como as condições de crescimento das uvas afetam a acumulação de açúcar e a produção de metabolitos secundários, os quais influenciam o aroma do vinho resultante. Estes investigadores cultivaram uvas da casta *Cabernet Sauvignon* numa vinha na Califórnia, EUA. Foi feita uma monda em verde em algumas videiras de modo a reduzir a produção e outras foram irrigadas durante a fase mais tardia do crescimento. Neste estudo, como controlo, algumas uvas cresceram sob condições padrão. Esta equipa recolheu uvas ao longo do período de amadurecimento e determinou o seu teor de açúcar. Os compostos voláteis foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massa (GC-MS).

Os resultados mostraram que as uvas de plantas com menos cachos registaram um aumento mais rápido no teor de açúcar e amadureceram mais cedo. As plantas que foram mais regadas apresentaram uma menor velocidade de formação de açúcar nas uvas. Estes investigadores verificaram que desacelerar o amadurecimento da uva diminuiu o conteúdo de, por exemplo, aldeídos e álcoois com

seis átomos de carbono na cadeia, bem como de 2-isobutil-3-metoxipirazina, composto que está associado às notas características de pimento verde nos vinhos feitos com *Cabernet Sauvignon*. Por sua vez, o amadurecimento mais lento conduziu ao aumento de norisoprenóides e terpenos, que são associados a notas florais e frutadas. Assim, um tempo de crescimento mais longo melhora a qualidade das uvas para vinificação. De acordo com a equipa de investigação, o trabalho precisa ser replicado em várias colheitas para determinar os efeitos de longo prazo da aplicação destas práticas nas mesmas vinhas.

Fontes

Ripening speed of grapes can influence wine taste, chemistryviews.org/details/news/11310824/Ripening_Speed_of_Grapes_Can_Influence_Wine_Taste.html (acedido em 25/10/2021).

P. Previtali, N. K. Dokoozlian, B. S. Pan, K. L. Wilkinson, C. M. Ford, *J. Agric. Food Chem.* **2021**, 69, 7709-7724. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c01229.



Crédito: ChemistryViews

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Compostos Voláteis de Enxofre Influenciam a Aversão dos Consumidores à Couve-flor e aos Brócolos

As interações entre os vegetais do género *Brassica* e a saliva humana podem afetar o desenvolvimento de odores na boca, que por sua vez podem estar ligados à percepção e gosto individual. De facto, muitas crianças e alguns adultos não gostam de vegetais de *Brassica*, como brócolos, couve-flor, repolho e couve de Bruxelas. Estes vegetais contêm sulfóxido de (S)-metil-L-cisteína, um composto que produz odores fortes e sulfurosos na presença de enzimas dos tecidos da planta ou de enzimas produzidas por bactérias nos microbiomas orais de algumas pessoas. Estudos anteriores mostraram que as pessoas podem ter diferentes níveis desta enzima na sua saliva.

Damian Frank, da Organização de Pesquisa Científica e Industrial da *Commonwealth* (CSIRO) de North Ryde na Austrália, e colegas investigaram as diferenças na produção de compostos voláteis de enxofre na saliva de crianças e de adultos e analisaram como estes influenciam a aceitação de vegetais do género *Brassica*. Os investigadores usaram uma cromatografia gasosa olfatométrica acoplada a espectrometria de massa (GC-O-MS) para identificar os principais compostos ativos voláteis, responsáveis pelo odor, em couve-flor e brócolos crus e cozidos a vapor. Depois, pediram a 98 pares de crianças/pais, com crianças entre seis e oito anos de idade, que classificassem e sequenciassem os principais compostos responsáveis pelo odor. O trissulfureto de dimetilo, que tem um aroma sulfuroso e pútrido, foi o odor menos apreciado por crianças e adultos.

A equipa de investigação misturou amostras de saliva com couve-flor crua reduzida a pó e analisou os compostos voláteis produzidos ao longo do tempo. Entre os diferentes indivíduos foram encontradas grandes diferenças na produção de compostos voláteis



Crédito: ChemistryViews

de enxofre. As crianças geralmente tinham níveis semelhantes aos dos seus pais, o que provavelmente poderia ser explicado por microbiomas semelhantes. Crianças cuja saliva produzia grandes quantidades de compostos voláteis de enxofre não gostavam de vegetais crus do género *Brassica*, mas essa relação não era observada em grau significativo nos adultos, que poderiam ter aprendido a tolerar o sabor com o tempo. Estes resultados podem fornecer uma nova explicação para o motivo pelo qual algumas pessoas gostam de vegetais de *Brassica* enquanto outras, especialmente as crianças, não apreciam.

Fontes

Sulfur Volatiles Influence People's Dislike of Cauliflower and Broccoli, chemistryviews.org/details/news/11319954/Sulfur_Volatiles_Influence_Peoples_Dislike_of_Cauliflower_and_Broccoli.html (acedido em 30/11/2021).

D. Frank, U. Piyasiri, N. Archer, J. Heffernan, A. A. M. Poelman, *J. Agric. Food Chem.* **2021**, 69, 11646-11655. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c03889.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Aroma de Morango Silvestre Produzido por um Fungo

O aroma de morango é um dos aromatizantes mais utilizados na indústria alimentar. Um sabor doce, especialmente intenso e único, é atribuído aos morangos silvestres, que crescem frequentemente nas florestas. Estes morangos são bastante raros e caros, pelo que a produção biotecnológica do seu aroma é particularmente útil. Algumas espécies de

fungos conseguem produzir estes aromatizantes. Por exemplo, o fungo *Wolfiporia cocos* pode degradar diversos alimentos e originar a libertação de aromas frutados e florais. A produção de sumo de groselha origina um resíduo denominado bagaço (peles, polpa e sementes), que é um substrato abundante e rico em nutrientes, adequado a este fungo.

Holger Zorn (Universidade de Gießen e Instituto Fraunhofer de Biologia Molecular e Ecologia Aplicada, Gießen, Alemanha) e colegas estudaram e otimizaram as condições para a produção de aroma de morango silvestre para a indústria alimentar. Inicialmente, fizeram culturas de *Wolfiporia cocos* que tinham como fonte única de nutrição o bagaço de groselha, tendo originado aromas frutados e florais. Após adição de L-aspartato de sódio ao meio de cultura, ocorreu a libertação de um aroma análogo ao do morango silvestre. Para identificar com precisão os compostos que contribuíram para o aroma, os investigadores usaram cromatografia gasosa olfatométrica acoplada a espectrometria de massa (GC-O-MS), tendo detetado como componentes principais o (*R*)-linalool, o antranilato de metilo, o geraniol e o 2-aminobenzaldeído. Estes quatro compostos, obtidos comercialmente, foram usados em experiências de recombinação para as quais os investigadores contaram com a colaboração de dez especialistas em avaliação de aromas. Este painel considerou que o aroma resultante destas experiências era muito semelhante ao odor de morango silvestre produzido nas culturas do fungo. O trabalho realizado pelos investigadores evidenciou que o uso de desperdício de alimentos como meio de cultura do fungo *Wolfiporia cocos* pode constituir uma forma sustentável e económica de produzir um aroma semelhante ao do morango silvestre para aplicação industrial.



Crédito: ChemistryViews

Fontes

Wild Strawberry Flavor Produced by a Fungus, chemistryviews.org/details/news/11329302/Wild_Strawberry_Flavor_Produced_by_a_Fungus.html (acedido em 11/12/2021).

S. Sommer, M. A. Fraatz, J. Büttner, A. A. Salem, M. Rühl, H. Zorn, *J. Agric. Food Chem.* **2021**, *69*, 14222–14230. DOI: 10.1021/acs.jafc.1c05770.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

Sensores Portáteis de Nicotina

A nicotina, uma substância aditiva presente nos cigarros tradicionais, e também nos cigarros eletrónicos, aumenta o risco de distúrbios cardiovasculares e respiratórios. A avaliação da exposição à nicotina constitui um desafio. Os métodos atuais para medição dos níveis de nicotina no ambiente são geralmente realizados em laboratório e requerem grandes volumes de amostra e dias a semanas de amostragem. Dispositivos portáteis, práticos, e que façam a monitorização da nicotina em tempo real, podem ajudar a obter uma compreensão completa dos efeitos da nicotina na saúde e permitir aos investigadores medir a exposição quer de fumadores ativos quer de fumadores passivos.

Md. Aatur Rahman, Madhu Bhaskaran (*Royal Melbourne Institute of Technology*, Melbourne, Austrália) e Philipp Gutruf (Universidade do Arizona, Tucson, EUA) desenvolveram um sensor leve, sem bateria e portátil que pode detetar a nicotina em tempo real e enviar os dados em modo *wireless* para dispositivos eletrónicos, como por exemplo, um



Crédito: ChemistryViews

smartphone. A equipa de investigação usou dióxido de vanádio (VO_2) num substrato de poliimida como base para o sensor. Verificaram que a nicotina se pode ligar de modo covalente a um filme fino de VO_2 e alterar a condutividade do filme em função da concentração de nicotina. O sensor foi integrado num dispositivo pequeno e flexível com capacidade para

near-field communication (NFC) que pode coletar as pequenas quantidades de energia de que precisa durante a leitura. O dispositivo deteta a variação na condutividade, amplifica o sinal e transmite-o para um *smartphone*, por tecnologia *wireless*. Quando aplicado na pele, este sensor sem bateria, pode medir a exposição da pessoa à nicotina existente na atmosfera. Segundo os investigadores, esta metodologia alarga o uso de dispositivos eletrônicos portáteis para a monitorização em tempo real de substâncias perigosas presentes no meio ambiente.

Fontes

Wearable Nicotine Sensors, chemistryviews.org/details/news/11331931/Wearable_Nicotine_Sensors.html (acedido em 18/12/2021).

Md. A. Rahman, L. Cai, S. A. Tawfik, S. Tucker, A. Burton, G. Perera, M. J. S. Spencer, S. Walia, S. Sriram, P. Gutruf, M. Bhaskaran, *ACS Sens.* **2022**, 7, 82-88. DOI: 10.1021/acssensors.1c01633.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

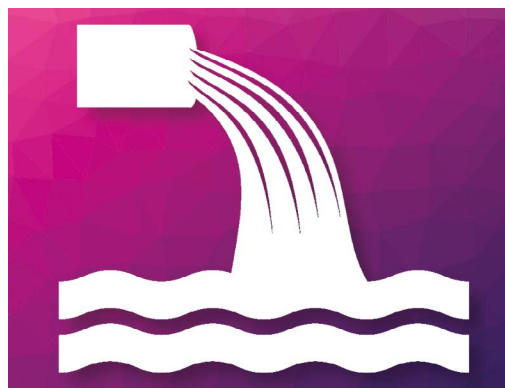
Substâncias Psicoativas Detetadas em Águas Residuais

Novas drogas sintéticas, também conhecidas como novas substâncias psicoativas (NPS, do inglês *new psychoactive substances*) podem mimetizar os efeitos de drogas legais e ilegais. O abuso destas NPS, que são muitas vezes produzidas em laboratórios clandestinos, sem métodos ou ingredientes (*i. e.* reagentes) adequados, pode levar a *overdose* e à morte. As NPS são rastreadas por toxicologistas forenses e autoridades de saúde pública, mas o seu uso global é difícil de determinar uma vez que cada agência recolhe e armazena as suas informações de forma diferente e nem todos os consumidores ou traficantes são identificados. Em contrapartida, o estudo de águas residuais pode fornecer informação abrangente, consistente e quase em tempo real.

C. Gerber (Universidade da Austrália do Sul, Adelaide, Austrália) e colegas usaram esta técnica para avaliar o consumo de vários NPS durante o período de Ano Novo de 2019/2020. Para determinar a variabilidade da distribuição de NPS e os efeitos da pandemia da COVID-19, os investigadores avaliaram quais as drogas que eram prevalentes durante o feriado de Ano Novo de 2020/2021. A equipa recolheu amostras de águas residuais de 25 estações de tratamento em dez países (Austrália, Bélgica, Canadá, China, Fiji, Itália, Nova Zelândia, República da Coreia, Espanha e EUA) nos dias próximos do dia 1 de janeiro de 2021.

Os investigadores fizeram a avaliação da presença de 27 NPS diferentes nas amostras recolhidas usando cromatografia líquida acoplada a espectrometria de massa (LC-MS). Onze desses compostos foram detetados. Apenas num local, nas ilhas Fiji, não foram obtidas quantidades mensuráveis para qualquer uma das substâncias. A equipa de investigação descobriu que a maioria dos compostos eram catinonas sintéticas, também conhecidas como “sais de banho”. A metcatinona, a eutilona e a 3-metilmetcatinona (3-MMC) foram detetadas mais frequentemente e atingiram os níveis

per capita mais altos em águas residuais. Quando os investigadores compararam o período de Ano Novo de 2020/2021 com o feriado do ano anterior, verificaram que a eutilona e a 3-MMC evidenciaram um aumento, com incidência internacional, apesar das restrições da COVID-19 que afetaram as celebrações da véspera de Ano Novo. Por exemplo, a equipa de investigação relata que a 3-MMC foi encontrada na Nova Zelândia pela primeira vez. No geral, o trabalho fornece novas percepções sobre a mudança dos padrões globais de consumo de NPS.



Fontes

Psychoactive Substances Detected in Wastewater, chemistryviews.org/details/news/11331715/Psychoactive_Substances_Detected_in_Wastewater.html (acedido em 18/12/2021).

R. Bade, J. M. White, M. Ghetia, S. Adiraju, S. Adhikari, L. Bijnlsma, T. Boogaerts, D. A. Burgard, S. Castiglioni, A. Celma, A. Chappell, A. Covaci, E. M. Driver, R. U. Halden, F. Hernandez, H.-J. Lee, A. L. N. van Nuijs, J.-E. Oh, M. A. P. Castro, N. Salgueiro-Gonzalez, B. Subedi, X.-T. Shao, V. Yargeau, E. Zuccato, C. Gerber, *Environ. Sci. Technol. Lett.* **2022**, 9, 57-63. DOI: 10.1021/acs.estlett.1c00807.

>

Ana Paula Esteves

aesteves@quimica.uminho.pt

POIROT – Novos Métodos e Abordagens para a Detecção da Adição Ilegal de Fármacos e a Adulteração Botânica de Suplementos Alimentares à Base de Plantas

>

Vasco Bonifácio

vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Os suplementos alimentares à base de plantas (PFS) são legalmente considerados alimentos ao abrigo da Diretiva 2002/46/CE, apesar de conterem plantas medicinais. Os PFS são facilmente adquiridos em supermercados, *online*, etc., e não estão sob o controlo da Agência Europeia de Medicamentos (EMA), mas sim da Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA), que já manifestou preocupação quanto à sua segurança. Um dos principais problemas reside na adulteração destes produtos por adição ilegal de fármacos ou por troca de material botânico. Diferentes estudos e o Sistema de Alerta Rápido para géneros alimentícios e alimentos para animais (RASFF) da União Europeia têm demonstrado que os PFS podem ser dopados com fármacos para gerar efeitos rápidos e aumentar as vendas. Atualmente, a maioria dos estudos centra-se em PFS para perda de peso e desempenho sexual, com escassos estudos noutras categorias. Contudo, o mesmo raciocínio para dopar PFS para perda de peso com anoréticos proibidos ou de desempenho sexual com sildenafil (Viagra) é válido para PFS usados para melhorar o sono, humor ou memória, que podem ser adulterados com sedativos-hipnóticos, antidepressivos, ansiolíticos

ou nootrópicos. Para preencher esta lacuna, um dos objetivos do projeto visa o desenvolvimento de uma metodologia de LC-MS/MS para a identificação e quantificação de fármacos que atuam no sistema nervoso central, propensos a serem ilegalmente adicionados a este tipo de PFS. Adicionalmente, serão desenvolvidos métodos rápidos para triagem *in-situ* (ex., alfândegas e inspeções), nomeadamente sensores baseados em polímeros molecularmente impressos (MIPs). Como caso de estudo, selecionou-se a deteção de 2,4-dinitrofenol, uma substância perigosa para eliminação rápida de gordura, notificada no RASFF desde 2017 e com casos fatais reportados.

Por último, o POIROT aborda o problema da adulteração botânica, tendo como caso de estudo espécies de elevado valor comercial e amplamente utilizadas em PFS (ginkgo, ginseng e bacopa). Para tal, serão desenvolvidos novos métodos para a identificação de espécies em PFS com base em *DNA-barcoding*, sequenciação de nova geração (NGS) e amplificação isotérmica (LAMP).

Em suma, este projeto reúne uma equipa multidisciplinar com *know-how* complementar por forma a abordar o problema da adulteração de PFS, respondendo a diferentes lacunas não consideradas até à data.



>

Ficha Técnica do Projeto

Joana Amaral

Acrónimo: POIROT

Referência: PTDC/SAU-PUB/3803/2021

Financiamento: FCT (Portugal), 2022-2024

Equipa: CIMO/IPB – Joana Amaral (PI), Alice Pinto. **REQUIMTE/**

FFUP – Isabel Mafra, Joana Costa, Liliana Grazina. **REQUIMTE/**

ISEP – Cristina Delerue-Matos, Hendrikus Nouws, Manuela Correia, João Pacheco, Paula Paíga.

Please join us in congratulating Chemistry Europe Fellows Class 2020/2021

Chemistry Europe – a partnership of 16 European chemical societies – established this fellowship to honor extraordinary contributions.



Lutz
Ackermann



Carlos A. M.
Afonso



Angela
Agostiano



Nicola
Armaroli



Pablo
Ballester



Tatiana
Besset



Vlasta
Brezová



Radek
Cibulka



Ivana
Čisářová



Fernando P.
Cossio



Jeanne
Crassous



Damien
Debecker



Célia
Fonseca Guerra



Sonja
Herres-Pawlis



Patrik
Johansson



Péter
Kele



Christoforos
Kokotos



Janusz
Lewiński



Stefan
Matile



Belén
Martín-Matute



Nuno
Maulide



Tatjana
Parac-Vogt



Floris
Rutjes



David
Spichiger



Anabela A.
Valente



Peter Göllitz
Honorary Fellow



Eva E. Wille
Honorary Fellow

Sustentabilidade na Área Alimentar: Porquê a Emergência?

> M. Beatriz P. P. Oliveira*
Rita C. Alves

Food Sustainability: Why the Emergency?

“Food sustainability: why the emergency?” is the question that starts this article. Throughout the text, some situations justify the concern about these matters to avoid a shortage of food, resources, and water. These include a new political/legislative approach, economic aid for change and the conditions for the food industry to innovate. Sustainability means meeting the needs of the present without compromising the future generations through strategic actions and the use of sustainable technologies. The transformation of current food systems requires several changes at different levels, but it is undeniable that only with these attitudes do we have food for all. The valuation of by-products within the circular economy is an increasingly supportive approach, but there are still some difficulties to reach the market with the resulting products. There is, however, a great expectation that the problem will be overcome. The final part of the article presents some examples of by-products valuation from the coffee roasting and olive oil production chains. There is much to do to close the cycle (circular economy) and achieve zero waste.

“Sustentabilidade alimentar: porquê a emergência?” é a pergunta que inicia este artigo. Ao longo do texto apresentam-se situações que justificam a preocupação e o cuidado a ter nestas matérias para evitar situações mais graves, como a escassez de alimentos, de recursos e de água. Nestes desafios incluem-se também uma nova abordagem política/legislativa, ajuda económica para a mudança e a criação de condições para a indústria alimentar inovar. Entende-se por sustentabilidade a satisfação das necessidades do presente sem comprometer as necessidades das gerações futuras, através de ações estratégicas e recurso a tecnologias sustentáveis. A transformação dos sistemas alimentares atuais requer várias alterações a diferentes níveis, mas é incontestável que só com essas atitudes se poderá ter alimentos para todos. A valorização dos subprodutos no âmbito da economia circular é uma abordagem com cada vez mais adeptos, no entanto com algumas dificuldades ainda para entrar no mercado com os produtos resultantes dessa valorização. Há, contudo, grande expectativa de que o problema seja ultrapassado. São apresentados alguns exemplos de valorização de subprodutos das cadeias de produção da torrefação do café e do azeite. Muito há para fazer até fechar o ciclo (economia circular) e atingir zero resíduos.

1. Grandes desafios globais: disponibilidade de alimentos (Food Security) e diminuição dos recursos

A alimentação é um pilar básico da sociedade, acarretando problemas de saúde com uma dieta desadequada; tanto o excesso como a carência de alimentos geram doenças e, conseqüentemente, gastos com a saúde. Uma dieta diversificada e equilibrada em macro e micronutrientes é essencial para o bem-estar físico, social e económico [1].

A população mundial, até 2050, aumentará 34%, sendo previsível um grande crescimento da produção alimentar ($\pm 50\%$), para responder às necessidades. Tais previsões colocam a sociedade perante um desafio emergente: garantir alimentos para todos sem esgotar as zonas produtivas e o ambiente em geral. A escassez alimentar é uma realidade em determinadas regiões do globo, sendo necessário implementar ações para a sua minimização/erradicação. Esta situação deve-se não apenas à falta de recursos financeiros e ambientais

(terras e climas com condições impróprias para o cultivo), mas também à má distribuição de alimentos. Os países em desenvolvimento têm um abastecimento insuficiente, associado à ausência de conhecimento que permita a otimização e um melhor aproveitamento das condições agrícolas locais [2]. Aumentar a produção de alimentos implica um aumento da utilização de recursos energéticos, hídricos e dos solos, com grandes impactos ambientais. Serão as populações que vivem da agricultura as mais suscetíveis a sofrer com as consequências negativas desta atividade.

A agricultura industrial (intensiva/convencional) tem elevada produtividade, mas, simultaneamente, tem impactos ambientais e sociais preocupantes a nível mundial. A agricultura afeta tudo, desde a emissão de gases de estufa até a diversidade biológica, qualidade da água, erosão dos solos, polinização, sequestração de carbono, saúde humana, meios de subsistência e disponibilidade de alimentos. Esta atividade, no presente, contribui para a degradação dos processos ecológicos, nomeadamente alterações climáticas, perda de integridade da biosfera, alterações destrutivas da terra e a eutrofização dos oceanos. Os sistemas agroecológicos, incluindo os sistemas biológicos/diversos parecem ser capazes de fornecer os alimentos necessários, de modo sustentável e eficiente [3].

O programa das Nações Unidas “Transformar o nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável” tem por objetivo primordial a produção e consumo sustentáveis e visa dar resposta à situação atual [4,5], com tendência a piorar, esperando-se uma falta de alimentos, a nível global. Um exemplo é o caso do trigo duro. O seu preço cresceu, em 2021, cerca de 90% devido às más condições climáticas ocorridas nos principais países produtores (Canadá, líder, com seca e calor; França com tempo chuvoso), apontando-se para colheitas 1/3 inferiores ao normal. Como resultado, perspectiva-se uma carência deste produto para responder às necessidades globais. O trigo duro é a origem da semolina, que é usada na produção de massas, polenta, cuscuz, pão, bases para pizza e alguns doces. Esta situação parece estar fora de controlo, prevendo-se o aumento do seu preço, devido à sua escassez, e a indústria deverá substituí-lo por matérias-primas alternativas [6]. A situação tornou-se ainda mais grave com a atual guerra entre a Rússia e a Ucrânia, dois importantes produtores de cereais.

Proteger a biodiversidade é crucial para evitar a fome no mundo e atingir os objetivos para o Desenvolvimento Sustentável. A biodiversidade é a pedra angular de sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis. São necessários maiores investimentos na proteção dos polinizadores, em melhorias na fertilidade dos solos e na resistência aos efeitos das alterações climáticas. Deve focar-se o apoio, e tem

sido dado pelo menos em algumas partes do mundo, nas comunidades rurais e pequenos agricultores, pois estes dependem da biodiversidade, mas são também quem a mantêm, pois cultivam um grande número de espécies que não é do interesse dos grandes agricultores. Estas políticas resultarão em solos saudáveis e produtivos que sequestram mais carbono e contribuem para uma biosfera saudável [7].

A falta de água deverá ser a principal preocupação na produção alimentar (alimentos, ingredientes, carne e bebidas, agronegócio). Prevê-se um aumento dos gastos de água de 40% até 2030. A subida das temperaturas aumenta o risco de falta de água, e esta também será muito importante para reduzir a pegada de carbono. No entanto, o foco estará nos custos com a produção de carbono e na sua redução, sem grande preocupação com os problemas de escassez de água. Os custos da inação serão muito superiores aos custos da ação.

A água é paga a um valor 3-5 vezes inferior ao seu custo. Impõe-se o seu consumo consciente e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis (irrigação de precisão, cultivo sem solo, uso de sensores e dados de satélite para a gestão da água). O relatório sobre as alterações climáticas de 2021 chama a atenção para os riscos associados à falta de água, caso da disponibilidade de alimentos (*Food Security*), a igualdade alimentar e a melhoria da alimentação e fornecimento de água.

O aumento das temperaturas reduzirá a produção de milho, arroz, trigo e outros cereais e culturas em todo o mundo, e terá particular incidência na zona mediterrânica. Pode ser também afetada a qualidade das rações animais, haverá maior probabilidade de doenças e menor disponibilidade de água. A quantidade das espécies afetadas, insetos, plantas e vertebrados, dependerá dos valores do aquecimento. Também os ecossistemas terrestres e marinhos sofrerão alterações tanto mais graves quanto maior for o aumento da temperatura. Ainda se podem evitar estas alterações com medidas de restauração dos ecossistemas naturais e com o sequestro de carbono, melhorando a biodiversidade, a qualidade do solo e a disponibilidade de alimento a nível local. Outras opções incluem dietas sustentáveis e diminuição do desperdício, gestão adequada da pecuária, redução da desflorestação, florestação e reflorestação e consumo responsável. É expectável que o preço dos alimentos aumente desde já para cobrir os custos desta transição na indústria alimentar. Há quem defenda a agricultura regenerativa (inclui práticas de cultura de cobertura), plantio direto, cultivo de rotação, agricultura mista e o uso de tecnologias para melhorar a eficiência de produção e reduzir as emissões decorrentes da produção de alimentos [8].

Nos últimos 25 anos, o Fórum para o Futuro concentrou-se em acelerar a transição para um futuro regenerativo e justo, identificando e desenvolvendo abordagens sistêmicas para alguns dos desafios mais críticos que a sociedade enfrenta, incluindo as alterações climáticas e a equidade social. A agricultura e o sistema alimentar estão no centro desses desafios, sendo simultaneamente causa e solução. A agricultura regenerativa está a ganhar destaque pela contribuição reconhecida como solução de alguns problemas urgentes dos sistemas agrícolas atuais. Do lado ambiental, os custos da agricultura convencional incluem a erosão do solo e um contributo de 8-10% das emissões de gases com efeito de estufa, criando pressão em torno da qualidade da água e do solo e da biodiversidade. Se o solo e as plantas sequestram naturalmente carbono, a agricultura pode ser a solução para a crise climática. A agricultura regenerativa pode aliviar pressões extremas sobre os agricultores, defendendo a utilização de culturas de cobertura e o aumento da biodiversidade, o que poderia proporcionar fluxos de receita adicionais. Para tal há que enfrentar três desafios principais: o primeiro é político e pede legislação para a regeneração, educando as partes interessadas sobre o valor da agricultura regenerativa; o segundo é dar ênfase à transição e proporcionar ajuda económica e estabilidade aos agricultores para que adotem as mudanças; o terceiro é abrir o mercado, criando condições para a indústria alimentar ter sempre acesso a diferentes alimentos resultantes da rotação de culturas [9].

2. Sustentabilidade alimentar

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), disponibilidade alimentar é a situação em que todos os seres humanos têm acesso a alimentação suficiente, segura e nutritiva, que lhes permite satisfazer as necessidades energéticas e preferências alimentares e ter uma vida ativa e saudável [10]. As desigualdades sociais afetam severamente o acesso a uma alimentação com qualidade, tanto nos países em desenvolvimento como nos países desenvolvidos. Assim, uma alimentação de qualidade implica que todos tenham acesso a uma alimentação saudável e sustentável [11].

A sustentabilidade consiste em satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades [12]. A sustentabilidade requer ações estratégicas, tais como reduzir as emissões de gases poluentes, maximizar a utilização dos recursos hídricos e dos solos, aumentar a eficiência na produção e no consumo energético, restaurar as florestas e os solos, facilitar e incentivar o acesso de agricultores familiares aos mercados e promover o recurso a tecnologias sustentáveis [10,13].

A agricultura sustentável é uma agricultura de conservação (sistema agrícola capaz de evitar a perda e o desgaste de terras aráveis) assente, essencialmente, em três princípios [10,14,15]:

- Mobilização mínima dos solos, com sementeira direta nos solos e/ou colocação de fertilizantes. Esta ação diminui a erosão dos solos e preserva a matéria orgânica;
- Cobertura permanente dos solos com culturas, com o intuito de manter uma camada protetora de vegetação sobre os solos, impedindo o crescimento das ervas daninhas, o impacto das alterações climáticas e preservando a humidade dos solos;
- Diversificação de espécies através de, pelo menos, três culturas diferentes. A rotação de culturas promove a diversificação de fauna e flora dos solos, contribuindo para o ciclo de nutrientes e consequentemente a prevenção de pragas e doenças [10,16]. Um sistema de produção ecológico é aquele que promove a biodiversidade, produtos nutricionalmente ricos, com benefícios para a saúde humana e impacto ambiental reduzido [16].

