

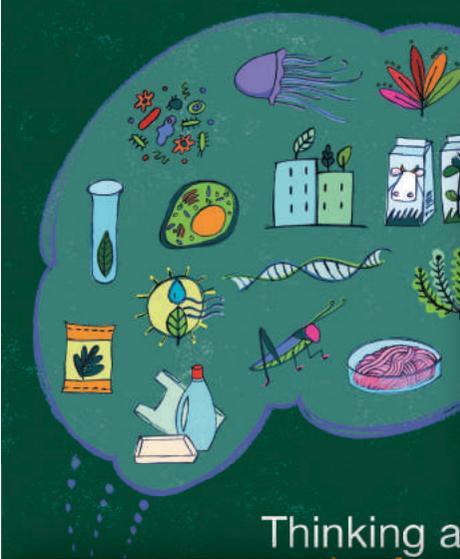
# Brasil FoodSafety Trends 2030

Transformações,  
tendências e desafios  
para a governança e  
gestão da segurança  
dos alimentos



**THE FUTURE OF FOOD SAFETY**

Food and Agriculture Organization of the United Nations



Thinking a

 Food and Agriculture Organization of the United Nations
  World Health Organization
  WORLD TRADE ORGANIZATION
  African Union

## THE FIRST FAO/WHO/AU INTERNATIONAL FOOD SAFETY CONFERENCE

Addis Ababa  
12-13 February 2019

## INTERNATIONAL FORUM ON FOOD SAFETY AND TRADE

Geneva  
23-24 April 2019

Transforming knowledge into action for people, economies and the environment



**TECHNICAL SUMMARY BY FAO AND WHO**

 U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION



**NEW ERA OF SMARTER FOOD SAFETY**

## Delivering on EU Food Safety and Nutrition in 2050 – Future challenges and policy preparedness

The European Commission's science and knowledge service  
Joint Research Centre

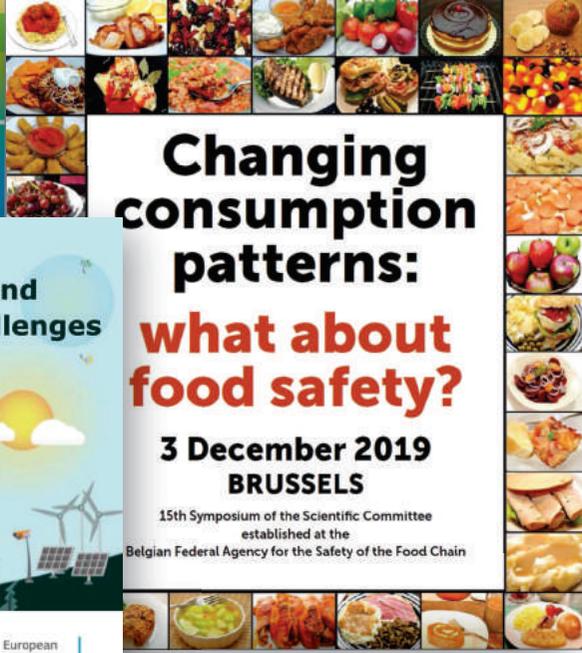


 European Commission

## Changing consumption patterns: what about food safety?

**3 December 2019 BRUSSELS**

15th Symposium of the Scientific Committee established at the Belgian Federal Agency for the Safety of the Food Chain



 Lloyd's Register Foundation

## Foresight review of food safety

Feeding the world safely and sustainably



October 2019

Lloyd's Register Foundation Report Series: No.2019.2

## PROMOTING HARMONIZED FOOD SAFETY REGULATION IN A TIME OF CHANGE, INNOVATION AND GLOBALIZED TRADE

**KEY MESSAGES**

A One Health approach promotes effective food safety regulations across sectors and provides value for effective surveillance, intervention and prevention strategies for foodborne risks.

Food safety regulatory systems need to adapt to new challenges and innovation in a harmonized, transparent and timely manner, applying a science-based risk-benefit approach and engaging the public.

The FAO/WHO Codex Alimentarius Commission needs to identify and tackle future challenges to continue being the reliable point of reference for harmonized food safety regulation and to provide guidance to governments in enabling them to protect consumer health while avoiding unnecessary trade barriers.

Joint effort is needed to provide suitable resources, knowledge and levels of engagement to the work of the Codex Alimentarius Commission and FAO/WHO scientific advice programme and to build the capacity for food safety regulation in low- and middle-income countries to avoid market exclusion as well as discrepancies in public health protection of consumers.



## Food Safety Issues & Trends 2020

The food safety landscape is changing  
*Are you ready?*



t: +44 (1223) 941450  
w: www.checkit.net

 checkit

# Brasil FoodSafety Trends 2030

Transformações, tendências e desafios para a governança e gestão da segurança dos alimentos



Campinas - SP  
1ª Edição

Ficha catalográfica elaborada pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos

Brasil Food Safety Trends 2030: transformações, tendências e desafios para a governança da e gestão da segurança dos alimentos / Eloisa E. Corrêa Garcia; Maria Isabel Berto; Marisa Padula; Marta Hiromi Taniwaki; Claire I. G. de L. Sarantópoulos; (Editores). – 1. ed. – Campinas -SP: ITAL, 2023.

137 p. : il. ; 27 cm.

ISBN 978-65-88769-02-7

1. Alimentos. 2. Segurança. 3. Tendências. 4. Gestão. 5. Desafios. 6. *Food Safety*. I. Garcia, Eloisa E. C. II. Berto, Maria I. III. Padula, Marisa. IV. Taniwaki, Marta Hiromi. V. Sarantópoulos, Claire I. G. de L. VI. Instituto de Tecnologia de Alimentos. VII. Título.



Este trabalho, desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), está licenciado sob CC BY 4.0.



## GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Governador: Tarcísio de Freitas

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO - SAA

Secretário: Antonio Julio Junqueira de Queiroz

Secretário-Executivo: Marcos Renato Böttcher

Chefe de Gabinete: José Carlos Gobbis Pagliuca

AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS - APTA

Coordenador: Carlos Nabil Ghobril

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – ITAL

Diretora Geral: Eloísa Garcia



Instituto de Tecnologia de Alimentos - Ital

Av. Brasil, 2.880

CEP: 13070-178 - Campinas - SP

[www.ital.agricultura.sp.gov.br](http://www.ital.agricultura.sp.gov.br)

[ital@ital.sp.gov.br](mailto:ital@ital.sp.gov.br)



O Governo do Estado de São Paulo possui um corpo técnico-científico competente e experiente nas mais diversas áreas de conhecimento, sendo muitas vezes referência nacional e até mesmo internacional em ciência, tecnologia e inovação. Esse cenário não é diferente na pesquisa agropecuária, que está sob a responsabilidade da Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

É uma grande satisfação poder ser porta-voz do trabalho dedicado dos pesquisadores da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta) nas mais diversas frentes de ação, como os estudos estratégicos e de tendências do Instituto de Tecnologia de Alimentos, neste caso o *Brasil Food Safety Trends 2030*.

Aliás, nada mais coerente que pesquisadores do Itai coordenem um rico trabalho como este. Além de pioneiro no Brasil em sua área de atuação, o Instituto conquistou prestígio ao longo de seus 60 anos de história por sempre fundamentar suas atividades na segurança e na qualidade dos alimentos.

Não só estudantes, professores e profissionais das áreas de alimentos, bebidas, ingredientes e embalagem ganham com mais esta publicação de acesso gratuito, como também a população, que consumirá alimentos cada vez mais saudáveis e seguros a partir do conhecimento disseminado.

Cabe ressaltar que dedicar-se à segurança dos alimentos é antes de tudo respeitar cada cidadão brasileiro, que precisa ter a alimentação e a saúde como direitos sociais. Não é à toa que o tema está presente nas diretrizes organizacionais da Secretaria de Agricultura e Abastecimento, que tem como parte de sua missão promover a oferta sustentável de alimentos saudáveis e seguros para a melhor qualidade de vida da população.

Por ter a segurança alimentar e nutricional como uma das quatro bandeiras da minha atuação como secretário na atual gestão do Governo de SP, parabéns a equipe do Itai por dar mais esse importante passo rumo à visão de fazer o estado paulista um dos principais e mais competitivos ecossistemas agro, garantindo a segurança dos produtos e processos, valorizando o produtor rural e a agroindústria e promovendo o desenvolvimento sustentável.

**Antonio Julio Junqueira de Queiroz**  
Secretário de Agricultura e Abastecimento  
do Estado de São Paulo



Com o propósito de abastecer e nutrir a sociedade, as cadeias produtivas de alimentos, desde a agricultura e pecuária, industrialização, varejo, serviços de alimentação até o consumo, devem se pautar por boas práticas de produção/fabricação e pela gestão adequada da segurança dos alimentos (*food safety*).

Todo esse empenho, muitas vezes despercebido pela população, envolve imenso conhecimento e desenvolvimento técnico e científico, ensaios laboratoriais especializados, análises de risco, gestão de fornecimento, esforços regulatórios e de vigilância sanitária, treinamento de recursos humanos, certificações, ações de educação e comunicação, em uma corrente interativa em constante aprimoramento.

Com a escalada dos desafios para atingir uma situação razoável de segurança alimentar (*food security*), a produção de alimentos tem sido pressionada a evoluir, ao mesmo tempo em que inúmeros fatores externos, desde novos hábitos e anseios do consumidor até os efeitos das mudanças climáticas, têm colocado um foco especial sobre a importância da gestão da segurança dos alimentos, a ver os recentes documentos publicados pela FDA, FAO e WHO.

Acompanhando esse movimento mundial, o Instituto de Tecnologia de Alimentos (Itai) concebeu esta publicação, **BRASIL FOOD SAFETY TRENDS 2030**, com o intuito de provocar o diálogo no Brasil sobre a importância de ações estratégicas e coordenadas para enfrentar os desafios e se antecipar na solução de problemas ou barreiras futuras. No documento, são mapeados os principais *drivers* que trazem maior complexidade à segurança dos alimentos, assim como são comentadas as tendências observadas hoje e que certamente se acentuarão ao longo desta década.

O documento também propõe algumas diretrizes que deveriam orientar os atores públicos e privados envolvidos com a gestão da segurança de alimentos a se prepararem estrategicamente e melhor aproveitarem os recursos físicos e humanos disponíveis no país.

A publicação não se propõe a esgotar os temas abordados, mas apresenta questões técnicas e estratégicas relevantes para a contextualização do problema, mas, para os interessados em se aprofundar no assunto, apresenta uma vasta lista de referências bibliográficas.

Também esta não é uma publicação sobre segurança de alimentos, uma vez que não trata de questões tradicionais nem se aprofunda em conceitos técnicos, mas é uma análise estratégica sintetizada sobre as perspectivas da evolução da gestão de *food safety*. Entendendo os fatores de influência e tendências, será mais fácil orientar os esforços coletivos para preparar o país para contornar os obstáculos com mais eficácia e aproveitar as vantagens advindas do planejamento para gestão de mudanças e de riscos.

Com esta iniciativa, o Instituto de Tecnologia de Alimentos expressa, mais uma vez, sua preocupação com o bem-estar da população, com a sustentabilidade da produção e processamento de alimentos e com o crescimento econômico do país, e se coloca à disposição para continuar esse diálogo e contribuir para a melhoria da gestão da segurança dos alimentos.

**Eloísa Garcia**  
Diretora Geral  
Itai/Apta/SAA



# Índice

## PANORAMA DA GESTÃO DE *FOOD SAFETY*

- 10 Gestão de *Food Safety*
- 13 Transformações e Desafios para a Gestão de *Food Safety*
- 13 Brasil *Food Safety Trends 2030: Drivers* e Macrotendências

## DRIVERS DAS TRANSFORMAÇÕES EM *FOOD SAFETY*

- 19 Mercados Emergentes de Alimentos
- 32 Sistemas de Produção e Tecnologias Não Convencionais
- 44 Tecnologia da Informação
- 52 Sistemas de Embalagem e Distribuição Não Convencionais
- 62 Mudanças no Perfil Populacional
- 68 Estresses do Meio Ambiente e Sistema de Saúde

## MACROTENDÊNCIAS EM *FOOD SAFETY*

- 76 Ampliação do Escopo de Perigos e Riscos
- 78 Aumento da Complexidade na Gestão de *Food Safety*
- 84 Interdisciplinaridade na Governança da Segurança dos Alimentos
- 86 Evolução do Sistema Regulatório
- 89 Informação e Educação sobre Segurança dos Alimentos

## VISÃO DE FUTURO

- 93 Desafios e Diretrizes para 2030
- 98 *Food Safety 2030: Roadmap* Ital

## ANEXOS

- 106 Referências e Bibliografia Consultada
- 132 Equipe Brasil *Food Safety Trends 2030*





**PANORAMA  
DA GESTÃO DE  
*FOOD SAFETY***

## GESTÃO DE *FOOD SAFETY*

O Brasil possui grande relevância no cenário global de produção de alimentos, atendendo requisitos internos e externos. Segundo Paolinelli (2020), estima-se que até 2050 possa alcançar uma produção de 600 milhões de toneladas de alimentos, aproveitando os diferentes biomas do país. É essencial, no entanto, que a produção de alimentos seja adequadamente controlada do ponto de vista de inocuidade, desde o campo até o consumidor.

A **segurança dos alimentos** (*food safety*) é uma disciplina complexa que abrange uma enorme gama de alimentos, perigos potenciais e sistemas de produção e processamento. Diante das transformações em curso no sistema alimentar, o gerenciamento da segurança dos alimentos precisa adaptar-se às mudanças constantes nas cadeias de produção e nos processos, respondendo aos novos padrões de consumo, prevenindo novos riscos e atentando para susceptibilidades dos consumidores. Tal tarefa, que já é árdua para economias desenvolvidas e grandes empresas de alimentos, torna-se ainda mais complexa para as economias em desenvolvimento, pequenas e médias empresas e pequenos agricultores (KING *et al.*, 2017).

Segundo Klieber (2018), a trajetória da gestão da segurança dos alimentos começou na década de 60, com a implementação de **sistemas de controle de qualidade** (*quality control*) baseados na amostragem e inspeção do produto acabado. Este sistema de inspeção, entretanto, era falho no que se referia à segurança de alimentos, pois fundamentava-se na premissa de que eventuais falhas ou contaminações durante o processamento ocorreriam de forma uniforme, distribuindo-se homogeneamente por todo



o lote de produção, o que não é necessariamente verdadeiro.

A década de 70 foi marcada pela implementação do **sistema HACCP** (*Hazard Analysis and Critical Control Points*), traduzido para o português como APPCC (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle). O sistema APPCC baseia-se na prevenção da ocorrência de problemas, através da aplicação do conhecimento científico para prever os perigos (biológicos, químicos, alergênicos e físicos) e os pontos do processamento em que tais perigos podem atingir os alimentos. Desta forma, é possível estabelecer mecanis-

mos de controle nestes pontos críticos e garantir um ambiente de processamento e manuseio seguro.

Nos anos 90 verificou-se a necessidade de comprovar a eficácia do sistema HACCP, o que passou a ser feito através de auditorias de verificação do cumprimento dos padrões estabelecidos. As auditorias, no entanto, forneciam apenas uma comprovação instantânea da conformidade, ou não, com os padrões, o que levou a um consenso, nos anos 2000, sobre a necessidade de criação de uma “Cultura em Segurança de Alimentos” em toda cadeia produtiva, uma vez que, isoladamente, as estratégias anteriores não se mostraram suficientes para o gerenciamento eficaz da segurança dos alimentos (FDA, 2020; KLIEBER, 2018).

No cenário atual, a gestão de *food safety* compreende um conjunto de instituições, ferramentas, normas e sistemas de gestão utilizados para definir, mensurar, analisar e propor soluções para os problemas que interferem no desempenho dos processos organizacionais e podem ser de uso geral ou específico para a área de alimentos (SILVA, GIACOMELLI, 2020).



No âmbito geral, foram desenvolvidas pela *International Organization for Standardization* (ISO) as **normas da série ISO 9000**, com padrões relacionados ao sistema de gestão da qualidade (SGQ). Tais normas foram fundamentais para a harmonização de procedimentos internacionalmente aceitos, mas considerando que são normas de cunho geral, não direcionadas a qualquer segmento produtivo em particular, não dispensam outras abordagens especificamente desenvolvidas para a área de alimentos.



Assim, em 2005 foi publicada a primeira versão da **norma ISO 22.000** (ABNT NBR ISO 22000:2006) com foco específico na normalização de **Sistemas de Gestão de Segurança dos Alimentos (SGSA)**. Direciona-se a todas as organizações responsáveis pela oferta de produtos ao consumidor, incluindo produtores primários, indústrias processadoras, operadores de transporte e armazenamento, subcontratados, lojas de varejo e serviços de alimentação. Por abranger todos os envolvidos na cadeia produtiva de alimentos, é usualmente referenciada como gestão de segurança da “colheita à mesa”, do inglês “*farm to fork*”. A última atualização publicada e vigente até o fechamento deste documento é a versão ISO 22000:2018, com respectiva versão em português ABNT NBR ISO 22000:2019 (ABUJAMRA, 2021). Foi elaborada alinhada à ISO 9001 no que se refere ao sistema de gestão da qualidade, mas complementando-a com os requisitos específicos de segurança dos alimentos. Desta maneira, sua implementação é facilitada nas organizações que já possuem sistemas de gestão estruturados segundo a ISO 9001 (IFOPE-EDUCACIONAL, 2020).



Para a certificação dos sistemas de gestão da segurança dos alimentos adotados pelas indústrias, inúmeros sistemas de certificação foram propostos ao longo do tempo, em função da exigência do produto, mercado, países e clientes. Neste contexto, em maio de 2000 foi criada a **Global Food Safety Initiative (GFSI)**, com a função de definir meios de avaliar comparativamente os diferentes programas de certificação em segurança dos alimentos. A GFSI é uma fundação sem fins lucrativos, gerenciada pelo **The Consumer Goods Forum**

(**CGF**), cujo objetivo é fortalecer a confiança dos consumidores e incentivar a aceitação dos programas de certificação por ela reconhecidos, reduzindo assim duplicações de auditorias, custos e barreiras comerciais. Ressalta-se como principais atividades da GFSI: definir os requisitos de segurança dos alimentos em toda a cadeia de abastecimento, comparar os diferentes padrões de segurança existentes e sua adequação no cumprimento dos requisitos, desenvolver a capacidade de pequenas empresas e assegurar a competência do auditor, fornecer uma plataforma internacional única de partes interessadas para colaboração, troca de conhecimento e networking (MyGFSI, 2022a; SAN-SAWAT, MULIYI, 2011).