A intensificação sustentável dos setores agrícolas pode potencialmente reduzir a expansão da procura de terras de cultivo, mantendo a qualidade dos solos. A alteração dos padrões alimentares pela redução do consumo de produtos de origem animal constitui uma solução sustentável para reduzir o impacto ambiental da produção animal [10,13].

Um sistema alimentar inclui todos os aspetos da alimentação e nutrição dos povos: crescimento das culturas, colheita, embalagem, processamento, transporte, *marketing* e consumo dos alimentos. Significa que há uma ligação entre a população e o ambiente (terra, água, clima,...) e esta interação afeta a saúde e a nutrição humanas. Um sistema é sustentável quando fornece alimentos para todos, sem comprometer a saúde do planeta ou a capacidade das gerações futuras cumprirem também as suas necessidades de alimentos [7].

Os sistemas alimentares atuais têm de mudar rapidamente por vários motivos:

- A fome está a crescer há já vários anos, tendo afetado 811 milhões de pessoas em 2020. Cerca de três mil milhões de indivíduos não têm acesso a dietas saudáveis;
- As alterações climáticas têm afetado a produção de alimentos e a pegada ambiental e a emissão de gases de estufa são realidades também em crescimento;
- Com a perda de biodiversidade devida às práticas atuais e ao dano dos ecossistemas, deparamo-nos com a emergência de novas doenças infecciosas [17].

A transformação dos atuais sistemas alimentares requer alterações/melhorias nas instituições, infraestruturas, regulamentação e mercados, tornando-os mais equitativos e sustentáveis, quer para os agricultores que produzem os alimentos, quer para os consumidores. O que parece incontestável é que só com práticas sustentáveis se conseguirá ter alimentos para todos.

3. Valorização de subprodutos e economia circular

A ciência dos alimentos tem acompanhado o desenvolvimento da sociedade nas diferentes áreas do saber. Apesar disso, os assuntos prementes do passado mantêm-se (controlo da qualidade e segurança) mas com uma complexidade aumentada pelos novos desafios associados à sustentabilidade ambiental e social, à disponibilidade de alimentos para todos (*Food Security*), à redução do desperdício e à valorização de subprodutos da indústria alimentar e da agricultura, entre outros.

Simultaneamente, os consumidores estão mais envolvidos com a sua saúde e bem-estar e na prevenção de doenças crónicas com a alimentação, tendo vindo a aumentar a exigência quanto aos produtos alimentares que adquirem. Pretendem ingredientes naturais, minimamente processados, em aplicações inovadoras.

A sustentabilidade na área alimentar é uma realidade inevitável, emergente e obrigatória. Apenas um desenvolvimento sustentável permitirá enfrentar os grandes desafios globais da disponibilidade de alimentos para uma população crescente. Apenas uma estratégia integrada a nível das ciências agrárias, economia, direito, ciências políticas e sociais, poderá anular parcialmente estas problemáticas mundiais. Na tentativa de superação dos problemas vão surgindo novas abordagens como a eco-nutrição, o consumismo verde e a economia circular com o objetivo único de reduzir/anular os efeitos negativos e aumentar a capacidade de resposta.

Entende-se por economia circular a transformação, através da inovação, de subprodutos ou outros materiais. Esta promove a reutilização, recuperação e reciclagem e ambiciona atingir zero resíduos. Mas nem sempre é fácil conseguir-se

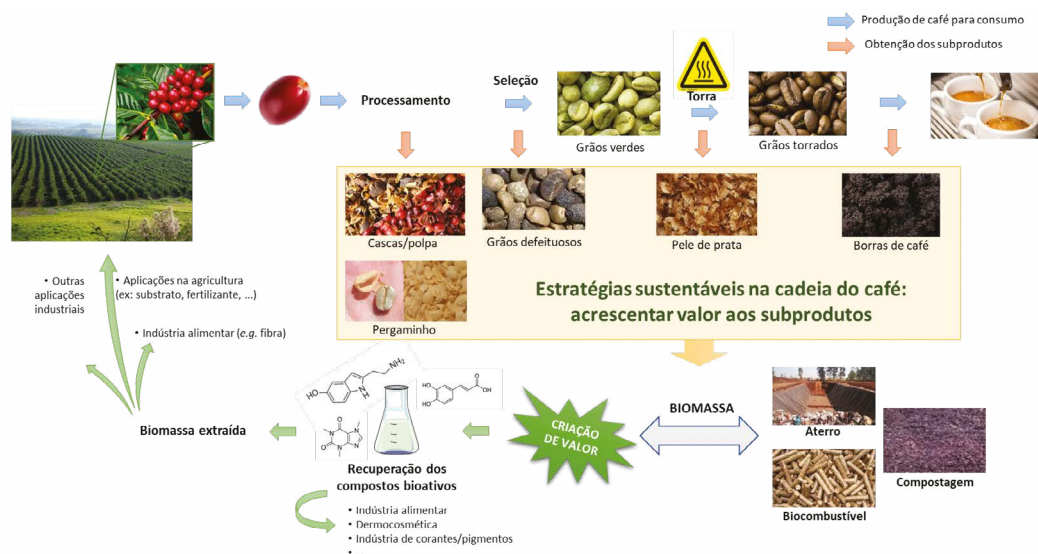
essa valorização pois produtos inovadores à base de subprodutos nem sempre são apoiados pelas empresas alimentares, nem pelos consumidores e, frequentemente, os legisladores são também um obstáculo a essa aprovação.

No entanto, há bastante trabalho visando a valorização de subprodutos e neste artigo são especialmente focados dois subprodutos da indústria alimentar que foram estudados pelo grupo com o objetivo final de fechar o ciclo, ou seja, cumprir a economia circular. São o caso dos subprodutos do café e da produção de azeite.

3.1. Subprodutos do café: o caso da pele de prata

O café é uma bebida bastante popular a nível mundial, correspondendo o seu consumo anual a cerca de 10,2 milhões de toneladas de grãos de café. Este consumo gera, concomitantemente, diferentes resíduos/subprodutos que são descartados ao longo da cadeia de produção e que, devido à sua quantidade (cerca de 50% do grão) levantam problemas ambientais. Para evitar o referido e aumentar a sustentabilidade da cadeia, algumas indústrias tentam valorizar os subprodutos obtidos (Figura 1). São vários os subprodutos de café e incluem os resultantes do processamento pós-colheita, da torrefação e da preparação da bebida. Assim, os principais produtos gerados são: frutos imaturos, grãos defeituosos, pele, polpa, mucilagem, pergaminho, pele de prata e borras de café. Todos são ricos em compostos bioativos com potenciais aplicações em diferentes áreas. Podem ser usados na produção de energia e compostagem tal qual, mas após diferentes processos podem ser incorporados

Figura 1 - Valorização dos subprodutos do café. O fechar do ciclo na produção do café.



em alimentos [18-20] ou em dermocosmética [21]. Alguns são ricos em taninos (frutos imaturos), o que dificulta a sua introdução em propostas alimentares para humanos ou animais. No entanto, são ricos noutros compostos com interesse nutricional ou fisiológico (cafeína, minerais, fibra, ácidos clorogénicos). A presença destes compostos confere-lhes propriedades potencialmente antioxidantes, anti-inflamatórias e antidiabéticas, mas também antivirais, anti-idade, antitumorais, anticelulíticas e de proteção solar [21,22]. Embora possam ter diversas aplicações, é preciso transferir o conhecimento da escala laboratorial para a industrial, o que requer investimento e uma cooperação universidade-empresas, além de legislação adequada [23]. O grupo de investigação terminou um projeto em co-promoção com uma empresa torrefatora visando a valorização do seu principal subproduto, a pele de prata (*Project U2SCoffee*, POCl-01-0247-FEDER-033351).

Como referido, impõe-se criar estratégias para a valorização efetiva dos subprodutos do café. No caso da pele de prata do café, o principal subproduto da torrefação do café, este pode originar um produto de valor acrescentado devido à sua riqueza em compostos benéficos. De acordo com Costa *et al.* [24], a pele de prata tem teores elevados de fibra (56%, sendo 49 insolúvel e 7 solúvel), proteína (12-19%) e cinzas (8%), estando presentes maioritariamente potássio (5%), magnésio (2%) e cálcio (0,6%). Contém maioritariamente ácidos gordos saturados (ácidos palmítico e beénico), mas um teor total de gordura baixo (2,4%). Tem um perfil de vitamina E constituído por sete vitâmeros (não tem apenas α -tocotrienol). É rica em ácido clorogénico (246 mg/100 g) e cafeína (em teores variáveis). Tem uma atividade antioxidante influenciada não só pelos compostos fenólicos, mas possivelmente também pelas melanoidinas presentes. Foi possível verificar que extratos de pele de prata em doses moderadas (0,2-25 g/L) parecem exercer proteção celular contra a oxidação.

De acordo com Fathi *et al.* [25], um extrato deste subproduto enriquecido em cafeína e ácidos clorogénicos foi incorporado em nanopartículas, visando a sua resistência à degradação em condições similares às gastrointestinais e permitindo a permeação dos fitoquímicos pelas membranas celulares. Independentemente do tipo de encapsulação usada (primária e secundária), o produto final mostrou ser adequado para ingestão oral, e aplicação possível em suplementos para a *performance* física ou mental e atividade antioxidante devido à presença de cafeína e de compostos fenólicos.

Machado *et al.* [26] estudaram as frações proteicas e o perfil de aminoácidos deste subproduto (pele de prata do café) sabendo ser rico em antioxidantes, fibra e proteína. O teor total de proteína é de 12%, constituindo o azoto não proteico cerca de 25% do teor

total de azoto determinado. De acordo com os autores, todos os aminoácidos essenciais estão presentes na fração livre, à exceção da metionina. Quanto ao perfil de aminoácidos totais, os ácidos aspártico e glutâmico são os maioritários, embora os aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina, 5-8 mg/g) bem como a prolina e a arginina (~ 5 mg/g) estejam presentes em quantidades substanciais. Esta composição permite pensar na sua aplicação em produtos para a *performance* física e cognitiva.

A riqueza deste subproduto em cafeína e ácidos clorogénicos levou Peixoto *et al.* [27] a estudar o efeito de extratos de pele de prata na absorção de glucose e frutose pelas células epiteliais (Caco-2), uma vez que os referidos fitoquímicos são reconhecidos moduladores do metabolismo dos açúcares. No estudo efetuado foram avaliados os efeitos dos referidos compostos, isoladamente e em combinação. Os extratos de pele de prata reduziram significativamente a absorção de glucose ($^3\text{H-DG}$, ~ 17%) e frutose ($^{14}\text{C-FRU}$, ~ 19%). Estes efeitos não foram acompanhados de citotoxicidade, facto confirmado pelo ensaio da lactato desidrogenase. Quando testados individualmente, em concentrações semelhantes às presentes no extrato, tanto a cafeína como o ácido 5-clorogénico não influenciaram a absorção dos referidos açúcares, mas faziam-no quando em conjunto, mostrando uma atividade sinérgica. Estes são resultados promissores que mostram o efeito benéfico que a pele de prata do café pode ter na diabetes tipo II e noutras desordens metabólicas.

Sendo um material lenhocelulósico, a pele de prata tem potencial para a produção de biocompósitos, nomeadamente como fonte de nanocelulose. Como fonte de compostos funcionais, extratos de pele de prata podem ser incorporados em embalagens ativas com propriedades antioxidantes e antimicrobianas [28]. A utilização da pele de prata no desenvolvimento de embalagens é mais uma abordagem no contexto da economia circular e da valorização deste subproduto das indústrias torrefadoras de café.

3.2. Subprodutos da produção do azeite

O azeite é a gordura por excelência da dieta mediterrânica. A sua produção e consumo tem crescido a nível mundial, devido aos seus efeitos benéficos na saúde e às suas características organolépticas. A produção de azeite tem um impacto socioeconómico importante na União Europeia, pois esta lidera a produção (69% da produção mundial), consumo e exportação deste produto alimentar. Em 2020 foram produzidas na Europa 1 900 000 t de azeite, tendo Portugal contribuído com 141 000 t. Apenas 15-20% do peso da azeitona é azeite, ficando os restantes 80-85% como resíduo (bagaço de azeitona, BA). Este é constituído por polpa, pele e pedaços de caroço das

azeitonas. Devido à sua proveniência, o BA é uma fonte importante de compostos bioativos com efeitos benéficos na saúde humana, mas, simultaneamente, esses mesmos compostos são fitotóxicos, impedindo a germinação e crescimento de plantas. Pelo referido, o BA tem de ser armazenado em condições específicas, em grandes piscinas ao ar livre, até ser tratado pelas indústrias extratoras, ao longo do ano. Nas extratoras, a fração lipídica ainda presente no BA é extraída com solventes para obter o óleo de bagaço de azeitona bruto. Este é refinado posteriormente e usado na alimentação como óleo alimentar. O produto resultante após a extração com solventes é o bagaço extratado, material de baixo valor económico e usado como biomassa para produção de calor/energia.

Perante o referido, o BA é o tipo de produto que responde ao conceito de eco-nutrição, permitindo obter nutrientes/bioativos e simultaneamente reduzir o impacto ambiental numa estratégia apoiada nos eixos sustentabilidade/alimentação e nutrição. A valorização deste produto permite ao mesmo tempo agregar valor, beneficiar a saúde humana e ainda preservar o ambiente (manutenção do solo e poupança de recursos naturais). Noutra vertente, beneficia a fileira do azeite e o consumidor com novos produtos.

Os compostos fenólicos do BA mais estudados e mais ligados a benefícios são o hidroxitirosol e a oleuropeína, mas também o tirosol, o oleocantal e o ligstrósido. Há já estudos associados ao cancro e doenças cardiovasculares, bem como ao metabolismo lipídico ou a doenças inflamatórias em geral e do intestino [29]. Nunes *et al.* [30] avaliaram a composição química de amostras de BA de Portugal no que se refere a nutrientes e componentes lipossolúveis e hidrossolúveis (vitamina E e compostos fenólicos). Confirmaram a composição em ácidos gordos maioritariamente constituída por ácidos gordos monoinsaturados (75% de ácido oleico); cerca de 79% do total de compostos fenólicos era constituído por hidroxitirosol e comsegolósido; e o hidroxitirosol estava presente em teores da ordem de 84 mg/100 g. Posteriormente, Nunes *et al.* [31] descreveram uma abordagem sustentável e amiga do ambiente para extrair e concentrar (por membranas e pressão) os compostos fenólicos/fitotóxicos do BA. Além disso, após a recuperação dos compostos fenólicos, obtém-se um produto sólido não fitotóxico, podendo pensar-se na sua aplicação como substrato para a produção de plantas/alimentos.

Os trabalhos desenvolvidos pela equipa (Figura 2) permitiram a submissão de duas patentes:

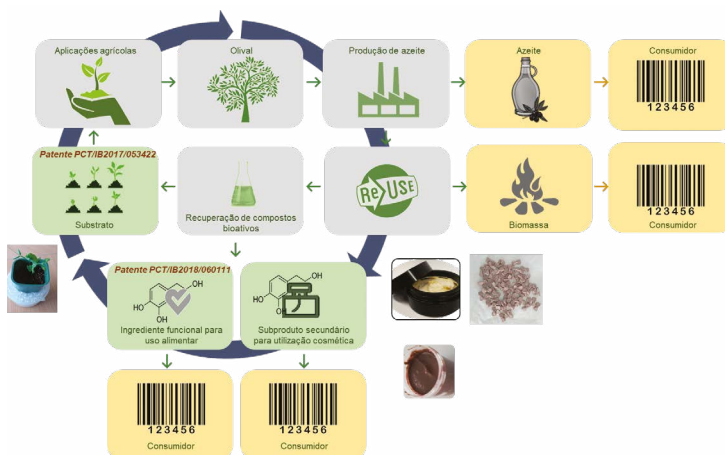
1) *International Application number:* PCT/IB2017/053422; *Publication number:* WO/2017/212450 – designada Soilife, e que pretende transformar o BA num substrato sólido para produção de alimentos e um ingrediente para aplicação em alimentos funcionais,

suplementos alimentares e em cosmética; este projeto teve vários prémios em categorias de sustentabilidade, inovação e agronegócio e, em 2019, a patente foi licenciada a uma *spin-off* da Universidade do Porto que está a escalar o processo;

2) *International Application number:* PCT/IB2018/060111; *Publication number:* WO/2019/116343 – designada Spelive, consiste numa gordura funcional para barrar tendo por base azeite e um ingrediente obtido do BA fresco; o referido ingrediente é uma mistura de compostos bioativos (hidroxitirosol, tirosol, esteróis, tocoferóis, triterpenos, coenzima Q10, potássio, magnésio e cálcio) obtidos por pressão mecânica do BA [32]. O creme para barrar foi submetido a um estudo dos seus atributos face ao posicionamento do mercado/consumidores e intenção de compra. Pelo questionário foi possível verificar a preferência dos consumidores por produtos “naturais” e a aceitação de produtos com subprodutos incorporados [33].

Outros trabalhos do grupo de investigação estudaram a atividade antimicrobiana do ingrediente obtido do bagaço fresco [34], tendo sido verificado o seu potencial como conservante natural além do seu interesse nutricional. Várias aplicações estão em estudo e deram origem a alguns trabalhos académicos, tais como: máscara facial com incorporação de BA; incorporação de BA na composição de um *topping* salgado à base de azeitona; enriquecimento de massa com BA e pele de prata do café, visando melhorar o seu valor nutricional; formulação de um patê de azeitonas com BA incorporado, tendo sido possível uma incorporação da ordem de 25%. Estas aplicações, embora ainda em estudo, mostram o potencial deste subproduto para dar origem a novos produtos tornando o mercado mais competitivo e contribuir assim para a disponibilidade de alimentos [32].

Figura 2 – Valorização dos subprodutos do azeite. O fechar do ciclo na cadeia de produção o azeite.



4. Conclusão

Com este artigo pretendeu-se demonstrar a importância do desenvolvimento de sistemas de produção de alimentos sustentáveis e da estratégia de valorização de subprodutos com exemplos de trabalho desenvolvido no grupo de investigação. Muito há a fazer para fechar o ciclo e atingir zero resíduos. No entanto, deveria existir um suporte governamental e do legislador para que os

estudos avançassem para uma escala industrial, e aí sim contribuir para a disponibilidade de alimentos nutritivos e seguros para todos. A atual guerra na Ucrânia veio provar como a disponibilidade de alimentos está num ponto de grande fragilidade e facilmente se pode atingir uma situação de falta de alimentos.

Foi demonstrado que a sustentabilidade alimentar é uma emergência? Talvez.

Referências

- [1] FAO, 2018, fao.org/3/i9553en/i9553en.pdf.
- [2] FAO, *How to Feed the World in 2050*, fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf.
- [3] M. S. DeLonge, A. Miles, L. Carlisle, *Environ. Sci. Policy* **2016**, 55, 266–273. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.09.013.
- [4] M. A. Nunes, A. S. G. Costa, S. Bessada, J. Santos, H. Puga, R. C. Alves, V. Freitas, M. B. P. P. Oliveira, *Sci. Total Environ.* **2018**, 644, 229–236. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.350.
- [5] *United Nations General Assembly, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, 2015.
- [6] Food Navigator.com, “Out of control” durum wheat market expected to cause pasta shortage, foodnavigator.com/Article/2021/09/10/Out-of-control-durum-wheat-market-expected-to-cause-pasta-shortage?utm_source=newsletter.
- [7] IFAD, *Transforming food systems for all*, ifad.org/en/food-systems (acedido em 15/04/2022).
- [8] Food Navigator.com, *Why food brands have a golden opportunity to be stewards of the environment*, foodnavigator.com/Article/2021/06/16/Why-food-brands-have-a-golden-opportunity-to-be-stewards-of-the-environment.
- [9] Forum for the future, *Working together to accelerate the transition to regenerative agriculture in the United States*, forumforthefuture.org/scaling-regenerative-agriculture-in-the-us.
- [10] FAO, 2016, fao.org/3/a-i5387e.pdf.
- [11] A. Cunha, A. S. Pinto, A. M. Correia, B. Miribel, C. Cardoso, C. Sousa Reis, C. Godfray, D. Baldock, F. Duarte, F. Avelaz, H. Barros, I. Carmo, I. Ribeiro, J. Contreras, J. L. Santos, J. L. Domingo, L. Neto, M. H. Cabral, M. L. Nunes, T. Lang, *O Futuro da Alimentação: Ambiente, Saúde e Economia*, Fundação Calouste Gulbenkian, 2013. mediterradiet.org/uploads/attachment/attachment/000/000/047/47/pgDH_FuturoAlimentacao_PT.pdf.
- [12] G. H. Brundtland, *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*, 1987. digitallibrary.un.org/record/139811.
- [13] FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO, *The state of food security and nutrition in the world*, 2017. unicef.org/reports/state-food-security-and-nutrition-world-2017.
- [14] V. T. Raju, *Indian J. Agric. Econ.* **2011**, 66, 67–69. DOI: 10.1201/b21225-4.
- [15] S. Bhan, U. K. Behera, *Int. Soil Water Conserv. Res.* **2014**, 2, 1–12. DOI: 10.1016/S2095-6339(15)30053-8.
- [16] Z. He, H. Chen, L. Liang, J. Dong, Z. Liang, L. Zhao, *Let. Appl. Microbiol.* **2019**, 68, 522–529. DOI: 10.1111/lam.13135.
- [17] IPBES, *IPBES rolling work programme up to 2030*. ipbes.net/work-programme (acedido em 15/04/2022).
- [18] S. I. Mussatto, E. M. S. Machado, S. Martins, J. A. Teixeira, *Food Bioprocess Technol.* **2011**, 4, 661–672. DOI: 10.1007/s11947-011-0565-z.
- [19] V. S. Ribeiro, A. E. Leitão, J. C. Ramalho, F. C. Lidon, *Food Res. Int.* **2014**, 61, 39–47. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.05.003.
- [20] A. Pourfarzad, H. Mahdavian-Mehr, N. Sedaghat, *LWT-Food Sci. Technol.* **2013**, 50, 599–606. DOI: 10.1016/j.lwt.2012.08.001.
- [21] S. M. F. Bessada, R. C. Alves, M. B. P. P. Oliveira, *Cosmetics* **2018**, 5, 5. DOI: 10.3390/cosmetics5010005.
- [22] E. M. Santos, L. M. de Macedo, L. L. Tundisi, J. A. Ataíde, G. A. Camargo, R. C. Alves, M. B. P. P. Oliveira, P. G. Mazzola, *Trends Food Sci. Technol.* **2021**, 111, 280–291. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.064.
- [23] R. C. Alves, F. Rodrigues, M. A. Nunes, A. F. Vinha, M. B. P. P. Oliveira, in *Handbook of Coffee Processing By-Products*, Charis M. Galanakis (Ed.), Academic Press, 2017, 1–26. DOI: 10.1016/B978-0-12-811290-8.00001-3.
- [24] A. S. G. Costa, R. C. Alves, A. F. Vinha, E. Costa, C. S. G. Costa, M. A. Nunes, A. A. Almeida, A. Santos-Silva, M. B. P. P. Oliveira, *Food Chem.* **2018**, 267, 28–35. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.03.106.
- [25] F. Fathi, S. N. Ebrahimi, J. A. V. Prior, S. M. L. Machado, R. M. Kouchaksaraee, M. B. P. P. Oliveira, R. C. Alves, *Pharmaceutics* **2022**, 14, 112. DOI: 10.3390/pharmaceutics14010112.
- [26] S. Machado, A. S. G. Costa, F. B. Pimentel, M. B. P. P. Oliveira, R. C. Alves, *Food Chem.* **2020**, 326, 126940. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.126940.
- [27] J. A. B. Peixoto, N. Andrade, S. Machado, A. S. G. Costa, M. B. P. P. Oliveira, F. Martel, R. C. Alves, *Influence of coffee silverskin, caffeine and 5-caffeoylquinic acid on sugar uptake using Caco-2 cells: a preliminary study*, in *Proceedings of the 2nd International Electronic Conference on Foods – “Future Foods and Food Technologies for a Sustainable World”*, 15–30 October 2021, MDPI: Basel, Switzerland. DOI: 10.3390/Foods2021-11011.
- [28] C. V. Garcia, Y. T. Kim, *J. Polym. Environ.* **2021**, 29, 2372–2384. DOI: 10.1007/s10924-021-02067-9.
- [29] M. A. Nunes, F. B. Pimentel, A. S. G. Costa, R. C. Alves, M. B. P. P. Oliveira, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* **2016**, 35, 139–148. DOI: 10.1016/j.ifset.2016.04.016.
- [30] M. A. Nunes, A. S. G. Costa, S. Bessada, J. Santos, H. Puga, R. C. Alves, V. Freitas, M. B. P. P. Oliveira, *Sci. Total Environ.* **2018**, 644, 229–236. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.350.
- [31] M. A. Nunes, S. Pawlowski, A. S. G. Costa, R. C. Alves, M. B. P. P. Oliveira, S. Velizarov, *Sci. Total Environ.* **2019**, 652, 40–47. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.204.
- [32] M. A. Nunes, *Circular economy and olive pomace: economic, food and environmental sustainability strategies. Adding value to the olive oil processing by-products to promote a sustainable food system*. Tese de doutoramento do Programa Doutoral em Ciências Farmacêuticas, Nutrição e Química dos Alimentos, 2022, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.
- [33] M. A. Nunes, J. C. Lobo, M. B. P. P. Oliveira, R. C. Alves, *Tecnolimentar* **2021**, 28, 28–31.
- [34] M. A. Nunes, J. D. Palmeira, D. Melo, S. Machado, J. C. Lobo, A. S. G. Costa, R. C. Alves, H. Ferreira, M. B. P. P. Oliveira, *Pharmaceutics* **2021**, 14, 913. DOI: 10.3390/ph14090913.

>

*M. Beatriz P. P. Oliveira

REQUIMTE/LAQV, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Professora Catedrática da FFUP, tem desenvolvido a sua carreira na área do controlo da qualidade e segurança dos alimentos. É coautora de mais de 500 publicações internacionais e nacionais, algumas na área da valorização de subprodutos agroalimentares. Tem

larga experiência na área alimentar, nomeadamente na colaboração com empresas do setor. Tem duas patentes e trabalhos premiados no âmbito da valorização de subprodutos. Na sua investigação utiliza metodologias amigas do ambiente e sustentáveis. beatoliv@ff.up.pt

ORCID.org/0000-0002-6767-6596

>

Rita C. Alves

REQUIMTE/LAQV, Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Investigadora Principal do Laboratório Associado para a Química Verde (LAQV/REQUIMTE), tem desenvolvido a sua carreira na área da química alimentar e valorização de subprodutos, em particular na área do café. É coautora de mais de 100 publicações internacionais

e nacionais, tendo vários trabalhos premiados. Tem larga experiência no desenvolvimento de metodologias analíticas para a análise de produtos alimentares e tem colaborado com empresas da área alimentar, em particular, para responder a questões de sustentabilidade e economia circular. rcalves@ff.up.pt

ORCID.org/0000-0002-5053-513X

Farinha de Maçã cv. Bravo de Esmolfe: Um Adoçante Sustentável e Funcional para Produção de Pão Doce Isento de Glúten

>
Rita Beltrão Martins*
Irene Gouvinhas
Maria Cristiana Nunes
Luís Mendes Ferreira
José Alcides Peres
Anabela Raymundo
Ana I. R. N. A. Barros

Apple Flour cv. Bravo de Esmolfe: A Sustainable and Functional Sweetener to Produce Sweet Gluten-Free Bread. *Sweet breads have been an important type of food and are still frequently consumed worldwide. Traditionally its ingredients are wheat flour, sugar, fat, and spices, which do not allow celiac patients to consume it. Gluten-free (GF) bread demand has been increasing, not only due to celiac patients but also as a market trend. Baking without gluten has many challenges related to generally poor sensorial and nutritional bread's characteristics, reason why strategies to overcome this problem are needed. Several studies have shown promising results about improving GF bread quality with by-products from the fruit industry. Thus, in the present work, apple flour from a traditional Portuguese cultivar named "Bravo de Esmolfe" was tested. Apple flour is obtained from rejected small apples, is naturally GF, and the "Bravo de Esmolfe" cultivar particularly presents better nutritional and functional characteristics, when compared to other varieties. Moreover, using apple flour also has the objective of avoiding white sugar in bread's formulation, due to apple's fructose content. The aim of this work was the development of a sweet GF bread with apple flour and study its effect regarding functional and technological characteristics.*

Os pães doces são um alimento importante, sendo consumidos de modo frequente em todo o mundo. Tradicionalmente, os seus ingredientes são farinha de trigo, açúcar, gordura e especiarias, o que não permite que pacientes celíacos os consumam. A procura de pães isentos de glúten (IG) tem vindo a aumentar não só pelos pacientes celíacos, mas também como tendência geral de mercado. Fazer pão sem glúten apresenta muitos desafios que influenciam as características sensoriais e nutricionais, geralmente pouco interessantes, razão pela qual é necessário encontrar estratégias para superar o problema. Vários estudos têm demonstrado resultados promissores na melhoria da qualidade do pão IG, através da incorporação de subprodutos da indústria de frutas. Assim, no presente trabalho, foi testada a utilização de farinha de maçã proveniente de uma cultivar tradicional portuguesa denominada Bravo de Esmolfe. A farinha de maçã é obtida a partir de maçãs pequenas que são rejeitadas, sendo naturalmente isenta de glúten, e a cultivar Bravo de Esmolfe, em particular, apresenta melhores características nutricionais e funcionais, quando comparada com outras variedades. O uso de farinha de maçã tem ainda o objetivo de substituir a adição de açúcar refinado na formulação dos pães, devido ao teor em frutose da maçã. Os objetivos deste trabalho foram desenvolver um pão doce IG com farinha de maçã e estudar o seu efeito nas características funcionais e tecnológicas do pão.

Introdução

Tradicionalmente, diversos países do Mundo possuem inúmeras receitas de pão doce, sendo habitualmente utilizados os seguintes ingredientes: farinha de trigo, adoçante (açúcar ou mel), gordura e especiarias (canela ou erva-doce) [1]. Os pães doces sempre ocuparam um lugar importante nas tradições de cada país, estando particularmente associados a datas festivas e, ainda hoje, são frequentemente consumidos em muitos países Europeus [1,2] e em outras partes do Mundo, como no Irão [3], no México [4] e no Brasil [5], entre muitos outros.

Considerando que cerca de 1% da população mundial vive com doença celíaca (DC), e adicionando a estimativa da população que apresenta outros distúrbios relacionados com o glúten e o trigo, resulta que entre 1 a 15% dos consumidores em todo o mundo têm necessidade de adotar uma dieta rigorosa isenta de glúten, uma vez que é a única solução conhecida para quem sofre deste tipo de problemas [6]. Por outro lado, existe um número crescente de consumidores que optam por evitar produtos com glúten na sua alimentação, sendo atualmente uma importante tendência de mercado [7]. Por todos estes motivos, a necessidade de continuar a investigar formas de melhorar a qualidade sensorial (textura, cor, sabor, aroma) e nutricional dos pães IG torna-se ainda mais premente. Apesar dos inúmeros trabalhos de investigação publicados acerca do desenvolvimento de formulações de pão isento de glúten (IG), muito poucos foram dedicados ao pão doce IG. À limitação de ingestão de glúten por parte dos pacientes celíacos, acresce a associação da diabetes *Mellitus* tipo I a esta enteropatia. De salientar ainda a recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) relativa à redução da ingestão de açúcar por toda a população em geral. Assim, sendo este estudo focado no desenvolvimento de um pão doce IG, é importante escolher farinhas de baixo índice glicémico e, preferencialmente, sem adição de açúcar, a fim de fornecer alternativas adequadas ao referido grupo de consumidores [8]. Desta forma, as farinhas escolhidas para preparar a formulação controlo foram a farinha de trigo sarraceno, de batata-doce e de tremoço, devido ao seu baixo índice glicémico e bom desempenho na formulação de pães IG.

A utilização de subprodutos, ou produtos pouco valorizados, tem sido considerada por muitos autores como uma boa solução para melhorar a qualidade nutricional, funcional e tecnológica do pão IG [9,10]. Vários estudos têm demonstrado resultados promissores no desenvolvimento de pães IG com adição de subprodutos da indústria de transformação de frutas, uma vez que as suas propriedades funcionais representam uma abordagem importante para melhorar a qualidade do pão e de outros produtos

de padaria isentos de glúten [10-15]. No entanto, de acordo com a bibliografia encontrada, não foi ainda desenvolvido nenhum estudo científico sobre a aplicação de farinha de maçã Bravo de Esmolfe, razão pela qual este trabalho incide sobre o estudo da incorporação desta farinha em pão doce IG.

A farinha de maçã é obtida a partir de maçãs (*Malus domestica* Borkh) que são rejeitadas por incumprimento dos requisitos de qualidade exigidos pelo mercado, como o tamanho, a cor da casca ou outros (Figura 1). As maçãs são secas e posteriormente moídas em farinha, podendo assim ser utilizadas na indústria de panificação. Desta forma, é possível valorizar um subproduto, contribuindo para a circularidade do sistema e reduzindo o desperdício de alimentos [16]. A famosa citação “*An apple a day keeps the doctor away*” é cientificamente sustentada por inúmeros estudos que mostraram vários resultados benéficos da ingestão regular de maçãs para a saúde dos consumidores [17,18]. É sabido que este efeito se deve às características da maçã, como o alto teor em fibras, o perfil em compostos fenólicos e a capacidade antioxidante [17,19]. A frutose é o açúcar natural da fruta, igualmente presente na farinha de maçã, e permite evitar a adição de açúcares, apresentando-se como uma vantagem nutricional, além de contribuir para um menor índice glicémico do pão doce IG.

Figura 1 – Maçã *Malus domestica* Borkh cv. Bravo de Esmolfe (em cima) e farinha de maçã obtida a partir desta variedade (em baixo).



A cultivar (cv.) Bravo de Esmolfe é autóctone e encontra-se distribuída pelo interior de Portugal, desde a zona de Portalegre até Bragança, sendo alvo de diversas denominações, de acordo com as áreas de origem, em que a DOP Bravo de Esmolfe pertence exclusivamente ao local de produção da região de Esmolfe (Viseu).

Embora o mercado vá demonstrando um interesse crescente pela cv. Bravo de Esmolfe, o seu consumo é ainda reduzido quando comparado com outras variedades exóticas de maçã. Feliciano *et al.* [20] estudaram diferentes variedades tradicionais portuguesas, entre as quais a Bravo de Esmolfe, concluindo que o conteúdo em fibra, açúcares, β -caroteno, α -tocoferol e compostos fenólicos era superior comparativamente ao verificado com variedades exóticas, tais como a Golden, Granny Smith, Fuji, entre outras. Para a maioria dos parâmetros avaliados, os resultados obtidos mostraram que as variedades tradicionais apresentam uma composição em nutrientes e compostos bioativos equilibrada. Adicionalmente, os autores estudaram as características sensoriais da maçã cv. Bravo de Esmolfe e obtiveram boa aceitação tanto por parte de painéis de provadores treinados, como de consumidores [20]. De acordo com Reis *et al.* [21], o aroma da maçã cv. Bravo de Esmolfe é indiscutivelmente a característica mais valorizada nesta variedade de maçã [21].

Pires *et al.* [22] estudaram a composição química da maçã cv. Bravo de Esmolfe, obtendo os seguintes valores médios (na matéria seca): gordura: 5,90%; proteínas: 2,61%; cinza: 1,84%; hidratos de carbono totais: 89,68% e energia: 492 kcal/100 g. Os investigadores sugerem ainda que a utilização da farinha de maçã cv. Bravo de Esmolfe na formulação de pães IG pode ser uma forma interessante de obter um produto com atributos sensoriais inovadores [22].

Segundo Pires *et al.* [22], a farinha de maçã cv. Bravo de Esmolfe é uma fonte importante de frutose, ácido málico, α -tocoferol e diversos compostos fenólicos, apresentando ainda elevada capacidade antioxidante. Foi ainda demonstrada a capacidade antimicrobiana desta farinha contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas [22]. Num estudo feito por Serra *et al.* [23], foi analisado o efeito de proteção cardiovascular de diferentes variedades de maçã, em que a cv. Bravo de Esmolfe foi a única capaz de reduzir os níveis séricos de colesterol total, LDL-C (*low-density lipoprotein cholesterol*) e triacilglicerídeos totais devido ao seu conteúdo fenólico. Acresce ainda que a cv. Bravo de Esmolfe mostrou ser a mais eficaz na inibição da oxidação do LDL e teve um efeito de redução

de 20% do oxLDL no sangue [17]. Assim, a farinha de maçã apresenta muitos benefícios, podendo ser vista como um adoçante sustentável e, ao mesmo tempo, como um potencial ingrediente funcional a incorporar em produtos de panificação, que habitualmente têm açúcar adicionado nas suas receitas, substituindo-o pela farinha de maçã.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pão doce IG, com a incorporação de farinha de maçã proveniente da cv. Bravo de Esmolfe, e analisar o seu potencial como alimento funcional através da análise dos compostos bioativos e capacidade antioxidante, bem como o impacto nas características tecnológicas do produto final.

Metodologias e resultados

Os pães foram preparados utilizando os seguintes ingredientes: trigo sarraceno (Próvida, Pêro Pinheiro, Portugal), farinha de tremço (Próvida, Pêro Pinheiro, Portugal), farinha de batata doce (Cem Por Certo, Ignoramus, Samora Correia, Portugal), farinha de maçã (Terrius, Marvão, Portugal), fermento desidratado (Fermipan®, Lesaffre, Marcq-en-Baroeul, França), hidroxipropilmetilcelulose, HPMC (Wellence™ 321, DuPont, Wilmington, DE, USA) como agente espessante, açúcar de cana, óleo de girassol, sal marinho e água. Todos os ingredientes foram comprados às empresas fornecedoras aqui indicadas, exceto o açúcar, o fermento, o sal e o óleo, adquiridos no mercado local.

As formulações de cada tipo de pão (por 100 g de farinha) são apresentadas a seguir, tendo sido ajustada a quantidade de água de acordo com ensaios preliminares realizados através do MicrodoughLab com o pão Controlo como referência (resultados não apresentados):

Ingredientes comuns às formulações:

29,0 g de farinha de batata-doce;
25,0 g de farinha de tremço.

Restantes ingredientes, por 100 g de farinhas:

5,5 g de óleo de girassol;
4,6 g de hidroxipropilmetilcelulose (HPMC);
2,8 g de fermento desidratado;
2,8 g de açúcar (apenas destinado a ativar a levedura);
1,7 g de canela;
1,5 g de sal.



A17

Pão com 17% de Farinha de Maçã (A17):

29,0 g de trigo sarraceno + 17,0 g de farinha de maçã
81,0% de absorção de água (considerando 14% de
humidade base na mistura de farinhas)



A23

Pão com 23% de Farinha de Maçã (A23):

23,0 g de trigo sarraceno + 23,0 g de farinha de maçã
79,0% de absorção de água (considerando 14% de
humidade base na mistura de farinhas)



C

Pão Controle (C):

46,0 g de trigo sarraceno + 0 g de farinha de maçã
95,0% de absorção de água (considerando 14% de
humidade base na mistura de farinhas)

Os ingredientes foram misturados, começando por ativar o fermento (água + fermento + açúcar), e de seguida os restantes ingredientes foram adicionados, com um tempo de mistura de 10 min numa misturadora (Bimby® - Vorwerk, Wuppertal, Alemanha). A fermentação ocorreu durante 50 min a 29 °C e os pães cozeram a 180 °C durante 50 min. Após o arrefecimento dos pães durante 2 h, teve início a sua análise nos diversos parâmetros propostos.

De acordo com Gellynck *et al.* [24], a textura dos alimentos em geral, e do pão em particular, é uma das características mais valorizadas na escolha e satisfação do consumidor [24,25]. Especificamente, a textura do pão IG é ainda mais importante por ser um dos parâmetros mais afetados quando o glúten é retirado. Assim, no que se refere à análise da textura dos pães em estudo, foram cortadas fatias com 20 mm de espessura e submetidas ao “teste das duas dentadas” (*Double bite test*), que simula o processo de mastigação, num texturómetro *TA.XT.plus* (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra), como é possível observar na Figura 2.

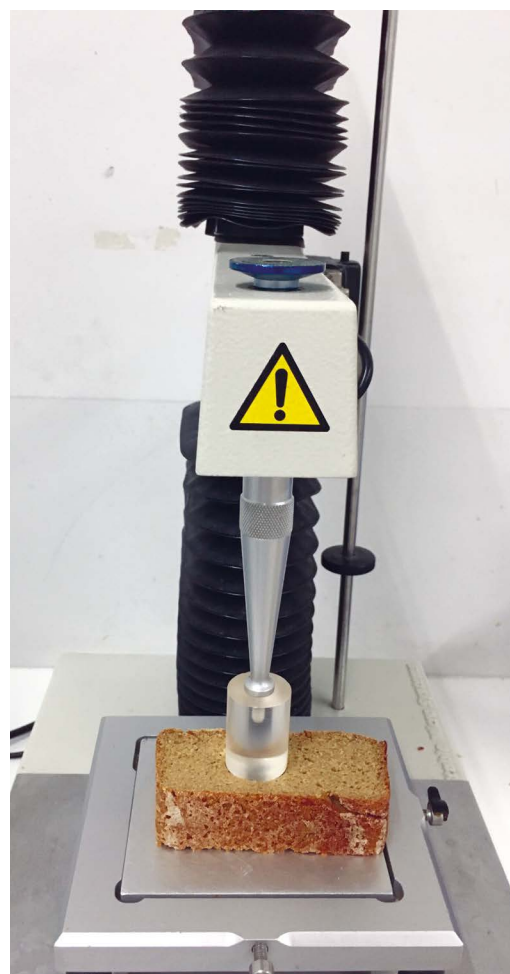


Figura 2 – Análise de perfil de textura com sonda cilíndrica P25 em penetração.

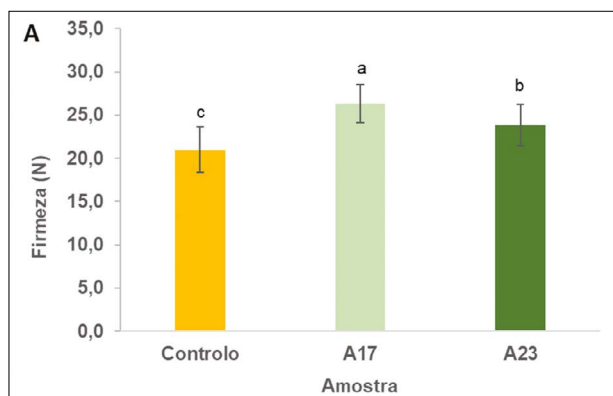
Neste trabalho, a textura do pão doce IG foi analisada através do parâmetro firmeza, que representa o valor da força máxima registada na primeira “dentada” do teste, que decorreu em modo de penetração.

A partir dos valores resumidos no gráfico da Figura 3, é possível perceber o efeito da adição de farinha de maçã neste parâmetro, aumentando a firmeza dos pães A17 e A23, em comparação com o pão controlo, tanto às 2 h como às 24 h. O aumento da firmeza foi mais relevante no pão com 17% de incorporação de farinha de maçã, comparativamente aos 23%, tendo sido significativamente diferente entre todos os pães ($p < 0,05$).

Relativamente aos compostos bioativos, de forma a avaliar o perfil fenólico dos pães obtidos, foi analisado o seu conteúdo em compostos fenólicos totais, *orto*-difenois e flavonoides, através de metodologias descritas, com ligeiras modificações [26]. Em relação à capacidade antioxidante, a sua determinação foi efetuada através de três metodologias distintas, ABTS (2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato) de amónio), DPPH (radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo) e FRAP (*ferric reducing antioxidant power*), de acordo com Teixeira-Guedes *et al.* [27], uma vez que cada uma delas identifica diferentes grupos de compostos antioxidantes, para dessa forma se obter um resultado mais completo [27].

Tal como referido anteriormente, diversos estudos têm vindo a demonstrar a elevada concentração em compostos bioativos, em particular compostos fenólicos, da cv. Bravo de Esmolfe. Assim, seria de esperar o aumento dos teores destes compostos nos pães em estudo. Na Figura 4 é possível observar os resultados obtidos. Verifica-se que a incorporação da farinha de maçã trouxe um aumento significativo ($p < 0,05$) do teor em compostos fenólicos e na capacidade antioxidante nos pães A17 e A23, quando comparados com o pão controlo.

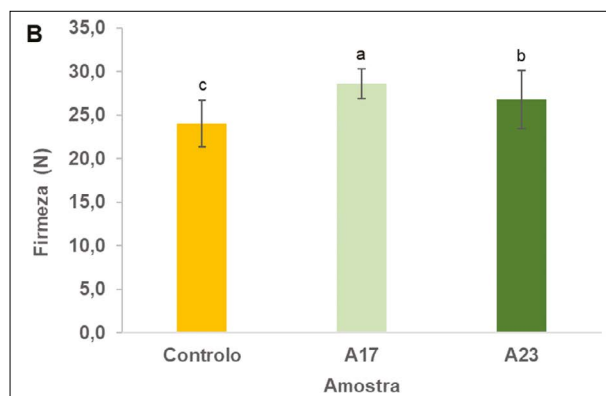
Figura 3 – Resultados da firmeza (N) dos pães analisados (C, A17 e A23) ao fim de 2 h (A) e de 24 h (B). Letras diferentes nas barras do gráfico correspondem a valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).



É de salientar os valores já elevados da formulação controlo, especialmente devidos ao trigo sarraceno [28]. Analisando os valores obtidos nos pães A17 e A23, a diferença entre a concentração em fenóis totais, *orto*-difenois e flavonoides foi significativamente mais elevada na amostra A23 em comparação com a A17. Quanto à capacidade antioxidante, não se verificaram diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os dois pães com farinha de maçã incorporada (A17 e A23).

Os estudos mais recentes acerca da aplicação de subprodutos da indústria da maçã em pão IG utilizaram a polpa de maçã (produto da extração do sumo), no entanto, embora a farinha de maçã esteja disponível no mercado, não foi encontrado nenhum estudo sobre a sua incorporação em pão IG [9,15]. Desta forma, a comparação entre resultados torna-se difícil, não só pelo ingrediente em si, como também pelos métodos de extração, que variam muito, e pelos procedimentos analíticos usados [28].

Inúmeros autores referem os efeitos benéficos para a saúde dos compostos fenólicos (o maior grupo dentro dos compostos bioativos) e, conseqüentemente, da capacidade antioxidante [17,18,28]. Torres *et al.* [28] apresentaram uma revisão da importância dos antioxidantes para a saúde dos pacientes celíacos e de como deverá procurar-se aumentar o seu teor nos pães IG [23]. No entanto, os compostos bioativos em geral, independentemente do seu tipo e concentração, bem como da capacidade antioxidante dos pães, revestem-se de uma enorme complexidade no que se refere ao processo de panificação, uma vez que todas as etapas têm uma grande influência no perfil dos compostos que o pão irá apresentar no final. Assim, a formulação de pães IG com vista a aumentar a concentração em compostos bioativos está dependente não só dos ingredientes adicionados, mas também de diversos fatores ao longo do processo de panificação. Por um lado, o tipo de ingredientes utilizados e a forma como são adicionados influenciam as interações entre as moléculas de água e, conseqüentemente, a retenção dos compostos bioativos [10]. Por outro lado, a mistura



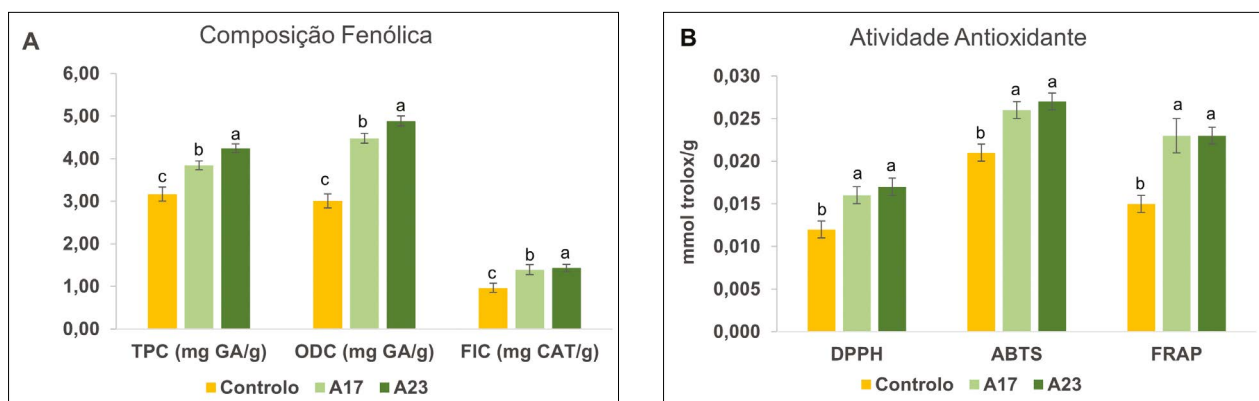


Figura 4 – (A) Resultados da composição fenólica dos pães (Controlo, A17 e A23), concentração em mg GA/g (mg de ácido gálico por g) para TPC e ODC e em mg CAT/g (mg de catequina por g) para FIC. TPC: fenóis totais; ODC: orto-difenóis; FIC – Flavonoides. (B) Resultados da capacidade antioxidante dos pães (Controlo, A17 e

A23), concentração em mmol de trolox por g, pelas metodologias DPPH: radical 2–2–difênil–1–picril–hidrazilo, ABTS: 2,2–azino–bis(3–etilbenzotiazolína–6–sulfonato) de amónio e FRAP: *ferric reducing antioxidant power*. Letras diferentes nas barras do gráfico correspondem a valores estatisticamente diferentes ($p < 0,05$).

dos ingredientes, a fermentação e a cozedura do pão são etapas que têm igualmente uma grande influência sobre o resultado final, em particular a temperatura e o tempo aplicados [10,28]. Betoret e Rosell [10] referem ainda a complexidade das interações dos compostos bioativos com outras moléculas, nomeadamente as proteínas do pão, que por vezes podem levar à formação de moléculas complexas indigeríveis [10].

Assim, na sequência destes resultados promissores, e mediante a complexidade do processo, mostra-se interessante como trabalho futuro o estudo da biodisponibilidade e bioacessibilidade dos compostos bioativos do pão doce IG.

Conclusões

Foi possível incorporar farinha de maçã da cv. Bravo de Esmolfe na formulação de um pão doce sem glúten, sem adição de outros açúcares. A farinha de maçã mostrou ter impacto na textura (firmeza) do pão IG. Por outro lado, a farinha de maçã revelou ser uma fonte importante de compostos bioativos com

capacidade antioxidante. Assim, a farinha de maçã pode ser utilizada como um adoçante natural com inúmeros benefícios para a saúde do consumidor. Uma vez que a farinha é proveniente de maçãs que não estavam a ser aproveitadas, permite não só valorizar este produto como também contribuir para a bioeconomia circular, reduzindo o desperdício alimentar.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro prestado pelos fundos nacionais através da FCT-Fundação para a Ciência e a Tecnologia (PD/BD/135332/2017), no âmbito do Programa de Doutoramento “Cadeias de Produção Agrícola – da mesa ao campo” (PD/00122/2012), ao Projeto AgriFood XXI, n.º da operação NORTE-01-0145-FEDER-000041 cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do NORTE 2020 (Programa Operacional Regional do Norte 2014/2020). Este estudo também foi apoiado pelas Centros de Investigação: CITAB (UIDB/04033/2020), CQVR (UIDB/00616/2020) e LEAF (UIDB 04129/2020).

Referências

- [1] M. T.-Samat, *A History of Food*, 2nd ed. Blackwell Publishing Ltd, **2009**.
- [2] J. L. Vasconcellos, *Etnografia Portuguesa Vol. VI*. INCM – Imprensa Nacional Casa da Moeda, **1982**.
- [3] M. Vatankhah, F. Garavand, B. Mohammadi, A. Elhamirad, *J. Food Meas. Charact.* **2017**, *11*, 1233–1239. DOI: 10.1007/s11694-017-9500-y.
- [4] J. A. B.-Ríos, J. C.-Jardón, A. Y. G.-Lezama, J. A. Ramirez, M. Meraz, H. C.-Navas, *J. Cereal Sci.* **2018**, *79*, 160–167. DOI: 10.1016/j.jcs.2017.10.012.
- [5] D. Damat, R. H. Setyobudi, P. Soni, A. Tain, H. Handjani, U. Chasanah, *Cienc. e Agrotecnologia*, **2020**, *44*, 1–9. DOI: 10.1590/1413-7054202044014820.
- [6] B. Cabanillas, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2020**, *60*, 2606–2621. DOI: 10.1080/10408398.2019.1651689.
- [7] I. Demirkesen, B. Ozkaya, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2022**, *62*, 591–597. DOI: 10.1080/10408398.2020.1823814.
- [8] M. Di Cairano, N. Condelli, M. C. Caruso, N. Cela, R. Tolve, F. Galgano, *Food Bioproc. Tech.* **2021**, *14*, 1490–1502. DOI: 10.1007/s11947-021-02650-x.
- [9] K. H. G. K. Kodagoda, R. A. U. J. Marapana, *Int. J. Food Sci. Nutr.* **2017**, *2*, 24–30.
- [10] E. Betoret, C. M. Rosell, *Cereal Chem.* **2020**, *97*, 9–19. DOI: 10.1002/cche.10204.
- [11] S. A. Mir, S. J. D. Bosco, M. A. Shah, S. Santhalakshmy, M. M. Mir, *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* **2017**, *16*, 25–32. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.01.001.
- [12] A. F. Rocha Parra, P. D. Ribotta, C. Ferrero, *Int. J. Food Sci. Technol.* **2015**, *50*, 682–690. DOI: 10.1111/ijfs.12662.
- [13] M. Föste, C. Verheyen, M. Jekle, T. Becker, *Food Chem.* **2020**, *306*, 125451. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125451.

- [14] Z. Kirbaş, S. Kumcuoglu, S. Tavman, *J. Food Sci. Technol.* **2019**, 56, 914-926. DOI: 10.1007/s13197-018-03554-z.
- [15] D. Gumul, R. Ziobro, J. Korus, M. Kruczek, *Antioxidants* **2021**, 10, 807. DOI: 10.3390/antiox10050807.
- [16] B. Esposito, M. R. Sessa, D. Sica, O. Malandrino, *Sustainability* **2020**, 12, 7401. DOI: 10.3390/su12187401.
- [17] A. T. Serra J. Rocha, B. Sepodes, A. A. Matias, R. P. Feliciano, A. de Carvalho, M. R. Bronze, C. M. M. Duarte, M. E. Figueira, *Food Chem.* **2012**, 135, 2378-2386. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.07.067.
- [18] C. G. Fraga, K. D. Croft, D. O. Kennedy, F. A. T.-Barberán, *Food Funct.* **2019**, 10, 514-528. DOI: 10.1039/c8fo01997e.
- [19] A. Francini, L. Sebastiani, *Antioxidants* **2013**, 2, 181-193. DOI: 10.3390/antiox2030181.
- [20] R. P. Feliciano C. Antunes, A. Ramos, A. T. Serra, M. E. Figueira, C. M. M. Duarte, A. de Carvalho, M. R. Bronze, *J. Funct. Foods* **2010**, 2, 35-45. DOI: 10.1016/j.jff.2009.12.004.
- [21] S. F. A. R. Reis, S. M. Rocha, A. S. Barros, I. Delgado, M. A. Coimbra, *Food Chem.* **2009**, 113, 513-521. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.07.093.
- [22] T. C. S. P. Pires, M. I. Dias, L. Barros, M. J. Alves, M. B. P. P. Oliveira, C. Santos-Buelga, I. C. F. R. Ferreira, *Food Chem.* **2018**, 240, 701-706. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.08.010.
- [23] A. T. Serra, A. A. Matias, R. F. M. Frade, R. O. Duarte, R. P. Feliciano, M. R. Bronze, M. E. Figueira, A. Carvalho, C. M. M. Duarte, *J. Funct. Foods* **2010**, 2, 46-53. DOI: 10.1016/j.jff.2009.12.005.
- [24] X. Gellynck, B. Kühne, F. Van Bockstaele, D. Van de Walle, K. Dewettinck, *Appetite* **2009**, 53, 16-23. DOI: 10.1016/j.appet.2009.04.002.
- [25] A. B. do Nascimento, G. M. R. Fiates, E. Teixeira, *Int. J. Gastron. Food Sci.* **2016**, 7, 27-31. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2017.01.001.
- [26] R. B. Martins, I. Gouvinhas, M. C. Nunes, J. Alcides Peres, A. Raymundo, A. I. R. N. A. Barros, *Molecules* **2020**, 25, 3568. DOI: 10.3390/molecules25163568.
- [27] C. I. Teixeira-Guedes, D. Oppolzer, A. I. Barros, C. Pereira-Wilson, *LWT* **2019**, 103, 238-246. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.01.010.
- [28] M. D. Torres, S. Arufe, F. Chenlo, R. Moreira, *Int. J. Food Sci. Technol.* **2017**, 52, 81-90. DOI: 10.1111/ijfs.13287.
- [29] S. Mildner-Szkudlarz, A. Siger, A. Szwengiel, K. Przygoński, E. Wojtowicz, R. Zawirska-Wojtasiak, *Food Chem.* **2017**, 231, 175-184. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.03.126.