São vários os programas de certificação atualmente reconhecidos em relação à versão 2020 do GFSI, entre os quais (MyGFSI, 2022b):

- Food Safety System Certification 22000 (FSSC22000) <https://www.fssc.com/>
- British Retail Consortium Global Standards (BRCGS) <https://www.brcgs.com/>
- International Featured Standards (IFS) <https://www.ifs-certification.com/index.php/en/>
- Safe Quality Food (SQF) <https://www.sqfi.com/>
- CanadaGAP <https://www.canadagap.ca/>
- Freshcare Food Safety & Quality Standard <https://www.freshcare.com.au/about/>
- GlobalG.A.P <https://www.globalgap.org/pt/>
- Global Red Meat Standard (GRMS)- <https://grms.org/>
- Global Sea Food Alliance <https://www.globalseafood.org/>
- Japan Food Safety Management Association (JFSM) <https://www.jfsm.or.jp/eng/>
- ASIAGAP <https://jgap.jp/en/asiagap/>
- PrimusGFS <https://primusgfs.com/>

## Brasil Food Safety Trends 2030

Segundo Bertolino (2021), os programas de certificação mais adotados no Brasil são o FSSC 22000 (69% das certificações), o BRCGS (25% das certificações), o IFS (5% das certificações) e o SFQ (1% das certificações).

Na gestão da segurança de alimentos, uma ferramenta fundamental é a **Análise de Risco**, um processo com três componentes: Avaliação do risco (*Risk assessment*), Gerenciamento do risco (*Risk management*) e Comunicação do risco (*Risk*

*communication*). A definição científica de risco em *food safety* é a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso à saúde, como consequência de um perigo ou mais perigos nos alimentos, que podem ser agentes físicos, químicos ou biológicos. A avaliação de risco é um processo estruturado e sistemático, que segue critérios científicos e compõe-se de quatro fases (BRASIL, 2019; CODEX ALIMENTARIUS, 2014).

**IDENTIFICAÇÃO DO PERIGO (HAZARD IDENTIFICATION):**  
determinação dos agentes físicos, químicos ou biológicos capazes de provocar um efeito adverso à saúde e que podem estar presentes no alimento.

**CARACTERIZAÇÃO DO PERIGO (HAZARD CHARACTERIZATION):**  
avaliação da natureza do efeito adverso associado aos perigos identificados.

**AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO (EXPOSURE ASSESSMENT):**  
determinação da quantidade provável de ingestão dos agentes físicos, químicos e biológicos a partir do alimento em questão e também a partir de outras fontes, se relevantes.

**CARACTERIZAÇÃO DO RISCO (RISK CHARACTERIZATION):**  
estimativa, incluindo as incertezas inerentes, da probabilidade de ocorrência e da gravidade de um efeito adverso à saúde de uma determinada população, com base nos resultados das três etapas anteriores.



# TRANSFORMAÇÕES E DESAFIOS PARA A GESTÃO DE *FOOD SAFETY*

São vários os **drivers** (condutores) das transformações que afetam a gestão de *food safety*. Mudanças climáticas, diminuição da disponibilidade de recursos naturais, crescimento e envelhecimento da população, urbanização e mudanças nos padrões de escolha e consumo de alimentos, aumento da complexidade das cadeias de suprimento de alimentos e restrições ambientais têm gerado **novos desafios à garantia da segurança dos alimentos** e colocado novas demandas sobre produtores, fabricantes, comerciantes, varejistas, reguladores e pesquisadores. (KING *et al.*, 2017).

Os desafios na segurança dos alimentos (**food safety**) e na segurança alimentar (**food security**) global abrangem o surgimento de novos patógenos, contaminantes alimentares acidentais e outros perigos potenciais, incluindo aqueles associados à demanda do consumidor por alimentos “naturais” minimamente processados, pedidos on-line, impressão 3D de produtos alimentícios,

além dos riscos associados à adulteração e fraude (KING *et al.*, 2017). Os avanços em ciência e tecnologia, como sequenciamento completo do genoma, inovações em embalagens de alimentos, desenvolvimentos e tecnologias em rastreamento, tecnologia da informação e análise de meta-dados (*big data*) têm potencial para ajudar a mitigar os riscos e atender às demandas, mas ao mesmo tempo poderão criar novos desafios (COLE *et al.*, 2018). Com o mundo cada vez mais digital, os avanços em inteligência artificial, internet das coisas, tecnologias de sensores e *blockchain* estão melhorando os modelos de negócios.

Em vista disso, novos critérios e sistemas de avaliação de riscos cada vez mais rigorosos devem ser estudados e aplicados à produção e comercialização de alimentos seguros. Entender a maior complexidade da área de *food safety* passa a ser uma responsabilidade de todos os *stakeholders* envolvidos.

## BRASIL FOOD SAFETY TRENDS 2030: DRIVERS E MACROTENDÊNCIAS

A preocupação com o futuro sempre marcou o modo de atuação do Itai. A partir de 1990, com a publicação *Brasil Pack Trends*, o Instituto tem dado ênfase à análise de tendências, de modo a manter suas atividades alinhadas às demandas futuras da sociedade. Em 2010, com o lançamento do pioneiro **Brasil Food Trends 2020**, foi tornada pública uma série de estudos sobre as tendências dos setores de embalagens, ingredientes alimentares, panificação e confeitaria, bebidas não alcoólicas e produtos lácteos (disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/pitec#serie2020>).

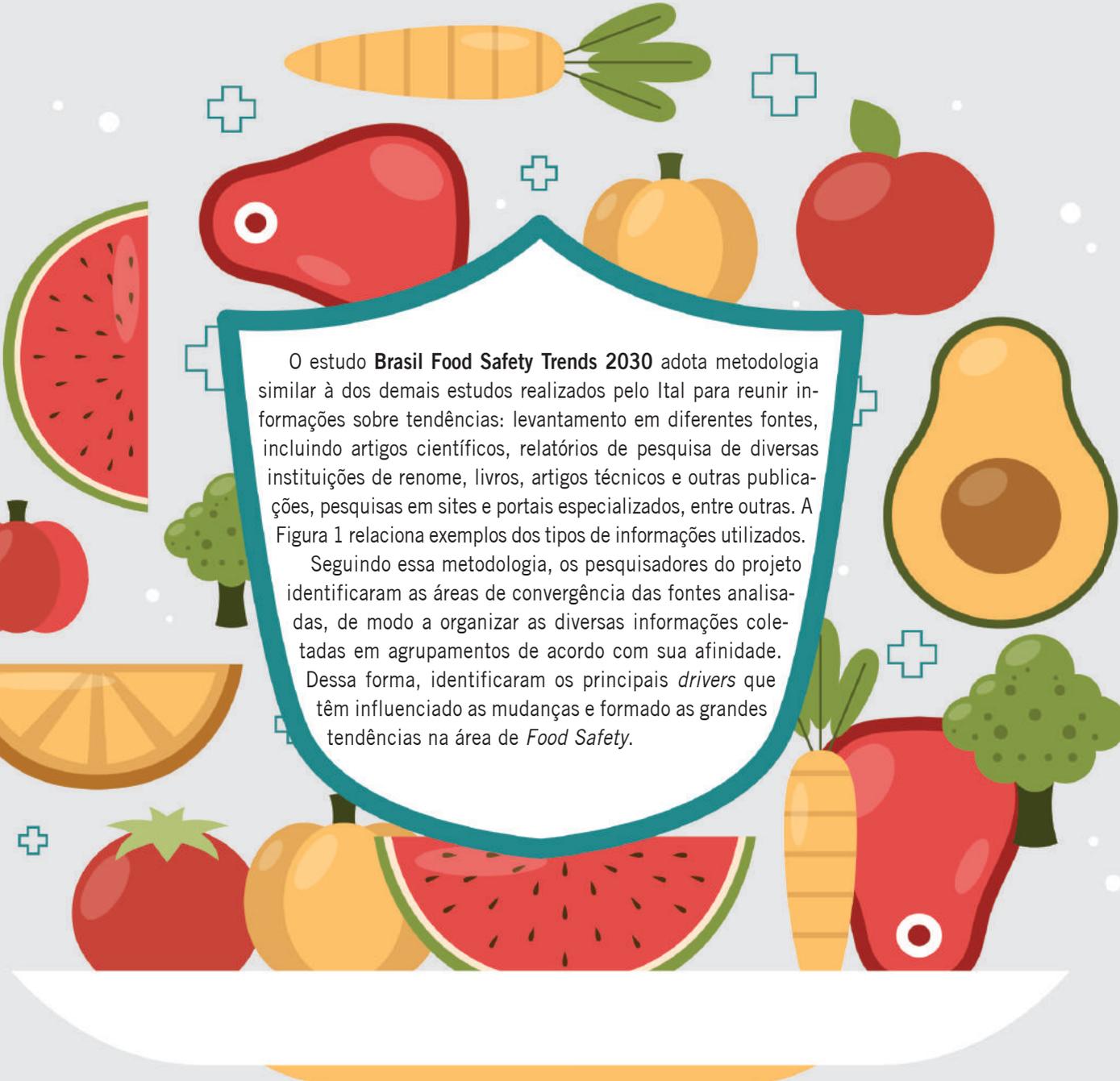
Mais recentemente, criou-se o **hub de conteúdo Indústria de Alimentos 2030**, para promover o debate sobre as melhores práticas das indústrias nas áreas de valor nutricional, segurança de produtos e responsabilidade social das empresas (disponível em: [www.industriadealimentos2030.com.br](http://www.industriadealimentos2030.com.br)).

O hub destaca vários tópicos que têm merecido ações estratégicas das empresas diante das necessidades de mudanças do sistema alimentar, destacando, dentre eles, a segurança dos alimentos. Foi com objetivo de contribuir no enfrentamento de tais desafios que o Itai desenvolveu o presente estudo, **Brasil Food Safety Trends**



**2030**, destinado a mapear **drivers e macrotendências** e seus impactos na segurança dos alimentos, bem como definir diretrizes para a atuação do Instituto. Participaram deste documento várias áreas de conhecimento do Itai (Apêndice 1), integrando as áreas de processamento, ciência, qualidade e embalagem de alimentos, proporcionando ao leitor uma visão holística destes assuntos no contexto do nosso país, à luz dos movimentos internacionais.

## Análise de *drivers*, definição de macrotendências e diretrizes para atuação face ao futuro da segurança dos alimentos



O estudo **Brasil Food Safety Trends 2030** adota metodologia similar à dos demais estudos realizados pelo Itai para reunir informações sobre tendências: levantamento em diferentes fontes, incluindo artigos científicos, relatórios de pesquisa de diversas instituições de renome, livros, artigos técnicos e outras publicações, pesquisas em sites e portais especializados, entre outras. A Figura 1 relaciona exemplos dos tipos de informações utilizados.

Seguindo essa metodologia, os pesquisadores do projeto identificaram as áreas de convergência das fontes analisadas, de modo a organizar as diversas informações coletadas em agrupamentos de acordo com sua afinidade. Dessa forma, identificaram os principais *drivers* que têm influenciado as mudanças e formado as grandes tendências na área de *Food Safety*.

### Publicações técnicas e científicas

AACCI Events & News; Aditivos e Ingredientes; Advances in Nutrition; AIMS Agriculture and Food; Anal Bioanal Chem; Annu. Rev. Food Sci. Technol.; Annual Review of Food Science and Technology; Appetite; Appl Microbiol Biotechnol; Applications of Radiation Chemistry in the Fields of Industry, Biotechnology and Environment; Applied Sciences; Authorea; Biosystems engineering; Biotecnologia IBB; Br. Food J.; Brazilian Journal of Food Technology; British Food Journal; CAB International; CAB Reviews; Cad. Saúde Pública; Cereal Foods World; Chem. Senses; Ciênc. Tecnol. Aliment.; Cogent Food & Agriculture; Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety; Consumidor Moderno; Critical Reviews in Food Science and Nutrition; Curr Dev Nutr.; Curr Obes Rep; Current Opinion in Food Science; Drug Resistance Updates; EC Nutrition; Emerging Infectious Diseases; Environ. Sci. Eur.; Environmental Technology & Innovation; Eur Food Res Technol.; Fermentation; Food & Function; Food Additives & Contaminants; Food and Bioprocess Technology; Food and Chemical Toxicology; Food Bioscience; Food Chemistry; Food Control; Food Engineering, Manufacturing News; Food Engineering Reviews; Food Ingredients Brasil; Food Microbiology; Food Processing and Preservation; Food Qual. Saf.; Food Quality & Safety; Food Quality and Preference; Food Research International; Food Safety and Preservation; Food Safety Brazil; Food Safety Magazine; Food Safety News; Food Safety Tech.; Food Science and Technology; Food Science and Technology International; Food Technology Magazine; Foods; Fresh-Cut Fruits and Vegetables; Frontiers in Microbiology; Frontiers in Nutrition; Gepros. Gestão da Produção, Operações e Sistemas; Global Food Security; Harvard Business Review; Health Promotion International; Heliyon; Horticultura Brasileira; IEEE Internet of Things Journal; Innovative Food Science & Emerging Technologies; Int J Food Sci Technol; Int. J. Sci. Technol. Res; Int. J. Toxicol.; Internacional Journal of Food Microbiology; International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology; International Journal of Food Science & Technology; International Journal of Information Management; International Journal of Production Economics; International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources; J Agric Food Chem; J. Nutr. Educ. Behav.; Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering; Journal of Agricultural and Food Chemistry; Journal of Cereal Science; Journal of Cleaner Production; Journal of Food Engineering; Journal of Food Process Engineering; Journal of Food Processing and Preservation; Journal of food Protection; Journal of Food Quality; Journal of Food Science; Journal of food Science and Technology; Journal of Insects as Food and Feed; Journal of Retailing and Consumer Services; Logistics; LWT; Management Decision; Measuring Business Excellence; Meat Science; Microbiol Spectr; Microorganisms; Nature; NFS Journal; Nitric Oxide; Nutrition & Food Science; Nutrition Today; Ozone: Science & Engineering; Packaging World; Plant Foods Hum Nutr; Quality Progress; Research, Society and Development; Revista Bares & Restaurantes; Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba; Revista de Agricultura Neotropical; Revista de Saúde Pública; Revista INGI - Indicação Geográfica e Inovação; Revista Instituto Adolfo Lutz; Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins; Revista Pesquisa Fapesp; Revista Vianna Sapiens; Revista Visa em Debate; Sanitary Standards Inc; Science; Science of Food; Science of The Total Environment; Scientific Reports; Sensors; Supply Chain Manag. Int. J.; Sustainability; The American Journal of Clinical Nutrition; The Journal of Nutrition; Toxins; Trends in Food Science & Technology; Ultrasonics Sonochemistry; World Nutrition; WU Vienna University of Economics and Business.

### Relatórios de pesquisa de domínio público ou privado, de instituições diversas

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa); Associação Brasileira de Embalagem (Abre); Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT); Associação de Engenheiros Agrônomos do Estado de São Paulo (AEASP); Association Nationale des Industries Alimentaires (ANIA); Australian Asian Chamber of Commerce and Industry (AACCI); Belgian Food Safety Agency; Bord Bia; Boston Consulting Group; BRGS; CAB International; Canadian Agri-Food Policy Institute; Canadian Centre for Food Integrity (CCFI); Cargill; Center for Food Integrity (CFI); Center for Food Safety (CFS); Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID); Consumer Brands Association; Deloitte; Embrapa; European Food Safety Authority (EFSA); European Institute for Innovation & Technology (EIT); European Technology Platform on Food For Life (ETP/CIAA); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp); Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); Food Marketing Institute (FMI); Food Safety Authority of Ireland (FSAI); Food Safety Net Services (FSNS); FSSC-22000; Global Food Safety Initiative (GSFI); Good Food Institute Brazil (GFI Brazil); HM Government; IEEE Student Conference on Research and Development (SCoReD); Ifope Educacional; Ingredient; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital); Instituto Federal Norte de Minas Gerais; International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF); International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF); International Conference on Business Information Systems; International Diabetes Federation; International Featured Standards (IFS); International Food Information Council Foundation (IFIC); International Food Information Service (IFIS); International Organization for Standardization (ISO); McKinsey & Company; Mondelez International; Nielsen Company; NPD Group; NutriNet Canada; Pan American Health Organization (PAHO); PricewaterhouseCoopers; Rural Industries Research and Development Corporation (RIRD); Sinergy; TetraPak; U.S. Food and Drug Administration (FDA); United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD); United States Environmental Protection Agency (EPA); Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); Universidade Estadual de São Paulo (USP); Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR); Universidade Federal do Pampa (Unipampa); World Economic Forum; World Health Organization (WHO).

### Livros, capítulos de livros e outras publicações

A Cold-Atmospheric Pressure Plasma Array Effectively Kills Bacteria on Industrial Surfaces; A deeper look into Brazilian Agribusiness; A mentira do glúten: e outros mitos sobre o que você come; Alimentos industrializados: a importância para a sociedade brasileira; Alimentos Ultraprocessados: Revisión crítica, limitaciones del concepto y posible uso en salud pública; Archives of cardiovascular diseases; BRASIL Food Trends 2020; BRASIL food trends 2020; Brasil ingredients trends 2020; Brasil Ingredients Trends 2020; Flooded Crops: Food Safety and Crop Loss Issues; Food molecular microbiology; Food Safety Management; Food Safety Summit Conference & Expo; Fruit juices; GUIDANCE Document for Direct-to-Consumer and Third-Party Delivery Service Food Delivery; Guidance Document for Direct-to-Consumer and Third-Party Delivery Service Food Delivery; Handbook of biological control; Indústria de alimentos 2030: ações transformadoras em valor nutricional dos produtos, sustentabilidade da produção e transparência na comunicação com a sociedade; Influence of Acidification on Dough Rheological Properties; Ingredients in meat products: properties, functionality and applications; Inovações e avanços tecnológicos em ciência e tecnologia de leite e derivados; Insects as Sustainable Food Ingredients; Les Polyphénols en Agroalimentaire; Marketing 4.0: Mudança do Tradicional para o Digital; Meat analogues-consideration for the EU; Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation; Microbiologia da segurança alimentar; Microbiologia de Brock; Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos; Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings; Packaging Design for Waste Reduction of E-Commerce Packaging; Pães industrializados: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade; Pães industrializados: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade; Process-induced food toxicants; Quality Improvement in Behavioral Health; Retail Driven Food Safety Regulation. In Food Safety, Market Organization, Trade and Development; Sistema de gestão e avaliação na segurança de alimentos; Sistemas sustentáveis de esgotos; SUSTENTABILIDADE e sustentação da produção de alimentos no Brasil: Agroindústria de alimentos; Technology of Breadmaking.