>

Ana I. R. N. A Barros

CITAB - Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences/Inov4Agro (Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-Food Production). Licenciada em Química Alimentar. Mestre em Química dos Produtos Naturais e Alimentos e Doutora em Ciências Químicas, com Agregação na mesma área. Professora Auxiliar com Agregação na UTAD, Diretora do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas (CITAB) e Coordenadora Científica do Laboratório Associado, Instituto de Inovação, Capacitação e Sustentabilidade da Produção Agroalimentar (Inov4Agro).
abarros@utad.pt
ORCID.org/0000-0001-5834-6141

>

Anabela Raymundo

LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Engenheira Química, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e Doutora em Engenharia Agroindustrial, com Agregação na mesma área. Professora Auxiliar com Agregação no ISA, coordenadora do G3 - Food and Feed do LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food). Áreas de investigação: reologia alimentar, desenvolvimento de novos produtos alimentares a partir de fontes

pouco exploradas ou de subprodutos (e.g. microalgas, macroalgas, insetos).
anabraymundo@isa.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0001-5266-1685

>

Irene Gouvinhas

CITAB - Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences/Inov4Agro (Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-Food Production). É Investigadora Júnior do CITAB/Inov4Agro e desenvolve o seu trabalho de investigação na área da química alimentar e valorização de subprodutos da indústria agroalimentar.
igouvinhas@utad.pt
ORCID.org/0000-0002-0575-4958

>

José Alcides Peres

Centro de Química - Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. É Professor Associado com Agregação do Departamento de Química da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). É investigador do Centro de Química de Vila Real (CQVR), sendo o investigador principal do grupo Química Ambiental e atual diretor do curso de doutoramento em Ciências Químicas e Biológicas.
jperes@utad.pt
ORCID.org/0000-0001-7417-9152

>

Luís Mendes Ferreira

CITAB - Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences/Inov4Agro (Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-Food Production). É Professor Associado com Agregação do Departamento de Zootecnia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Desenvolve o seu trabalho de investigação na área da nutrição animal. É Vice-Diretor do Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas desde 2017.
lmf@utad.pt
ORCID.org/0000-0002-3341-861X

>

Maria Cristiana Nunes

LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa. Licenciada e Doutorada em Engenharia Agroindustrial (ISA/ULisboa). Professora Auxiliar na Universidade Lusófona, Professora Auxiliar Convidada na Faculdade de Medicina/ULisboa e investigadora do LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, UI/AGR/04129) do ISA/ULisboa.
crnunes@gmail.com
ORCID.org/0000-0002-1281-8606

>

***Rita Beltrão Martins**

CITAB - Centre for the Research and

Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences/Inov4Agro (Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-Food Production). Centro de Química - Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Licenciada em Eng. Zootécnica e com Mestrado em Segurança Alimentar pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, é aluna do Programa Doutoral Agrichains. Desenvolve o seu trabalho de investigação na área do aproveitamento de subprodutos e ingredientes subexplorados como fontes alternativas de farinhas a incorporar em pães sem glúten.
ritabeltraomartins@icloud.com
ORCID.org/0000-0002-4003-6580

Tomate Verde Fermentado: Uma Via para a Sustentabilidade Económica e Ambiental

>
Sara Simões*
Isabel Sousa
Catarina Prista
Anabela Raymundo

Fermented Unripe Tomato: A Path for Economic and Environmental Sustainability.

Tomato processing is a very important activity in Portugal. Besides not having the right colour, non-red tomatoes, which did not complete the maturation stage, may have some toxic glycoalkaloids, and low levels of lycopene and soluble solids, decreasing the quality of the tomato concentrate. For these reasons, unripe tomatoes are discarded during the harvest stage. If correctly processed, this co-product can still contribute to the food value chain. Fermentation improves the nutritional composition, organoleptic characteristics, and safety of food matrices. The processing of green tomatoes through fermentation has enabled its consumption by humans without negative effects. Thus, the fermentation of green tomatoes was optimized, resulting in a versatile product, with safe glycoalkaloid levels. From an application point of view, hydrocolloids, condiments, and spices were used to enhance the sensory attributes, developing a salad dressing with good sensory acceptance.

A transformação de tomate é uma atividade importante em Portugal. Um dos seus coprodutos é o tomate não vermelho que, por estar imaturo, pode apresentar alguns glicoalcalóides tóxicos e baixos teores de licopeno e sólidos solúveis, para além de não ter a cor desejada. Estes fatores diminuem a qualidade do concentrado de tomate, sendo por isso descartado logo na etapa de colheita. Se processado corretamente, este tomate pode ser reintroduzido na cadeia alimentar, contribuindo para a sua valorização. A fermentação melhora a composição nutricional, as características sensoriais e a segurança dos alimentos. O processamento de tomate verde por fermentação tem possibilitado o seu consumo por humanos sem nenhum efeito negativo aparente. Assim, a fermentação de tomate verde foi otimizada, originando uma matéria-prima versátil, com níveis seguros de glicoalcalóides. Numa ótica de aplicação, utilizaram-se hidrocolóides, condimentos e especiarias, resultando num molho para salada com boa aceitação sensorial.

Introdução

O tomateiro, *Solanum lycopersicum*, é uma planta da família *Solanaceae*, originária da América Central e do Sul, cujo fruto é o tomate, que constitui um componente fundamental e indispensável da gastronomia mediterrânica, desde que foi trazido para a Europa no século XVI [1]. O tomateiro é uma planta anual, perene, de porte arbustivo, cujo fruto é uma baga globulosa ou periforme, de cor vermelha após maturação, cujo interior apresenta lóbulos carpelares e sementes achatadas de forma oval [2]. Quando maduro, o tomate é um alimento rico em licopeno, vitaminas A, C e E,

e minerais como o fósforo e o potássio. Apresenta ainda polifenóis na sua composição, compostos com importante atividade antioxidante [2].

O cultivo de tomate é realizado para atender a duas cadeias produtivas de dimensões distintas: i) a cadeia de tomate industrial para processamento, cuja principal finalidade é a produção de concentrado de tomate, e ii) a cadeia de tomate para consumo em fresco ou tomate de mesa. Uma vez que as duas fileiras apresentam objetivos diferentes, as plantas são selecionadas para atenderem às necessidades existentes.

O tomate para consumo em fresco provém de tomateiros cultivados em estufa e colhidos manualmente, que originam frutos firmes e sem deformações, com cavidades aparentes, gosto equilibrado, intensidade aromática e cor uniforme. O tomate de indústria cresce em tomateiros vigorosos, de diferentes variedades, com elevada produtividade de frutos maduros (cerca de 4,5 - 5,5 °Bx; °Bx = Grau Brix) e com elevado teor de sólidos solúveis (TSS). Pretende-se, desta forma, originar produtos equilibrados do ponto de vista tecnológico e sensorial e também estender o pico de campanha, facilitando o escoamento de matéria-prima nas fábricas.

O tomate de indústria tem mais polpa que o tomate de mesa e, portanto, menos sementes e menores cavidades. Estas plantas, que são mais resistentes a choques mecânicos e a doenças, são plantadas ao ar livre e por isso devem ter folhagem suficiente para ensombrar os frutos, mas não em demasia que desvie excessivamente para esta os nutrientes fornecidos à planta. Por motivo de escala de produção, ao contrário do tomate de mesa, o tomate de indústria é colhido mecanicamente (Figura 1). Para tal, estes tomateiros produzem frutos que se desprendem facilmente da rama e com textura firme, possibilitando o transporte a granel até às fábricas. Adicionalmente, os frutos devem ser uniformes entre si quanto ao tamanho (fases de desenvolvimento sincronizadas) e à maturação, a qual deve ser completa, uma vez que a ausência de cor vermelha está relacionada com parâmetros que diminuem a qualidade do concentrado de tomate [1].

Como todos os produtos hortofrutícolas, a composição do tomate altera-se ao longo da sua maturação devido a várias reações que ocorrem durante esse processo, nomeadamente: a) hidrólise e síntese de compostos responsáveis pelo sabor, aroma e textura do tomate [1,3,4]; b) síntese e decomposição de compostos responsáveis pela cor, nomeadamente licopeno (cor vermelha) e clorofila (cor verde); c) alteração da composição de carotenoides, toco-

feróis e polifenóis. Nas tabelas 1 e 2 apresentam-se, respetivamente, as composições nutricionais e de micronutrientes para o tomate verde e para o tomate maduro, definidas pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA).

Tabela 1 – Composição nutricional para o tomate verde e o tomate maduro.^a Adaptada das referências [3,4].

Constituinte (em 100 g de peso fresco)	Tomate verde	Tomate maduro
Humidade (g)	93,00	94,50
Hidratos de Carbono (g)	5,10	3,90
dos quais Açúcares (g)	4,00	2,60
Proteína (g)	1,20	0,90
Lípidos (g)	0,20	0,20
Cinza (g)	0,50	0,54
Fibra (g)	1,10	1,20

^a Os valores a negrito referem-se, para cada constituinte, aos teores encontrados em maior quantidade.

Tabela 2 – Micronutrientes presentes no tomate verde e no tomate maduro.^a Adaptada das referências [3,4].

Constituinte (em 100 g de peso fresco)	Tomate verde	Tomate maduro
Potássio (mg)	204,00	237,00
Cálcio (mg)	13,00	10,00
Magnésio (mg)	10,00	11,00
Fósforo (mg)	28,00	24,00
Ferro (mg)	0,51	0,27
Cobre (mg)	0,09	0,06
Zinco (mg)	0,07	0,17
Vitamina C (mg) (ácido ascórbico total)	24,30	13,70
Vitamina A (µg) (RAE – Retinol Activity Equivalent)	32,00	42,00
Vitamina E (mg) (α-tocoferol)	0,38	0,54
β-Caroteno (µg)	346,00	449,00
Licopeno (µg)	0,00	2573,00

^a Os valores a negrito referem-se, para cada constituinte, aos teores encontrados em maior quantidade.

Figura 1 – Máquina de colheita e seleção e contentor com tomate vermelho colhido. Observa-se algum tomate verde deixado no campo. Fotografia de João Santos Silva (Centro de Competências para o Tomate de Indústria - CCTI).



Por se tratar de uma planta da família *Solana-ceae*, o fruto do tomateiro pode conter glicoalcalóides tóxicos, toxinas naturalmente presentes nos órgãos desta planta (Tabela 3), sobretudo em fases iniciais de maturação, produzidas como estratégia de proteção contra predadores. No caso do tomateiro, destaca-se a α -tomatina e a desidrotomatina, ainda que esta última em quantidades significativamente menores [5,6]. A produção destes compostos é controlada por diferentes reguladores genéticos e é dependente do crescimento (existe uma relação inversa entre o peso dos frutos e a concentração de α -tomatina [7]) e da maturação dos frutos (a conversão de α -tomatina noutros compostos não tóxicos está correlacionada com a concentração de etileno no ar, o qual afeta diretamente a maturação de frutos climatéricos como o tomate [8]). As plantas otimizadas para tomate de indústria apresentam, no entanto, concentrações significativamente inferiores de glicoalcalóides tóxicos, tendo em conta o método de colheita e de seleção dos frutos e a possibilidade de introdução de tomate verde na cadeia alimentar [6].

Tabela 3 – Concentração de glicoalcalóides em órgãos de tomateiro. Adaptada das referências [5,6].

Órgão da Planta	α -Tomatina (mg/kg de peso fresco)	α -Desidrotomatina (mg/kg de peso fresco)
Frutos maduros	0,3	-
Frutos imaturos grandes	144,0	14,0
Frutos imaturos pequenos	465,0	54,0
Caules grandes	465,0	142,0
Caules pequenos	896,0	138,0
Folhas	975,0	71,0

Portugal tem condições muito favoráveis à produção de tomate de indústria, sendo o 6.º maior produtor a nível mundial [9] e o 3.º maior a nível europeu [10]. De facto, o tomate de indústria é a cultura horto-industrial que detém maior importância económica em Portugal, ocupando 20 000 ha de regadio [9] e exportando cerca de 95% do concentrado produzido [11]. Analisando dados de área e produção de tomate de indústria em Portugal durante a segunda década do século XXI, verifica-se uma redução muito significativa do número de produtores. Este facto está associado ao aumento das áreas de produção médias por produtor, refletindo-se num aumento da área dedicada a esta cultura, gerando uma maior produção de tomate [9].

Os principais objetivos do produtor de tomate de indústria, para além da produtividade, são o controlo do TSS e do teor de licopeno, que estão relacionados com a cor do tomate e determinam a qualidade do concentrado [1,12]. Consequentemente, as máquinas de colheita automática são equipadas com sensores que detetam a cor do tomate, colhendo todos os frutos aquando do pico de maturação geral da plantação. Pretende-se, desta forma, aumentar a eficiência da apanha do tomate com cor vermelha, deixando no campo, juntamente com a restante matéria vegetal, todo o tomate que não apresente essa cor, nomeadamente tomate verde, tomate amarelo e tomate amarelo-alaranjado [1] (Figura 2). As indústrias que processam tomate fazem ainda um segundo rastreio à entrada das instalações de produção, pelo que, se o sistema das máquinas de colheita falhar, um lote com demasiado tomate verde (ainda que residual) pode ser rejeitado, gerando um coproduto da indústria.

Devido aos constrangimentos apresentados, apesar de ser uma cultura sustentável, bem adaptada ao clima e ao perfil tecnológico ao longo da cadeia de valor em Portugal [9], em média são



Figura 2 - Esquema das fases de desenvolvimento, crescimento, maturação e senescência do tomate, com destaque para a etapa da maturação de acordo com a cor predominante do epicarpo e mesocarpo do fruto. Fotografias de Rafaela Santos.

deixadas nos campos seis toneladas de tomate não-vermelho, por cada hectare (Figura 3). Segundo o Centro de Competências para o Tomate de Indústria (CCTI) [13], na campanha de 2015, tal representou um desperdício de 112 mil toneladas de tomate verde, não havendo registo de dados posteriores. Este tomate corresponde não só a desperdício de recursos (terra arável, água e energia), mas também a perdas económicas de cerca de 9%. Representa ainda um problema ambiental, uma vez que não é encaminhado para a alimentação animal, e que a sua incineração, muitas vezes a única via de eliminação, tem impacto ambiental considerável, tendo em conta a sua composição em água e as elevadas quantidades de tomate em causa. É por isso importante valorizar este coproduto da produção de tomate de indústria, de modo a acrescentar valor a toda a cadeia e a diminuir o seu impacto ambiental. A indústria alimentar apresenta algumas restrições quanto à possibilidade de recircular recursos, especificamente os próprios alimentos para consumo humano, devido a questões de segurança alimentar, no sentido de inocuidade, mas também pela sua qualidade nutricional. No entanto, no que concerne ao aproveitamento de 100% dos recursos, existe ainda margem de melhoria, pelo que será esse um dos focos do setor durante os próximos anos [14].

Figura 3 - Tomate verde e intermédio deixado no fim das linhas de tomateiros, após colheita mecânica. Fotografia de João Santos Silva (CCTI).



Figura 4 - Logótipo do grupo operacional GreenTASTE.

Da necessidade de mitigar o impacto deste importante coproduto da indústria do tomate, surgiu o grupo operacional GreenTASTE (PDR2020-1.01 – FEADER-031501; Figura 4), em atividade desde 2017, do qual fazem parte entidades dos vários setores interessados (investigação, produção e indústria) como o CCTI, o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) e o Instituto Superior de Agronomia (ISA).

O projeto GreenTASTE tem como objetivo principal promover a inovação no setor agrícola nacional, tornando-o mais sustentável. Mais concretamente, pretende-se utilizar o tomate verde, que é dado como perda na colheita para a indústria do tomate, de modo a produzir novos produtos fermentados que possam servir de base para o desenvolvimento industrial de novos molhos e temperos. A fermentação faz parte do conjunto de métodos tradicionais de conservação de alimentos [15]. Este processo dá origem a alimentos mais seguros pela redução do pH, redução de compostos tóxicos e indesejáveis [17], aumento da pressão osmótica e produção de compostos antimicrobianos, com elevada estabilidade e com características sensoriais (sabor, aspeto e textura) e nutricionais distintas das matérias-primas que lhes deram origem, com formação de vitaminas, aminoácidos e ácidos gordos essenciais [15,16]. A fermentação de vegetais permite não só estas alterações, mas também o aumento da digestibilidade dos produtos [15,18] ao mesmo tempo que contribui para o enriquecimento do alimento do ponto de vista da saúde, nomeadamente pela adição de probióticos, prebióticos, compostos antioxidantes, entre outros.

O projeto GreenTASTE apresenta quatro objetivos estratégicos: i) potenciar a sustentabilidade na agricultura portuguesa, tendo em conta a forte representação do tomate de indústria no setor agrícola mediterrânico; ii) reduzir a perda de alimentos; iii) divulgar, promover e informar acerca de alternativas ao consumo de produtos hortofrutícolas frescos, sem adição de conservantes ou outros aditivos sintéticos; iv) aumentar a oferta de produtos de tomate, acrescentando produtos de alto valor ao portfólio existente. De forma mais detalhada, os trabalhos desenvolvidos por este grupo, no âmbito do projeto, visam, entre outros objetivos específicos: i) a criação de uma nova gama de produtos nas indústrias de molhos e temperos a partir da nova base; ii) o aumento da rentabilidade dos produtores de tomate ao dar viabilidade económica ao tomate de outra forma rejeitado; iii) anular o desperdício energético de produzir tomate que não é industrialmente aproveitado, tornando esta atividade mais sustentável.

Metodologias e resultados

No Laboratório de Bioenergética Microbiana do ISA foi otimizada a fermentação de polpa de tomate verde, constituída por 50% (m/m) de tomate verde e 50% (m/m) de tomate intermédio [19] provenientes da Azambuja, Benavente, Cartaxo e Vila Franca de Xira. Após ensaios preliminares de seleção de estirpes microbianas promissoras [20], otimizou-se uma fermentação por um consórcio de uma levedura, *Kluyveromyces marxianus* (ISA 2444 da Biblioteca de Estirpes de Leveduras do ISA), e duas bactérias ácido lácticas (BAL), *Lactobacillus plantarum* e *Leuconostoc mesenteroides* (respetivamente CBISA 4386 e CBISA 3963 da Biblioteca de Estirpes Bacterianas do ISA). A polpa de tomate foi pasteurizada, inoculada e colocada a fermentar à temperatura controlada de 25 °C (Figura 5). Amostragens diárias permitiram acompanhar a fermentação através da evolução da concentração estimada de glucose e do valor de pH. Ao fim de quatro dias, quando ocorreu estabilização do valor de pH e esgotamento da glucose, a fermentação foi interrompida por refrigeração [21].

Análises microbiológicas e químicas permitiram verificar o enriquecimento da polpa em ácidos orgânicos ao longo da fermentação, nomeadamente ácido láctico e ácido glutâmico, associados ao aumento significativo da carga de bactérias ácido lácticas e da acidez titulável, e ao consumo de glucose e frutose (Figura 6). Os ácidos produzidos estão associados a aromas apelativos, bem como a impactos benéficos na conservação de alimentos.

As características nutricionais da polpa foram ainda avaliadas por métodos de referência, verificando-se que a fermentação enriqueceu a polpa de tomate verde, fazendo aumentar de



Figura 5 - Frascos de Erlenmeyer em banho termostático a 25 °C, durante o decorrer da fermentação.

forma significativa ($p < 0,05$), em base seca, o teor de proteína solúvel (método de Bradford), cinza (calcinação em mufla), potencial antioxidante (método do DPPH) e teor de ácido ascórbico (titulação direta). Análises por espectrometria de emissão ótica em plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) revelaram ainda um aumento significativo ($p < 0,05$), em base seca, do teor de cálcio, magnésio, potássio, fósforo, enxofre, zinco e manganês, o que implica um enriquecimento significativo em micronutrientes importantes para a saúde humana. Utilizando a técnica de cromatografia líquida de ultra-alta eficiência acoplada com espectrometria de massa (UHPLC-MS), confirmou-se o baixo teor em solanina (toxina típica em batata, pertencente

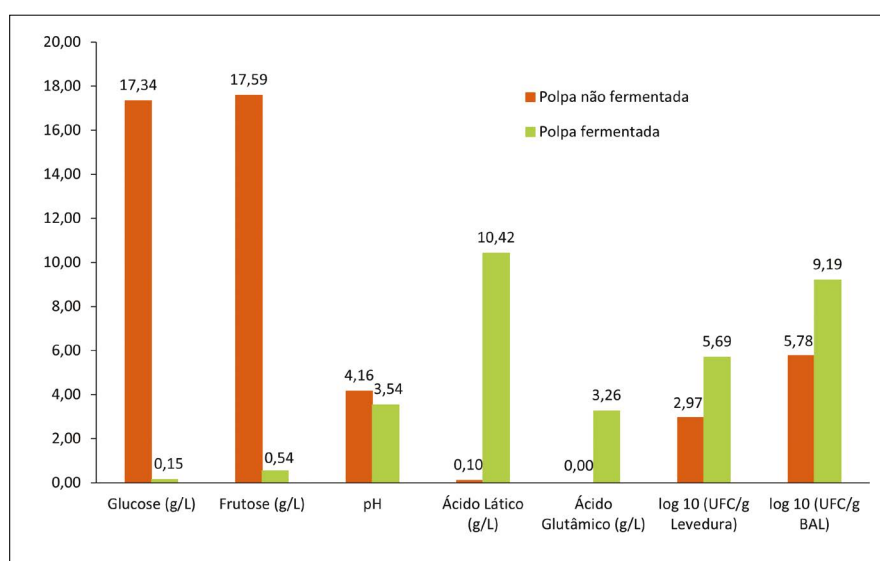


Figura 6 - Parâmetros químicos e microbiológicos da polpa de tomate verde antes e após fermentação. UFC: Unidades formadoras de colónias. BAL: Bactérias ácido lácticas.

à família *Solanaceae*) e α -tomatina na polpa de tomate verde fermentada, assegurando a sua não toxicidade para o consumidor.

O sabor ácido e frutado com apontamentos de azeitona da polpa fermentada permitiu o desenvolvimento de um molho para salada apenas com a adição de alguns ingredientes. Do ponto de vista físico e reológico, através de análises de textura, comportamento viscoelástico, escoamento e cor, selecionou-se o sistema gelificante misto de k-carragenato e goma xantana, um agente gelificante e um agente espessante, respetivamente, adicionados com o objetivo de uniformizar o escoamento da polpa e minimizar a libertação de exsudado. Foi utilizado um produto comercial, *chutney* de manga da marca meia-dúzia[®], como termo de comparação, dado que o modo de apresentação deste produto, em bisnaga, era o almejado para o molho a desenvolver. O molho desenvolvido apresentou um valor de firmeza, de viscosidade limite e grau de estruturação (medido pelo valor do módulo elástico a 1 Hz, G' , e do módulo de Plateau) semelhantes ao produto modelo (Figura 7), permitindo a sua apresentação numa bisnaga, uma embalagem prática, inovadora e mais sustentável se produzida em metal reciclável, adaptada às exigências do consumidor atual.

Após a otimização da componente física do produto, procedeu-se à adição de especiarias e condimentos por forma a realçar o sabor e o aroma da polpa. Foram desenvolvidos dois produtos distintos, bem aceites e avaliados por um painel de provadores não treinados.

Ensaio de conservação permitiram determinar a estabilidade do produto quando armazenado em condições de frio por, pelo menos, quatro semanas, período durante o qual se mantêm estáveis os

valores de pH e TSS, não se verifica crescimento microbiano e se mantêm os parâmetros de cor CIELAB (L^* , a^* e b^*) praticamente inalterados.

A avaliação da composição do molho para salada selecionado permite concluir que este é um produto que permite argumentos nutricionais importantes como: “Baixo teor de gordura”, “Fonte de proteína”, “Sem adição de açúcares”, “Contém açúcares naturalmente presentes” e “Baixo teor de sódio/sal”. Adicionalmente, por ser um produto integralmente de origem vegetal, poder-se-á utilizar o argumento “À base de plantas”, correspondendo às tendências atuais de consumo no setor alimentar.

Finalmente, é importante referir que este produto, e todo o processo que lhe dá origem, está alinhado com três dos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, nomeadamente os ODS 8, 9 e 12, tendo em conta o foco na inovação na indústria através da gestão e consumo sustentáveis de recursos.

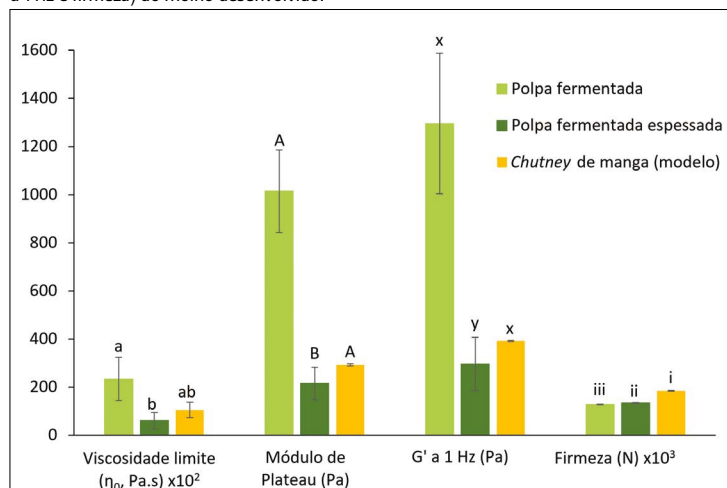
Considerações finais

Embora a indústria do tomate esteja bem implementada e otimizada em Portugal, existem ainda níveis de desperdício relevantes. Nesse sentido, realça-se a importância de projetos como o GreenTASTE, visando a utilização de recursos subaproveitados, mas de enorme potencial, numa ótica de economia circular e tendo em conta o paradigma de escassez e limitação de consumo com que nos deparamos, promovendo a inovação sustentável do ponto de vista ambiental, económico e social, e consequentemente a evolução do setor agroalimentar.

Agradecimentos

As autoras agradecem à equipa GreenTASTE, nomeadamente à Professora Mariana Mota, à Doutora Marisa Santos, à Rafaela Santos e à equipa do Laboratório de Análise Estrutural da Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa, Andreia Bento-Silva, Doutora Noélia Duarte e Professora Rosário Bronze. Este trabalho teve o apoio de fundos nacionais do PDR2020-101-031501_59 n.º - 101 GreenTASTE: “Desenvolvimento de novos produtos alimentares à base de tomate industrial não amadurecido” e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através da unidade de investigação UIDB/AGR/04129/2020 (LEAF).

Figura 7 - Parâmetros físicos (viscosidade limite, módulo de Plateau, G' , a 1 Hz e firmeza) do molho desenvolvido.



Referências

- [1] W. Gould, *Tomato Production, Processing & Technology*, 3.ª Edição, CTI Publications INC., Ohio, EUA, **1992**.
- [2] P. Shukla, K. Bajpai, S. Tripathi, G. K. Gautam, *Int. J. Chem. Pharm. Sci.* **2013**, 1, 521-527. [researchgate.net/publication/340573929_A_Review_on_the_Taxonomy_Ethnobotany_Chemistry_and_Pharmacology_of_Solanum_Lycopersicum_Linn/references](https://www.researchgate.net/publication/340573929_A_Review_on_the_Taxonomy_Ethnobotany_Chemistry_and_Pharmacology_of_Solanum_Lycopersicum_Linn/references).
- [3] USDA "Composição de Tomate Verde," **2020**. fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170456/nutrients (acedido em 07/02/2020).
- [4] USDA, "Composição de Tomate Maduro," **2020**. fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170457/nutrients (acedido em 07/02/2020).
- [5] M. Friedman, *J. Agric. Food Chem.* **2002**, 50, 5751-5780. DOI: 10.1021/jf020560c.
- [6] EFSA Panel of Contaminants in the Food Chain (CONTAM), D. Schrenk, M. Bignami, L. Bodin, J. K. Chipman, C. Hogstrand, L. R. Hoogenboom, J. Leblanc, C. S. Nebbia, E. Nielsen, et al., "Risk Assessment of Glycoalkaloids in Feed and Food in Particular" in *Potatoes and Potato-Derived Products*, **2020**.
- [7] N. Kozukue, M. Friedman, *J. Sci. Food Agric.* **2003**, 83, 195-200. DOI: 10.1002/jsfa.1292.
- [8] S.-H. Choi, S.-H. Lee, H.-J. Kim, I.-S. Lee, N. Kozukue, C. E. Levin, M. Friedman, *J. Agric. Food Chem.* **2010**, 58, 7547-7556. DOI: 10.1021/jf100162j.
- [9] GlobalAgriMar, "Tomate Preparado ou Conservado" **2019**. gpp.pt/imagens/globalagrimar/estrategias/Tomate_FichProdEstrat_2019.pdf (acedido em 02/05/2020).
- [10] INE, *Estatísticas Agrícolas 2017*, **2017**.
- [11] A. Pinto, A. Fragata, V. Martins, *Rev. Ciências Agrárias* **2007**, 31, 36-43.
- [12] T. G. Chandra, K. G. Erwandha, Y. Aditya, B. A. Priyantari, D. Fitriani, M. H. Hakim, A. S. Hidayat, A. M. Hatta, *Proc. SPIE* **2019**, 11044, 1-4. DOI: 10.1117/12.2504987.
- [13] Centro de Competências para o Tomate de Indústria (CCTI), "Tomate Verde para que te quero!", **2019**. Disponível em greentaste.pt/2019/04/10/tomate-verde-para-que-te-que-ro.
- [14] J. Parfitt, M. Barthel, S. Macnaughton, *Philos. Trans. R. Soc. B, Biol. Sci.* **2010**, 365, 3065-3081. DOI: 10.1098/rstb.2010.0126.
- [15] Y. H. Hui, L. Meunier-Goddik, A. S. Hansen, J. Josphsen, W. Nip, P. S. Stanfield, F. Toldrá, "Handbook of Food and Beverage Fermentation Technology", Marcel Dekker, Inc., EUA, **2004**.
- [16] D. Granato, G. F. Branco, F. Nazzaro, A. F. Faria, A. G. Cruz, *Food Sci. Food Saf.* **2010**, 9, 292-302. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00110.x.
- [17] H. Xiang, D. Sun-Waterhouse, G. I. N. Waterhouse, C. Cui, *Food Sci. Hum. Wellness* **2019**, 8, 203-243. DOI: 10.1016/j.fshw.2019.08.003.
- [18] N. Khetarpaul, B. M. Chauhan, *J. Sci. Food Agric.* **1991**, 55, 189-195. DOI: 10.1002/jsfa.2740550204.
- [19] R. Santos, J. S. Silva, M. Mota, I. Sousa, A. Raymundo, C. Prista, *Tecnolimentar* **2020**, 25, 10-12.
- [20] R. Santos, I. Sousa, A. Raymundo, J. S. Silva, C. Prista, M. Mota, *ISHS Acta Hortic.* **2019**, 1233, 239-246. DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1233.33.
- [21] S. Simões, R. Santos, A. Bento-Silva, M. V. Santos, M. Mota, N. Duarte, I. Sousa, A. Raymundo, C. Prista, *J. Sci. Food Agric.* **2021**, 102, 1422-1429. DOI: 10.1002/jsfa.11476.

>

Anabela Raymundo

LEAF (Linking Landscape Environment Agriculture and Food) Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Engenheira Química, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos e doutorada em Engenharia Agroindustrial, com Agregação na mesma área. Docente do ISA, Coordenadora do G3 – Food and Feed do LEAF (Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food). Áreas de investigação: reologia alimentar, desenvolvimento de novos produtos alimentares com microalgas, macroalgas, insetos e subprodutos da indústria alimentar.

anabraymundo@isa.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0001-5266-1685

>

Catarina Prista

LEAF (Linking Landscape Environment Agriculture and Food) Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Doutorada em Engenharia Agroindustrial pelo ISA-ULisboa. É Professora Auxiliar no ISA, lecionando Alimentos Fermentados, e Investigadora do LEAF, na área da fisiologia microbiana e desenvolvimento de alimentos e bebidas fermentadas inovadores, mais seguros, com benefícios para a saúde, a partir de matérias-primas pouco exploradas e subprodutos da indústria alimentar.

cprista@isa.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0001-9307-1905

>

Isabel de Sousa

LEAF (Linking Landscape Environment Agriculture and Food) Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Doutorada em Ciência dos Alimentos (University of Nottingham, Reino Unido), Professora Associada com Agregação no DCEB/ISA/ULisboa. Coordenadora da UDI LEAF da FCT e no ensino na interface Indústria, pioneira em textura e reologia, criou os Laboratórios de Reologia e Tecnologia de Cereais. Possui mais de 90 publicações ISI e vários capítulos de livros em Reologia Alimentar e Alimentos Funcionais.

isabelsousa@isa.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0001-9384-7646

>

***Sara Simões**

LEAF (Linking Landscape Environment Agriculture and Food) Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Licenciada e Mestre em Engenharia Alimentar pelo Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa. Atualmente é bolsista de investigação no centro de investigação LEAF do Instituto Superior de Agronomia, focando-se no desenvolvimento de novos produtos, nomeadamente na área dos produtos fermentados e pouco explorados.

srsimoes@isa.ulisboa.pt
ORCID.org/0000-0002-4421-2174

Embalagens Inteligentes de Base Biológica para Aplicação em Alimentos

>
Carla Sá Faria
António A. Vicente
Joana T. Martins*

Bio-based Intelligent Packaging for Food

Application. *The growing consumer preference for fresh and quality food products has resulted in the development of new packaging technologies able to maintain the safety of the final product as well as to provide information regarding the packaged product, such as its degree of freshness. Intelligent packaging presents itself as a technology aimed at these goals. Furthermore, the production of intelligent packaging using materials from natural origin and biodegradable is an expanding field due to the current objective of reducing the negative environmental impact of using synthetic materials, such as plastics. The latest innovations in intelligent packaging field using materials of biological origin, such as biopolymers (especially, polysaccharides) and natural dyes used as indicators, as well as examples of food applications of these packaging materials, will be presented and discussed.*

A crescente preferência do consumidor por produtos alimentares frescos e de qualidade resultou no desenvolvimento de novas tecnologias de embalagem capazes de manter a segurança final do produto, assim como fornecer informações relativas ao produto embalado, tais como o seu grau de frescura. As embalagens inteligentes apresentam-se como uma tecnologia que pretende atingir estes objetivos. Além disso, a formulação de embalagens inteligentes com materiais de origem natural e biodegradáveis é uma área em expansão devido ao atual objetivo de reduzir o impacto ambiental negativo do uso de materiais sintéticos, como os plásticos. As mais recentes inovações na área de embalagens inteligentes através da utilização de materiais de origem biológica, como é o caso dos biopolímeros (especialmente, polissacarídeos) e corantes naturais usados como indicadores, assim como exemplos de aplicações alimentares destas embalagens serão apresentadas e discutidas.

Embalagens inteligentes

A segurança alimentar é um dos principais problemas de saúde pública global e está relacionada com a qualidade dos alimentos. Se, por um lado, a deterioração do alimento (fenómenos biológicos, químicos ou físicos) provoca alterações que, maioritariamente, não são reconhecidas diretamente, por outro lado, uma pequena discrepância das características originais do produto, seja na cor, consistência ou sabor, pode conduzir a uma avaliação incorreta da qualidade e segurança alimentar [1-4].

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o desperdício alimentar é um problema à escala global que necessita de ser solucionado, uma vez que

um terço dos alimentos produzidos para consumo humano são desperdiçados [1]. Deste modo, tornou-se necessário resolver os desafios atuais relativos à qualidade e segurança alimentar através de: 1) deteção de alterações nos produtos alimentares de modo a evitar o seu consumo; 2) identificação de potenciais riscos à saúde; e 3) estabelecimento de estratégias de forma a reduzir ou eliminar a ocorrência de eventos prejudiciais para o alimento e para a saúde humana.

A crescente necessidade de segurança, de qualidade e de fornecer informação ao consumidor sobre um produto alimentar, conduziu a uma mudança gradual na área das embalagens aplicadas ao setor

alimentar [5]. As embalagens assumem um papel protetor associado a fatores externos (luz, temperatura, contaminantes, etc.), são ajustáveis à forma e tamanho dos alimentos e são consideradas de fácil utilização [6]. Para além disso, otimizam a comercialização e distribuição alimentar, uma vez que garantem a segurança necessária à entrega e conservação dos produtos alimentares [2].

Neste contexto, verificou-se nos últimos anos o desenvolvimento de novas embalagens com funções específicas, nomeadamente as embalagens ativas e as embalagens inteligentes. Por um lado, as embalagens ativas têm um papel dinâmico na conservação dos alimentos. Através da interação embalagem-alimento (por exemplo, libertação de compostos da embalagem ou absorção de compostos libertados pelo alimento), estas embalagens apresentam a capacidade de melhorar ou manter as condições de qualidade e segurança do alimento embalado (por exemplo, evitam a oxidação lipídica e o crescimento microbiano), permitindo assim prolongar o seu prazo de validade [7,8]. Por outro lado, as embalagens inteligentes surgiram com o objetivo de detetar, monitorizar e informar o consumidor acerca da qualidade dos alimentos em toda a cadeia alimentar de forma não destrutiva, *in situ* e em tempo real [1,2,7-9].

A embalagem inteligente, considerada uma tecnologia inovadora e emergente, tem como principais funcionalidades: 1) informar o consumidor sobre as condições do alimento ou do seu ambiente circundante - temperatura, pH, composição de gases no *headspace* (espaço livre no topo da embalagem), etc. - pela deteção e registo das suas alterações (por exemplo, indicação de contaminação microbiana) [6,10]; 2) conter informação sobre o produto (origem, prazo de validade e composição) e o seu histórico (condições de armazenamento) ao longo da cadeia de distribuição até ao consumidor final [8]; e 3) confirmar a autenticidade do produto.

As embalagens inteligentes podem ser divididas em três categorias principais: 1) suporte de dados, como os códigos de barras; 2) sensores, como os biossensores; e 3) indicadores, nomeadamente de pH [2,4,6,7]. Esta classificação baseia-se nas diferenças da tecnologia utilizada (por exemplo, o *hardware* de cada dispositivo), na quantidade e tipo de informação que podem gerar, e no modo como essa informação é armazenada, distribuída e apresentada ao consumidor final [7]. Este tipo de embalagem é capaz de evitar o desperdício alimentar pois muitos dos alimentos descartados ainda estão próprios para consumo. Por outro lado, as embalagens inteligentes apresentam potencial para melhorar a segurança, a logística e a rastreabilidade dos alimentos, aumentando a eficiência das indústrias alimentares [2-6,8].

Utilização de corantes naturais como indicadores

Os indicadores (tais como, indicadores de pH) são dispositivos, geralmente integrados na embalagem, capazes de reagir com metabolitos produzidos pelo crescimento e metabolismo microbiano ou de detetar qualquer alteração química (a presença ou ausência de uma substância), fornecendo informações qualitativas (através de alterações colorimétricas visuais) sobre a qualidade do produto alimentar [4,11,12]. Diferenças nas concentrações de metabolitos, como ácidos orgânicos (ácido láctico), etanol, compostos voláteis de nitrogénio ou derivados de enxofre, durante o armazenamento, evidenciam crescimento microbiano [4,13-15]. A variação da concentração de um dos metabolitos mencionados é considerada uma possibilidade para avaliar a frescura e a qualidade do produto embalado [6,11,16].

Geralmente, estes indicadores envolvem um suporte sólido e um corante (sintético ou natural) sensível às variações das características originais do produto alimentar (por exemplo, alteração de pH) [13,17]. Neste sentido, a aplicação de indicadores na área de embalagens inteligentes permite a redução de riscos de segurança alimentar, de custos e limita as perdas associadas à substituição de produtos que ainda estão em condições de serem consumidos [13,18]. A sensibilidade, a segurança, a resposta rápida e não invasiva e o baixo custo são características promissoras para a utilização deste tipo de indicadores [13,19]. Por exemplo, Smolander (2003) [20] desenvolveu o indicador de frescura *Raflatac*, baseado numa monocamada de prata que altera de cor (castanho para transparente) na presença de sulfureto de hidrogénio (um produto da decomposição da cisteína) [3,20]. Yoshida *et al.* (2014) [21] desenvolveram um indicador colorimétrico de pH constituído por quitosano e antocianinas, com o objetivo de detetar metabolitos derivados do crescimento microbiano, como o ácido láctico e o ácido acético [19].

Na tentativa de superar a limitação de utilização de corantes sintéticos devido ao risco de toxicidade, vários corantes naturais (pigmentos) extraídos de plantas, tais como a curcumina, antocianinas e betalaínas, têm sido alvo de inúmeros estudos científicos [1,13,22-26].

A curcumina é um polifenol extraído do açafrão de cor amarelo-laranja, utilizada como corante alimentar. A cor amarela surge nos valores de pH entre 1 e 7 e a cor laranja-avermelhado surge a valores de pH superiores a 8,5 [27]. As antocianinas, compostos fenólicos pertencentes ao grupo dos flavonoides, são uma alternativa ao uso da curcumina em sistemas de embalagem inteligente [13]. As antocianinas podem ser encontradas em vários frutos e vegetais, tais como a uva, a ameixa, o mirtilo e o repolho roxo [28]. São compostos não tóxicos e biodegradáveis. A alteração de cor das antocianinas pode ocorrer devido a vários fatores tais como, mudança de pH, temperatura e

presença de oxigênio [13]. Estas podem existir em quatro formas estruturais reversíveis (o catião flavílio, a base anidra quinoidal, a pseudo-base carbinol e a chalcona) dependendo dos valores de pH (Figura 1A) [29].

Aplicação alimentar de embalagens inteligentes constituídas por biopolímeros e corantes naturais

A crescente consciencialização do consumidor e da indústria alimentar em relação à poluição ambiental conduziu ao desenvolvimento de materiais de embalagem biodegradáveis e/ou de origem biológica. Nesse sentido, o foco da investigação centra-se na possibilidade de substituição de polímeros sintéticos (como os plásticos) por materiais ecologicamente favoráveis com aplicabilidade em embalagens para alimentos, nomeadamente embalagens inteligentes [9,30].

Biopolímeros (tais como, polissacarídeos e proteínas) obtidos de fontes naturais ou sintetizados por organismos vivos apresentam propriedades de biocompatibilidade, ausência de toxicidade, baixo custo e elevada disponibilidade, benéficos para o seu uso como materiais de embalagem inteligente [9,23,31,32]. Além disso, as embalagens inteligentes produzidas com biopolímeros são biodegradáveis, o que oferece diversas vantagens, como por exemplo: 1) limitar a poluição ambiental e, assim, reduzir a pegada de carbono; 2) diminuir os problemas relacionados com o tratamento de resíduos (tais como, redução dos custos de mão de obra e de descarte); e 3) tornar as cadeias de processamento e de distribuição de alimentos mais limpas e sustentáveis. No entanto, a biodegradabilidade destas embalagens pode ser uma limitação à sua comercialização uma vez que as embalagens de base biológica são normalmente propensas à degradação térmica, possuem propriedades mecânicas inferiores às apresentadas pelas embalagens de origem fóssil, e são higroscópicas, o que pode conduzir à deterioração indesejada e precoce das embalagens. A

solução possível para este problema inclui a incorporação de aditivos (plastificantes, etc.) que melhoram as propriedades das embalagens biopoliméricas [33].

A utilização de polissacarídeos para a produção de embalagens inteligentes tem suscitado interesse por parte da comunidade científica devido à sua elevada abundância, disponibilidade na natureza e em resíduos/subprodutos de indústrias agroindustriais (por exemplo, cascas e sementes de frutos) [32]. Neste sentido, os polissacarídeos são biopolímeros de cadeia longa formados por repetições de mono- ou dissacarídeos ligados por ligações glicosídicas. Ao nível estrutural, contêm grande número de grupos polares, como o grupo hidroxilo, capaz de se ligar a moléculas de água por pontes de hidrogénio sendo, por essa razão, considerados compostos hidrofílicos [33,34]. Os polissacarídeos neutros (amido, goma de alfarroba, etc.), aniônicos (alginato, carragenana, etc.) e catiónicos (quitosano) têm sido o foco de várias pesquisas na área alimentar, nomeadamente no desenvolvimento de embalagens inteligentes com capacidade para detetar alterações de pH [35]. Estes polissacarídeos permitem a produção de filmes (isto é, películas de embalagem formadas pela secagem da solução do(s) biopolímero(s) e posteriormente aplicadas aos alimentos). A Figura 1B apresenta um exemplo de um filme desenvolvido pelo nosso grupo de investigação, constituído por dois polissacarídeos (carragenana e goma de alfarroba) e um indicador natural (antocianinas provenientes de mirtilo).

As embalagens produzidas com polissacarídeos apresentam propriedades estruturais e físico-químicas essenciais, tais como a baixa permeabilidade ao dióxido de carbono e oxigénio (evita o aumento da taxa de deterioração dos alimentos). Porém, devido à sua natureza hidrofílica, as embalagens formadas por polissacarídeos são sensíveis à humidade, apresentando fraca barreira ao vapor de água. A sua baixa resistência mecânica é também uma limitação do uso isolado de polissacarídeos como materiais de embalagem [33]. De modo a melhorar

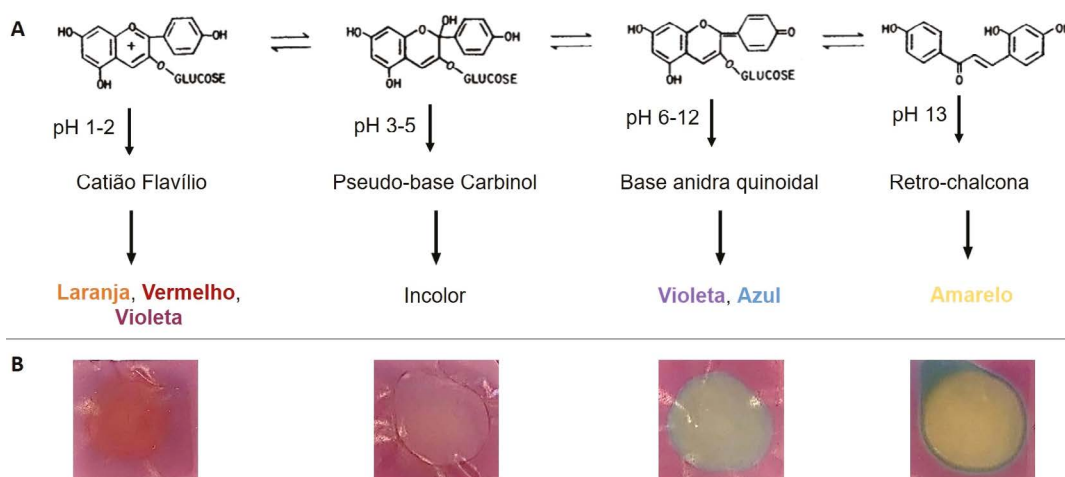


Figura 1 - A) Transformação estrutural das antocianinas a diferentes valores de pH e respetivas alterações colorimétricas; B) Alteração de cor de antocianinas incorporadas em filmes de carragenana e goma de alfarroba (de cor violeta) em contacto com soluções de pH 1 a pH 13.

Tabela 1- Exemplos de aplicações de embalagens inteligentes constituídas por uma matriz biopolimérica e indicadores de origem natural em alimentos.

Matriz biopolimérica	Indicador	Mecanismo de detecção	Alimento	Ref.
Agar/amido (de batata)	Antocianinas (de batata-doce roxa)	Alteração colorimétrica (variação do pH)	Carne de porco	[38]
Quitosano	Antocianinas (de uvas e batata-doce roxa)		Peixe e carne de porco	[39-41]
Amido (de batata)	Betalainas (betacianinas de <i>Bougainvillea glabra</i>)		Peixe	[41]
Quitosano/amido (de milho)	Antocianinas (de couve roxa)		Peixe	[23]
Amido (de milho)	Antocianinas (de semente de feijão preto e couve roxa)		Carne	[25]
Quitosano/agarose	Antocianinas		Peixe	[42]
Amido (de mandioca)	Antocianinas (de mirtilo)		Frutos, carne e peixe	[22,43]
κ -carragenana	Antocianinas (de amora)		Peixe (carpa)	[44]
κ -carragenana	Curcumina		Carne de porco e marisco	[26]
Amido/ κ -carragenana	Antocianinas (de amora)		Peixe (carpa)	[45]
Glucomanano/ κ -carragenana	Antocianinas (de mirtilo) e curcumina	Alteração colorimétrica (variação de ABVT)	Carne (frango)	[46]
Agar	Pigmento extraído da raiz de <i>Arnebia euchroma</i>		Peixe (dourada)	[47]

ABVT: azoto básico volátil total.

as propriedades destas embalagens, diferentes aditivos (por exemplo, surfactantes e plastificantes) e/ou uma mistura de diferentes biopolímeros são utilizados na sua formulação [33,34,36,37].

As embalagens inteligentes constituídas por polissacarídeos e corantes naturais têm sido aplicadas em vários produtos alimentares, nomeadamente, alimentos perecíveis como o pescado, a carne, os vegetais e frutos (Tabela 1).

A qualidade e frescura do pescado é normalmente avaliada através de um conjunto de análises entre as quais, microbiológica, física (textura, etc.) e química (azoto básico volátil total, ABVT, e oxidação lipídica, etc.) [48]. Os níveis de ABVT (por exemplo, trimetilamina, dimetilamina e amónia), compostos voláteis associados à degradação microbiana e proteica, afetam as características nutricionais, sensoriais e de segurança do pescado, sendo um fator crítico de identificação do seu grau de deterioração durante o armazenamento [48-50]. Da mesma forma, na carne, alimento rico em proteína, a formação e acumulação de compostos ABVT resultam da descarboxilação de aminoácidos livres devido à presença de enzimas microbianas, que provocam uma alteração de pH [51]. Deste modo, aminas voláteis são gradualmente libertadas no *headspace* da embalagem e provocam uma reação química nos indicadores (por exemplo, corantes naturais) causando uma alteração de cor. No caso dos frutos e vegetais, as alterações de pH devem-se essencialmente às variações nas concentrações de ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido acético, ácido cítrico, etc.) durante o armazenamento, sendo estes metabolitos detetados por indicadores de pH naturais baseados em alterações colorimétricas [31,52,53].

Conclusões

As embalagens inteligentes produzidas com biopolímeros e com corantes naturais (indicadores) têm o potencial de garantir a qualidade e segurança dos alimentos, reduzir o impacto ambiental e aumentar a atratividade do produto embalado para o consumidor final. No entanto, apesar da inovação permanente na área de embalagens inteligentes, a aplicação de embalagens à base de biopolímeros e corantes naturais em alimentos ainda é limitada. Dessa forma, torna-se necessário determinar correlações entre os metabolitos libertados durante o processo de degradação dos alimentos e os mecanismos que provocam as alterações colorimétricas dos indicadores. Além disso, a possibilidade de falsos negativos na mudança de cor dos indicadores tende a dissuadir o consumidor de comprar o produto, sendo necessário garantir uma indicação válida da deterioração do alimento.

As embalagens inteligentes de base biológica para produtos alimentares podem efetivamente fornecer soluções para os problemas atuais de qualidade, segurança alimentar e de impacto ambiental.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) pelo financiamento estratégico da unidade UIDB/04469/2020, e ao LABBELS – Laboratório Associado em Biotecnologia, Bioengenharia e Sistemas Microeletromecânicos, LA/P/0029/2020. Os autores também agradecem ao Projeto de I&D&I AgriFood XXI (NORTE-01-0145-FEDER-000041), co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do NORTE 2020 (Programa Operacional Regional do Norte 2014/2020).

Referências

- [1] X. Zhai, Z. Li, J. Zhang, J. Shi, X. Zou, X. Huang, D. Zhang, Y. Sun, Z. Yang, M. Holmes, Y. Gong, M. Povey, *J. Agric. Food Chem.* **2018**, *66*, 12836–12846. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b04932.
- [2] P. Müller, M. Schmid, *Foods* **2019**, *8*, 16. DOI: 10.3390/foods8010016.
- [3] J. K. Heising, M. Dekker, P. V. Bartels, M. A. J. S. Tiny Van Boekel, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2014**, *54*, 645–654. DOI: 10.1080/10408398.2011.600477.
- [4] E. Poyatos-Racionero, J. V. Ros-Lis, J. L. Vivancos, R. Martínez-Máñez, *J. Clean. Prod.* **2018**, *172*, 3398–3409. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.075.
- [5] B. Kuswandi, Y. Wicaksono, Jayus, A. Abdullah, L. Y. Heng, M. Ahmad, *Sens. Instrum. Food Qual. Saf.* **2011**, *5*, 137–146. DOI: 10.1007/s11694-011-9120-x.
- [6] K. B. Biji, C. N. Ravishankar, C. O. Mohan, T. K. Srinivasa Gopal, *J. Food Sci. Technol.* **2015**, *52*, 6125–6135. DOI: 10.1007/s13197-015-1766-7.
- [7] O. R. Fennema, *J. Food Sci.* **2000**, *65*, 373–373. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2000.tb16009.x.
- [8] C. E. Realini, B. Marcos, *Meat Sci.* **2014**, *98*, 404–419. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.06.031.
- [9] Y. Qin, Y. Liu, H. Yong, J. Liu, X. Zhang, J. Liu, *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *134*, 80–90. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.029.
- [10] M. Sohail, D. W. Sun, Z. Zhu, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2018**, *58*, 2650–2662. DOI: 10.1080/10408398.2018.1449731.
- [11] J. P. Kerry, M. N. O'Grady, S. A. Hogan, *Meat Sci.* **2006**, *74*, 113–130. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.04.024.
- [12] B. Kuswandi, C. Maryska, Jayus, A. Abdullah, L. Y. Heng, *Food Measure.* **2013**, *7*, 29–39. DOI: 10.1007/s11694-013-9136-5.
- [13] E. Balbinot-Alfaro, D. V. Craveiro, K. O. Lima, H. L. G. Costa, D. R. Lopes, C. Prentice, *Food Eng. Rev.* **2019**, *11*, 235–244. DOI: 10.1007/s12393-019-09198-9.
- [14] A. Nopwinyuwong, S. Trevanich, P. Suppakul, *Talanta* **2010**, *81*, 1126–1132. DOI: 10.1016/j.talanta.2010.02.008.
- [15] Z. Fang, Y. Zhao, R. D. Warner, S. K. Johnson, *Trends Food Sci. Technol.* **2017**, *61*, 60–71. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.01.002.
- [16] S. A. Hogan, J. P. Kerry, *Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods*, in J. Kerry, P. Butler (eds.), "Smart Packaging of Meat and Poultry Products", Wiley-Blackwell, Chichester, **2008**, 33–59. DOI: 10.1002/9780470753699.ch3.
- [17] S. Pourjavaher, H. Almasi, S. Meshkini, S. Pirsá, E. Parandi, *Carbohydr. Polym.* **2017**, *156*, 193–201. DOI: 10.1016/j.carbpol.2016.09.027.
- [18] A. Barska, J. Wyrwa, *Czech J. Food Sci.* **2017**, *35*, 1–6. DOI: 10.17221/268/2016-CJFS.
- [19] A. L. Brody, B. Bugusu, J. H. Han, C. K. Sand, T. H. McHugh, *J. Food Sci.* **2008**, *73*, R107–R116. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00933.x.
- [20] M. Smolander, *The use of freshness indicators in packaging*, in R. Ahvenainen (ed.), "Novel Food Packaging Techniques", Woodhead Publishing Limited, Cambridge, **2003**, 127–143. DOI: 10.1533/9781855737020.1127.
- [21] C. M. P. Yoshida, V. B. V. Maciel, M. E. D. Mendonça, T. T. Franco, *LWT - Food Sci. Technol.* **2014**, *55*, 83–89. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.09.015.
- [22] C. L. Luchese, V. F. Abdalla, J. C. Spada, I. C. Tessaro, *Food Hydrocoll.* **2018**, *82*, 209–218. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.04.010.
- [23] M. C. Silva-Pereira, J. A. Teixeira, V. A. Pereira-Júnior, R. Stefani, *LWT - Food Sci. Technol.* **2015**, *61*, 258–262. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.11.041.
- [24] X. Zhai, J. Shia, X. Zou, S. Wang, C. Jiang, J. Zhang, X. Huang, W. Zhang, M. Holmes, *Food Hydrocoll.* **2017**, *69*, 308–317. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.02.014.
- [25] L. Prietto, T. C. Mirapalhete, V. Z. Pinto, J. F. Hoffmann, N. L. Vanier, L.-T. Lim, A. R. G. Dias, E. R. Zavarez, *LWT - Food Sci. Technol.* **2017**, *80*, 492–500. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.03.006.
- [26] J. Liu, L. Wang, P. Wang, M. Guo, S. Jiang, X. Li, S. Jiang, *Food Hydrocoll.* **2018**, *83*, 134–142. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.05.012.
- [27] Y. S. Musso, P. R. Salgado, A. N. Mauri, *Food Hydrocoll.* **2016**, *61*, 523–530. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.06.013.
- [28] I. Krga, D. Milenkovic, *J. Agric. Food Chem.* **2019**, *67*, 1771–1783. DOI: 10.1021/acs.jafc.8b06737.
- [29] J. He, M. Monica Giusti, *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* **2010**, *1*, 163–187. DOI: 10.1146/annurev.food.080708.100754.
- [30] I. Choi, J. Y. Lee, M. Lacroix, J. Han, *Food Chem.* **2017**, *218*, 122–128. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.050.
- [31] N. Bhargava, V. S. Sharanagat, R. S. Mor, K. Kumar, *Trends Food Sci. Technol.* **2020**, *105*, 385–401. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.09.015.
- [32] G. A. Martau, M. Mihai, D. C. Vodnar, *Polymers* **2019**, *11*, 1837. DOI: 10.3390/polym1111837.
- [33] C. Mellinas, M. Ramos, A. Jiménez, M. C. Garrigós, *Materials* **2020**, *13*, 673. DOI: 10.3390/ma13030673.
- [34] H. Wang, X. Gong, Y. Miao, X. Guo, C. Liu, Y.-Y. Fan, J. Zhang, B. Niu, W. Li, *Food Chem.* **2019**, *283*, 397–403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.01.022.
- [35] M. Li, G. Buschle-Diller, *Int. J. Biol. Macromol.* **2017**, *101*, 481–489. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.03.091.
- [36] A. Valdés, A. C. Mellinas, M. Ramos, M. C. Garrigós, A. Jiménez, *Front. Chem.* **2014**, *2*, 1–10. DOI: 10.3389/fchem.2014.00006.
- [37] J. Martins, M. A. Cerqueira, A. I. Bourbon, A. C. Pinheiro, B. W. S. Souza, A. A. Vicente, *Food Hydrocoll.* **2012**, *29*, 280–289. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.03.004.
- [38] I. Choi, J. Y. Lee, M. Lacroix, J. Han, *Food Chem.* **2017**, *218*, 122–128. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.09.050.
- [39] K. Halász, L. Csóka, *Food Packag. Shelf Life* **2018**, *16*, 185–193. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.03.002.
- [40] H. Yong, X. Wang, R. Bai, Z. Miao, X. Zhang, J. Liu, *Food Hydrocoll.* **2019**, *90*, 216–224. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.12.015.
- [41] S. Naghdi, M. Rezaei, M. Abdollahi, *Int. J. Biol. Macromol.* **2021**, *191*, 161–170. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.09.045.
- [42] H. Y. Wu, K. M. Yang, P. Y. Chiang, *Molecules* **2018**, *23*, 1357. DOI: 10.3390/molecules23061357.
- [43] D. Yun, H. Cai, Y. Liu, L. Xiao, J. Song, J. Liu, *RSC Adv.* **2019**, *9*, 30905–30916. DOI: 10.1039/C9RA06628D.
- [44] Y. Liu, Y. Qin, R. Bai, X. Zhang, L. Yuan, J. Liu, *Int. J. Biol. Macromol.* **2019**, *134*, 993–1001. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.05.175.
- [45] C. Zhang, G. Sun, L. Cao, L. Wang, *Food Hydrocoll.* **2020**, *108*, 106012. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.106012.
- [46] X. Zhou, X. Yu, F. Xie, Y. Fan, X. Xu, J. Qi, G. Xiong, X. Gao, F. Zhang, *Food Hydrocoll.* **2021**, *118*, 106695. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2021.106695.
- [47] S. Huang, Y. Xiong, Y. Zou, Q. Dong, F. Ding, X. Liu, H. Li, *Food Hydrocoll.* **2019**, *90*, 198–205. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.12.009.
- [48] A. Pacquit, K. T. Lau, H. McLaughlin, J. Frisby, B. Quilty, D. Diamond, *Talanta* **2006**, *69*, 515–520. DOI: 10.1016/j.talanta.2005.10.046.
- [49] S. Kalpana, S. R. Priyadarshini, M. Maria Leena, J. A. Moses, C. Anandharamakrishnan, *Trends Food Sci. Technol.* **2019**, *93*, 145–157. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.09.008.
- [50] D. Liu, L. Liang, W. Xia, J. M. Regenstein, P. Zhou, *Food Chem.* **2013**, *140*, 105–114. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.02.034.
- [51] M. Li, L. Tian, G. Zhao, Q. Zhang, X. Gao, X. Huang, L. Sun, *Meat Sci.* **2014**, *96*, 843–848. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.09.023.
- [52] C. R. Sonar, B. Rasco, J. Tang, S. S. Sablani, *J. Sci. Food Agric.* **2019**, *99*, 5934–5945. DOI: 10.1002/jsfa.9868.
- [53] G. Romanazzi, E. Feliziani, S. B. Baños, D. Sivakumar, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **2017**, *57*, 579–601. DOI: 10.1080/10408398.2014.900474.