### Sites e portais especializados

acmsf.food.gov.uk; connect.zebra.com; foodsafetybrazil.org; bv.fapesp.br; inovasocial.com.br; loopstore.com; nutritotal.com.br; snacksafely.com; thecounter.org; www.brcgs.com; www.cdc.gov; www.cerealsgrains.org; www.ecommercebrasil.com.br; www.ecommercebrasil.com.br; www.foodprotect.org; www.foodprotect.org; www.greenbiz.com; www.ifis.org; www.jdsupra.com; www.oliverwyman.com; www.oliverwyman.com; www.signaltheory.com; www.snackandbakery.com.

FIGURA 1 | Tipos e exemplos de fontes de informações utilizadas no estudo Brasil Food Safety Trends 2030

# O ESTUDO BRASIL FOOD

## DRIVERS DESTACADOS PARA A ÁREA DE *FOOD SAFETY*

### MERCADOS EMERGENTES DE ALIMENTOS

- Alimentos Orgânicos
- Alimentos *Plant-based*
- *Food Waste* e Alimentos *Upcycled*
- Produtos, Ingredientes e Aditivos Naturais e *Clean Label*
- Novos Ingredientes: Canabidióis, Proteínas de Insetos, Algas, *Jellyfish*
- Produtos sem ou com Redução de Gorduras, Sódio, Açúcares
- Refeições Prontas e *Snacks*

### SISTEMAS DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS

- Sistemas de Produção Local, Artesanal, Caseira
- Agricultura Urbana
- Produção por Cultivo Celular
- Fermentação
- Impressão 3D
- Tecnologias Emergentes de Processamento
- Nanomateriais
- Fraudes e Adulterações

### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

- Bancos de Dados On-line de Segurança de Alimentos
- Tecnologias Ômicas e Bioinformática
- Sequenciamento do Genoma Completo (Wgs)
- Microbiologia Preditiva
- Internet, Telefone Celular, Mídia Social
- Internet das Coisas (IoT)
- Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*)
- Tecnologia *Blockchain*
- *Big Data*
- Indústria 4.0

### SISTEMAS DE EMBALAGEM E DISTRIBUIÇÃO NÃO CONVENCIONAIS

- Sistemas de Embalagem Não Convencionais
- *E-commerce*, Aplicativos, *Dark Kitchens*
- Comidas de Rua (Ambulantes, *Foodtrucks*)

### MUDANÇAS NO PERFIL POPULACIONAL

- Crescimento Populacional e Segurança Alimentar
- Urbanização e Envelhecimento Populacional
- Microbioma
- Prevalência de Alergia Alimentar
- Consumo Consciente/Confiabilidade no Sistema Alimentar

### ESTRESSES DO MEIO AMBIENTE E SISTEMA DE SAÚDE

- Mudanças Climáticas
- Escassez e Contaminação de Recursos Naturais (Água, Terra)
- Emergências e a Resistência de Novos Patógenos

# SAFETY TRENDS 2030

## MACROTENDÊNCIAS EM FOOD SAFETY

### AMPLIAÇÃO DO ESCOPO DE PERIGOS E RISCOS

- Novos contaminantes químicos, muitos de natureza desconhecida
- Novos patógenos ou re-emergências de patógenos conhecidos
- Multiplicação da necessidade de avaliações de risco, devido às inovações e novos contaminantes
- Aumento de necessidades específicas de populações idosas ou com deficiências na saúde
- Influência da alimentação e de contaminantes sobre o microbioma intestinal
- Desafios para avaliações de risco e da eficácia de novos processos de conservação
- Aumento de alergênicos na dieta
- Incidência crescente de fraudes e adulterações

### AUMENTO DA COMPLEXIDADE NA GESTÃO DE FOOD SAFETY

- Gestão de cadeias alimentares longas e complexas
- Complexidade dos trabalhos de inspeção e de rastreabilidade
- Promoção do autocontrole e certificação de conformidade da gestão
- Desenvolvimento e incorporação de ferramentas de TI dedicadas à gestão de food safety
- Ampliação da infraestrutura analítica para estudo de contaminantes e para avaliação de risco
- Necessidade da evolução em procedimentos analíticos e protocolos para avaliação de risco
- Desenvolvimento de testes rápidos para monitoramento, controle e inspeção
- Ampliação do trabalho cooperativo em redes

### INTERDISCIPLINARIDADE NA GOVERNANÇA DA SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

- Segurança dos alimentos como tema indissociável de políticas públicas
- Modelo de governança mais aberto e com visão holística
- Orquestração das ações de stakeholders
- Interconexão, complexidade e multidimensionalidade da gestão de food safety
- Segurança dos alimentos no contexto da abordagem de Saúde Única (One Health)
- Redes de pesquisa transdisciplinares
- Contribuição da segurança dos alimentos para os ODSs 2030 da ONU

### EVOLUÇÃO DO SISTEMA REGULATÓRIO

- Estabelecimento de uma legislação de alimentos clara, efetiva e moderna
- Legislação e regulamentos baseados na ciência
- Interação contínua entre os legisladores/reguladores, academia, stakeholders e consumidores
- Codex Alimentarius da FAO/OMS fortalecido e em contínua atualização
- Agilidade na harmonização das legislações nos diversos blocos econômicos
- Sistema nacional de controle de alimentos bem estruturado, claro e descrito na legislação
- Confiança do consumidor no sistema regulatório e de controle de alimentos é fundamental

### INFORMAÇÃO E EDUCAÇÃO SOBRE SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

- A importância da "cultura da segurança de alimentos"
- Necessidade de desenvolvimento de estratégia mais eficaz para comunicação com o consumidor
- O papel fundamental dos stakeholders na comunicação com o consumidor
- O desafio de aumentar a confiabilidade na ciência
- A transparência como principal estratégia para conquistar a confiança do consumidor
- A cultura de segurança de alimentos como fator de defesa contra a proliferação de informações falsas e sem fundamento científico
- Importância das certificações de conformidade do sistema de gestão de food safety

## VISÃO DE FUTURO

### DESAFIOS E DIRETRIZES PARA 2030

### ROADMAP ITAL

***DRIVERS DAS  
TRANSFORMAÇÕES  
EM *FOOD SAFETY****

## GRUPOS DE *DRIVERS* ANALISADOS NO BRASIL FOOD SAFETY TRENDS 2030

O estudo Brasil Food Safety Trends 2030 analisou diversos *drivers* que deverão influenciar a gestão da segurança dos alimentos nos próximos anos.

Novos tipos de alimentos e ingredientes alimentícios estão compreendidos no grupo dos mercados emergentes, quais sejam alimentos orgânicos; alimentos *plant-based*; ingredientes obtidos de resíduos (*upcycled*); produtos, ingredientes e aditivos naturais e *clean label*; novos ingredientes (canabidióis, proteínas de insetos, algas e *jellyfish*); produtos sem ou com redução de gorduras, sódio e açúcares e refeições prontas e *snacks*.

Os sistemas de produção e tecnologias não convencionais englobam os sistemas de produção local, artesanal e caseira, as fazendas urbanas, produção por cultivo celular, tecnologias de fermentação, impressão 3D, tecnologias emergentes de processamento, nanomateriais, além do controle da produção ilegal (fraudes, adulterações).

Entre os *drivers* da tecnologia da informação são destacados bancos de dados on-line de segurança de alimentos, arquivos

(on-line) de dados genômicos funcionais, internet, telefone celular, mídia social, internet das coisas (IoT), aprendizado de máquina (*machine learning*), tecnologia *blockchain*, *big data*, indústria 4.0, sequenciamento do genoma completo (wgs), microbiologia preditiva, tecnologia sômicas e bioinformática.

Os sistemas de embalagem e distribuição não convencionais abrangem materiais reciclados para contato com alimentos, biopolímeros, embalagens ativas, inteligentes e interativas, novos modelos de distribuição por *e-commerce* e aplicativos de comidas de rua (ambulantes, *foodtrucks*).

Entre as mudanças no perfil populacional estão o crescimento e envelhecimento da população, a urbanização, o advento da nutrição personalizada, a prevalência de alergias alimentares, o consumo consciente e a confiabilidade no sistema alimentar.

Como estresses do meio ambiente e sistema de saúde foram consideradas as mudanças climáticas, a escassez e contaminação de recursos naturais (água, terra) e as emergências e a resistência de novos patógenos.

### MERCADOS EMERGENTES DE ALIMENTOS

- Alimentos Orgânicos
- Alimentos *Plant-based*
- *Food Waste* e Alimentos *Upcycled*
- Produtos, Ingredientes e Aditivos Naturais e *Clean Label*
- Novos Ingredientes: Canabidióis, Proteínas de Insetos, Algas, *Jellyfish*
- Produtos sem ou com Redução de Gorduras, Sódio, Açúcares
- Refeições Prontas e *Snacks*



## ALIMENTOS ORGÂNICOS

Em 2010, o estudo *Brasil Food Trends 2020* destacou a evolução do mercado de produtos naturais e orgânicos por agregarem benefícios aos consumidores, como garantia da presença de ingredientes de melhor qualidade (características naturais e frescor) e ausência de defensivos agrícolas, contribuição para a preservação do meio ambiente e demonstração de valores éticos e responsabilidade social dos fabricantes (REGO, 2010). Atualmente, esse mercado tornou-se realidade e continua em crescimento.

Uma pesquisa quantitativa de 2018 sobre as **percepções de naturalidade** de consumidores norte-americanos identificou as principais definições de alimento “natural”: os produtos sem hormônios e/ou antibióticos (53,5% dos entrevistados), sem resíduos de pesticidas (37,7%) e orgânicos (26,0%) (LUSK, 2019). Essa pesquisa mostrou que, em suas definições de naturalidade, os consumidores extrapolam a definição de produtos orgânicos.

Segundo diversos estudos (LIMA, VIANELLO, 2011; DAS, CHATTERJEE, PAL, 2020), estes alimentos podem ser considerados mais saudáveis, apresentando menor incidência de agroquímicos, hormônios e nitratos. Não há, entretanto, dados conclusivos que demonstrem a superioridade dos vegetais orgânicos quanto à composição nutricional e funcional (LIMA, VIANELLO, 2011).

De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), os agricultores convencionais e orgânicos precisam seguir **os mesmos padrões de segurança**, uma vez que a escolha de alimentos da agricultura orgânica tem pouco a ver com padrões de segurança dos alimentos, sendo ditada pela consideração de aspectos sociais e ambientais dos sistemas alimentares (ORGANIC..., 2021).

Ao abrir mão dos fertilizantes e defensivos agrícolas tradicionais, os produtos orgânicos ou “mais naturais” passam a requerer métodos alternativos de proteção das culturas, como bioinseticidas e outros bioinsumos, cuja aplicação tem sido crescente e objeto de grandes desenvolvimentos e inovações. Essa evolução, no entanto, deve ser acompanhada de estudos de segurança dos alimentos e controle de riscos de contaminação ao longo da cadeia produtiva.

Espera-se que as novas tecnologias de agricultura digital de monitoramento e predição de contaminantes também evoluam para acompanhar os desafios das formas alternativas de proteção das lavouras contra pragas, como insetos, ervas daninhas, roedores, bactérias, fungos etc.

No Brasil, a produção orgânica está amplamente regulamentada pelo Mapa por meio da Lei 10831/03, Decreto Nº 6.323/07, IN Nº 46/11, entre outras, entretanto, rastreabilidade e certificação continuarão a ser fatores importantes, inclusive para garantia da segurança dos produtos.

## ALIMENTOS *PLANT-BASED*

O termo *plant-based* refere-se a **alimentos produzidos a partir de plantas** que mimetizam as características de cor, sabor, textura e aparência dos produtos de origem animal (cárneos, lácteos, ovos, pescados e frutos do mar) (GARCIA *et al.*, 2022b). Os principais componentes destes produtos são proteínas isoladas, concentradas ou texturizadas, obtidas de fontes vegetais como soja, trigo, arroz, feijão, ervilha, grão de bico, lentilha e vários outros. Também incorporam outros componentes de origem vegetal, como amidos, óleos e gorduras, além de aditivos e coadjuvantes de tecnologia.

Segundo relatório da empresa Sinergy (UNDERSTANDING..., s.d.), estima-se que o mercado de produtos análogos de carne e leite *plant-based* deverá ter uma taxa de crescimento anual acima de 10%, alcançando mais de US\$ 31 bilhões até 2026. Entretanto, apesar de ser um mercado em forte ascensão, Caldwell (2021), pesquisador do IFT (*Institute of Food Technologists*), destaca que “a pesquisa sobre segurança, vida útil e efeitos nutricionais e de saúde de longo prazo das alternativas à base de carne vegetal é ainda limitada”. Para Valigra (2020), essa tendência tem levantado várias questões para os especialistas em segurança dos alimentos, enfatizando a necessidade de definição de padrões de identidade e qualidade para tais produtos, com ênfase na Análise de Risco dos contaminantes potenciais.

A **multiplicidade de novos ingredientes** com potencial de aplicação na formulação de produtos *plant based* levanta questões de segurança relevantes, considerando-se que muitos deles ainda são pouco estudados quanto aos contaminantes biológicos potencialmente presentes. De maneira geral, os ingredientes usados são desidratados ou com baixa atividade de água, nos quais a multiplicação de microrganismos não pode ocorrer devido à ausência de água livre. No entanto, a desidratação, ainda que iniba o crescimento microbiano, não é um tratamento destrutivo; ingredientes desidratados ou de baixa atividade de água podem conter microrganismos viáveis que, uma vez introduzidos na formulação, são perfeitamente capazes de multiplicação nas condições de pH neutro e atividade de água alta de vários destes produtos. Informações sobre a qualidade microbiológica das proteínas vegetais, por exemplo, ainda são raras na literatura, relacionadas principalmente às matérias-primas usadas para produzir as proteínas, o que significa que o processamento adicional pode influenciar a presença de perigos (BANACH *et al.*, 2016). Vale lembrar que os produtos *plant-based* têm uma **flora microbiana diferenciada** dos

seus similares tradicionais (FRASER *et al.*, 2018; GEERAERTS *et al.*, 2020; FROGGATT, WELLESLEY, 2019).

Além dos perigos microbiológicos (HERMAN *et al.*, 2019) destacam-se outros riscos dos produtos alternativos *plant based*, tais como a presença de micotoxinas, metais pesados, resíduos de agroquímicos, toxinas vegetais naturais (alcaloides e antroquinonas, por exemplo) e presença de antinutrientes.

A presença de **fatores antinutricionais** nas fontes de proteína vegetal é relevante, pois exercem efeitos adversos na digestão, absorção ou utilização de outros nutrientes, sendo também conhecidos por causar desconforto abdominal. Os principais compostos são as saponinas, o ácido fítico, os alcaloides, os inibidores de protease, os glicosídeos cianogênicos, os glucosinolatos, os taninos e certos oligossacarídeos. O teor de fatores antinutricionais é reduzido durante o processamento ou preparo tradicional das proteínas, particularmente quando submetidas a tratamentos térmicos, mas com o crescimento da aplicação de tecnologias de concentração de proteínas por métodos físicos (sem uso de reagentes químicos), como o fracionamento a seco, por exemplo, pode também ocorrer a concentração de fatores antinutricionais, sendo necessária a aplicação de tratamentos adicionais para reduzi-los (fermentação, extrusão termoplástica, micro-ondas e alta pressão, por exemplo) (DE ANGELIS *et al.*, 2021).

Novas proteínas alternativas *plant based* também devem ser avaliadas quanto ao **potencial de alergenicidade**, ainda não regulamentadas como alergênicas. Alguns países passaram a regular a reatividade cruzada dos ingredientes vegetais, havendo bancos de dados de alérgenos criados a partir da análise do genoma completo ou da bioinformática de proteoma.

Na internet há plataformas gratuitas para análise do potencial de alergenicidade e antigenicidade de proteínas, como a PA3P (Plataforma de Análise de Alergenicidade e Antigenicidade de Proteínas), desenvolvida por brasileiros, disponível no site <http://lpa.saogabriel.unipampa.edu.br:8080/pa3p/index.jsp> (BOECK, 2016).



## FOOD WASTE E ALIMENTOS UPCYCLED

A cadeia de produção de alimentos encontra-se em um momento de desafio do ponto de vista da segurança alimentar, considerando a previsão de crescimento da população mundial para cerca de 9,7 bilhões de habitantes em 2050, com a decorrente necessidade de aumentar entre 60 e 70% a produção de alimentos (FAO, 2018). Por outro lado, a FAO (2011) estima que um terço dos alimentos produzidos no mundo para consumo humano são perdidos ou desperdiçados ao longo da cadeia de produção e abastecimento. Neste contexto, a Comissão Europeia destaca como prioridade prevenir e reduzir a perda de alimentos e considera a promoção de alimentos *upcycled*, como parte da transição do setor produtivo de alimentos para uma economia circular (RAO *et al.*, 2021).

**Alimentos upcycled (alimentos reciclados)** são produtos que contêm matérias-primas e ingredientes não comercializáveis (por exemplo, frutas, verduras e vegetais de qualidade inferior ou danificados), subprodutos do processamento e sobras da preparação de alimentos que, de outra forma, não seriam direcionados ao consumo humano (MOSHTAGHIAN *et al.*, 2021). Todas estas matérias-primas, que de outra forma seriam tratadas como perdas (*food waste*) ou como desperdício, podem assim ser aproveitadas.

São consideradas **perdas** aquelas que ocorrem durante a produção, pós-colheita, processamento e distribuição dos alimentos, em geral decorrentes do baixo grau de tecnologia empregado nessas atividades. Já o **desperdício de alimentos** está associado às perdas que ocorrem no final da cadeia, principalmente pelo “descaso” no manuseio e consumo por parte de varejistas e consumidores. Nos países em desenvolvimento as perdas são maiores nas etapas anteriores à distribuição, mas os índices de perda durante a distribuição também são relevantes, relacionados a fatores como danos/impactos durante o transporte (resultando em deterioração do alimento), manuseio inadequado e falhas na cadeia de frio. O inventário de perdas é importante e pode orientar a tomada de decisões, mas ainda há questionamentos sobre a forma como esses dados são coletados e compilados (FAO, 2011; CHABOUD & DAVIRON, 2017; FAO, 2019b; AGENDA, 2017).

Em termos de *food safety*, o que se destaca é a necessidade de uma **cadeia de abastecimento verificável e auditável**, uma vez que os excedentes alimentares, subprodutos e resíduos da preparação de produtos alimentícios devem cumprir a legislação de segurança dos alimentos, bem como os alimentos reciclados

fabricados com tais ingredientes. A legislação, entretanto, ainda não acomoda suficientemente estes produtos (RAO *et al.*, 2021). Também são críticos fatores como a variabilidade da matéria-prima com relação ao estágio de maturação, incidência de crescimento microbiano e de contaminantes como micotoxinas.

Caldera *et al.* (2022) identificaram diversos *stakeholders* envolvidos no processamento de produtos *upcycled*, com concentração em micro, pequenas e médias empresas. Destacam que, apesar de os produtos *upcycled* estarem ganhando popularidade, os processos para avaliação de risco variam muito entre os fabricantes, com atenção limitada para a segurança dos consumidores. Esse cenário representa um desafio para a área de *food safety*, uma vez que, segundo Scippo (2022), os alimentos *upcycled* podem apresentar perigos químicos, como resíduos de defensivos agrícolas, amins biogênicas, micotoxinas, ou metais pesados em materiais vegetais, ou poluentes marinhos (como dioxinas ou mercúrio) em pescados.

A cadeia de frio pode ser considerada como uma ferramenta indispensável para a manutenção da qualidade microbiológica de *food waste*, uma vez que, segundo Wu & Hsiao (2021) apenas cerca de 10% dos alimentos perecíveis são refrigerados em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento.

Assim, se por um lado o aproveitamento de resíduos para fins alimentares é extremamente vantajoso com relação à disponibilidade e sustentabilidade na produção de alimentos, por outro há necessidade de gestão da segurança ao longo da cadeia secundária de reaproveitamento e processamento de ingredientes e produtos alimentícios, tendo como base os novos perigos e riscos.



## PRODUTOS, INGREDIENTES E ADITIVOS NATURAIS E CLEAN LABEL

O movimento *Clean Label*, segundo Shelke (2020), tem por objetivo a oferta de alimentos mais próximos do natural, com poucos aditivos, ingredientes menos calóricos e menos processados, mas ao mesmo tempo estáveis ao longo do armazenamento (NACHAY, 2017; ASIOLI *et al.*, 2017; SHELKE, 2020), o que, subjetivamente, representa o anseio dos consumidores pelo que, em sua percepção, seriam produtos mais saudáveis e de menor risco à saúde (ASIOLI *et al.*, 2017).

Apesar das controvérsias conceituais e da falta de definições claras sobre o termo *clean label*, pode-se inferir a importância do papel do processamento na manutenção das propriedades nutricionais e no controle de reações indesejáveis e de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos nestes produtos, através de tecnologias adequadas. A **tendência *clean label*** tem pressionado a indústria a substituir ingredientes tradicionais que, além de serem considerados seguros pelas agências reguladoras, são eficazes no controle de microrganismos indesejáveis e na manutenção da estabilidade dos produtos durante sua vida de prateleira (NACHAY, 2017). O desafio é encontrar ingredientes capazes de substituir os tradicionalmente usados com a mesma eficácia, segurança e viabilidades tecnológica e econômica (MORENO, MARASCA, 2014), podendo exigir reformulação e ajuste de processos, bem como alterações na embalagem e redução na vida útil. Exemplos já disponíveis no mercado são os produtos com teor reduzido de calorias e os cárneos curados utilizando substitutos de nitrito (FLORES, TOLDRÁ, 2021), assim como os produtos *plant based* (FRASER *et al.*, 2018; GEERAERTS *et al.*, 2020; FROGAT & WELLESLEY, 2019).

Outra tendência questionável é a produção de alimentos sem aplicação de tecnologias básicas de processamento, como é o caso do aumento do consumo de leite não pasteurizado. Estima-se que o risco de surtos causados por microrganismos, tais como *Campylobacter*, *Salmonella*, *E. coli* e *Listeria monocytogenes* no leite cru é 150 vezes maior do que no pasteurizado (RAW MILK..., s.d.). De acordo com o CDC (*Centers for Disease Control and Prevention*) dos Estados Unidos, a tendência de “retorno à natureza” tem aumentado o consumo de alimentos orgânicos não controlados, de produção própria ou comprados

diretamente dos produtores, o que, a exemplo do leite cru, pode causar severos danos à saúde ou, em casos extremos, levar à morte (RAW MILK..., s.d.).

A **tendência de naturalidade** instalou uma situação problemática, na qual as inovações das empresas têm sido orientadas mais pela percepção dos consumidores, muitas vezes subjetivas e sem comprovação científica, do que pelo estado da arte da ciência e tecnologia de alimentos. Como observa SHELKE (2020), o conceito de produto *clean label* tem sido caracterizado por termos ambíguos como “totalmente natural” (*all natural*), minimamente processado, “melhor para você” (*better-for-you*), que são arbitrariamente associados à saudabilidade. Para essa autora, é preciso um esforço de educação que oriente os consumidores a não basear suas escolhas em pseudociência e modismos, sob a influência de ativistas e “gurus da nutrição”, conectando-os com os fundamentos básicos da ciência e da tecnologia de alimentos (SHELKE, 2020).

Cabe destacar que, em várias situações, a substituição de ingredientes, processos e formas de produção são questionáveis. No caso dos aditivos, por exemplo, uma tendência observada é a exclusão do nitrito de sódio em produtos cárneos. Seu efeito conservante e sua contribuição para o desenvolvimento do sabor e da cor rósea característicos dos produtos curados são amplamente conhecidos, bem como sua capacidade de retardar a oxidação e o surgimento de aromas indesejáveis. Ainda assim, a despeito dos seus benefícios tecnológicos e da segurança toxicológica nos níveis permitidos (150 ppm na maior parte dos produtos), há uma pressão do mercado para sua redução ou exclusão dos produtos cárneos, advinda de uma parcela dos consumidores que percebem o produto isento de nitrito como mais natural e mais saudável (TARTÉ, 2009). Segundo Tarver (2019), banir esses aditivos não é justificável apenas por alarmes sem evidências científicas conclusivas e sem considerar os estudos toxicológicos que fundamentam, até o momento, sua aplicação segura para o consumo.



A tendência de substituição de aditivos alimentares tradicionais por alternativas naturais e *clean label* baseia-se no fato que tais substâncias químicas são, na sua maioria, xenobióticas (estranhas ao nosso organismo) e, portanto, potencialmente tóxicas, o que leva o consumidor a considerá-las danosas. No entanto, seu emprego em alimentos é fortemente regulamentado e permitido apenas após uma **avaliação de risco** para a saúde. Na análise de risco são estabelecidas as ingestões diárias aceitáveis e atribuídos limites máximos permitidos para as diversas categorias de alimentos em que podem ser adicionados. No âmbito da FAO/OMS existe um programa que tem como objetivo avaliar sistematicamente os aditivos alimentares e fornecer subsídios para que os governos possam controlar seu emprego em alimentos, levando em conta a segurança de uso. Assim, sua aplicação passa por reavaliações à luz de novas descobertas, o que pode levar à proposição de diferentes limites máximos permitidos ou até à proibição de uso.

Ainda assim, apesar dos cuidados para tornar seguro o uso de aditivos, sintéticos ou não, pesquisas vêm sendo realizadas na busca de alternativas para substituir corantes, aromatizantes, conservantes e outros aditivos artificiais.

No caso dos **corantes**, as restrições ao uso dos sintéticos reduziram muito a paleta de cores disponível para a indústria alimentícia, sendo o vermelho o mais afetado; foram proibidos o FD&C Red No. 2 (amaranto) nos EUA, o Scarlet GN e Ponceau GR na França e o Orange RN no Reino Unido, o que aumentou a procura por fontes naturais de pigmentos vermelhos (MALIEN-AUBERT, AMIOT-CARLIN, 2006; CISSE *et al.* (2009). Dentre os vermelhos naturais usados com sucesso em alimentos incluem-se a betanina, a cochonilha, os carotenoides e, principalmente, as antocianinas. Cabe ressaltar que o uso de corante natural requer o conhecimento detalhado das condições que podem afetar sua estabilidade e levar à degradação dos pigmentos durante o armazenamento (FERNÁNDEZ-LÓPEZ *et al.*, 2013; MOURA *et al.*, 2018a).

Os corantes naturais são interessantes também porque muitas vezes exercem atividades biológicas com efeitos benéficos à saúde, incluindo propriedades antioxidantes, proteção contra danos oxidativos a componentes celulares, atividade anti-inflamatória e prevenção de doenças crônicas não transmissíveis (MANZOOR *et al.*, 2021). A maioria das evidências dos benefícios, entretanto, foi verificada *in vitro*, havendo necessidade de

estudos que confirmem os efeitos fisiológicos e farmacológicos dos corantes naturais no organismo humano, determinando-se os fatores que influenciam sua biodisponibilidade, absorção e distribuição nos tecidos e órgãos.

No caso dos **aromas**, recentemente novas técnicas de extração vêm sendo utilizadas em substituição às convencionais de destilação a vapor ou uso de solventes, com objetivo de reduzir o consumo de energia e o tempo de processamento, bem como evitar o uso de solventes orgânicos, ou mesmo de incrementar a utilização de resíduos agroindustriais na obtenção de compostos aromáticos, agregando valor a coprodutos (TYLEWICZ, INCHINGOLO, RODRIGUEZ-ESTRADA, 2017). De acordo com estes autores, as técnicas convencionais que utilizam tratamento térmico, embora forneçam segurança no aspecto microbiológico, também aceleram alterações químicas, como reação de Maillard, caramelização e oxidação de lipídeos. Desta forma, tecnologias emergentes já vêm sendo empregadas, como a extração com fluido supercrítico, extração assistida por ultrassom, micro-ondas ou enzimas, hidrodestilação ôhmica, alta pressão e microencapsulação.

Dentre os aromatizantes naturais há extratos de diferentes vegetais como frutas, café, chás, ervas e condimentos, dentre outros, obtidos por diferentes tecnologias que permitem a preservação do aroma natural.

Outro produto que vem sendo bastante utilizado como aromatizante é o **extrato de levedura**, que contém notas aromáticas adequadas a análogos vegetais de produtos cárneos. Este extrato contém substâncias não voláteis, como peptídeos, nucleotídeos, vitaminas do complexo B e aminoácidos, além de compostos voláteis aromáticos que são gerados durante o aquecimento dos alimentos no qual é adicionado (LIU, 2007).

Também tem sido usado como aromatizante o *sourdough*, aplicado em produtos de panificação. O *sourdough* tradicional é simplesmente um pedaço de massa retirado da fermentação anterior e então misturado com farinha, sal e água para fazer a nova massa do pão. Enquanto este pedaço de massa é armazenado, ocorre a fermentação por bactérias lácticas e leveduras originalmente presentes na farinha, gerando compostos voláteis. Hoje, muitos *sourdoughs* comerciais padronizados também estão disponíveis, contendo cepas definidas de bactérias lácticas e leveduras com propriedades específicas. Essas culturas iniciadoras são selecionadas com base em propriedades

como competitividade, formação de exopolissacarídeos para alterar a viscosidade da massa fermentada e contribuição para a produção de sabor. Quando utilizado durante a fermentação prolongada de produtos de panificação, promovem a hidrólise de proteínas com a liberação de aminoácidos livres, formação de ácidos orgânicos, álcoois e ésteres, que no forneamen-

to contribuem para a formação de aromas diferenciados. Os aromas diferem dependendo das condições de fermentação (tempo, temperatura, pH), composição do produto e *sourdough* utilizado (HANSEN, SCHIEBERLE, 2005).

A Figura 2 apresenta alguns produtos comerciais contendo aromas e corantes naturais.



### Bala de goma

Xarope de Glicose, açúcar .... aromas naturais de: morango, maçã verde e laranja e corantes naturais: antocianina e clorofilina cúprica



### Néctar de goiaba

Água, polpa de goiaba, corante natural: carmim de cochonilha (INS 120), aroma natural de goiaba...



### Nuggets de frango

Carne de Frango, ... aromas naturais de limão, alho e cebola e corante natural de urucum INS160b



### Sorvete napolitano

Água, açúcar, gordura vegetal, ..., corante natural carmim, ...

FIGURA 2 | Exemplos de produtos comerciais contendo aromas e corantes naturais

A avaliação da segurança dos ingredientes aromáticos para o enquadramento como **GRAS (Generally recognized as safe)** deve ser rigorosa e, para tanto, são considerados o histórico de uso da fonte como alimento, as formas de uso, a ingestão diária, o método de extração ou obtenção e a composição química dos óleos essenciais e extratos de aromatizantes naturais obtidos. Com base na exposição, devem ser avaliadas a toxicidade potencial dos constituintes identificados, a genotoxicidade dos constituintes não identificados e a segurança do consumo por adultos e por crianças e indivíduos com peso corporal inferior (FUKUSHIMA, 2020).

Com relação ao **nitrito como conservante**, a alternativa disponível para sua substituição é a adição de uma fonte natural de nitrato que se converterá em nitrito pela ação de enzimas

reduzidas produzidas por microrganismos como o *Staphylococcus carnosus*, uma bactéria muito comum em culturas *starters*, utilizadas na elaboração de produtos cárneos fermentados. Como fonte de nitrato, têm sido utilizados sucos vegetais concentrados desidratados (salsão, beterraba, espinafre e cenoura, entre outros), assim como sal marinho. Nos países onde produtos cárneos são elaborados desta forma, o rótulo deve trazer a informação “sem adição de nitratos ou nitritos, exceto os nitratos naturalmente presentes”.

Outra alternativa é a utilização de compostos antimicrobianos de origem natural para substituir ou para complementar o efeito conservante do nitrito em produtos cárneos. Estes compostos estão naturalmente presentes em certas especiarias que contêm óleos essenciais ricos em terpenos, cumarinas e flavonoides em sua composição. Há também compostos de origem microbiana (nisina, por exemplo) ou de origem animal (lisozima e alguns polipeptídeos). A substituição total do nitrito por um único agente antimicrobiano de origem natural nem sempre é possível, tendo-se mostrado mais efetiva a adição de combinações de diferentes compostos (RIVERA, BUNNING, MARTIN, 2019). De qualquer forma, a efetividade da ação antimicrobiana deve ser comprovada, de preferência por **estudos de estabilidade e Testes Desafio**, especificamente delineados para a aplicação proposta.

Os extratos de plantas apresentam potencial atividade antimicrobiana e têm sido aplicados em diversos alimentos, como produtos de panificação, cárneos, confeitaria, entre outros (ROTA *et al.*, 2008; GONÇALVES *et al.*, 2017; AZIZ, KARBOUNE, 2018). Os mais usados nas indústrias de panificação e de produtos cárneos são os extratos de alecrim, cravo, sálvia, orégano e chá verde. Os compostos fenólicos presentes em quantidade elevada nesses extratos atuam como antioxidantes e conservantes e, nos produtos cárneos, podem prevenir a oxidação lipídica e contribuir para o desenvolvimento de cor e sabor. Além disso, vem sendo demonstrado que estes compostos podem atuar como antifúngicos e inibidores da produção de micotoxinas, tais como a aflatoxina, por atuarem na regulação da peroxidação lipídica, inibindo a formação de peróxidos e consequentemente o estresse oxidativo relacionado à biossíntese de micotoxinas (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2016).

A padronização dos extratos vegetais é uma questão relevante para a segurança dos alimentos; há diversos compostos ativos em plantas que podem atuar de forma cumulativa, sinérgica ou apresentar potencial de interação com outros ingredientes. Outro ponto muitas vezes esquecido é a toxicidade do extrato em si, cuja inocuidade deve ser comprovada (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2012). Há também que se considerar a segurança da própria planta, pois há exemplos de ervas com perigos conhecidos como o chaparral (*Larrea tridentata*), efedra (*Ephedra sinica*), cohosh-azul (*Caulophyllum thalictroides*) e yohimbe (*Pausinystalia yohimbe*). Finalmente, deve-se levar em consideração que o processamento pode ter efeito deletério sobre os compostos ativos das plantas (MOURA *et al.*, 2018b; MOURA *et al.*, 2019).



## NOVOS INGREDIENTES: CANABIDIÓIS, PROTEÍNAS DE INSETOS, ALGAS, JELLYFISH



Alimentos ou ingredientes alimentícios que não tenham histórico de consumo pela população humana são considerados **novos alimentos (novel foods)** e sua comercialização e consumo estão sujeitos à regulamentação na maioria dos países, de forma a garantir a segurança para a saúde do consumidor. Em geral, a legislação estabelece os requisitos para aprovação pré-comercialização pelas autoridades de saúde, na qual é realizada uma Avaliação de Risco com base em dados técnicos e científicos. Na avaliação de risco é estabelecido o risco associado a qualquer perigo (químico, físico ou biológico) do produto e a probabilidade de danos decorrentes da exposição humana a tais agentes nos alimentos (WHO, 2020). Uma revisão abrangente e crítica da literatura científica é necessária para as novas substâncias, incluindo os efeitos biológicos esperados. Estudos específicos são geralmente necessários para definir a biodisponibilidade e modos possíveis de ação, semivida estimada no organismo, estimativa de dose-resposta para os efeitos potenciais pertinentes, reconhecidos efeitos farmacológicos ou tóxicos, evidência de alergenicidade, testes de toxicidade e conclusão de segurança e vigilância pós-mercado.

### Canabidióis

Embora a *Cannabis sativa* tenha mais de 100 compostos químicos, chamados canabinóides, os dois usados em produtos comestíveis, nos países em que são autorizados, são o **canabidiol (CBD)**, que não é psicoativo, e o **tetrahidrocanabinol (THC)**, que o é (MALOCHLEB, 2019). Segundo o autor, o mercado de produtos adicionados de canabidióis teve crescimento anual estimado em 25%, de 2018 a 2022, explicado pelo reconhecimento dos benefícios terapêuticos por grande parcela dos consumidores. Dentre os produtos no mercado encontram-se snacks, chocolates, balas, produtos de panificação, chás e vinho.