>

António A. Vicente

CEB - Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho.

Professor Catedrático da UMinho e Vice-Presidente da Escola de Engenharia da Universidade do Minho (EEUM). Atua na área de Engenharia e Tecnologia Alimentar com ênfase no desenvolvimento de filmes e revestimentos comestíveis para produtos alimentares. Publicou mais de 310 artigos em revistas, cinco livros e cinco patentes.

Foi considerado Investigador Altamente Citado (*Clarivate Analytics*) na área das Ciências Agrárias (2018–2020).

avicente@deb.uminho.pt

CIÊNCIA ID B112-A77C-62CC

>

Carla Faria

CEB - Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho.

Foi aluna da Licenciatura em Ciências Biomédicas na Universidade de Aveiro.

É aluna do Mestrado em Biotecnologia na EEUM. Desenvolve o seu trabalho no CEB na área das embalagens inteligentes de base biológica de forma a monitorizar a qualidade do peixe ao longo do seu armazenamento.

carlasafaria1998@hotmail.com

ORCID.org/0000-0002-6034-4150

>

***Joana T. Martins**

CEB - Centro de Engenharia Biológica,

Universidade do Minho.

É Investigadora Doutorada no CEB, UMinho. Desenvolve trabalho de investigação na área de Ciência e Tecnologia Alimentar com foco no desenvolvimento e caracterização de filmes/revestimentos ativos e inteligentes de base biopolimérica para aplicação alimentar. Publicou 30 artigos em revistas, seis capítulos em livros e editou um livro.

joanamartins@deb.uminho.pt

CIÊNCIA ID 7316-13C1-59A5

Filmes de Celulose Nanofibrilada com Incorporação de Minerais como Substitutos de Plásticos em Embalagens Alimentares: Potencialidades e Dificuldades

>

Luís Alves*

Eduardo Ferraz

Julio Santarén

Paulo J. T. Ferreira

Ana Ramos

Maria G. Rasteiro

José A. F. Gamelas

Nanofibrillated Cellulose Films with Incorporation of Minerals as Substitutes for Plastics in Food Packaging: Potentialities and Drawbacks. Cellulose nanofibrils (CNF) are nanomaterials with promising properties to be used in food packaging, being thus logical substitutes to petroleum-based polymers, specifically plastics. However, these materials present some drawbacks, being the major one their very high cost. The combination of CNF with clay minerals presents an excellent way to produce valuable materials with acceptable cost, and, at the same time, it would be possible to improve the characteristics of the formed materials, such as gas barrier. To produce composite films two strategies can be used: solvent casting or filtration followed by hot-pressing. The films obtained by filtration presented higher tensile strength and Young's modulus, compared with the ones obtained by solvent casting. Also, filtration procedure largely reduced the time necessary to produce films. Thus, this technique demonstrates to be the most suitable to produce composite films in a fast way and with improved mechanical properties.

Celuloses nanofibriladas (CNF) são nanomateriais com propriedades promissoras para produção de embalagens alimentares, sendo substitutos lógicos de polímeros de base petroquímica, especificamente plásticos. Contudo, estes materiais apresentam algumas limitações, como o seu elevado custo. A combinação de CNF com minerais argilosos representa uma excelente abordagem para a produção de materiais de elevado valor acrescentado com custos aceitáveis, possibilitando ainda a melhoria de algumas propriedades dos materiais, como por exemplo o efeito barreira a gases. Para a produção de filmes compósitos podem ser seguidas duas estratégias: evaporação de solvente ou filtração seguida de prensagem a quente. Os filmes obtidos por filtração apresentam propriedades mecânicas superiores às dos obtidos por evaporação de solvente e são preparados mais rapidamente. Assim, esta técnica apresenta-se como a mais apropriada e eficiente para a produção de filmes compósitos com boas propriedades mecânicas.

Introdução

O uso de plásticos generalizou-se nas últimas décadas devido às suas excelentes propriedades e baixo custo. Em anos recentes, e com o crescimento da consciência ambiental da população, temas relacionados com

os impactos dos microplásticos foram trazidos para a discussão pública [1]. Atualmente, os macro- e os microplásticos são vistos como uma das principais fontes de contaminação dos oceanos e originaram uma

forte aposta dos governos na investigação de soluções para mitigar este flagelo e na descoberta de materiais alternativos. Se parte do problema dos plásticos pode ser reduzido pelo correto uso e reutilização de alguns deles, a larga utilização de plásticos de uso único, como é o caso de embalagens alimentares, contribui largamente para a contaminação dos meios aquáticos com plásticos e microplásticos [1]. Estima-se que a nível mundial a quantidade de plásticos usados para produção de embalagens alimentares ascenda a aproximadamente 200 Mt anualmente [2], sendo os polímeros usados maioritariamente de origem petrolífera, tais como o polietileno tereftalato (PET), o policloreto de vinilo (PVC) e o polietileno (PE). Estes materiais não são biodegradáveis, pelo que as embalagens alimentares apresentam uma pegada ecológica muito elevada. Assim, urge desenvolver e produzir alternativas ecológicas, preferencialmente obtidas a partir de fontes renováveis e com elevada biodegradabilidade. Os filmes compósitos preparados com recurso a celulose nanofibrilada (CNF) e minerais preenchem esses requisitos.

Preparação de celuloses nanofibriladas

A investigação científica à volta da problemática da substituição de plásticos é realizada em todo o planeta, sendo que os países do norte da Europa, nomeadamente a Suécia e a Finlândia, têm realizado uma forte aposta nesta temática [3]. Em Portugal existem também vários grupos de investigação que se dedicam a este campo, como é o caso do Grupo de Tecnologias de Partículas, Polímeros e Biomateriais do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta da Universidade de Coimbra, onde se insere o projeto FILCNF¹. Este visa o desenvolvimento de uma nova geração de filmes compósitos preparados

a partir de celuloses nanofibriladas, obtidas de pasta branqueada de eucalipto. Estes materiais compósitos apresentam algumas propriedades altamente atrativas para o fabrico de embalagens alimentares, tais como elevada biodegradabilidade, possível biocompatibilidade e boas propriedades mecânicas. Existem, contudo, alguns fatores que atualmente condicionam a sua aplicação em larga escala. O primeiro fator prende-se com o elevado custo de produção de celuloses nanofibriladas (Figura 1). Outros fatores estão relacionados com a elevada hidrofiliabilidade das CNF e com uma consequente baixa barreira ao vapor de água dos filmes resultantes.

Se algumas das etapas necessárias à obtenção das fibras de celulose estão bem implementadas nas indústrias da pasta e do papel, e são, portanto, economicamente viáveis, os passos seguintes apresentam ainda algumas limitações, tanto a nível económico como a nível de aumento de escala, principalmente na fase da homogeneização. As maiores contribuições para os elevados custos de preparação encontram-se na elevada quantidade de energia que é usada na homogeneização (cerca de 20 kWh por kg de celulose, no caso de duas passagens), e que é transversal à preparação de qualquer tipo de CNF [4]. Também os reagentes usados na preparação de alguns tipos de CNF, como é o caso das obtidas por oxidação mediada por TEMPO (2,2,6,6-tetrametilpiperidina-1-oxil), as carboximetiladas ou as catiónicas, representam um elevado custo económico [5]. Alternativamente ao uso de pré-tratamentos químicos, a aplicação de pré-tratamentos enzimáticos representa uma opção economicamente mais favorável [6], no entanto os rendimentos de fibrilação são bastante baixos não permitindo, por exemplo, a produção de filmes de elevada transparência.



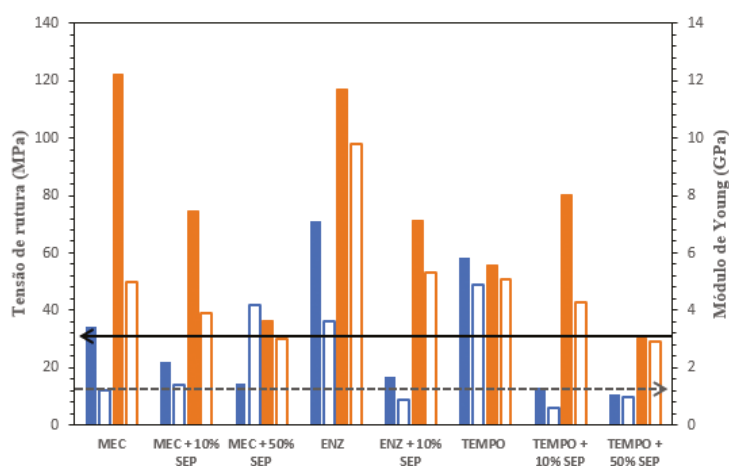
Preparação de filmes compósitos

A incorporação de minerais fibrosos em filmes surge como uma oportunidade de melhoria das propriedades de barreira numa perspetiva de redução de custos. Existem na literatura diversos estudos onde são usados minerais com morfologia lamelar, sendo a montmorilonite, a vermiculite, a saponite e a caulinite alguns exemplos dos minerais mais explorados até à data [7]. No projeto referido (FILCNF) pretendem-se desenvolver filmes compósitos com incorporação de minerais com morfologia fibrosa, ainda não explorados nem na literatura nem comercialmente, como é o exemplo da sepiolite. É importante também referir que este mineral, tal como as CNF, não apresenta qualquer risco para a saúde humana nem para o meio ambiente [8].

Para se obterem compósitos de elevado desempenho é necessário assegurar uma boa mistura dos componentes (CNF e mineral), assim como uma boa compatibilidade entre os componentes, inorgânico e orgânico, incorporados. De modo a proporcionar uma boa mistura entre os componentes foi usado um agitador de alta velocidade, amplamente usado na indústria para a dispersão de minerais, que permite uma boa homogeneização e uma fácil adequação a testes em maior escala. Outro aspeto com grande relevância nas propriedades dos filmes produzidos é o seu método de preparação. Existem dois métodos principais de preparação de filmes baseados em CNF: evaporação de solvente (*solvent casting*) e filtração a vácuo seguida de prensagem e secagem a quente [7]. Na Figura 2 apresentam-se as propriedades mecânicas medidas para filmes preparados por ambos os métodos no âmbito do projeto supra indicado.

Figura 2 - Propriedades mecânicas - tensão de rutura (barras com o interior preenchido a azul ou laranja) e módulo de Young (barras com o interior branco) - de filmes obtidos por evaporação de solvente (barras com cor azul) e por filtração/prensagem (barras com cor laranja). As setas (contínua de cor preta - tensão de

rutura; tracejada de cor cinzenta - módulo de Young) indicam os valores reportados na literatura para filmes de plástico (polietileno de alta densidade) [9]. MEC: CNF obtida apenas com tratamento mecânico; ENZ: CNF obtida com pré-tratamento enzimático; TEMPO: CNF obtida por oxidação mediada por TEMPO; SEP: sepiolite.



Dos resultados obtidos é possível concluir que a preparação por filtração seguida de prensagem a quente melhora significativamente as propriedades mecânicas dos filmes, sendo essa melhoria mais acentuada no caso de CNF MEC sem adição de minerais, CNF ENZ com adição de 10% de sepiolite, e CNF TEMPO com adição de 10% e 50% de sepiolite. Note-se que de acordo com os dados da literatura, todos os filmes compósitos produzidos por filtração/prensagem apresentam propriedades mecânicas superiores às dos filmes de plástico (por exemplo, polietileno e polipropileno) [9], contrariamente aos filmes obtidos por evaporação de solvente. Uma possível explicação para as melhores propriedades mecânicas obtidas poderá estar relacionada com a superior organização e orientação das CNF e fibras de sepiolite proporcionadas pelo passo de filtração [7]. É ainda possível observar que, de modo geral, a incorporação de minerais tem impacto nas propriedades mecânicas dos filmes bem como na transparência, levando à sua diminuição, principalmente nos filmes com CNF TEMPO (Tabela 1).

Tabela 1 - Transparência dos diferentes filmes preparados por filtração + prensagem a quente.

Filme	Transparência (%)
MEC	59,3
MEC + 10% SEP	43,4
MEC + 50% SEP	27,6
ENZ	60,5
ENZ + 10% SEP	49,5
TEMPO	82,9
TEMPO + 10% SEP	63,1
TEMPO + 50% SEP	31,8

Este método de preparação de filmes apresenta-se como vantajoso já que permite reduzir o tempo de preparação de mais de 200 h (*solvent casting*) para um máximo de cerca de 4 h (filtração de filmes de CNF TEMPO), mas também produzir filmes de diferentes espessuras/gramagens. No entanto, existem ainda algumas limitações tais como a difícil separação da membrana usada na filtração do filme após secagem e, ainda, a demora relativa do processo de filtração quando são produzidos filmes com CNF carregadas eletrostaticamente (CNF TEMPO, carboximetiladas ou catiónicas). Por

exemplo, as CNF TEMPO preparadas no projeto FILCNF apresentam um potencial zeta de cerca de -41 mV e as CNF MEC e CNF ENZ apresentam um potencial zeta de cerca de -14 mV e -18 mV, respetivamente. Assim, para a filtração de filmes de 40 g/m² preparados com CNF TEMPO são necessárias cerca de 4 h, enquanto no caso de CNF MEC ou ENZ é possível diminuir o tempo de filtração para cerca de 30-40 min. No âmbito do projeto FILCNF estão a ser implementadas novas metodologias simplificadas de preparação através do método de filtração/prensagem que permitam a produção de filmes com propriedades melhoradas, nomeadamente propriedades mecânicas e propriedades de barreira. Estas metodologias são especialmente dirigidas para as nanoceluloses CNF TEMPO e passam por alterar as propriedades físico-químicas das suspensões obtidas, nomeadamente pelo controlo de pH através da adição de ácidos específicos [10]. Com base nos estudos já efetuados foi possível, por exemplo, diminuir o tempo de filtração para a preparação de filmes de apenas CNF TEMPO de 4 h para cerca de 1 h e 40 min, sendo ainda melhoradas as propriedades mecânicas dos filmes resultantes.

Conclusões

A substituição de plásticos de uso único é um assunto de elevado relevo social e ambiental, pelo que são prioritárias as estratégias capazes de desenvolver materiais com propriedades adequadas a essas aplicações. O uso de CNF e minerais, na forma de filmes compósitos, para aplicação em embalagens alimentares apresenta-se como uma alternativa atraente a nível ambiental dada a sua biodegradabilidade. No entanto, existem ainda algumas barreiras que necessitam ser ultrapassadas de modo a permitir o uso generalizado destes materiais para os fins desejados. O elevado custo energético e económico (principalmente das CNF preparadas através de pré-tratamentos químicos), bem como algumas dificuldades técnicas na preparação dos filmes (separação do filme da membrana de filtração) condicionam neste momento um avanço mais rápido na substituição dos plásticos em embalagens alimentares. Espera-se, no entanto, que estas dificuldades sejam ultrapassadas a curto prazo dado o elevado número de trabalhos de investigação científica neste domínio.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Operacional Regional do Centro na sua componente FEDER e à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo apoio financeiro ao projeto FILCNF - *New generation of composite films of cellulose nanofibrils with mineral particles as high strength materials with gas barrier properties* (PTDC/QUI-OUT/31884/2017, CENTRO 01-0145-FEDER-031884). Agradece-se ainda ao RAIZ pelo fornecimento da pasta branqueada de *Eucalyptus globulus*, assim como aos centros de investigação CIEPQPF (UIDB/00102/2020) e Techn&Art (UID/05488/2018) pelas condições e meios disponibilizados.

Nota

ⁱFILCNF - *New generation of composite films of cellulose nanofibrils with mineral particles as high strength materials with gas barrier properties* (PTDC/QUI-OUT/31884/2017, CENTRO 01-0145-FEDER-031884).

Referências

- [1] S. Magalhães, L. Alves, B. Medronho, A. Romano, M. d. G. Rasteiro, *Molecules* **2020**, *25*, 3954. DOI: 10.3390/molecules25173954.
- [2] N. P. Mahalik, A. N. Nambiar, *Trends Food Sci. Technol.* **2010**, *21*, 117-128. DOI: doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.006.
- [3] P. Dhar, V. Katiyar, *Benchmarking nanocellulose production: scale-up strategies and life-cycle assessment in Cellulose Nanocrystals*, De Gruyter, **2020**, pp. 49-80. DOI: 10.1515/9783110648010-003.
- [4] S. Ang, V. Haritos, W. Batchelor, *Cellulose* **2019**, *26*, 4767-4786. DOI: 10.1007/s10570-019-02400-5.
- [5] A. Serra, I. González, H. Oliver-Ortega, Q. Tarrés, M. Delgado-Aguilar, P. Mutjé, *Polymers* **2017**, *9*, 557. DOI: 10.3390/polym9110557.
- [6] M. Delgado-Aguilar, I. González Tovar, Q. Tarrés, M. Alcalá, M. À. Pèlach, P. Mutjé, *BioResources* **2015**, *10*, 5345-5355. DOI: 10.15376/biores.10.3.5345-5355.
- [7] L. Alves, E. Ferraz, J. A. F. Gamelas, *Adv. Colloid Interface Sci.* **2019**, *272*, 101994. DOI: 10.1016/j.cis.2019.101994.
- [8] A. López-Galindo, C. Viseras, P. Cerezo, *Appl. Clay Sci.* **2007**, *36*, 51-63. DOI: 10.1016/j.clay.2006.06.016.
- [9] M. Amjadi, A. Fatemi, *Polymers* **2020**, *12*, 1857. DOI: 10.3390/polym12091857.
- [10] L. Alves, E. Ferraz, A. F. Lourenço, P. J. Ferreira, M. G. Rasteiro, J. A. F. Gamelas, *Carbohydr. Polym.* **2020**, *237*, 116109. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116109.

>

Ana Ramos

FibEnTech – Fiber Materials and Environmental Technologies.

Universidade da Beira Interior.

Investigadora do Centro de Investigação FibEnTech - *Fiber Materials and Environmental Technologies* da Universidade da Beira Interior. O seu trabalho de investigação centra-se na área dos materiais celulósicos, principalmente papel e filmes para embalagens alimentares.

ammr@ubi.pt

ORCID.org/000-0002-7324-1070

>

Eduardo Ferraz

Centro de Tecnologia, Restauro e Valorização das Artes.

Instituto Politécnico de Tomar.

Investigador do Centro de Investigação Techn&Art e Professor Adjunto Convidado do Instituto Politécnico de Tomar. Desenvolve trabalho de investigação nas áreas dos minerais argilosos, reciclagem e valorização de resíduos industriais e em cal e argamassas de cal.

ejmoferraz@ipt.pt

ORCID.org/0000-0003-4717-6305

>

José A. F. Gamelas

Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta.

Universidade de Coimbra.

Investigador do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta da Universidade de Coimbra. O seu trabalho de investigação centra-se em produtos derivados de celulose, polioxometalatos e materiais híbridos/compósitos orgânico-inorgânicos.

jafgas@eq.uc.pt

ORCID.org/0000-0002-1474-767X

>

Julio Santarén

Ex-Tolsa SA.

Foi diretor de inovação tecnológica na TOLSA S.A. As suas atividades de investigação e desenvolvimento têm sido focadas essencialmente em

aplicações industriais de minerais argilosos, incluindo o estudo de propriedades reológicas e modificação da superfície de argilas, assim como no desenvolvimento de materiais nanoestruturados baseados em argilas.

jsantaren@tolsa.com

ORCID.org/0000-0002-4612-2519

>

***Luís Alves**

Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta.

Universidade de Coimbra.

Investigador do Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Desenvolve o seu trabalho de investigação maioritariamente na área de biopolímeros.

luisalves@ci.uc.pt

ORCID.org/0000-0003-4447-5107

>

Maria G. Rasteiro

Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta.

Universidade de Coimbra.

Professora Associada com Agregação no Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra. Desenvolve trabalho de investigação na área da tecnologia de partículas com foco, atualmente, em: caracterização de materiais granulares; valorização de resíduos; valorização e modificação da celulose; estudo de processos de floculação; novas tecnologias para monitorização e remoção de microplásticos; remediação de solos contaminados.

mgr@eq.uc.pt

ORCID.org/0000-0001-6084-4553

>

Paulo J. T. Ferreira

Centro de Investigação em Engenharia dos Processos Químicos e Produtos da Floresta.

Universidade de Coimbra.

Professor Associado com Agregação no

Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra. Os seus interesses principais estão na área dos materiais baseados em celulose (essencialmente pasta e papel) e na Ciência e Tecnologia de Partículas. O seu fator h-Scopus é de 22, tendo 75 artigos do SCl. Supervisionou seis estudantes de doutoramento e 49 estudantes de mestrado e participou em 19 projetos, tendo sido investigador principal em sete.

paulo@eq.uc.pt

ORCID.org/0000-0002-4503-6811

BPP 2022

BIOPARTITIONING & PURIFICATION CONFERENCE
25TH-28TH SEPTEMBER 2022
AVEIRO, PORTUGAL



The BPP conference was originally created to address aqueous two-phase partitioning, but starting in 2013, in the BPP2003 in Vancouver, the scope of the conference has been widened to include other bioseparation techniques.

BPP is nowadays a broader conference of interest to both academia and industry members working on the separation of high value bioproducts, with focus on technical aspects, new bioproducts development, technoeconomic analysis, life cycle assessment, regulatory aspects, among others.

BPP2022 is organized by members from the University of Aveiro and Instituto Superior Técnico who have been actively engaged in the past years in improving the field of bioseparation.

We cordially invite you to join us at the Biopartitioning & Purification Conference, in Aveiro (Portugal) from September 25th - 28th, 2022.

<http://bpp2022.web.ua.pt/>

A Química Escondida nos Alimentos

>
Cláudia Alves
João Pina
Marta Pineiro
Ana L. Cardoso*

The Chemistry Hidden in Food. *Chemistry is present in our daily lives, namely in food. However, the promotion and labelling of “chemical-free foods” has been growing, inadvertently creating misinformation in society, and influencing consumers’ choices. This work is intended to promote critical thinking based on scientific knowledge and to demystify the association of chemical products with organic food and natural products. Through simple experiments, students will be able to identify in the selected foods (mushrooms, courgette, and cauliflower), some important chemical compounds that are also nutrients, such as proteins, amino acids, and vitamin C.*

A química está presente no nosso dia a dia, nomeadamente na alimentação. No entanto, a promoção e rotulagem de “alimentos sem químicos” tem vindo a aumentar, criando inadvertidamente uma certa desinformação na sociedade, influenciando as escolhas dos consumidores. Neste trabalho, pretende-se promover o pensamento crítico baseado no conhecimento científico e desmistificar a associação de produtos químicos com alimentação biológica e produtos naturais. Através de experiências simples, os alunos poderão identificar nos alimentos selecionados (cogumelos, curgete e couve-flor), alguns compostos químicos importantes que são também nutrientes, tais como proteínas, aminoácidos e vitamina C.

Introdução

Tudo o que somos e tudo o que nos rodeia é constituído por substâncias químicas que interagem entre si para nos manterem vivos. No entanto, muitos alunos não vêem a química como parte integrante da sua vida quotidiana. Pelo contrário, a química é frequentemente vista como o oposto da natureza ou até mesmo como algo perigoso que deve ser evitado. As notícias nos *media* têm também contribuído para essa imagem negativa, associando mais a “química” como causa de poluição ou a crimes ambientais, do que a uma ciência presente no desenvolvimento de novos medicamentos ou novos materiais inovadores. Além disso, a linguagem utilizada hoje em dia em muitas campanhas publicitárias não é a mais indicada a nível científico, induzindo percepções falsas nos consumidores. Por exemplo, muitos alimentos são rotulados como “sem químicos”, como se as substâncias que eles contêm não fossem moléculas (ou compostos químicos), mas algo totalmente diferente. O esclarecimento deste tipo de mal-entendidos é muito importante, pois pode conduzir a escolhas erradas que podem ter consequências na vida das pessoas. Como a alimentação é uma parte muito importante do nosso dia a dia, faz sentido utilizar

produtos alimentares biológicos para demonstrar como a “química” está presente no nosso quotidiano.

As doenças associadas ao consumo de proteína animal têm gerado um debate intenso na sociedade em torno da alimentação saudável, levando a uma maior procura de alimentos de origem vegetal. Num estudo recente, a dieta de 70 696 japoneses adultos foi acompanhada ao longo de cerca de 18 anos, concluindo-se que uma maior ingestão de proteínas vegetais pode contribuir para a saúde e longevidade a longo prazo [1].

Por outro lado, a obesidade infantil é uma doença cada vez mais comum nos dias de hoje e tem um impacto extremamente negativo na qualidade de vida dos jovens. Dados recentes revelam que em Portugal 29,6% das crianças tem excesso de peso e que 12% apresentam um quadro de obesidade [2]. A situação está a tornar-se de tal modo grave que uma das seis metas globais de nutrição da Organização Mundial de Saúde (OMS) para 2025 é garantir que não haja um aumento das taxas de excesso de peso nas crianças [3]. Assim, é fundamental promover na sociedade e, em particular, nas escolas junto das crianças e adolescentes, os benefícios de uma alimentação variada

que inclua o consumo de vegetais.

No conjunto das experiências propostas neste trabalho, os alunos poderão identificar nos alimentos selecionados (cogumelos, curgete e couve-flor) alguns compostos químicos importantes que são também nutrientes, tais como proteínas, aminoácidos e vitamina C [4]. O objetivo principal é consciencializar os alunos para aspetos da química que têm impacto na sua vida diária. As experiências são adequadas para alunos do ensino secundário do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias e para alunos de 1.º ciclo das licenciaturas em Química e afins.

Durante o processo terão ainda oportunidade de esclarecer algumas pequenas dúvidas. Será que só existem proteínas nos animais? A vitamina C existe só na laranja? Os cogumelos têm valor nutricional? Quaisquer que sejam os resultados, ao realizarem estas experiências, os alunos serão confrontados com um facto indiscutível: os alimentos saudáveis e naturais são também substâncias químicas.

Enquadramento do trabalho prático laboratorial

Os cogumelos, a curgete e a couve-flor

Os produtos hortícolas selecionados para estas experiências são a curgete, a couve-flor e cogumelos cultivados (*Agaricus bisporus fungi*). Na Tabela 1 apresenta-se, a título informativo, a composição nutricional dos alimentos selecionados [5]. Esta informação poderá ser útil aos professores na discussão após a realização das experiências.

Tabela 1 – Informação sobre a composição nutricional dos produtos hortícolas usados neste trabalho [5].