Com uso permitido no Canadá e em vários estados americanos, há um esforço para a regulamentação específica do uso dos canabidióis, tanto para aplicação medicinal quanto para alimentação humana. A FDA (2021) destaca que o consumo de CBD levanta preocupações de segurança, especialmente no uso a longo prazo; estudos científicos mostram possíveis danos ao sistema reprodutor masculino, incluindo atrofia testicular, danos ao fígado e interações com certos medicamentos. A FDA não encontrou informações adequadas mostrando quanto CBD pode ser consumido e por quanto tempo sem causar danos. Isso é particularmente verdadeiro para populações vulneráveis, como crianças e grávidas. As pessoas devem estar cientes dos riscos potenciais associados ao uso de produtos CBD. Em função disto, vários questionamentos são destacados quanto ao uso destes ingredientes pelas indústrias, tais como a dosagem segura, ausência de resíduos de solventes ou de contaminação por metais pesados (MALOCHLEB, 2019). Uma pesquisa do *Center for Food Safety*, nos Estados Unidos, avaliando as práticas de cultivo, extração e controle de contaminantes de 40 empresas produtoras de canabidiol, revelou que apenas quatro obtiveram nota máxima “A”, enquanto quase a metade foi avaliada com nota “D” ou “F” (HEMP..., 2019). Estudo de Montoya *et al.* (2020), citado pela FAO (2022), revelou evidências de contaminação da *Cannabis sativa* desses produtos por *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, metais pesados e defensivos agrícolas, levantando preocupações sobre a segurança dos produtos destinados para consumo.

Além desta alta incidência de práticas inadequadas de produção e de controle de contaminantes dessa cadeia produtiva, a FDA (2021) também destaca a comercialização de produtos contendo canabidiol que podem ser confundidos com produtos tradicionais pelo consumidor, o que poderia resultar em consumo não intencional ou excessivo de canabidiol. Neste aspecto, produtos atraentes para crianças, como gomas, balas e biscoitos, são considerados especialmente preocupantes.

## Proteínas de insetos

Outros ingredientes emergentes, que vêm sendo introduzidos no desenvolvimento de novos produtos alimentícios são os **derivados de insetos**, como farinhas, por exemplo, que são fortemente incentivados pela FAO como fonte alternativa de proteína (VAN HUIS *et al.*, 2013). Tais produtos, no entanto, ainda são bastante rejeitados por parcela da população brasileira (SCHARDONG *et al.*, 2019).

De acordo com Van Huis *et al.* (2013a), os insetos são reconhecidos por apresentar alto valor nutritivo, devido à sua composição rica em gorduras, proteínas, vitaminas, fibras e minerais. Além disso, apresentariam outras vantagens como alta eficiência de conversão alimentar, baixo consumo de água e baixa emissão de gases de efeito estufa na sua produção e baixo risco de transmissão de infecções zoonóticas.

No Brasil, a maioria dos produtores de insetos voltados para o mercado de alimentação humana trabalha de forma artesanal, muitos deles, informalmente. Além disso, não há ainda no Brasil legislação específica para sua produção, processamento e comercialização. O MAPA exige que a produção seja feita nos mesmos moldes de outros produtos de origem animal, sendo necessário um SIF/ER específico para cada produtor. A Anvisa, por outro lado, entende que, uma vez que não há histórico de uso como alimento pela população brasileira, trata-se de um novo alimento e as empresas interessadas na sua aplicação em alimentos devem submeter uma petição com estudos para uma avaliação de segurança.

A FAO (2021) lista alguns desafios de *food safety* relacionados à produção e consumo de insetos, como **riscos biológicos** (bacterianos, virais, fúngicos, parasitários) e **químicos** (defensivos agrícolas, metais tóxicos e contaminantes ambientais), derivados das condições higiênicas da criação, das técnicas de processamento e, destacadamente, da qualidade e segurança da ração ou substratos utilizados para sua criação, que costumam ser resíduos de alimentos, subprodutos agrícolas ou mesmo esterco de fazendas de gado. Imathi (2020) relacionou vários riscos potenciais associados ao consumo de insetos, apresentando evidências científicas sobre casos de reações alérgicas, presença de resíduos de defensivos agrícolas clorados e organofosforados, micotoxinas, antinutrientes (tanino, oxalato, hidrocianeto e fitato), metais (cádmio, chumbo, mercúrio, arsênio), microrganismos patogênicos (bactérias dos gêneros *Vibrio*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella*) e parasitas (*Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Toxoplasma* spp). Garofalo *et al.* (2019) também observaram alto número de microrganismos aeróbicos mesófilos e psicrotróficos, bactérias formadoras de esporos, enterobactérias, bactérias lácticas, fungos e espécies patogênicas em insetos comestíveis crus. Observaram ainda que, embora os tratamentos térmicos tenham sido os métodos mais eficientes para reduzir a carga microbiana, a presença de esporos termorresistentes é uma preocupação. Destacaram a necessidade de incluir, na avaliação de risco destas fontes proteicas, o perigo da incidência de genes de resistência a antibióticos e microrganismos resistentes a antibióticos.

A FAO (2021) também destacou **riscos alérgicos potenciais** que precisam ser investigados na introdução de insetos na dieta humana. Acredita-se que o aumento do consumo e da exposição às novas proteínas têm potencial de sensibilizar e provocar reações alérgicas. Indivíduos com alergia a frutos do mar podem ter reações alérgicas após o consumo de insetos devido à reatividade cruzada entre proteínas homólogas encontradas nas diferentes espécies (DOWNS, JOHNSON, ZEECE, 2016).



## Algas (microalgas e algas marinhas)



A produção de biomassa de microalgas para consumo humano tem sido considerada altamente promissora, em função do alto teor de proteínas que pode ser encontrado em suas células, além de gorduras, carotenoides, vitaminas A, B, C e E, sais minerais e clorofila. Matos *et al.* (2022) citaram vários novos produtos alimentícios contendo biomassa de algas, como alimentos enriquecidos, alimentos *plant-based*, queijo, bacon, atum, salmão e mesmo café. Araújo e Peteiro (2021) destacaram os alimentos e suplementos alimentares à base de algas como um mercado emergente na União Europeia. Mendes *et al.* (2022) identificaram o consumo regular de 150 espécies de algas no mercado europeu, ressaltando que apenas 20% destas estão aprovadas segundo a legislação para novos alimentos da União Europeia.

Mendes *et al.* (2022) apontaram algumas questões de segurança relacionadas ao seu consumo:

- a) **Contaminação por metais pesados**, ainda que normalmente não ultrapassem limites legais, algumas espécies marinhas podem conter altos níveis de arsênio total e inorgânico. Um estudo da FAO também confirma que as algas marinhas podem bioacumular metais como arsênio, chumbo, cádmio, mercúrio e iodo do ambiente aquático.
- b) **Presença de toxinas naturais** como cianotoxinas, que são comuns em culturas de larga escala, ou no cultivo em ambientes habitados por crustáceos, que podem carregar alérgenos acidentalmente e justificar alertas na rotulagem. De acordo com a FAO (2022), estudos identificaram reações alérgicas pelo consumo de algas vermelhas, mas as informações sobre seu potencial alergênico ainda são limitadas.
- c) **Contaminação cruzada** com vírus, bactérias, fungos, protozoários, moléculas orgânicas como príons, toxinas naturais e poluentes orgânicos persistentes, durante o processamento, manipulação e embalagem. A FAO destaca ainda os riscos potenciais decorrentes de patógenos formadores de esporos (*Clostridium* spp. e *Bacillus* spp.), que ainda não foram totalmente estudados e que surtos de norovírus têm sido associados ao consumo de algas marinhas em vários países.

Wu *et al.* (2022) destacaram perigos físicos na produção de algas, como microplásticos, que aderem à superfície dos organismos e tendem a migrar para o interior das células. Resíduos de defensivos agrícolas e de drogas veterinárias são também perigos químicos a serem investigados. No aspecto microbiológico

co ressaltaram a necessidade de controle de *Salmonella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Staphylococcus aureus* e *Shigella flexneri*. Segundo os autores, a aplicação de tecnologias de detecção rápida e a combinação de inteligência artificial, biossensores e biologia molecular podem ser recursos que poderão vir a ser utilizados para monitoramento e controle destes perigos.

Há um consenso sobre a necessidade de uma melhor avaliação dos riscos das algas marinhas para a segurança dos alimentos. Segundo Mendes *et al.* (2022) há poucos estudos sobre a inocuidade das algas para consumo, bem como ausência de legislação adequada para alimentos à base de algas. Tais lacunas têm sido objeto de estudo da FAO e OMS (FAO, 2022).

## Águas-vivas (*Jellyfish*)

Estudo da FAO (2022) detectou um aumento na população global de águas-vivas, provocando desequilíbrio ambiental e prejuízos para a pesca e aquicultura. Considerando seu potencial como fonte alternativa de nutrientes na tradicional culinária de alguns países asiáticos, seu maior aproveitamento na elaboração de produtos alimentícios e suplementos alimentares tem ganhado destaque (BONACCORSI *et al.*, 2020).

Bleve *et al.* (2019) observaram que estes organismos tendem a apresentar contaminação microbiana limitada, mas ressaltam a necessidade de avaliar a presença de microrganismos halofílicos/halotolerantes. Bonaccorsi *et al.* (2020) recomendam que os estudos considerem abordagens metagenômicas e metabolômicas para analisar águas-vivas cruas e processadas. Estudo da FAO (2022) ressalta a existência de perigos microbiológicos devido à presença de organismos potencialmente patogênicos, tais como *Vibrio*, *Mycoplasma*, *Burkholderia* e *Acinetobacter*.

Em relação a perigos químicos, a FAO (2022) cita a possível bioacumulação de metais, como alumínio, titânio, cromo, manganês, ferro, níquel, cobre, zinco, arsênio, cádmio e chumbo, recomendando a necessidade de pesquisas sobre tais contaminantes, o monitoramento do habitat no qual as águas-vivas são capturadas ou criadas e também levantamentos sobre a potencial presença de microplásticos nos organismos. Bonaccorsi *et al.* (2020), por sua vez, consideram relevante a investigação de poluentes como defensivos agrícolas e hidrocarbonetos.

# PRODUTOS SEM OU COM REDUÇÃO DE GORDURAS, SÓDIO, AÇÚCARES

Reduzir o teor de sal e substituir todo ou parte do açúcar e gordura nos alimentos é um desafio para os fabricantes, uma vez que estes ingredientes desempenham **importantes funções tecnológicas**, sendo determinantes não só no realce do sabor, mas também atuam no controle da multiplicação microbiana. O açúcar tem ainda papel fundamental na textura de alguns produtos, como agente de corpo e viscosidade (COSTA *et al.*, 2021). Na busca de substitutivos para estes ingredientes é necessário considerar as preferências do consumidor por determinadas propriedades sensoriais e, ainda, assegurar a manutenção da qualidade e da segurança dos alimentos nas condições de armazenamento previstas durante a vida útil (GUERRA, COSTA, ARAÚJO, 2021).

## Redução de sódio

O excesso de sódio na alimentação tem sido relacionado a algumas doenças crônicas não transmissíveis, sendo recomendado um consumo máximo de 2.000 mg de sódio diário (WHO, 2012), que corresponde a cerca de 5 g de cloreto de sódio ou sal de cozinha. A **redução do cloreto de sódio** pode influenciar diferentes aspectos do processamento, qualidade e conservação dos alimentos. Em produtos de panificação tem efeito na reologia da massa de farinha de trigo, onde promove uma rede de glúten mais estável, menos extensível e menos pegajosa. Além disso, os íons sódio afetam a parede celular das leveduras, controlando a fermentação e reduzindo a produção de gás. Como consequência, sua redução pode resultar em pães com textura mais frágil e estrutura de miolo mais aberta, bem como afetar a atividade

de água e diminuir a estabilidade do produto (HUTTON, 2002; CAUVAIN, 2007; SILOW *et al.*, 2016).

A **reformulação dos produtos de panificação** envolve diferentes abordagens; substituição por sais orgânicos (cloreto de potássio, cloreto de cálcio, cloreto de magnésio e outros, adição de realçadores de sabor (aminoácidos, glutamato monossódico, lactatos, derivados de levedura, derivados de soja e outros) (NAKAGAWA *et al.*, 2014), ou adição de realçadores do sódio (sal encapsulado, grânulos de sal grosso etc.) (SILOW *et al.*, 2016).

Nos produtos cárneos o cloreto de sódio é um ingrediente essencial, onde não só confere sabor, mas também realça a percepção do sabor de outros ingredientes, promove a solubilização das proteínas miofibrilares, com efeito sobre sua capacidade de retenção de água e emulsificação e atua como conservante. As **principais barreiras** a se enfrentar na fabricação dos produtos cárneos com teor reduzido de sódio são a textura, o rendimento do processo, a exsudação durante a estocagem e, do ponto de vista de segurança, a estabilidade microbiológica. A atividade antimicrobiana do sal está relacionada ao seu efeito na redução da atividade da água. Em produtos congelados, esterilizados, ácidos (pH<3,8) ou de umidade intermediária (atividade de água <0,86), a redução do sal não tem impacto sobre a segurança microbiológica, porque há outros obstáculos que impedem a multiplicação dos patógenos prevalentes nesses produtos, mas nos alimentos em que o sal faça parte de um sistema de múltiplas barreiras para conservação, sua redução exigirá o ajuste das propriedades intrínsecas ou extrínsecas do alimento para garantir que o mesmo grau de conservação seja mantido.

Assim, além dos aspectos tecnológicos e de qualidade dos produtos, qualquer reformulação requer uma análise dos perigos decorrentes dessas mudanças e a tomada de ações apropriadas caso novos perigos sejam identificados (STRINGER, PIN, 2005).

A forma mais comum de reduzir sódio nos produtos cárneos tem sido a substituição de até 50% do NaCl por KCl, aliada à adição de compostos realçadores de sabor para mascarar o sabor metálico do KCl. Outra alternativa é a redução da granulometria do sal, o que aumenta a percepção do sabor salgado e permite a redução do teor sem impacto na característica sensorial.





## Redução de açúcares

Atualmente, há uma grande variedade de ingredientes usados como **substitutos de açúcar**, tais como os edulcorantes intensivos, responsáveis por conferir o sabor doce. Nesta categoria encontram-se o aspartame, o acesulfame-K, a sucralose, a sacarina, o ciclamato, a stevia, o neotame, a taumatina, a fruta do monge (*luo han guo*) e outros (BARREIROS, 2012). Os edulcorantes, principalmente os naturais, estão em constante aprimoramento, tanto na produção, com melhoramentos genéticos, como nos processos de purificação. Um exemplo típico é a stevia, que originalmente apresentava um sabor residual amargo, reduzido por melhoramento genético da planta e mudanças nos processos de purificação.

Há também os agentes de corpo ou *bulking agents*, usados como substitutos da sacarose. Estes compostos são pouco calóricos (menos de 4 cal/g) e não apresentam sabor doce acentuado, tendo por função a reposição dos sólidos da sacarose. Alguns também atuam como **fonte de fibras**, como a polidextrose, a inulina, os frutooligosacarídeos (FOS) e os L-açúcares, que auxiliam na digestão, contribuem para a sensação de saciedade e, ao mesmo tempo, têm bom impacto na redução dos níveis de açúcar no sangue. Dependendo da quantidade adicionada, permitem a alegação de “fonte de fibra” no rótulo, o que os torna ainda mais atrativos no mercado (ABUD, SILVA, 2020). Alguns destes compostos, como o xilitol e outros polióis, por outro lado, em altas doses podem causar desconforto gastrointestinal, incluindo síndrome do intestino irritável, flatulência e diarreia. O arabitól está associado à deficiência de isomerase de ribose-5-fosfato e doença de Alzheimer. O lactitol pode causar diarreia, cólicas e flatulência em alguns indivíduos (PAIVA, GOMES & MOTA, 2020).

Uma alternativa natural ao açúcar adicionado são os produtos chamados de 100% fruta, ou seja, **produtos de frutas**, onde o açúcar é substituído por sucos concentrados, apresentando um poder edulcorante similar ao da frutose, açúcar naturalmente presente nas frutas. As bases para estes sucos mais comumente utilizadas são maçã, pera, uva, melão, abacaxi, citros e outros. Outras fontes naturais são o xarope de agave, o açúcar de coco e o mel. O xarope de agave natural é produzido através da extração do suco do agave azul e concentrado, que possui boas quantidades de frutose e inulina e baixo índice glicêmico. O açúcar de coco é extraído da seiva das flores do coqueiro e não passa por processos de refinamento.

## Redução de gorduras

Do ponto de vista de segurança de alimentos, a prioridade é a **redução de gorduras trans** que, apesar de serem pouco comuns na natureza, são subprodutos da hidrogenação de óleos para aumentar o ponto de fusão da gordura e assim a adequar à formulação de diversos produtos alimentícios.

Nos últimos anos, estudos epidemiológicos correlacionando os efeitos adversos do consumo de alimentos contendo ácidos graxos trans e a incidência de doenças coronarianas, obesidade ou diabetes tipo 2 se tornaram públicos (TEMKOV & MURESAN, 2021). Diante dessas evidências, em maio de 2018, a *World Health Organization* (WHO) lançou um plano de ação chamado “**REPLACE**”, com medidas orientativas, visando a eliminação global das gorduras trans produzidas industrialmente até 2023 (WHO, 2018).

Nas Américas, o Canadá, Chile e Estados Unidos, e mais recentemente, Brasil e Peru, são os países com medidas que seguem as diretrizes do Plano Replace. Em julho de 2021 entrou em vigor no Peru a Lei nº 30021, limitando o uso de gorduras trans produzidas industrialmente a no máximo 2% da gordura total em produtos alimentícios e proibindo o uso de óleos parcialmente hidrogenados (PHOs) (OPAS, 2021). No Brasil, também em julho/2021, foi iniciada a implementação da RDC n. 332/2019, que define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos, com estabelecimento do limite de máximo de 2% da gordura total nos alimentos destinados ao consumidor final e aqueles destinados aos serviços de alimentação (BRASIL, 2019).

Os regulamentos implementados nos cinco países estão alinhados com o Plano de Ação da Organização Pan Americana da Saúde (OPAS) para eliminar gorduras trans de produção industrial até 2025, através da limitação a 2%, da proibição de óleos parcialmente hidrogenados ou uma combinação dessas duas medidas. Uruguai, Paraguai, Argentina, Colômbia e Equador estão se preparando para eliminar as gorduras trans seguindo as mesmas diretrizes (OPAS, 2021).



## SISTEMAS DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS

- Sistemas de Produção Local, Artesanal, Caseira
- Agricultura Urbana
- Produção por Cultivo Celular
- Fermentação
- Impressão 3D
- Tecnologias Emergentes de Processamento
- Nanomateriais
- Fraudes e Adulterações

## SISTEMAS DE PRODUÇÃO LOCAL, ARTESANAL, CASEIRA

A produção caseira, local ou artesanal de alimentos é um assunto que vem ganhando cada vez mais espaço na sociedade, por ser percebida pelos consumidores como uma forma de dar suporte às comunidades locais e ofertar produtos de melhor qualidade, mais frescos, saudáveis e seguros (sem conservantes, sem ingredientes artificiais, menos processados), uma vez que são produzidos em menor escala e de procedência conhecida (LOCAL..., 2017).

Os termos **local**, **artesanal** e **caseiro** são frequentemente usados de forma intercambiável, sem uma distinção clara entre seus significados. Coelho *et al.* (2018) definem produção local como alimentos produzidos nas proximidades de onde vivem os consumidores. Já a definição de produção artesanal leva em consideração uma diversidade de elementos, tais como a origem geográfica, os valores históricos de gerações, os costumes relacionados à produção e as matérias-primas usadas, dentre outros. Nos países europeus como França, Itália, Portugal e Espanha esse tipo de produção não é nova, em especial para produtos como vinhos, queijos, azeites e produtos cárneos. No Brasil, tais iniciativas vêm sendo expandidas para mercados de produtos como cachaça, cafés, vinhos, queijos e produtos cárneos (BRITO & XAVIER, 2016).

Do ponto de vista de *food safety*, a produção local tende a operar com estrutura e sistemas nem sempre em conformidade às melhores práticas de segurança. Chapman & Gunter (2018) observaram que o crescimento de cozinhas compartilhadas, centros de alimentação e sistemas alimentares locais nos Estados Unidos tem sido acompanhado de uma maior incidência de surtos de

doenças transmitidas por alimentos. Wright *et al.* (2015), numa revisão das implicações potenciais dos sistemas de produção local para o *food safety*, concluíram que, apesar de os consumidores perceberem os alimentos locais como mais saudáveis e seguros, não há evidências que corroborem tal percepção. Ao contrário, a contaminação por patógenos pode ser maior por vários fatores, como a falta de sistemas de controle, lacunas na educação e treinamento sobre segurança dos alimentos e falta de supervisão de órgãos da vigilância sanitária, entre outros. No caso dos produtos frescos, os pesquisadores destacaram o risco de contaminação por patógenos, como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli*, devido à maior dificuldade de controle na produção local. Em relação à venda de carnes e aves, foram destacadas diferenças significativas na prevalência de *Salmonella* e *Campylobacter* em aves de origem local, em comparação com aves comercializadas em supermercados.

Wright *et al.* (2015) também identificaram as principais justificativas alegadas pelos produtores para as lacunas quanto a *food safety*: os sistemas de controle não são viáveis na pequena escala de produção, não há exigência dos intermediários e falta de tempo e recursos para investimento em segurança. Em função de tais lacunas, os pesquisadores realçaram a preocupação com a venda de produtos locais para a alimentação escolar, também pela dificuldade de garantir a rastreabilidade dos produtos, no caso da ocorrência de surtos de doenças de origem alimentar.

## AGRICULTURA URBANA

As expressões **agricultura urbana** ou **agricultura intra-urbana e periurbana** referem-se à utilização de pequenas superfícies situadas dentro das cidades ou em sua periferia para a produção agrícola e criação de pequenos animais destinados ao consumo próprio ou à venda em mercados locais. A área intraurbana refere-se a todos os espaços dentro das cidades que podem ter algum tipo de atividade agrícola, como áreas individuais, coletivas ou públicas dentro dos contornos das cidades, incluindo as vias públicas, praças, parques e áreas ociosas, como lotes e terrenos baldios. A área periurbana é mais complexa quanto à definição de sua localização. Deve estar próxima à cidade, mas o limite pode variar de 10 a 90 km, dependendo da infraestrutura em estradas e dos custos de transporte (MACHADO, MACHADO, 2002).

Segundo Buscaroli *et al.* (2021), as iniciativas de agricultura urbana têm ganhado evidência devido à sua propagada **importância para a segurança alimentar** (*food security*) e produção sustentável de alimentos, considerando seu potencial de geração de emprego, para encurtar as cadeias de abastecimento, com redução da pegada de carbono, de gestão eficiente da terra, entre outras vantagens. Segundo a FAO (2022), “as fazendas urbanas ao ar livre podem ajudar a resfriar as cidades no verão, fornecer habitats valiosos para abelhas e outros polinizadores e reter a precipitação, proporcionando mitigação do risco de inundação”. Nogueira-Mcrae *et al.* (2018) relacionam os tipos de iniciativas de agricultura urbana, entre os quais, as fazendas verticais, fazendas urbanas ou periurbanas, fazendas *indoor*, hidroponia, aquacultura, pomares em telhados e paredes de edifícios e hortas comunitárias.

Apesar dos potenciais benefícios da agricultura urbana, também são ressaltados os desafios para garantir a segurança dos alimentos produzidos nas suas diferentes modalidades. Buscaroli *et al.* (2021) destacam estudos sobre vários **perigos microbiológicos** identificados na agricultura urbana, entre os quais a presença de microrganismos nos meios de cultivo de plantas e na água de irrigação, presença de patógenos resis-

tentes a agentes microbianos, potencial de absorção de poluentes do solo urbano, como chumbo, cádmio, zinco, arsênio e mercúrio, contaminação pela deposição de partículas contendo metais que se originam da poluição do tráfego, acúmulo de nitrato em vegetais, entre outros.

Romanova, Lovell (2021) observam que as cidades em geral sofrem uma carga de poluentes maior do que as áreas rurais, assim, o **risco de contaminação química** de alimentos cultivados é maior, especialmente por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) e metais pesados (HMs), que são toxinas conhecidas para o corpo humano e causam problemas de saúde. Estudo da FAO (2022) especifica que múltiplos contaminantes podem ser encontrados em solos urbanos e em níveis variados, tais como postos de gasolina abandonados, ferros-velhos, antigos locais de fábricas, locais próximos a lavanderias, lixeiras e aterros sanitários, entre outros. Relaciona ainda outros riscos, como o uso de doses mais altas de defensivos agrícolas devido à proliferação de pragas em microclimas mais quentes, uso indiscriminado de fertilizantes capazes de poluir águas superficiais ou escoamentos pluviais, contaminação com organismos patogênicos, perigos químicos advindos do uso de águas residuais urbanas, contaminação microbiológica em sistemas aquapônicos, acúmulo de contaminantes nas plantas, como dioxinas e metais pesados, riscos de zoonoses e exposição de animais a perigos químicos em sistemas precários de pecuária urbana, entre outros.



## PRODUÇÃO POR CULTIVO CELULAR

A tecnologia de **cultura de células animais** é uma técnica emergente de produção de alimentos que envolve o cultivo controlado de células de bovinos, aves, peixes ou outros animais, sua subsequente diferenciação em vários tipos de células (muscular, de gordura, de tecido conjuntivo) e sua coleta e processamento em produtos alimentícios (FASANO, 2020).

O estudo da FAO (2022) relaciona os potenciais perigos do processamento por cultivo celular, entre eles o potencial de infecções das linhagens celulares de origem, risco de contaminação microbiológica dos componentes do meio de cultivo, mudanças nas propriedades das linhagens celulares, além dos riscos de contaminação microbiológica nas diversas etapas de processamento.

De acordo com Labs (2019), apesar desse tipo de tecnologia já ter sido usada com segurança para produzir enzimas, óleos e proteínas transgênicas, várias preocupações permanecem em relação às carnes e pescados cultivados, especialmente o potencial de contaminação durante o processo de crescimento celular e a presença no produto acabado de substâncias usadas como meios de cultura.

Para ONG *et al.* (2021), é importante desenvolver pesquisas para entender as diferenças das carnes e pescados cultivados, em relação aos convencionais, sob os aspectos bioquímicos, moleculares, físicos e de composição.

É esperado que os produtos originados de cultura de células possam ser produzidos por diferentes processos e tecnologias, e que suas características de composição, conteúdo nutricional, prazo de validade e funcionalidade apresentem variações. Estas diferenças, por sua vez, deverão ser refletidas na rotulagem, o que exigirá análises detalhadas e cuidadosas pelas indústrias processadoras.

Especialmente para as carnes cultivadas, Swartz (2021) destaca que os governos devem criar estruturas regulatórias transparentes e robustas que promovam inovação na indústria processadora. Atualmente, governos de todo o mundo estão avaliando a tecnologia de produção de carne cultivada, buscando atingir um equilíbrio cuidadoso entre a qualidade do produto e a segurança do consumidor, sem barrar a inovação tecnológica. A ausência de orientações regulamentadoras detalhadas em muitos países representa um desafio, tanto para que os fabricantes de carne cultivada cheguem ao mercado como para que fornecedores de insumos e equipamentos atendam às especificações dessa nova indústria.

A tecnologia de produção de proteínas

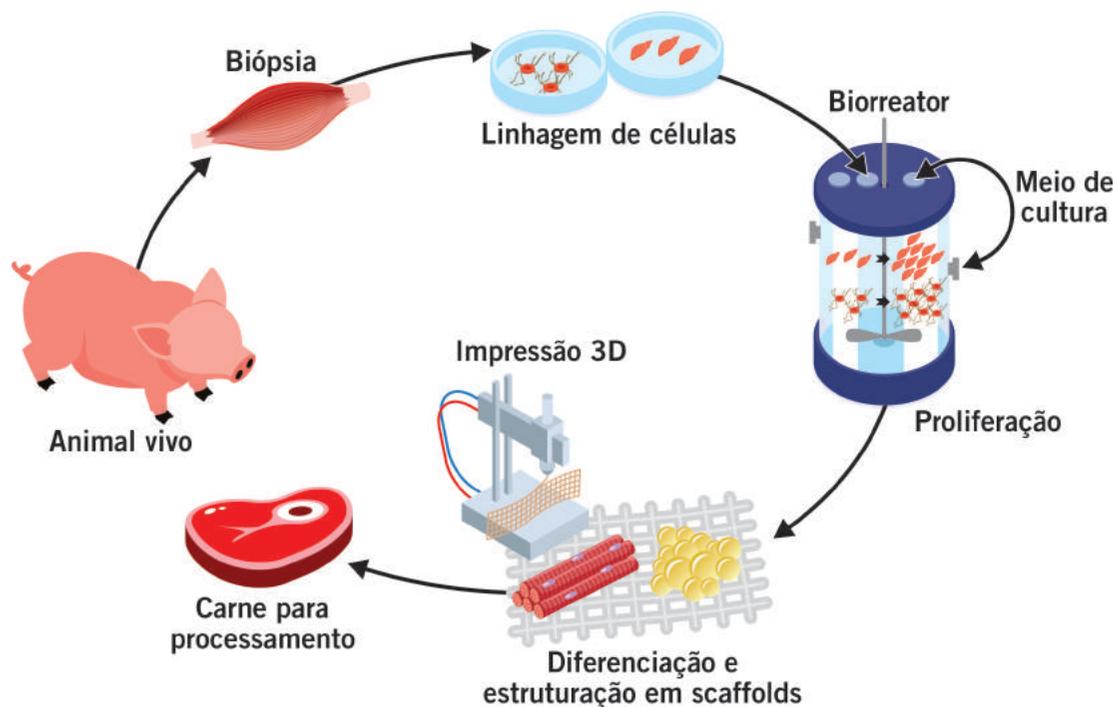


por cultivo celular em reatores tem evoluído significativamente nos últimos anos e, muito provavelmente, estas serão colocadas no mercado em um futuro próximo, o que tem demandado uma análise criteriosa da sua segurança pelas agências reguladoras ao redor do mundo.

Uma cadeia produtiva inteira está se formando ao redor do tema, desde fornecedores de linhagens celulares, meios de cultura, *design* de bioprocessos e fabricação de biorreatores, otimização de processos biotecnológicos, acessórios de estruturação (*scaffolds*) e a própria produção de proteína por cultivo celular. O interesse é crescente e muita pesquisa e investimento

têm sido voltados ao desenvolvimento dessa tecnologia. Paralelamente, órgãos reguladores e setor produtivo estão buscando estruturar o marco regulatório para garantir a segurança do produto e viabilizar sua comercialização (GARCIA *et al.*, 2022a).

Em junho de 2023, duas empresas, Good Meat e Upside Foods, receberam autorização de inspeção do USDA americano, permitindo-lhes vender produtos de frango cultivado nos Estados Unidos pela primeira vez. Os EUA foram o segundo país do mundo (depois de Cingapura) a permitir a comercialização de carne produzida a partir de células.



**FIGURA 3 | Etapas da produção de carne por cultura de células.**

*Adaptado de Xin et al. (2021).*

## FERMENTAÇÃO

A fermentação é um processo usado há centenas de anos para a produção de alimentos, como iogurtes, queijos, pães, vinhos e outros, nos quais a multiplicação de microrganismos confere características sensoriais típicas e também atua na preservação do alimento. A partir do século 20, este processo passou a ser usado para outras aplicações, como obtenção de medicamentos, biomateriais e ingredientes de uso alimentar (enzimas, aminoácidos, vitaminas e outros), que são produzidos pelos microrganismos durante a fermentação em meios de cultura e, posteriormente, separados das células microbianas para uso final. Mais recentemente passou a ser usada para a produção em larga escala de proteínas alternativas às de origem animal e vegetal tradicionais para a alimentação humana (SILVA *et al.*, 2022).

Há três formas de aplicação dos processos fermentativos para incrementar o suprimento de proteínas na dieta humana, resumidos por Silva *et al.* (2022): A **fermentação tradicional**, na qual são adicionados microrganismos vivos a uma matriz proteica de origem vegetal ou animal, com a finalidade de, através da sua multiplicação e produção de compostos de metabolismo, melhorar o sabor, o valor nutricional e a biodisponibilidade das proteínas. A **fermentação para produção de biomassa**, na qual são adicionados microrganismos vivos a um substrato nutritivo natural ou a um meio de cultura formulado, com a finalidade de promover a multiplicação das células microbianas e, posteriormente, utilizar o próprio microrganismo,

ou seja, a biomassa celular (chamada de *single cell protein*), como fonte de proteínas e outros constituintes de interesse alimentar. A **fermentação de precisão**, na qual o material genético que codifica uma determinada proteína em uma planta ou animal (doador) é inserido em um microrganismo (hospedeiro) de crescimento rápido e eficiente, que é então cultivado por fermentação para produzir a proteína desejada em grande quantidade. A proteína pode ser subsequentemente separada das células hospedeiras e pu-

rificadas, resultando numa molécula idêntica à produzida na planta ou animal, com as mesmas características sensoriais e funcionais da original nos alimentos aos quais seja incorporada. A fermentação de precisão, além de ser utilizada para produção de proteína, também é utilizada para a produção de importantes ingredientes para o setor de *plant based*, como aromas, gorduras, vitaminas, pigmentos, dentre outros.

Em muitos casos, tais produtos são considerados novos alimentos ou novos ingredientes (**novel foods**) e devem ser submetidos a uma análise de risco pelas autoridades sanitárias antes da liberação para consumo. As implicações de segurança estão relacionadas particularmente à inocuidade do microrganismo usado para a fermentação e à biodisponibilidade e potencial alergênico das proteínas obtidas.

Na avaliação da inocuidade do microrganismo, obviamente não podem ser usadas espécies patogênicas, mas ainda assim deve ser investigada a possibilidade de provocar infecções oportunistas em indivíduos doentes, imunocomprometidos ou mais susceptíveis, como crianças e idosos. Deve ser investigada a possibilidade de produção de toxinas e, no caso de micotoxinas de fungos, através de técnicas de sequenciamento genético e análise dos metabólitos (estudo de metaboloma). Há bancos de dados que conservam a sequência e a organização genômica das vias de biossíntese de micotoxinas, permitindo a previsão do potencial de uma determinada cepa para produzir micotoxinas, com base em sua sequência de genoma e pela bioinformática (DESJARDINS, 2006; KING *et al.*, 2018). Também é importante demonstrar a inexistência de genes de resistência a antibióticos ou elementos genéticos móveis (FDA GRN N° 863/2020).

Na avaliação do potencial alergênico das proteínas produzidas, tem sido usada a análise comparativa de sequência genética, buscando no genoma do microrganismo regiões de homologia com as de proteínas dos oito principais alimentos ou grupos de alimentos alergênicos (leite, ovos, peixes, crustáceos, nozes, amendoim, trigo e soja), em comparação com as sequências depositadas em bancos de dados, como o *National Center for Biotechnology Information (NCBI)* ou o *Protein and FARRP's Allergen On-line* (FDA GRN No 904/2021).



## IMPRESSÃO 3D

A impressão 3D, também conhecida como **manufatura aditiva** (AM) ou **prototipagem rápida** (RP), é uma tecnologia digital emergente, cuja base é um processo robótico controlado pelo qual um produto é construído camada por camada a partir de um programa de design de computador 3D CAD ou baixando plataformas 3D de serviços on-line (por exemplo, *Thingiverse*, *Shapeways*, *Ponoko* ou *Sculpteo*). Depois que o modelo 3D é criado, as informações do projeto são enviadas para a impressora que, por sua vez, divide o modelo 3D em camadas e monta as camadas no padrão de seção transversal especificado (DANKAR *et al.*, 2018).

Vários processos podem ser usados na impressão, mas segundo a FAO (2022), a maioria das impressoras 3D para aplicações alimentícias são baseadas em extrusão. Como materiais imprimíveis são usados queijo, chocolate, açúcar e ingredientes amiláceos, bem como algas marinhas, farinha de insetos, frutas e vegetais. A impressão 3D tem sido aplicada também para criar produtos vegetais análogos aos produtos de origem animal.

A impressão 3D de alimentos abre as portas para uma nova classe de *designers* independentes e uma **nova economia de produtos customizados**, na qual “todos” podem fabricar ali-

mentos. Do ponto de vista de segurança, há preocupação de que produtos com alta atividade de água, baixa acidez ou níveis baixos/zero de conservantes possam ser produzidos por indivíduos sem qualquer conhecimento para criar obstáculos à multiplicação de microrganismos, sem treinamento em gerenciamento de segurança do alimento e sem uma avaliação formal de risco (KING *et al.*, 2017).