Composição nutricional (100 g de parte edível)	Cogumelos	Curgete crua	Couve-flor crua
Energia (kcal)	18	19	34
Água (g)	93	94	89,9
Proteínas (g)	1,8	1,6	3,7
Lípidos (g)	0,5	0,3	0,2
Hidratos de carbono (g)	0,5	2,0	3,3
Fibras (g)	2,3	1,0	1,9
Vitamina C (mg)	1,0	17	73
Potássio (mg)	320	250	380
Sódio (mg)	5,0	3,0	14
Cálcio (mg)	6,0	22	21
Fósforo (mg)	80	33	34

Apesar de existirem mais de 2 000 espécies de cogumelos na natureza, apenas cerca de 25 são comestíveis e somente alguns são comercializados. Devido às suas propriedades farmacológicas, características organolépticas e valor nutricional, o consumo de cogumelos tem vindo a aumentar, constituindo uma parte valiosa da dieta portuguesa [6,7]. Os cogumelos são fungos, não são plantas ou animais, contêm uma variedade de substâncias que podem ser facilmente detetadas e que vão certamente surpreender os alunos. Tal como as plantas, os cogumelos absorvem nutrientes orgânicos dos substratos circundantes por osmose, mas a sua estrutura e forma de reprodução são bem diferentes. As células fúngicas formam uma rede de fibras chamada micélio, escondida no solo e que é responsável pela absorção de nutrientes. Os fungos também têm um corpo frutífero, que cresce acima do solo, à qual chamamos de cogumelo (Figura 1).



Figura 1 - Imagens de cogumelos silvestres na Serra da Boa Viagem (Figueira da Foz).

Os cogumelos contêm cerca de 93% de água e são ricos em minerais, especialmente potássio, com um valor surpreendentemente elevado de 320 mg de potássio por 100 g de cogumelos frescos. O fósforo também está presente na sua constituição, cerca de 80 mg por 100 g, principalmente na forma de fosfato. Já o teor de sódio é relativamente baixo, cerca de 5 mg por 100 g, assim como o de cálcio e o de ferro. Na sua constituição existem igualmente vitaminas, nomeadamente as vitaminas B como a riboflavina (B2), a niacina (B3) e o ácido pantoténico (B5), que são benéficas para os glóbulos vermelhos, sistema digestivo e sistema nervoso, respetivamente, assim como proteínas (1,8 mg por 100 g de cogumelos) e lípidos em menor quantidade [8].

Devido à sua constituição nutricional, a curgete tem vindo a ganhar um papel cada vez mais importante na dieta dos portugueses. Além de serem ricas em vitaminas, proteínas, fibras e sais minerais como o potássio, as curgetes também contêm antioxidantes como a luteína, a zeaxantina e o betacaroteno [9]. É um legume rico em água (94%) com uma densidade calórica baixa (19 kcal por 100 g) que, juntamente com as fibras, origina um aumento da saciedade que tem contribuído bastante para o aumento do seu consumo

[10]. Por outro lado, as propriedades farmacológicas das curgetes têm vindo a ser demonstradas em vários estudos, nomeadamente como agentes anticancerígenos, na regulação da função tiroideia e na redução do mau colesterol (LDL, *Low Density Lipoprotein*) [11-13].

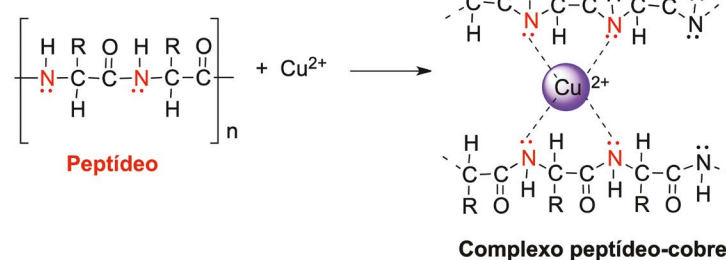
A couve-flor é também um legume que apresenta um teor bastante reduzido em calorias sendo, no entanto, bastante completo em termos nutricionais pois contém praticamente todas as vitaminas e minerais que são necessários para o nosso corpo [14]. É uma fonte valiosa de antioxidantes que protegem as células dos radicais livres e de inflamação. Além de ser rica em vitamina C (73 mg por 100 g de couve-flor), contém glucosinolatos e isotiocianatos que vários estudos demonstraram reduzir o crescimento de células cancerígenas em linhas de cancro do cólon, do pulmão, da próstata e da mama [15-18]. Um exemplo é o sulforafano que apresenta uma potencial função supressora do crescimento de células cancerígenas através da inibição de enzimas que estão envolvidas no crescimento de tumores [19]. A couve-flor poderá ser também benéfica para a redução do risco de doenças cardiovasculares devido à presença de carotenoides e flavonoides na sua constituição [20].

Os testes químicos

O teste de biureto

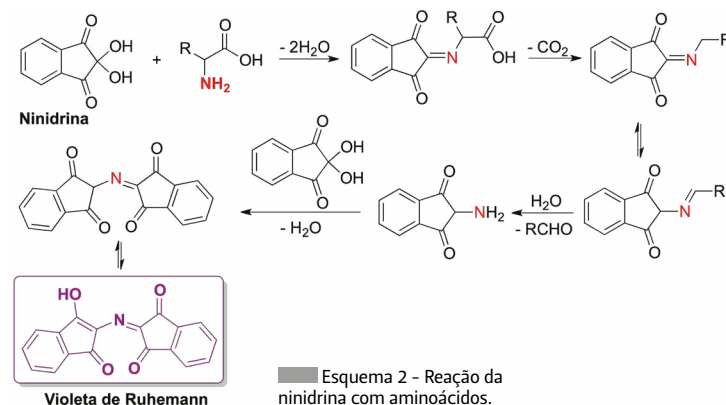
Em 1833, Rose descreveu pela primeira vez aquela que ficou denominada como reação de biureto [21]. No seu estudo de reações de soluções de sais metálicos com albumina de ovo, observou que a adição de uma solução de hidróxido de potássio ou carbonato de potássio ao precipitado formado pela mistura de uma solução de sulfato de cobre e albumina de ovo originava uma cor violeta. O nome da reação deriva do facto do biureto, $\text{NH}_2\text{CONHCONH}_2$, formado por pirólise da ureia, apresentar uma cor semelhante quando tratado com uma solução cúprica e uma solução de hidróxido de sódio [22]. O método de biureto tem sido extensamente utilizado enquanto método colorimétrico específico de determinação de proteínas e peptídeos em amostras de origem animal e vegetal. A sua aplicação mais importante é em análises clínicas, permitindo o diagnóstico de certas doenças correlacionadas com a alteração do teor proteico em fluidos biológicos como a urina, mas também é muito utilizado na indústria alimentar [23]. A cor característica da reação de biureto para os peptídeos e proteínas varia entre o violeta e o avermelhado devido à formação de um complexo de cobre. O complexo peptídeo-cobre forma-se através da ocorrência de interações covalentes entre o átomo de cobre do sulfato de cobre e quatro átomos de nitrogénio dos peptídeos (Esquema 1) [23]. A presença de base é necessária para promover a desprotonação dos átomos de nitrogénio e tem influência na intensidade da cor, que aumenta com o aumento da alcalinidade.

Esquema 1 - Complexo proteína-cobre formado no teste de biureto.



O teste da ninidrina

A ninidrina (2,2-di-hidroxi-1H-indeno-1,3-diona) foi descoberta em 1910 pelo químico Siegfried Ruhemann, que nesse mesmo ano observou também a reação da ninidrina com aminoácidos [24,25]. A reação desta molécula com os grupos amina dos aminoácidos origina a formação de um cromóforo violeta denominado violeta de Ruhemann (*Ruhemann's purple*). O mecanismo da reação envolve no primeiro passo uma reação de condensação que origina a formação de uma base de Schiff, seguida de descarboxilação, limitando este método a aminas primárias ou amoníaco (Esquema 2). Uma das aplicações mais relevantes é na deteção de impressões digitais latentes em superfícies porosas, como o papel ou o cartão [26]. Neste caso, a ninidrina reage com os aminoácidos existentes no suor que fica depositado no suporte da impressão digital, originando a formação do cromóforo violeta [27].



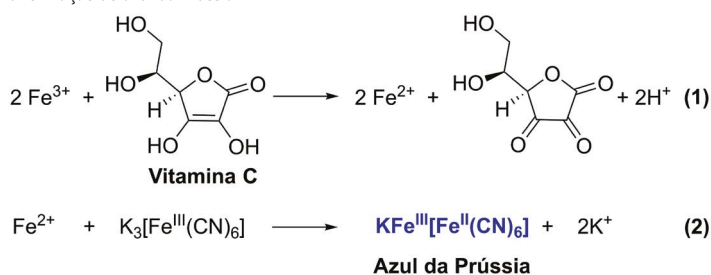
Esquema 2 - Reação da ninidrina com aminoácidos.

O teste do azul da Prússia

O método utilizado nas experiências para a determinação qualitativa de vitamina C (ou ácido ascórbico) foi desenvolvido originalmente para a análise semiquantitativa da vitamina C em sumos de fruta, sendo baseado na formação do azul da Prússia [28]. Posteriormente, foi adaptado para detetar a presença de vitamina C em cogumelos [4]. O azul da Prússia foi o primeiro pigmento sintético, descoberto acidentalmente no início do século XVIII [29]. É caracterizado por uma

cor azul-escura intensa, sendo utilizado na pintura, no tingimento de tecidos e no processo de impressão fotográfica de projetos de arquitetura, engenharia ou *design* (*blueprint*). O método de detecção envolve a redução do íon Fe^{3+} pela vitamina C para formar o íon Fe^{2+} que, ao reagir com o hexacianoferrato(III) de potássio, origina a formação do azul da Prússia coloidal (Esquema 3).

Esquema 3 - Reações envolvidas na formação do azul da Prússia.



O teste da chama

O teste da chama tem como objetivo identificar elementos químicos, em particular o sódio e o potássio, presentes nos alimentos selecionados. Esta atividade pode ser utilizada como complemento ao teste da chama proposto no trabalho prático-experimental no domínio dos “elementos químicos e a sua organização”, proposto para a componente química no programa da disciplina Física e Química A, dos 10.º e 11.º anos do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias [30].

Descrição do trabalho prático laboratorial

O trabalho prático laboratorial apresentado permite aos alunos identificar nos alimentos selecionados alguns compostos químicos importantes que são também nutrientes [4]. O objetivo principal é consciencializar os alunos para aspetos da química que têm impacto na sua vida diária. As experiências podem ser realizadas por alunos do ensino secundário do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias e por alunos do 1.º ciclo das licenciaturas em Química e afins. Tem a duração total de 180 minutos, incluindo a parte da discussão, mas pode ser fracionado em várias sessões. As experiências podem ser efetuadas individualmente ou em grupos de dois estudantes, dependendo das dimensões do laboratório e do EPC (Equipamento de Proteção Coletiva) disponível, nomeadamente do número de *hottes*. Nestas experiências foram utilizados métodos químicos qualitativos já estabelecidos que permitem identificar nas amostras a presença de proteínas (testes de biureto e ninidrina), vitamina C, sódio e potássio.

Protocolo Experimental

1. Amostras a analisar

- Courgete crua, couve-flor crua e cogumelos frescos crus e secos cortados em lâminas finas antes da utilização.

2. Segurança: Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Coletiva (EPC)

- EPI: Bata, luvas e óculos de proteção.
- EPC: *Hottes*.

3. Teste à presença de proteínas

Deixar repousar aproximadamente durante 5 minutos para o teste de biureto e 10 minutos para o teste da ninidrina.

3.1. Materiais

- Solução de NaOH (1 mol/L).
- Solução de CuSO_4 (1 mol/L).
- Solução de ninidrina (2% m/m).
- Bico de Bunsen ou placa de aquecimento.
- Pipeta de Pasteur.
- Pinça.
- Vidro de relógio.

3.2. Procedimento experimental

3.2.1. Teste de biureto

- Cortar um cogumelo ao meio, a couve-flor finamente e a courgette numa fina rodela circular.
- Usando a pipeta de Pasteur, cobrir a superfície cortada das três amostras com uma fina camada da solução de hidróxido de sódio (Figura 2a).
- De seguida, colocar uma gota de uma solução de sulfato de cobre(II) na superfície dos alimentos e observar a mudança de cor.

3.2.2. Teste da ninidrina

- Colocar a amostra no vidro do relógio.
- Borrifar com a solução de ninidrina.
- Usando uma pinça, segurar a amostra na parte não luminosa da chama do bico de Bunsen ou numa placa de aquecimento previamente aquecida a 100 °C.
- Retirar a amostra da fonte de calor, deixar arrefecer e observar a cor.

4. Teste à presença de vitamina C

Preparar com antecedência papel de filtro circular impregnado com a solução de cloreto de ferro(III). Para tal, mergulhar o papel de filtro numa solução de cloreto de ferro(III) 1% m/m e deixar secar durante aproximadamente 30 minutos.

4.1. Materiais

- Solução de hexacianoferrato(III) de potássio (1% m/m) num vaporizador/pulverizador.
- Papel de filtro circular impregnado com uma solução de FeCl_3 e seco.

4.2. Procedimento experimental

- Cortar um cogumelo ao meio e pressionar a face recém cortada do cogumelo no papel de filtro. Repetir o mesmo procedimento para a curgete e couve-flor (Figura 3a).
- Na *hotte*, após retirar os alimentos do papel de filtro, borrifar o papel de filtro com a solução de hexacianoferrato(III) de potássio. Ter cuidado para evitar respirar o vapor.

5. Teste à presença de potássio e sódio

Para a realização do teste da chama devem ser utilizadas amostras previamente secas dos alimentos selecionados.

5.1. Materiais

- Bico de Bunsen.
- Pinça de cadinho.
- Vidro de cobalto ou outro filtro de luz azul.

5.2. Procedimento experimental

- Segurar uma fatia do alimento com a pinça do cadinho e colocar na chama não luminosa de um bico de Bunsen.
- Observar a cor da chama.

Resultados

Realizado o teste do Biureto, a presença de proteína nos alimentos selecionados promove a mudança de cor. A cor mudará de azul-claro (a cor da solução de sulfato de cobre(II)) para azul-escuro ou violeta, em que a ligeira modificação da cor observada será devido à cor mais ou menos amarelada do alimento utilizado (Figura 2b). Essa mudança de cor é devida à formação do complexo proteína-cobre. No caso do teste da ninidrina, a presença de proteína dá lugar à formação de um composto violeta, o *Ruhemann's purple*, facilmente observável nos alimentos escolhidos (Figura 2c). É produzido quando a ninidrina reage com os aminoácidos encontrados nas proteínas. Os três alimentos selecionados dão resultado positivo para a presença de proteína.

Os alimentos selecionados para a realização deste trabalho laboratorial são ricos em vitamina C. Daí que o teste à presença desta vitamina permite observar a forma “impressa” no papel de filtro das amostras utilizadas através da intensificação do azul da Prússia no fundo verde da zona impregnada (Figura 3b).

O potássio e o sódio podem ser detetados através das suas cores de chama características. A cor amarela-alaranjada facilmente observável na experiência com cogumelos e curgete indica a presença de sódio, enquanto

que a cor lilás indica a presença de potássio. Para observar a chama lilás mais facilmente, deverá olhar-se para a chama através de um filtro azul, que filtra a cor amarela da chama de sódio (Figura 4).

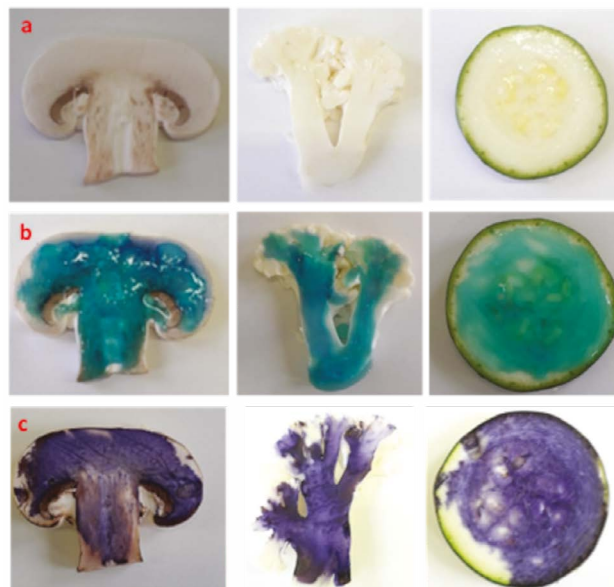


Figura 2 - Alimentos frescos (a), reação de biureto (b) e reação com a ninidrina (c).

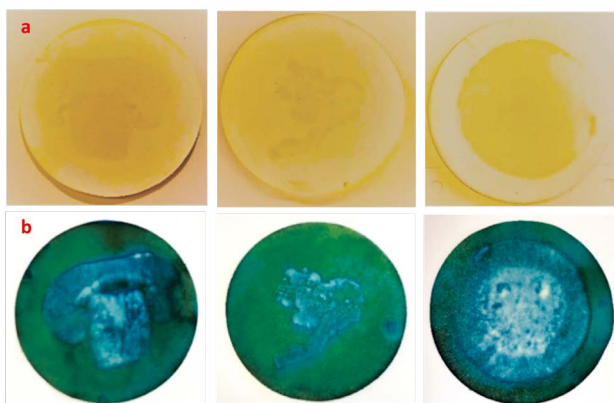


Figura 3 – (a) Papel de filtro (cloreto de ferro(III)) com a impressão das amostras com o cogumelo (à esquerda), com a couve-flor (ao centro) e com a curgete (à direita). (b) após tratamento com a solução de solução de hexacianoferrato(III) de potássio, mostrando a presença de vitamina C na impressão das amostras.

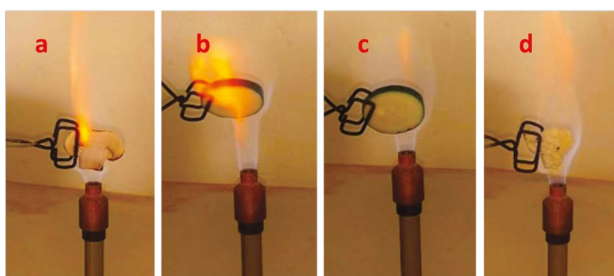


Figura 4 - Teste à presença de sódio e potássio nos alimentos. Cor típica da chama na presença de sódio no cogumelo (a) e na curgete (b); após algum tempo é visível uma cor de chama mista, com o lilás típico, devido ao potássio, na curgete (c) e na couve-flor (d).

Conclusões

As experiências laboratoriais propostas permitem aos alunos identificar nos alimentos a presença de compostos químicos muito importantes, como as proteínas, a vitamina C e sais minerais. Por outro lado, promovem o pensamento crítico baseado no conhecimento científico e desmitificam a associação de produtos químicos com alimentos processados e produtos naturais/biológicos como alimentos “sem” químicos.

Para além dos objetivos específicos do trabalho prático laboratorial apresentado, este trabalho permite aprofundar conhecimentos sobre o material de laboratório e o seu manuseamento apropriado, permitindo introduzir os conceitos fundamentais relativos à segurança num laboratório químico. A realização deste trabalho experimental relativamente

simples, com a utilização de luvas e óculos de proteção, ajudará igualmente a preparar os alunos para trabalhos futuros com maior exigência ao nível de segurança laboratorial. São abordados conceitos incluídos nos programas do ensino secundário do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias, na área de Química. O trabalho permite explorar conceitos relacionados com os aspetos quantitativos das reações químicas, acerto de equações químicas, reações de oxidação-redução, complexos e cor, estrutura dos compostos orgânicos e grupos funcionais, entre outros. Para além da Química, a interação com a Biologia poderá ser igualmente explorada através da classificação dos seres vivos (propondo a classificação sistemática da curgete, da couve-flor e dos cogumelos utilizados) e pela análise da composição nutricional, entre outros.

Referências

- [1] S. Budhathoki, N. Sawada, M. Iwasaki, T. Yamaji, A. Goto, A. Kotemori, J. Ishihara, R. Takachi, H. Charvat, T. Mizoue, H. Iso, S. Tsugane, *JAMA Intern. Med.* **2019**, *179*, 1509-1518. DOI: 10.1001/jamainternmed.2019.2806.
- [2] Obesidade Infantil. Em Portugal cerca de 30% das crianças têm excesso de peso, in *CN Notícias*. [sicnoticias.pt/saude-e-bem-estar/2020-09-21-Obesidade-Infantil.-Em-Portugal-cerca-de-30-das-criancas-tem-excesso-de-peso](https://www.sicnoticias.pt/saude-e-bem-estar/2020-09-21-Obesidade-Infantil.-Em-Portugal-cerca-de-30-das-criancas-tem-excesso-de-peso) (acedido em 29/11/2021).
- [3] WHO Global nutrition targets 2025: policy brief series, in WHO. [who.int/publications/item/WHO-NMH-NHD-14.2](https://www.who.int/publications/item/WHO-NMH-NHD-14.2) (acedido em 29/11/2021).
- [4] Adaptado de *Natural Experiments: the chemistry of mushrooms*. F. Bunjes, P. Fleischmann, V. Pietzner, M. Rühl, H. Zorn, *Science in School* **2017**, *42*, 37-41. [scienceinschool.org](https://www.scienceinschool.org) (acedido em 5/09/2021).
- [5] Valores obtidos da tabela de composição de alimentos do Instituto Nacional de Saúde Ricardo Jorge, Portugal. www2.insa.pt/sites/INSA/Portugues/QuemSomos/Paginas/INSA.aspx (acedido em 29/11/2021).
- [6] L. Barros, P. Baptista, D. M. Correia, S. Casal, B. Oliveira, I. C. F. R. Ferreira, *Food Chem.* **2007**, *105*, 140-145. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.03.052.
- [7] D. Sharma, V. P. Singh, N. K. Singh, *Mimi-Rev. Med. Chem.* **2018**, *18*, 1095-1109. DOI: 10.2174/1389557517666170927144119.
- [8] D. O. Kennedy, *Nutrients* **2016**, *8*, 68-68. DOI: 10.3390/nu8020068.
- [9] M. T. Blanco-Díaz, M. del Río-Celestino, D. Martínez-Valdivieso, R. Font, *Food Chem.* **2014**, *164*, 301-308. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.05.019.
- [10] M. J. Clark, J. L. Slavin, *J. Am. Coll. Nutr.* **2013**, *32*, 200-211. DOI: 10.1080/07315724.2013.791194.
- [11] J. Fiedor, K. Burda, *Nutrients* **2014**, *6*, 466-488. DOI: 10.3390/nu6020466.
- [12] H. S. Parmar, A. Kar, *BioFactors* **2008**, *33*, 13-24. DOI: 10.1002/biof.5520330102.
- [13] F. Brouns, E. Theuvsen, A. Adam, M. Bell, A. Berger, R. P. Mensink, *Eur. J. Clin. Nutr.* **2012**, *66*, 591-599. DOI: 10.1038/ejcn.2011.208.
- [14] Informação obtida em fdc.nal.usda.gov/ndb (acedido em 29/11/2021).
- [15] A. F. A. Razis, N. M. Noor, *Asian Pac. J. Cancer Prev.* **2013**, *14*, 1565-1570. DOI: 10.7314/apjcp.2013.14.3.1565.
- [16] F. Bianchini, H. Vainio, *Drug Metab. Rev.* **2004**, *36*, 655-667. DOI: 10.1081/dmr-200033468.
- [17] S. M. de Figueiredo, S. A. Filho, J. A. Nogueira-Machado, R. B. Caligiome, *Recent Pat. Endocr. Metab. Immune Drug Discov.* **2013**, *7*, 213-225. DOI: 10.2174/18722148113079990011.
- [18] J. V. Higdon, B. Delage, D. E. Williams, R. H. Dashwood, *Pharmacol. Res.* **2007**, *55*, 224-236. DOI: 10.1016/j.phrs.2007.01.009.
- [19] J. D. Clarke, R. H. Dashwood, E. Ho, *Cancer Lett.* **2008**, *269*, 291-304. DOI: 10.1016/j.canlet.2008.04.018.
- [20] C. Z. Wang, S. R. Mehendale, T. Calway, C. S. Yuan, *Am. J. Chinese Med.* **2011**, *39*, 661-671. DOI: 10.1142/S0192415X1100910X.
- [21] F. Rose, *F. Ann. Phys. Chem.* **1833**, *28*, 132-142.
- [22] G. Wiedemann, *Liebig Ann. Chem.* **1848**, *68*, 324-326.
- [23] (a) M. M. Lubran, *Ann. Clin. Lab. Science* **1978**, *8*, 106-110; (b) X. Guobing, J. Lili, Z. Zhu Lihua, X. Tiean, *J. Clin. Lab. Anal.* **2001**, *15*, 161-164. DOI: 10.1002/jcla.1020; (c) Z. Liu, J. Pan, *Food Chem.* **2017**, *224*, 289-293. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.084.
- [24] S. Ruhemann, *J. Chem. Soc. Trans.* **1910**, *97*, 1438-1449. DOI: 10.1039/CT9109701438.
- [25] S. Ruhemann, *J. Chem. Soc. Trans.* **1910**, *97*, 2025-2031. DOI: 10.1039/CT9109702025.
- [26] O. Svante, B. V. Hofsen, *Nature* **1954**, *173*, 449-450. DOI: 10.1038/173449a0.
- [27] H. Mark, C. R. Harding, *Int. J. Cosmet. Sci.* **2013**, *35*, 163-168. DOI: 10.1111/ics.12019.
- [28] S. Teeppoo, P. Chumsaeng, S. Jongtinnakool, K. Chantou, W. Nolykad, *J. Appl. Sci.* **2012**, *12*, 568-574. DOI: 10.3923/jas.2012.568.574.
- [29] A. Kraft, *Bull. Hist. Chem.* **2008**, *33*, 2, 61-67. [acshist.scs.illinois.edu/bulletin_open_access/v33-2/v33-2%20p61-67.pdf](https://www.acshist.scs.illinois.edu/bulletin_open_access/v33-2/v33-2%20p61-67.pdf).
- [30] Informação obtida em dqe.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/programa_fqa_10_11.pdf (acedido em 29/11/2021).

>

Ana L. Cardoso

Departamento de Química, Universidade de Coimbra.

CQC- Centro de Química de Coimbra.

Ana L. Cardoso é investigadora no grupo de Química Orgânica do Centro de Química de Coimbra. Os seus interesses científicos são na área da síntese orgânica, nomeadamente na química de 2H-azirinas e a sua utilização como intermediários na síntese de estruturas mais complexas. ana.lucia.lopes@uc.pt

ORCID.org/0000-0003-0551-7255

>

Cláudia Alves

Departamento de Química, Universidade de Coimbra.

CQC- Centro de Química de Coimbra.

Cláudia Daniela da Cruz Alves é mestre em Química Medicinal pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. A sua tese de mestrado baseou-se na síntese de novos organocatalisadores para a síntese assimétrica de 2-(tetrazol-5-il)-2H-azirinas. Atualmente é estudante de doutoramento em química, no ramo de especialização de Química Médica na Universidade de Coimbra. Os seus interesses científicos são a catálise assimétrica, organocatalisadores, 2H-azirinas e bioisósteros. claudialves2094@gmail.com

ORCID.org/0000-0003-1886-6112

>

João Pina

Departamento de Química, Universi-

dade de Coimbra.

CQC- Centro de Química de Coimbra.

João Pina é Professor Auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Coimbra. Os seus interesses científicos centram-se na caracterização de novos materiais por espectroscopia ultrarrápida a laser e espectroscopia ótica, semicondutores orgânicos, materiais híbridos orgânico-inorgânicos e sistemas moleculares com capacidade de conversão ascendente de luz por aniquilação tripleto-tripletto, para o desenvolvimento de soluções inovadoras nas áreas de energia e diagnóstico. jpina@qui.uc.pt

ORCID.org/0000-0003-1848-1167

>

Marta Pineiro

Departamento de Química, Universidade de Coimbra.

CQC- Centro de Química de Coimbra.

Licenciatura em Química (Universidade de Santiago de Compostela) e Doutoramento em Química (UC 2002), onde é Professora Auxiliar. Os interesses de investigação centram-se na Química Verde, na síntese assistida por micro-ondas, na mecanoquímica e no desenvolvimento de processos sustentáveis para a síntese de heterociclos com propriedades fotofísicas únicas e/ou com potencial aplicação biológica. Publicou mais de 80 artigos científicos e 7 capítulos de livros.

mpineiro@qui.uc.pt

ORCID.org/0000-0002-7460-3758

**SCIENCE
MUSEUM
GROUP**

Ciência Virtual

O *Science Museum Group* é uma organização da qual faz parte o *National Science and Media Museum* em Bradford, o *Science and Industry Museum* em Manchester, o *National Railway Museum* em York e o *Locomotion* em Shildon, Co Durham. Este grupo é um líder mundial de museus de ciências, que partilha uma coleção incomparável de objetos (abrangendo ciência, tecnologia, engenharia, matemática e medicina) e que conta com mais de cinco milhões de visitantes por ano. No *website* do *Science Museum Group* podemos fazer uma visita virtual e explorar mais de 380 000 objetos e arquivos! Uma viagem virtual pela ciência, incluindo a química, verdadeiramente espetacular!

Veja mais em collection.sciencemuseumgroup.org.uk

>

Vasco Bonifácio

vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt



Frasco de vidro usado por Louis Pasteur, França, 1860–1864. @Science Museum Group.