Derossi (2021) aponta a quase completa carência de informações sobre a segurança dos alimentos que estão sendo processados por meio da impressão 3D. Destaca a necessidade de maior detalhamento e pesquisas sobre os possíveis riscos ao desenvolvimento microbiano, uma vez que temperaturas favoráveis são frequentemente utilizadas. Um estudo da FAO (2022) também confirma a limitação do conhecimento científico sobre a segurança dos alimentos processados em impressoras 3D, além da necessidade de se promover ampla avaliação dos riscos potenciais dessa tecnologia. Destaca a possibilidade de migração de produtos químicos da impressora para os alimentos e os riscos de contaminação microbiológica decorrentes de processos inadequados de limpeza e higienização do equipamento.

## NANOMATERIAIS

Sob o aspecto de segurança dos alimentos, a questão principal sobre nanotecnologia é a **aplicação de nanomateriais** como ingredientes de alimentos ou em materiais de embalagem para contato com alimentos.

O Regulamento N. 2283/2015 da União Europeia sobre novos alimentos (*novel foods*) define nanomaterial como “um material intencionalmente produzido com uma ou mais dimensões da ordem de 100 nm ou menos, ou composto por partes funcionais distintas, internamente ou à superfície, com dimensões da ordem de 100 nm ou menos, incluindo estruturas, aglomerados ou agregados que, apesar de terem uma dimensão superior a 100 nm, conservam propriedades características da nanoescala” (UNIÃO EUROPEIA, 2015).

O potencial de inovação do emprego de **nanomateriais como ingredientes** é grande, com aplicações para realce de sabor, melhoria de textura e para proteção e/ou liberação prolongada ou retardada de compostos bioativos, entre outras, onde a nanoencapsulação é a principal tecnologia utilizada.

Na área de embalagens, a nanoestruturação (**nanocompósitos, nanofibras, nanopartículas** etc.) permite a melhoria de propriedades de barreira e rigidez de filmes flexíveis, como também a incorporação de funções ativas, como ação antimicrobiana e a liberação de substâncias no produto para melhorar suas características organolépticas. Nanossensores podem ser usados para gerar várias informações para o consumidor, tais como condições de estocagem e possíveis contaminações (ALVIM, 2014).

Alguns ingredientes de alimentos ou aditivos para embalagens podem ter aprovação de uso, mas sua segurança foi comprovada com a substância em escala de tamanho normal. No entanto, como **as propriedades da matéria podem se alterar na dimensão nano**, a segurança das aplicações deve ser novamente avaliada com a substância na escala nanométrica.

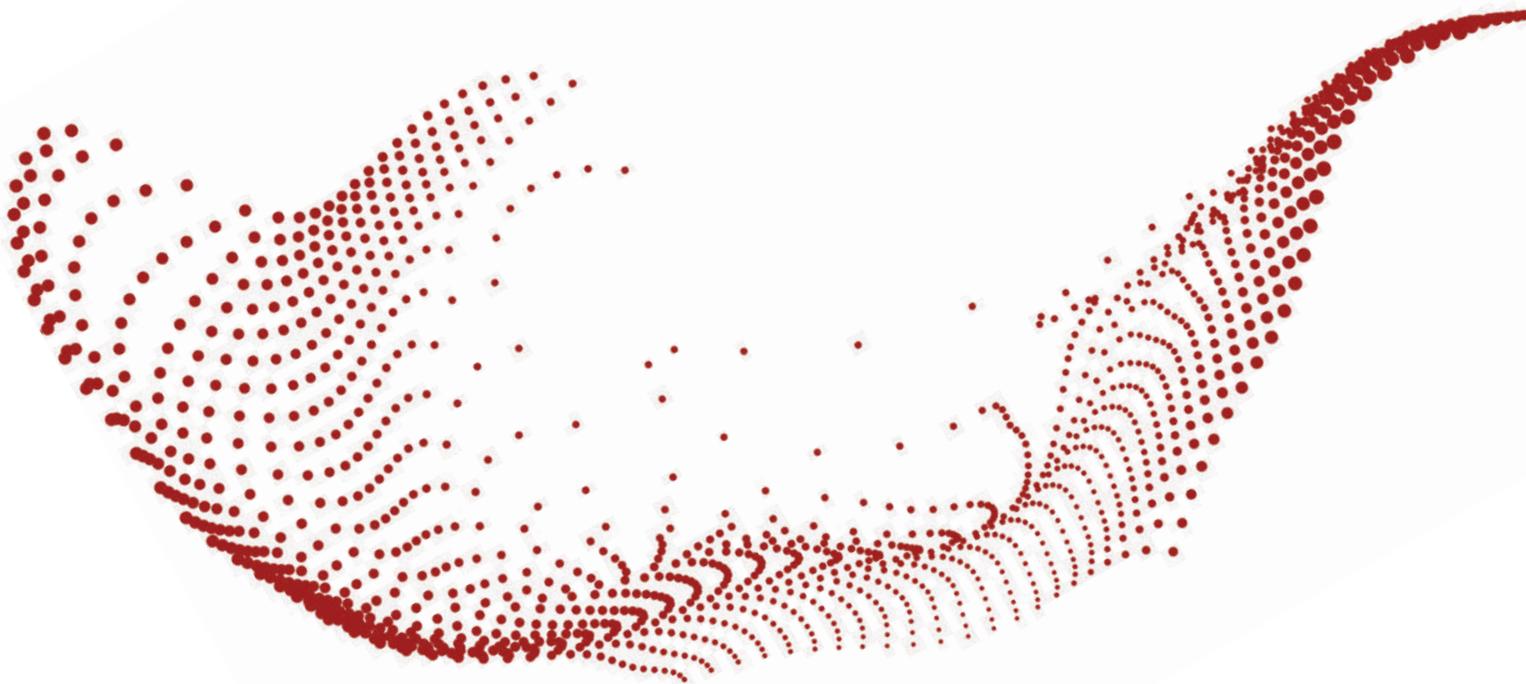
Partículas em escala nanométrica podem apresentar **aumento de biodisponibilidade**, o que pode implicar na revisão dos níveis de toxicidade para o consumo e exigir novas avaliações de parâmetros físico-químicos, de biodistribuição em diferentes órgãos e tecidos, rotas de exposição, relação concentração/dose, estabilidade em relação ao meio, interação com a membrana celular, entre outros fatores. Nesse contexto, uma das maiores necessidades da área hoje é o desenvolvimento de metodologias analíticas para assegurar que as nanoestruturas e nanomateriais adicionados aos alimentos e embalagens são seguros para a aplicação pretendida.

O Brasil ainda não dispõe de legislação para ingredientes de alimentos em escala nano, mas em 2014 foi instituído o Comitê Interno de Nanotecnologia da Anvisa, que tem entre suas atribuições a elaboração de normas ou guias específicos para a avaliação e controle desses produtos (BRASIL, 2014). Um dos

objetivos é a criação de um banco de dados sobre nanopartículas ou nanomateriais relacionados à saúde e a elaboração de um plano de capacitação.

Embora não tenha ainda legislação específica, o Brasil instituiu a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia como Política Nacional para o Desenvolvimento da Nanotecnologia, com vistas a criar, integrar e fortalecer ações governamentais na área, com foco na priorização da inovação na indústria brasileira e no desenvolvimento econômico e social (BRASIL, 2019). Além disso, encontra-se em tramitação no Senado o Projeto de Lei 880 de 2019, que cria o Marco Regulatório da Nanotecnologia e que dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, pesquisa e à inovação nanotecnológica e avaliação de riscos de nanomateriais. O projeto foi aprovado na CCJ (Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania) e continua em tramitação na Comissão de Ciência, Tecnologia, Comunicação e Informática (BRASIL, 2023).

A FDA não julga categoricamente todos os produtos que contêm nanomateriais ou que envolvem a aplicação da nanotecnologia como intrinsecamente benéficos ou nocivos; estes produtos são regulamentados de acordo com as normas legais específicas aplicáveis a cada tipo de produto.



# TECNOLOGIAS EMERGENTES DE PROCESSAMENTO

A demanda dos consumidores por produtos nutritivos, frescos e saudáveis tem levado à busca de **tecnologias alternativas** para produzir alimentos com poucas alterações em suas propriedades de qualidade e, ao mesmo tempo, seguros e de custo razoável. Estas tecnologias incluem métodos térmicos e não térmicos avançados, que utilizam energia mecânica, elétrica e eletromagnética. O desempenho destas tecnologias difere do processamento térmico tradicional em termos das categorias de alimentos que podem utilizá-las, da eficácia na redução e/ou controle da contaminação microbiológica, dos efeitos desejados ou indesejados secundários que afetam a qualidade dos produtos e quanto à viabilidade econômica e impacto ambiental (BARI, Md, *et al.*, 2017).

O regulamento EU n. 2283/2015 prevê que o emprego de **tecnologias emergentes** pode ter impacto nas características dos alimentos e, como tal, na sua segurança. Assim, o regulamento especifica que se o produto for submetido a um processamento não utilizado na UE antes de 15/05/1997 e que cause alterações significativas na composição ou estrutura do alimento, afetando seu valor nutritivo, metabolização ou teor de substâncias indesejáveis, este deve ser tratado como um **“novo alimento”**.

De acordo com o Anexo II da RDC n. 27/2010 (BRASIL, 2010), para comercializar novos alimentos e novos ingredientes no país é obrigatório que haja uma aprovação pré-mercado, ou seja, deve ser submetida uma petição à Anvisa, seguindo o que determinam as Resoluções n. 16 e n. 17 de 1999 (BRASIL, 1999a; 1999b). Apesar de não haver uma resolução específica da Anvisa estabelecendo que alimentos processados com tecnologias emergentes sejam considerados “novos alimentos”, a Agência publicou em 2019 um guia especificando-os como tal (Anvisa Guia 23/2019) e em julho de 2020 um documento base para esta discussão regulatória (ANVISA, 2020).

## Alta pressão (HPP)

A tecnologia de **Alta Pressão Hidrostática** ou prensagem a frio, internacionalmente chamada de *High-Pressure Processing* (HPP), *High Hydrostatic Pressure* (HHP) ou *Ultra High Pressure* (UHP) é um processo não térmico que aplica alta pressão (em torno de 400 a 700 Mpa) a alimentos, com objetivo de inativar microrganismos e enzimas. Nos sistemas comerciais, a pressurização é realizada em espaço confinado, onde se emprega um fluído (geralmente água) que atua como meio de transferência da pressão sobre o produto envazado em embalagens herméticas (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

A inativação de micro-organismos por HPP é resultado de uma combinação de fatores, incluindo alterações na sua membrana celular, proteínas e funções celulares mediadas por enzimas. A membrana celular microbiana é o local primário de danos induzidos por pressão, com consequente alteração na permeabilidade celular, sistemas de transporte, perda da capacidade de resposta osmótica, ruptura de organelas e incapacidade de manter o pH intracelular (WOLDEMARIAM, EMIRE, 2019). Segundo estes autores, a alta pressão é, em geral, eficaz na inativação de leveduras, bolores e formas vegetativas de bactérias. Os esporos de bactérias e bolores termorresistentes, por outro lado, são altamente resistentes à pressão (BLACK *et al.*, 2007), o que exige a aplicação de HPP combinada a outros tratamentos para potencializar seu efeito. O mais comum é associação de outros obstáculos ao crescimento de esporos sobreviventes, como a acidificação ou adição de agentes antimicrobianos, mas também têm sido exploradas a alternância de ciclos de pressão ou a aplicação de HPP em temperaturas mais altas que a ambiente (aplicação de calor) (BLACK *et al.*, 2007; WOLDEMARIAM, EMIRE, 2019).

Outro efeito da alta pressão que tem sido demonstrado pelos estudos é a capacidade de promover a degradação de algumas micotoxinas, como patulina e citrinina, por exemplo, mas as condições ótimas de tratamento ainda precisam ser determinadas, bem como a natureza e a segurança dos produtos de decomposição gerados (WOLDEMARIAM, EMIRE, 2019).

A literatura científica relativa à aplicação de HPP é extensa, mas sob o ponto de vista de segurança do alimento obtido, ainda não se dispensa a realização de **testes de desafio** na aplicação desta tecnologia no desenvolvimento de novos produtos (FSAI, 2020), particularmente no que diz respeito à inativação de esporos, com ênfase em *Clostridium botulinum*, nos processos em que a aplicação de HPP vise substituir a esterilização tradicional de alimentos de baixa acidez.

## Campos elétricos pulsados de alta tensão (PEF)

A tecnologia de **Campos Elétricos Pulsados** (*Pulsed Electric Fields* – PEF em inglês) é um processamento não térmico de alimentos, que aplica pulsos elétricos curtos, normalmente de menos de um segundo (ms ou  $\mu$ s), sob tensões elétricas muito altas ( $\leq 100.000$  V) e frequências de até 1.000 Hz. Os alimentos são colocados entre dois eletrodos e a aplicação repetida desses pulsos elétricos de alta intensidade causa a eletroporação e eletropermeabilização de membranas de células animais, vegetais e microbianas, aumentando sua permeabilidade de forma transitória ou permanente. Os microrganismos são inativados em temperaturas que não impactam negativamente o sabor, a cor ou o valor nutricional dos alimentos (FAI, 2020; SOLIVAFORTUNY *et al.*, 2009; PETTIT *et al.*, 2002). O processo também pode ser utilizado para inativação de enzimas indesejáveis (KHOURYIEH, 2021).

Segundo a FAI (2020), esporos bacterianos e ascósporos de fungos são normalmente resistentes ao tratamento por PEF, mesmo em alta intensidade. Algumas bactérias não esporogênicas também podem apresentar resistência. Em função disto, é necessário que seja determinado, para cada alimento, o microrganismo alvo do tratamento PEF e o número de reduções decimais requeridas na população alvo, para obtenção de um produto seguro. Para um efeito equivalente ao do tratamento térmico convencional, é recomendado que o tratamento por PEF seja dimensionado de forma a atingir a mesma redução equivalente exigida, que é de no mínimo seis ciclos logarítmicos para *Listeria monocytogenes* (a bactéria patogênica não esporogênica mais resistente ao calor) e nos alimentos com risco de crescimento e produção de toxinas de *Clostridium botulinum* ou de outras bactérias formadoras de esporos, um mínimo de redução de seis ciclos logarítmicos nos esporos de cepas psicrófilas não proteolíticas de *Clostridium botulinum* tipo B.

## Aquecimento por rádio frequência – RF

Radiofrequência é uma **forma não ionizante de energia eletromagnética**, similar à energia de micro-ondas, mas com comprimento de onda mais longo (1 a 300 MHz). Para não interferir na comunicação por rádio, sua operação é autorizada para frequências pontuais (nos EUA, por exemplo, 13,56 - 27,12 e 40,68 MHz). É uma **técnica térmica com alta penetração**, em que há geração de calor pelo atrito resultante da oscilação de moléculas e íons causados pelo campo elétrico alternado aplicado (PIYASENA *et al.*, 2003).

O aquecimento por RF é considerado uma das técnicas térmicas mais promissoras para tratar alimentos frescos e grãos. Apresenta boa eficiência térmica, razão pela qual é usada na etapa final da desidratação de alguns produtos (SHEWALE *et al.*, 2021). Algumas aplicações de RF com potencial de desenvolvimento incluem a redução de grânulos de amido, redução de acrilamida em batata frita; redução de substâncias antinutricionais, pré-tratamento para extração de óleo e tratamento de isolado proteico de soja sem alteração de estrutura (LING, CHENG E WANG, 2020). Outros estudos promissores são a pasteurização de sementes de cominho (CHEN *et al.*, 2020), pasteurização contínua de clara de ovo em pó (WEI *et al.*, 2020), pasteurização de fórmula láctea infantil em pó (LIN *et al.*, 2020) e inativação de *Salmonella Enteritidis*, *Typhimurium* e *Senftenberg* em amêndoas cruas (JEONG, BAIK, KANG, 2017).

Um dos maiores desafios para a aplicação de RF é o aquecimento não uniforme causado pela distribuição desigual do campo eletromagnético no alimento e no espaço em seu entorno, principalmente em produtos de alta umidade. Para contornar essa situação, costuma-se usar RF combinada com o aquecimento da superfície com ar ou água quente e a agitação do produto (GUO, MUJUMDAR, ZHANG, 2019).

O custo de implantação industrial do sistema de RF ainda é alto e sua operação é considerada complicada. Atualmente, sua aplicação é limitada a algumas categorias de produtos frescos, como frutas e vegetais (PRIYADARSHINI *et al.*, 2019).

A comprovação da eficácia do processo, tanto para redução da carga microbiana como para outras aplicações tecnológicas são os grandes desafios para a segurança dos alimentos e, por consequência, para a viabilidade desta nova tecnologia.

## Ultrassom

É uma **técnica não térmica** na qual energia elétrica é transformada em energia vibracional, ou seja, energia mecânica, que em seguida é transmitida para o meio. Parte da energia de entrada é perdida na forma de calor e a outra pode causar cavitação. Uma fração da energia da cavitação produz efeitos químicos, físicos ou biológicos.

A inativação dos microrganismos é atribuída à cavitação acústica, que provoca estresse mecânico nas células, formação de radicais livres e ativação de sonossensibilizadores (DAI *et al.*, 2020). É eficaz contra células vegetativas de determinados grupos de microrganismos, especialmente bactérias Gram negativas, mas sua ação depende do tipo, diâmetro e forma das células. As bactérias Gram positivas e os esporos são mais resistentes à inativação, em muitos casos sendo recomendado o uso do ultrassom associado a uma outra técnica de controle microbiológico (PERERA, ALZHRANI, 2021).

O ultrassom, especialmente de alta potência, também afeta a conformação e a estrutura de proteínas, podendo, portanto, inativar enzimas. Segundo Firouz, Farahmandi e Hosseinpour (2019) o ultrassom exige menos energia, aumenta a produtividade e resulta em produtos com qualidade superior, especialmente frutas, sucos e laticínios.

Em alimentos líquidos, o ultrassom reduz o tamanho de glóbulos de gordura, melhorando a homogeneização e a emulsificação. Em laticínios, melhora a cremosidade e em suco de frutas, conserva ou melhora os parâmetros de qualidade e aumenta o nível de compostos bioativos (PANIWNYK, 2017). Em iogurte, aumenta a viscosidade e a retenção de água, reduzindo a sinérese e melhorando a firmeza do gel, além de reduzir o tempo de fermentação por promover a hidrólise da lactose. Em sorvetes, diminui o tamanho dos cristais de gelo, reduz o tempo de congelamento e previne incrustações (AKDENIZ e AKALIN, 2019).