Cristais de dopamina observados ao microscópio. @the_masterpiece_inside.

O Incrível Mundo dos Cristais



Christopher King é um ilustrador científico. A sua página do *Instagram* conta já com 450 publicações, na sua maioria fotos e vídeos com informação sobre cristais de compostos químicos. Um trabalho incrível, que nos mostra de forma admirável o mundo microscópico, em especial o da química. A imagem escolhida representa os cristais de dopamina com uma ampliação de 40x (cima) e um detalhe dos mesmos cristais com uma ampliação de 100x (baixo), sob luz polarizada. A dopamina é um conhecido neurotransmissor, que quando libertado provoca sensações de prazer e motivação. Vale a pena explorar e seguir esta conta fascinante.

Veja mais em [instagram.com/masterpside](https://www.instagram.com/masterpside)

>

Vasco Bonifácio

vasco.bonifacio@tecnico.ulisboa.pt

Pão Todos os Dias, Química Todos os Dias!

>
Marta Pineiro
mpineiro@qui.uc.pt

Bicos, papos secos, broa, pão alentejano, pão de Mafra, bolo do caco, pão da Mealhada, broas minhotas, pão de leite, pão de azeite, bolo lêvedo..., os pães possuem muitas designações. O pão está presente na nossa cultura e na nossa alimentação e, mesmo quando a alimentação está diminuída à sua expressão mínima “a pão e água”, o pão continua presente. Lembre-se também do provérbio “Casa onde não há pão, todos ralham e ninguém tem razão”.

Elaborar pão requer apenas três ingredientes: farinha, água e sal. No caso do pão ázimo são suficientes, mas para preparar pão levedado é necessário adicionar também o fermento. A Química está presente em todos os constituintes do pão e também nos processos da sua elaboração. Começando pelo mais simples, mas não menos importante, a água (H₂O) dispensa apresentações. O sal, também conhecido como sal de cozinha, é cloreto de sódio (NaCl), e dependendo da sua origem e processamento pode incluir outros elementos vestigiais (Fe, Ca, Mg, entre outros). A farinha, é sem dúvida um ingrediente complexo. É habitualmente obtida pela moagem de cereais, comumente trigo e milho. O componente principal da farinha de trigo são os hidratos de carbono e, entre estes, destaca-se o amido, um polímero de alfa-glucose. O fermento pode ser constituído por leveduras, organismos vivos, ou pode ter como constituinte principal o bicarbonato de sódio, NaHCO₃.

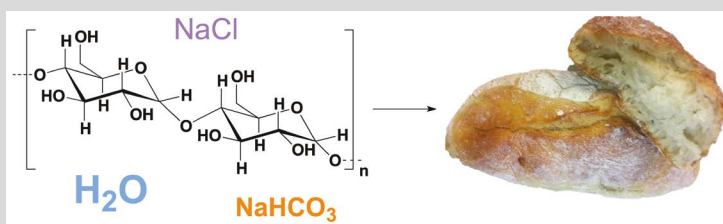
Para elaborar pão, além dos ingredientes que os constituem, é necessário controlar os processos químicos que ocorrem durante a sua elaboração. Quando se mistura a água, o sal e a farinha e se começa a amassar (ação mecânica) acontecem os primeiros processos químicos. A água solubiliza o sal. Na farinha, duas proteínas pouco solúveis em água, a gliadina e a glutenina, sofrem um processo de hidratação. A hidratação, conjuntamente com a ação mecânica, permite que as proteínas se combinem entre si através de ligações químicas covalentes, originando o glúten. Neste processo, a formação de ligações dissulfureto entre as cadeias laterais de cisteína e as interações por pontes de hidrogénio são particularmente importantes. O glúten é a rede que sustenta a massa, para que seja leve e fofa, pelo que a fermentação é fundamental.

A fermentação pode ser feita com leveduras

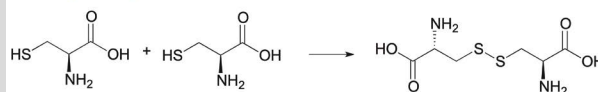
ou com bicarbonato de sódio. As leveduras (normalmente *Saccharomyces cerevisiae*) são microrganismos unicelulares, cujas enzimas quebram as ligações entre as moléculas que formam o amido e outros hidratos de carbono, obtendo-se a glucose. A glucose é então transformada em álcoois (essencialmente etanol) e dióxido de carbono na chamada fermentação alcoólica. O CO₂ é o responsável pelo aumento do volume da massa do pão, assim como o ar incorporado durante o processo de amassar e retido na rede de glúten. O etanol formado é evaporado durante o processo de cozedura.

O bicarbonato de sódio é a base mais conhecida entre as leveduras químicas. Ao ser aquecido, este decompõe-se formando CO₂, mas o processo é mais eficaz na presença de um ácido, que pode ser incorporado no fermento ou introduzido durante a elaboração da massa.

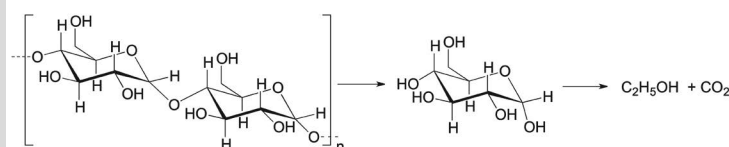
Como em qualquer reação química, as quantidades de reagentes e a temperatura afetam a reação. A quantidade de água e a sua temperatura influenciam tanto a formação de glúten como o processo de fermentação. Enquanto as leveduras se encontram mais ativas entre 30 – 50 °C e morrem durante o processo de cozedura devido às altas



Formação de pontes dissulfureto



Produção de CO₂ a partir de glucose



Produção de CO₂ a partir de bicarbonato de sódio



temperaturas do forno, o bicarbonato de sódio decompõe-se com o aumento da temperatura e continua ativo no forno.

Depois de cozido, é dar largas à imaginação para ser consumido. Existem inúmeras receitas em que o pão é usado como entrada, prato principal ou sobremesa. No entanto, pode ser consumido simples ou com manteiga, queijo ou uma geleia de frutas.

Saiba mais em:

Portugalthings.com, portugalthings.com/pt/os-mais-tradicionais-tipos-de-pao-em-portugal (acedido em 23/03/2022).

Programa Nacional para a promoção da Alimentação Saudável, alimentacaosaudavel.dgs.pt/alimento/pao (acedido em 23/03/2022).

Hidratos de carbono, homepage.ufp.pt/pedros/anim_jmol/carb_jmol.htm (acedido em 23/03/2022).

O mundo do trigo, omundodotrigo.blogspot.com/2015/06/composicao-bioquimica-do-trigo.html (acedido em 23/03/2022).

Atack of the gluten, ChemMatters, 2012, acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2011-2012/gluten.html (acedido em 23/03/2022).

Khan Academy, pt.khanacademy.org/science/organic-chemistry/alcohols-ethers-epoxides-sulfides/thiols-sulfides/v/preparation-of-sulfides (acedido em 23/03/2022).

Chemistry LibreTexts, [chem.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Chemistry/Book%3A_Chemistry_of_Cooking_\(Rodriguez-Velazquez\)/05%3A_Leavening_Agents/5.06%3A_Sodium_Bicarbonate](http://chem.libretexts.org/Bookshelves/Biological_Chemistry/Book%3A_Chemistry_of_Cooking_(Rodriguez-Velazquez)/05%3A_Leavening_Agents/5.06%3A_Sodium_Bicarbonate) (acedido em 23/03/2022).

Geleia de Frutas

> **Marta Pineiro**
mpineiro@qui.uc.pt

“A antiga receita de geleia consiste em quantidades iguais de fruta e açúcar e cozinhar até endurecer”, diz Walter Scott, cientista de alimentos e presidente da Wilkin & Sons, fabricante de *Jam Tiptree* em Essex, Reino Unido.

É a pectina do amido, um polissacarídeo naturalmente presente na fruta, que permite que essa mistura forme um gel coloidal, que reconhecemos como geleia. É libertado da fruta no ponto de *setting* da geleia - cerca de 104 °C. As suas longas cadeias unem-se por meio de interações intermoleculares e formam a estrutura de gel que retém o líquido açucarado e suporta os pedaços de fruta suspensos.

A concentração de pectina varia consoante o tipo de fruto e, em cada fruto, com o grau de amadurecimento. Morangos e framboesas têm baixos teores de pectina, enquanto groselhas e citrinos possuem teores mais elevados. Para que a geleia se forme é necessário um pH ~ 3. As cadeias de pectina possuem carga negativa devido à presença de grupos carboxilo, o que significa que elas se repelem. Em ambiente ligeiramente ácido, estes grupos são protonados e a repulsão é menos problemática. O pH pode ser reduzido com sumo de limão, ácido cítrico ou ácido tartárico.

Outro parâmetro importante é o tempo de cozedura. A mistura precisa de ser fervida durante



um tempo suficiente para que o gel se forme, mas não tanto a ponto de queimar. E que tal barrar um pouco de geleia em pão acabado de fazer?

Saiba mais em:

Nina Notman, *The Science of the Victoria Sponge cake*, chemistryworld.com/features/the-science-of-the-perfect-cake/4012698.article (acedido em 23/03/2022).

Receitas Científicas

>
Marta C. Corvo

Introdução

A atividade desta edição pretende explorar a execução de receitas culinárias como um meio de aprender e testar o método científico. Iremos preparar quatro bolos. No primeiro será utilizada a receita com todos os ingredientes. Nos restantes, deixaremos de fora um dos ingredientes para avaliar, após a confeção, qual a sua função na receita.



Material

- 200 g de farinha
- 140 g de açúcar
- Sal
- 1 colher de chá de fermento em pó
- 8 colheres de sopa de leite
- 6 colheres de sopa de óleo de cozinha
- 1 colher de chá de essência de baunilha
- 1 ovo
- Manteiga para untar
- 4 ramequins
- 4 etiquetas
- Marcador
- Colheres de medida
- Taças para misturar os ingredientes
- Colheres para misturar

Atenção: Esta experiência requer a supervisão de um adulto para a confeção dos bolos no forno.

Procedimento

1.

Colocar o forno a aquecer à temperatura de 180 °C. Identificar os ramequins com os números de 1 a 4 com o auxílio das etiquetas e do marcador, untar o seu interior com manteiga e polvilhar com farinha.

2.

Partir o ovo numa taça e bater. Irá ser usado aproximadamente um terço do mesmo em cada um dos bolos em que este ingrediente seja usado.



3.

O bolo #1 será confeccionado com todos os ingredientes:

- 6 colheres de sopa de farinha
- 3 colheres de sopa de açúcar
- 1 pitada de sal
- 2 ou 3 pitadas de fermento em pó
- 2 colheres de sopa de leite
- 2 colheres de sopa de óleo de cozinha
- ¼ de colher de chá de essência de baunilha
- ⅓ de um ovo

O bolo #2 será feito sem o óleo de cozinha, no bolo #3 deixaremos de fora o ovo e no bolo #4 não utilizamos o fermento em pó.

4.

Utilizando uma taça diferente para cada um dos bolos, juntar primeiro os ingredientes secos, seguidos dos líquidos, pela ordem que aparecem na lista, com atenção que nos bolos #2 a #4 dever-se-á deixar de fora o ingrediente indicado. Misturar bem.

5.

Deitar o conteúdo de cada taça no ramequim respetivo e levar ao forno a 180 °C por cerca de 25 minutos.

Depois de estarem cozidos, retirar os bolos do forno, deixar arrefecer e desenformar. Cortar cada bolo ao meio e observar as suas diferenças em tamanho, textura e aparência. Por último, provar!

Explicação

As modificações que efetuámos na receita permitiram-nos observar qual o papel que os ingredientes omitidos desempenham nas propriedades finais do bolo, sendo um pretexto para formular hipóteses quanto ao seu funcionamento. Durante a cozedura, o modo como a massa “cresce” é crucial para a maioria dos bolos. O fermento é essencialmente uma mistura de bicarbonato de sódio e um ácido fraco, ou o respetivo sal. Quando esta mistura se dissolve nos ingredientes líquidos (o leite) e a temperatura aumenta (no forno), começa a libertar-se um gás, o dióxido de carbono (CO_2). Se a massa conseguir reter o CO_2 que se forma em pequenas bolsas, então o bolo cresce, e a massa fica fofa. O bolo #1 foi feito com todos os ingredientes. Ao comparar os restantes bolos com este, podemos observar que o bolo #2, feito sem óleo de cozinha, tem uma consistência mais seca e densa. O óleo é uma gordura, cujo papel é tornar o bolo mais húmido e macio após a cozedura, bem como permitir que o CO_2 fique aprisionado na massa aquando da cozedura. Na sua ausência, o bolo #2 ficou mais denso porque uma maior quantidade de CO_2 conseguiu escapar. O bolo #3 foi feito sem ovo, e o efeito da ausência deste ingrediente notou-se ainda antes da cozedura, pela cor menos intensa da massa, e depois, pela cozedura menos completa. Esta massa ficou menos estruturada porque a função dos ovos é ligar a massa. O bolo #4 foi feito sem fermento, e tal como seria de esperar, não cresceu tanto quanto os restantes porque não ocorreu a libertação gasosa. Esta massa ficou a parecer uma queijada, e não um bolo. Com esta atividade observámos que os ingredientes utilizados têm um efeito no produto final e que a modificação de receitas culinárias pode ser um meio eficaz para a compreensão e aplicação do método científico.



Bibliografia

[1] Adaptado de: *Kitchen chemistry: Cake experiment* (consultado em 01/03/2022). teachbesideme.com/kitchen-chemistry-cake-experiment

[2] J. A. Dabrowski, M. E. McManamy, *J. Chem. Educ.* **2021**, 98, 1610-1621. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c01446.

>

Marta C. Corvo

Faculdade de Ciências e Tecnologia,
Universidade Nova de Lisboa.
i3N/CENIMAT.

Marta Corvo é investigadora no i3N-CENIMAT, Dep. Ciência dos Materiais da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, dedicada à

ressonância magnética nuclear. Além da divulgação de ciência, interessa-se pelo desenvolvimento de novos materiais para captura de CO_2 , armazenamento de energia e preservação de obras de arte. marta.corvo@fct.unl.pt
ORCID.org/0000-0003-0890-6133



Chemistry the Central Science

EuChemS Chemistry Congress

28 August to 1 September
2022 · LISBON.PT

www.euchems2022.eu

Discover the future of Chemistry

Stay connected

Innovate to Build

ABSTRACT CALL:

- **Deadline for Oral Communications Presenters:**
11th March, 2022
- **Notification of Oral Communications Acceptance:**
29th April, 2022
- **Deadline for Poster Communications Presenters:**
29th June, 2022
- **Notification of Poster Communications Acceptance:**
3rd June, 2022
- **Deadline for Student Grant Application:**
29th April, 2022

REGISTRATION:

- **Standard Registration deadline:**
17th June, 2022
- **Late registration deadline:**
5th August, 2022

PLENARY LECTURERS

- Cristina Nevado** (Organic Synthesis/Medicinal Chemistry)
University of Zurich, Switzerland
- Hanadi Sleiman** (Chemistry and Biology)
McGill University, Canada
- Joanna Aizenberg** (Materials)
Harvard University, USA
- João Rocha** (Materials and Solids)
University of Aveiro, Portugal
- Lutz Ackermann** (Catalysis)
University of Göttingen, Germany
- Nicola Armaroli** (Energy and Sustainability)
National Research Council, Italy
- Takuzo Aida** (Polymer and Supramolecular Chemistry)
The University of Tokyo, Japan

twitter.com/EuChemS_Congres
facebook.com/EuChemS2022



XVI Encontro de Química dos Alimentos

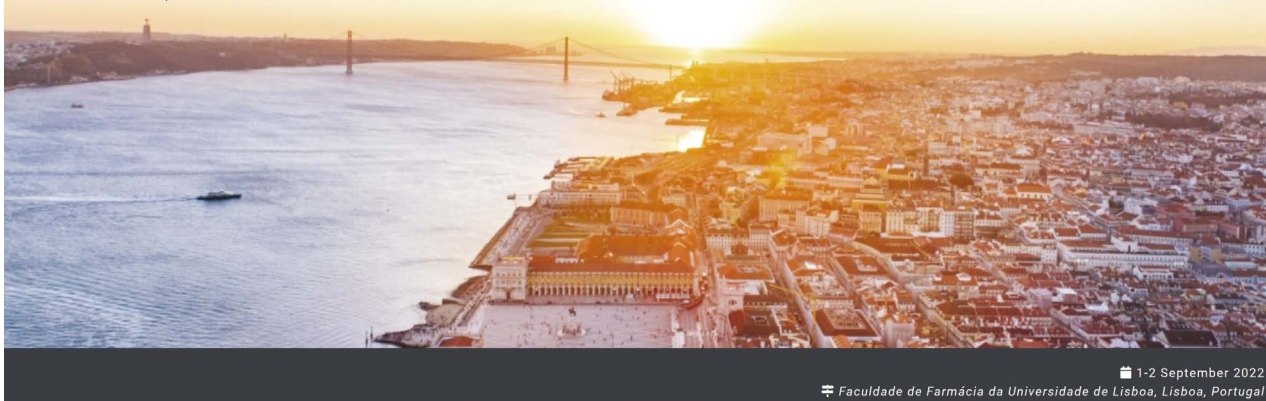
A Comissão Organizadora e a Comissão Científica têm o prazer de convidar todos os cientistas na área dos alimentos, da academia, da indústria, representantes de agências nacionais e internacionais, autoridades de controlo, laboratórios governamentais e comerciais para participar no XVI Encontro de Química dos Alimentos: Biossustentabilidade e Biossegurança Alimentar, Inovação e Qualidade Alimentar, que terá lugar entre 23 e 26 de outubro de 2022, em Castelo Branco.

Na sequência dos eventos anteriores, o programa incluirá lições plenárias e *keynotes* por cientistas de renome na área alimentar, bem como sessões paralelas com comunicações orais e sessões em painel que cobrirão uma ampla gama de tópicos.



Mais informações em:
xvieqa.events.chemistry.pt

 **EuChemS**
 European Chemical Society
 —Division of Chemistry in Life Sciences—



2nd EuChemS Chemistry in Life Sciences Division – Young Investigator Workshop

Mais informações em:
yiw2022.events.chemistry.pt

O *Workshop* de Jovens Investigadores da Divisão de Química em Ciências da Vida da EuChemS (YIW-LS) realizar-se-á em Lisboa nos dias 1 e 2 setembro de 2022 e proporcionará uma oportunidade única aos jovens investigadores, numa fase inicial da sua carreira, para apresentarem a sua investigação e se ligarem a outros potenciais futuros líderes no terreno. Iniciado em 2021, este evento anual pretende promover e reconhecer os jovens investigadores que foram identificados pelas sociedades membros da EuChemS como estrelas em ascensão no seu respetivo país. O número de participantes é normalmente limitado a cerca de 30 participantes, o que garante um intercâmbio interativo entre todos os jovens investigadores, também para apoiar a colaboração futura e as redes de investigação na Europa.

Agenda

(por razões alheias ao *Química*, alguns dos eventos poderão sofrer ajustes de calendarização)

> agosto de 2022

02 – 05 de agosto de 2022, Lausanne, Suíça
23rd International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy
ips23.epfl.ch

07 – 11 de agosto de 2022, Taipé, Taiwan e *online*
8th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC8)
accc8.org/about.php

08 – 10 de agosto de 2022, Kingston, Canadá
64th International Conference on Analytical Sciences and Spectroscopy
csass.org/ICASS.html

08 – 10 de agosto de 2022, Victória, Canadá
10th International Conference & Exhibition on Clean Energy (ICCE2022)
icce2022.iaemm.com

14 – 19 de agosto de 2022, Berlim, Alemanha
20th European Symposium on Fluorine Chemistry (ESFC 2022)
esfc2022.de/service/esfc-2022/invitation

21 – 25 de agosto de 2022, Chicago, EUA
ACS Fall 2022 National Meeting & Exposition
acs.org/content/acs/en/meetings/acs-meetings/about/future-meetings.html

22 – 26 de agosto de 2022, Frankfurt, Alemanha
ACHEMA 2022
achema.de/en

23 – 26 de agosto de 2022, Montreal, Canadá
15th International Conference on Environmental Effects of Nanoparticles and Nanomaterials (ICEENN)
iceenn2020.ca

24 – 26 de agosto de 2022, Dublin, Irlanda
30th Annual Conference of the Group for the Promotion of Pharmaceutical Chemistry in Academia (GP2A 2022)
gp2a.org/index.php/gp2a-2022-30th-annual-conference-august-24th-to-26th-2021

25 – 26 de agosto de 2022, Basileia, Suíça
Peptide Therapeutics Forum 2022
ptf22.scg.ch

27 de agosto – 02 de setembro de 2022, Maastricht, Países Baixos
The International Mass Spectrometry Conference (IMSC)
imsc2022.com

28 de agosto – 01 de setembro de 2022, Lisboa, Portugal
8th EuChemS Chemistry Congress
euchems2022.eu

28 de agosto – 02 de setembro de 2022, Barcelona, Espanha
36th European Peptide Symposium e 12th International Peptide Symposium
eps2022.com/welcome

28 de agosto – 02 de setembro de 2022, Rimini, Itália
44th International Conference on Coordination Chemistry
iccc2022.com

29 de agosto – 02 de setembro de 2022, Esch-sur-Alzette, Luxemburgo
European Conference on Surface Science (ECOSS 35)
ecoss2022.uni.lu

30 – 31 de agosto de 2022, Telavive, Israel
86th Annual Meeting of the Israel Chemical Society (ICS)
ics-2022.com

setembro de 2022

01 – 02 de setembro de 2022, Lisboa, Portugal
2nd EuChemS Chemistry in Life Sciences Division - Young Investigator Workshop
yiw2022.events.chemistry.pt

04 – 07 de setembro de 2022, Dresden, Alemanha
8th International Conference on Metal-Organic Frameworks and Open Framework Compounds (MOF 2022)
dechema.de/en/MOF2022.html

04 – 08 de setembro de 2022, Nice, França
XXVII EFMC International Symposium on Medicinal Chemistry
efmc-ismc.org

- 04 – 09 de setembro de 2022, Bragança, Portugal
20th International Symposium on Solubility Phenomena and Related Equilibrium Processes
issp20.events.chemistry.pt
- 05 – 07 de setembro de 2022, Münster, Alemanha
ORCHEM 2022
veranstaltungen.gdch.de/tms/frontend/index.cfm?l=10886&modus=
- 05 – 08 de setembro de 2022, Alcalá de Henares, Espanha
VII Jornadas Ibéricas de Fotoquímica
congresosalcala.fgua.es/jif2022
- 05 – 08 de setembro de 2022, Aveiro, Portugal
12th Ibero-American Congress on Sensors
ibersensor2021.events.chemistry.pt
- 05 – 08 de setembro de 2022, Heidelberg, Alemanha e *online*
EMBO Workshop Chemical Biology 2022
embl.org/about/info/course-and-conference-office/events/chb22-01
- 05 – 09 de setembro de 2022, Atenas, Grécia
9th IUPAC International Conference on Green Chemistry (ICGC-9)
greeniupac2020.org
- 06 – 09 de setembro de 2022, Praga, República Checa
10th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis (RAFA 2022)
rafa2022.eu
- 07 – 08 de setembro de 2022, Roma, Itália
10th International Conference on Sustainable Development (ICSD 2022)
ecsdev.org/conference
- 07 – 09 de setembro de 2022, Gießen, Alemanha
Bunsen-Tagung2022
bunsen.de/bt2022
- 08 de setembro de 2022, Zurique, Suíça
SCS Fall Meeting 2022
fm22.scg.ch
- 11 – 15 de setembro de 2022, Copenhaga, Dinamarca
IWA World Water Congress & Exhibition
worldwatercongress.org
- 11 – 15 de setembro de 2022, Les Diablerets, Suíça
SCS Summer School on Chemical Biology
summer-school22.scg.ch
- 11 – 15 de setembro de 2022, Orvieto, Itália
Giornate dell'Elettrochimica Italiana (GEI 2022)
gei2022.it
- 11 – 15 de setembro de 2022, Telavive, Israel
86th Annual Meeting of the Israel Chemical Society (ICS)
ics-2022.com
- 11 – 16 de setembro de 2022, Starý Smokovec, Eslováquia
17th International Conference on High Temperature Materials Chemistry
17htmc.sav.sk
- 12 – 15 de setembro de 2022, York, Reino Unido
14th International Symposium on Nuclear and Environmental Radiochemical Analysis: ERA14
rsc.org/events/detail/46636/14th-international-symposium-on-nuclear-and-environmental-radiochemical-analysis-era14
- 14 – 15 de setembro de 2022, Londres, Reino Unido
European Carbon Capture & Storage Industry Summit 2022
wplgroup.com/aci/event/European-Carbon-Capture-and-Storage
- 17 – 22 de setembro de 2022, Moscovo, Rússia
21st Conference of the International Humic Substances Society
humus.ru/ihss-21
- 18 – 22 de setembro de 2022, Heidelberg, Alemanha
Symposium on Theoretical Chemistry (STC 2022)
stc2022.uni-heidelberg.de
- 19 – 21 de setembro de 2022, Düsseldorf, Alemanha
28th Lecture Conference on Photochemistry
veranstaltungen.gdch.de/tms/frontend/index.cfm?l=11043&sp_id=2
- 19 – 22 de setembro de 2022, Estrasburgo, França
Polymer-Solvent Complexes and Intercalates (POLYSOLVAT-14)
iupac.org/event/polymer-solvent-complexes-and-intercalates-polysolvat-14
- 20 – 22 de setembro de 2022, Viena, Áustria
19th Austrian Chemistry Days
chemietage.at

23 – 26 de setembro de 2022, Nápoles, Itália
Ischia Advanced School of
Organic Chemistry (IASOC 2022)
iasoc.it

25 – 28 de setembro de 2022, Aveiro, Portugal
Biopartitioning & Purification Conference
bpp2022.web.ua.pt/index.asp

25 – 30 de setembro de 2022, Erice, Itália
1st International School on
Mass Spectrometry (IntSMS)
spettrometriadimassa.it/intsms2022

26 – 28 de setembro de 2022, Karlsruhe, Alemanha
4th International Conference on the Chemistry of the
Construction Materials (ICCCM 2022)
veranstaltungen.gdch.de/tms/frontend/index.
cfm?l=11018&sp_id=2&selMicrosite=70227

26 – 30 de setembro de 2022, Heidelberg, Alemanha
23rd European Symposium on Quantitative
Structure–Activity Relationship (23rd EuroQSAR)
euroqsar2022.org

27 de setembro de 2022, *online*
Munich–Leiden Virtual ChemBio Talks
department.ch.tum.de/oc2/chembio-talks

27– 29 de setembro de 2022, Nuremberga,
Alemanha
POWTECH 2022 e PARTEC 2022
powtech.de/en

27 – 30 de setembro de 2022, Berlim, Alemanha
Electrochemistry 2022
veranstaltungen.gdch.de/tms/frontend/
index.cfm?l=11179&sp_id=2

28 – 29 de setembro de 2022, Lausanne, Suíça
ILMAC Lausanne 2022
ilmac.ch/en

outubro de 2022

03 – 05 de outubro de 2022,
Amsterdão, Países Baixos
RME2022 (Rapid Analysis & Diagnostics)
rapidmethods.eu

09 – 14 de outubro de 2022, Leysin, Suíça
14th Swiss Course on Medicinal Chemistry 2022
scmc21.scg.ch

12 – 14 de outubro de 2022, Blankenberge, Bélgica
CRF–ChemCYS 2022 (Chemical Research
in Flanders – Chemistry Conference
for Young Scientists 2022)
crf-chemcys.be

16 – 20 de outubro de 2022, Nápoles, Itália
31st International Symposium on the Chemistry of
Natural Products e 11th International Congress on
Biodiversity (ISCNP31 & ICOB11)
iscnp31-icob11.org

17 – 19 de outubro de 2022, Nápoles, Itália
AMYC–BIOMED 2022
amycbiomed2022.webnode.it

18 – 20 de outubro de 2022, Harrogate, Reino
Unido
Hazards 32
icheme.org/career/events/hazards-32

19 – 22 de outubro de 2022, Génova, Itália
7th International Conference on Multifunctional,
Hybrid and Nanomaterials
elsevier.com/events/conferences/
international-conference-on-multifunctional-
hybrid-and-nanomaterials/about

23 – 26 de outubro de 2022, Castelo Branco,
Portugal
XVI Encontro de Química dos Alimentos
xvieqa.events.chemistry.pt

26 – 28 de outubro de 2022, Gotemburgo, Suécia
Nordbatt 2022
nordbatt.org

novembro de 2022

06 – 10 de novembro de 2022, Siem Reap,
Cambodja
18th Asia Pacific Symposium on Microscale
Separation e Analysis e 17th International
Interdisciplinary Meeting on Bioanalysis
ce-ce.org

08 -11 de novembro de 2022, Sveti Martin na
Muri, Croácia
Solutions in Chemistry
solutionsinchemistry.hkd.hr

Boletim da Sociedade
Portuguesa de Química

Química

www.spq.pt

abril-junho
Vol. 46 | N.º 165 | 2022



SOCIEDADE
PORTUGUESA
DE QUÍMICA