A aplicação de ultrassom em alimentos é uma área muito promissora, porém ainda está em estágio de desenvolvimento para uma gama mais ampla de setores industriais (CARRILLO-LÓPEZ *et al.*, 2017).

## Feixe de elétrons – FE

Esta é uma **tecnologia não térmica** de radiação ionizante gerada com eletricidade, não necessitando de fonte radiativa. Os equipamentos geradores de FE são normalmente chamados de aceleradores lineares. O Codex Alimentarius estabelece que a energia máxima aplicada deve ser de 10MeV com dosagem máxima de 1,0 kGy. Com essa dosagem, as proteínas e a maioria das vitaminas não são afetadas, mas o DNA é danificado diretamente pela ação da radiação ou, indiretamente, pela formação de radicais livres. Também é uma radiação de baixa penetração nos alimentos, sendo indicada para tratamentos superficiais (PILLAI, SHAYANFAR, 2017).

Há instalações comerciais de FE dedicadas a tratar produtos frescos para propósitos fitossanitários e um interesse crescente em utilizar essa técnica para tratar alimentos, especialmente produtos frescos (PILLAI, SHAYANFAR, 2017).

O número de estudos detalhando a eficácia do tratamento com FE para diferentes commodities de produtos frescos e para eliminação de grupos específicos de patógenos ainda é muito limitado, provavelmente devido ao pequeno número de instalações disponíveis para esse tipo de estudo. Há uma demanda das indústrias para que a dosagem permitida seja elevada para além de 1,0 kGy, mas, até o momento, a opção tem sido maximizar a eficiência da tecnologia de FE combinado-a com outras técnicas de processamento (PILLAI, SHAYANFAR, 2017).

## Luz ultravioleta (UV)

O **tratamento com Luz Ultravioleta** é uma técnica de irradiação não ionizante que tem sido amplamente utilizada para fins específicos, incluindo a desinfecção de água, ar e superfícies de contato com alimentos. As vantagens de sua aplicação na produção de alimentos são ausência de subprodutos tóxicos ou de impactos nas propriedades organolépticas, aliados ao menor consumo de energia, em comparação com processos de HPP ou pasteurização térmica (SORO *et al.*, 2023). Entretanto, é um tratamento limitado à aplicação na superfície dos alimentos, uma vez que a luz UV tem baixo poder de penetração nos materiais (KOUTCHMA, 2016). A tecnologia já foi aprovada para sucos e leite pela *European Food Safety Authority* (EFSA) e pela *Health Canada* (CASTRO, 2019) e como tratamento alternativo à pasteurização térmica de sucos frescos refrigerados pela FDA (FDA, 2000).

A luz ultravioleta ocupa uma ampla faixa de comprimento de onda na região não ionizante do espectro eletromagnético, entre 200 nm (raios X) e 400 nm (luz visível), normalmente subdividido em luz UV de onda curta (UVC, 200-280 nm), luz UV de onda média (UVB, 280-320 nm) e luz UV de onda longa (UVA, 320-400 nm). O espectro UVC é considerado o mais germicida, pois coincide com o comprimento de onda de maior absorbância pelo DNA (254 nm), comprometendo a função celular dos microrganismos. A UVA, por outro lado, tem maior penetrabilidade, podendo alcançar maior eficácia quando usada em líquidos opacos e biomateriais com alto coeficiente de absorvidade. O DNA é indiretamente afetado por fotorreações que geram espécies reativas de oxigênio, que, como consequência, provocam alterações oxidativas em proteínas, lipídeos e esteróis (SORO *et al.*, 2023).

Há evidências de que os microrganismos podem responder ao estresse causado pelos tratamentos UV de várias maneiras, incluindo a formação de biofilme e a elevação da tolerância ao pH, temperatura ou sal. O estudo de tais respostas é vital para uma melhor compreensão dos efeitos da luz UV sobre os microrganismos. Além disso, o uso da tecnologia UV para a inativação de patógenos e microrganismos deteriorantes em matrizes alimentares requer uma avaliação mais aprofundada, com foco especial no impacto dessa tecnologia na qualidade sensorial ou nutricional dos alimentos (SORO *et al.*, 2023).

## Luz azul

É uma **tecnologia não térmica** que consiste na aplicação de luz com comprimento de onda na faixa de 395 a 465 nm, obtida por diodo emissor de luz (LED). A luz azul fotossensibiliza substâncias endógenas, com a geração de espécies reativas de oxigênio que afetam componentes da parede celular bacteriana. Estudos têm indicado que tem efeitos mínimos na qualidade sensorial e nutricional dos alimentos, mas pesquisas usando painéis humanos ainda são requeridas para confirmar essas descobertas (HADI, WU & BRIGHTWELL, 2020).

Assim como a luz UV, tem baixo poder de penetração, o que limita sua aplicação a superfícies e a líquidos não opacos.

O efeito antimicrobiano da luz azul pode ser potencializado com a adição de polifenóis, óleos essenciais, ácidos orgânicos e manitol aos alimentos (HADI, WU; BRIGHTWELL, 2020; AURUM e NGUYEN, 2019, KIM, KANG, 2021), porém, esta alternativa depende do efeito que possa provocar nas propriedades organolépticas de cada produto (HYUN, LEE, 2020). Também pode ter sua eficácia aumentada através da aplicação combinada a outros tratamentos, como ultrassom de baixa intensidade (WANG *et al.*, 2017) ou baixas temperaturas (HYUN & LEE, 2020).

Ainda são raros os estudos sobre a inativação de microrganismos usando luz azul (HYUN, LEE, 2020) e embora apresente potencial de aplicação, a técnica ainda se encontra em escala de laboratório.

## FRAUDES E ADULTERAÇÕES

A definição de *food safety* parte da premissa que todos os tipos de contaminação ocorrem de forma não intencional (MANNING e SOON, 2016). O conceito de garantia da segurança do alimento refere-se à gestão dos riscos, com base em medidas de controle estabelecidas ao longo da cadeia produtiva, não se limitando à realização de testes de qualidade em uma amostragem do produto final. Essa definição é válida desde que o alimento seja preparado e consumido de acordo com procedimentos de preparo adequados e recomendados (MOTARJEMI; LELIEVELD, 2014). Não se incluem nessa definição os alimentos impróprios para consumo devido à inadequação de algum parâmetro de qualidade sensorial ou nutricional (*food quality*), que não afete a saúde do consumidor (MANNING; SOON, 2016).

Entretanto, quando a contaminação ou adulteração do alimento é intencional, trata-se de um “**crime alimentar**”, do inglês *food crime*, que engloba dois termos que se diferenciam pela motivação. No primeiro caso, o potencial para crimes alimentares é influenciado por uma diferença entre disponibilidade e demanda, criando uma oportunidade para **criminosos ou fraudadores se beneficiarem financeiramente** da venda do produto fraudado. Assim, o termo “fraude dos alimentos”, do inglês *food fraud*, refere-se à adulteração deliberada dos alimentos com objetivo final de se obter ganhos econômicos que, dependendo da estratégia e complexidade utilizadas, podem gerar vários níveis de ganhos monetários. As fraudes podem se caracterizar pela substituição de um ou mais ingredientes, pela alteração de rotulagem e, até mesmo, pelo fornecimento de informações ou declarações falsas e enganosas sobre produtos.

Por outro lado, há os **crimes intencionais**, que são adulterações que colocam em risco a saúde do consumidor e cuja execução seja motivada por questões ideológicas, ocasionais, ocupacionais, profissionais ou recreativas. O termo “defesa dos alimentos”, traduzido de *food defense*, refere-se à prevenção desse tipo de crime (MANNING E SOON, 2016).

A complexidade da detecção de fraudes e crimes intencionais em alimentos reside tanto na diversidade das alterações possíveis como dos recursos analíticos necessários à sua detecção e quantificação.

De acordo com a FAO (2022), a fraude alimentar é uma ameaça constante às interações e relações no contexto do agrogócio e o seu controle é fundamental para que a sociedade tenha confiança nos sistemas agroalimentares. A organização ressalta ainda a necessidade de múltiplas estratégias e de esforços coordenados entre agências governamentais e o setor privado, para que os governos enfrentem com sucesso a fraude alimentar e aumentem a confiança nos sistemas agroalimentares.



A FAO (2022) propõe cinco estratégias regulatórias para lidar com a fraude alimentar, a baseada em estruturas de segurança e qualidade dos alimentos, a legislação de proteção ao consumidor, o direito contratual, a estrutura de direito penal e a colaboração público-privada.

### TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

- Bancos de Dados On-line de Segurança de Alimentos
- Tecnologias Ômicas e Bioinformática
- Sequenciamento do Genoma Completo (Wgs)
- Microbiologia Preditiva
- Internet, Telefone Celular, Mídia Social
- Internet das Coisas (IoT)
- Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*)
- Tecnologia *Blockchain*
- *Big Data*
- Indústria 4.0

## BANCOS DE DADOS ON-LINE DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS

Bancos de dados on-line apresentam uma visão abrangente sobre questões relacionadas à segurança de alimentos, com informações sobre relatórios de perigo (programas de monitoramento, sistemas de alerta, dados químicos), exposição (bancos de dados de consumo) e **sistema de vigilância e inspeção sobre doenças de animais e plantas** (MARVIN *et al.*, 2017).

Informações sobre as propriedades de produtos químicos, dados genômicos, alergenicidade, condições de crescimento de microrganismos e relatórios meteorológicos são importantes para a pesquisa de temas relacionados à segurança de alimentos ou podem ser usadas em **modelos de predição de perigos**. Em relação aos aspectos meteorológicos, é conhecido que as alterações climáticas ocasionam aumento expressivo dos perigos de origem microbiológica e química nos alimentos (BARIANI, 2016). No que se refere aos aspectos microbiológicos, a escassez ou o excesso de água e as flutuações bruscas de temperatura podem ocasionar aumento da resistência microbiana, como também crescimento microbiológico acelerado. Além disso, no que tange

aos aspectos químicos, a seleção de espécies de microrganismos mais resistentes decorrente do uso inadequado de agroquímicos e de produtos veterinários, especialmente os antimicrobianos, pode levar ao aumento da dose a ser aplicada e, consequentemente, maior risco de contaminação química dos alimentos.

Alguns bancos de dados já são hoje excelentes ferramentas para monitorar e identificar perigos em alimentos. O Sistema de Alerta Rápido para Alimentos e Rações (RASFF) da União Europeia é o principal banco de dados on-line de segurança de alimentos usado por autoridades, indústrias e cientistas. Nos Estados Unidos, a FDA mantém o Relatório de Recusa de Importação (IRR) e o Banco de Dados de Classificação de Inspeção (ICD), enquanto a China publica os alertas da Administração Estatal para Regulamentação do Mercado (SAMR). Para monitorar dados de perigos em alimentos, o Sistema de Monitoramento Ambiental Global (FAO, WHO, 2015) conta com um grande volume de dados de monitoramento, os quais são apresentados de forma estruturada, lógica e facilmente recuperáveis.

# TECNOLOGIAS ÔMICAS E BIOINFORMÁTICA

A microbiologia de alimentos desenvolveu-se rapidamente no século XX e inovações foram incorporadas em análise de alimentos, objetivando a otimização dos ensaios para maior rapidez, facilidade e confiabilidade na obtenção dos resultados analíticos. Como exemplo, podem ser citados: novos meios de cultura com maior seletividade e especificidade, destacando-se os que incorporam substratos cromogênicos para enzimas características de determinados grupos ou espécies bacterianas; “kits analíticos” que incorporam todos ou parte dos reagentes requeridos nos ensaios, dispensando sua preparação no laboratório; ensaios imunológicos que capturam os microrganismos alvo através da ligação a anticorpos específicos; métodos moleculares que permitem a detecção de microrganismos com base em genes específicos, como a reação de polimerase em cadeia (PCR); dentre outros.

A **genômica**, atividade que envolve mapeamento, sequenciamento, análise e comparação de genomas, tem ganhado relevância significativa na microbiologia de alimentos, beneficiando a segurança dos alimentos. O genoma de um organismo é o conjunto completo de sua informação genética, incluindo seus próprios genes, suas sequências reguladoras e seu DNA não codificador. O conhecimento da sequência do genoma de um organismo auxilia no **estudo da expressão gênica, transcrição e tradução da informação genética**. A tecnologia de sequenciamento de DNA avançou rapidamente na última década, popularizando o uso da técnica em inúmeras áreas da biologia.

As técnicas baseadas em DNA e RNA promoveram avanços significativos na microbiologia de alimentos, principalmente com relação aos estudos da taxonomia, à avaliação da evolução microbiana, ao estudo de microecossistemas e à segurança dos alimentos, fornecendo dados precisos e confiáveis a partir de ferramentas moleculares. As informações de todos os níveis de organização celular, ou seja, genômicas, transcriptômica, proteômica e metabolômica, tanto na célula única quanto em nível de microecossistema, tornaram-se recursos analíticos fundamentais (PARAMITHIOTIS, PATRA, 2019).

Além disso, as **ferramentas de bioinformática**, aplicadas à aquisição, armazenamento, análise e difusão de dados biológicos, majoritariamente sequências de DNA e aminoácidos, passaram a ser parte integrante e fundamental da microbiologia molecular, potencializando a velocidade de obtenção e a precisão dos resultados analíticos.

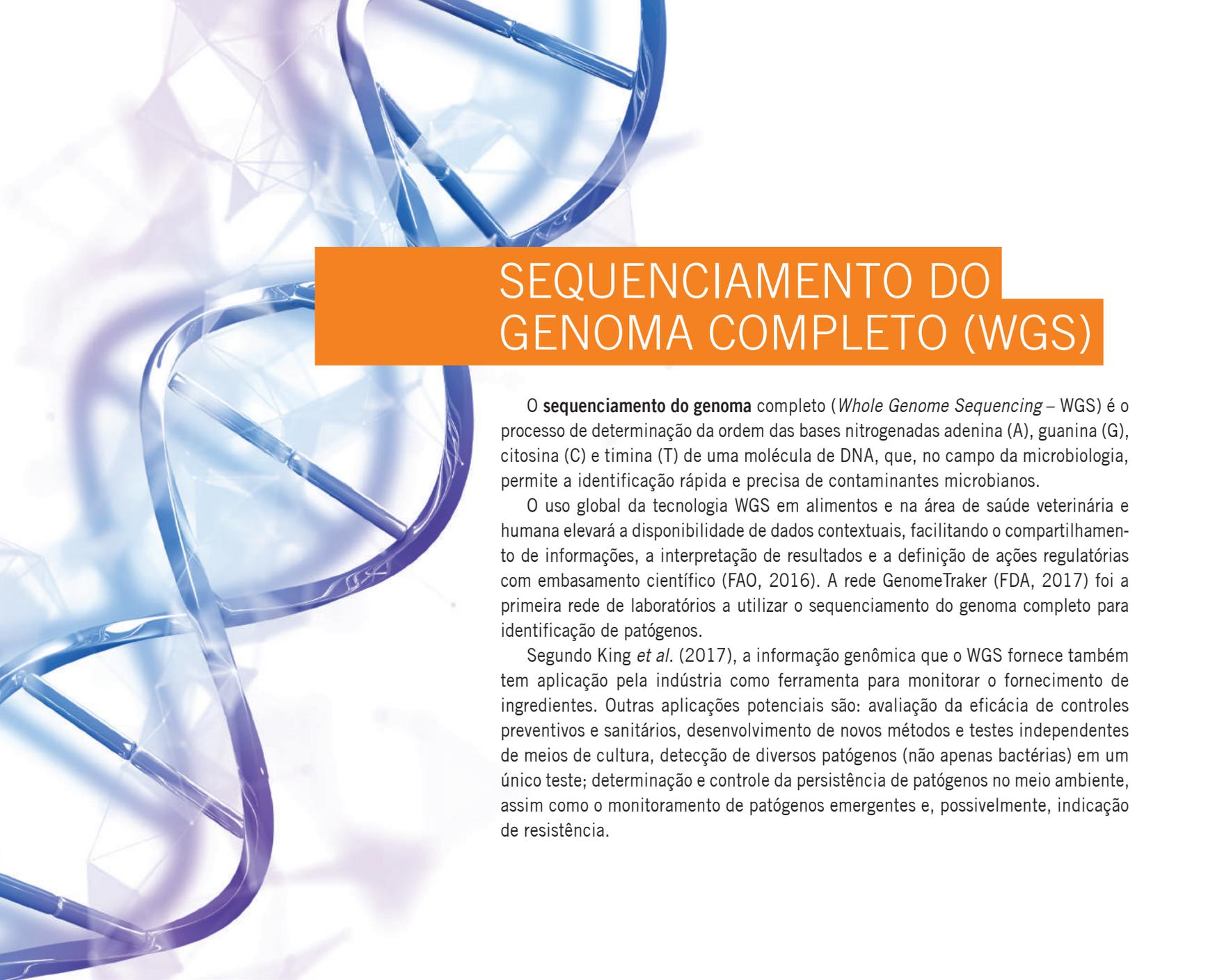
As tecnologias ômicas baseadas em técnicas moleculares

como a genômica, metagenômica (análise genômica de um pool de DNA ou RNA obtidos de amostras ambientais contendo organismos que ainda não foram isolados), transcriptômica (expressão de mRNA), metatranscriptômica (mensuração da expressão proteica de toda uma comunidade utilizando sequenciamento de RNA), proteômica (estudo em escala genômica da estrutura, função e regulação das proteínas de um organismo) e metabolômica (estudo do conjunto total de pequenas moléculas e intermediários metabólicos de uma célula ou organismo) serão primordiais na segurança dos alimentos em futuro próximo, com a ampliação de novas tecnologias de última geração, permitindo, por exemplo, o sequenciamento de todo o genoma de um determinado inseto comestível para detecção de possível gene capaz de expressar a produção de compostos alergênicos.

As ciências ômicas abrangem várias disciplinas, incluindo genômica (estudos sobre os efeitos das variações das sequências de nucleotídeos presentes nos genes), transcriptômica (expressão de mRNA), metabolômica (níveis de metabólitos), lipidômica (níveis de lipídeos) e proteômica (níveis de peptídeos e proteínas).

Os conhecimentos advindos das ciências ômicas estão revolucionando diferentes áreas, como medicina, ciências agrárias, psicologia, paleontologia, antropologia, dentre outras. A utilização destas técnicas pode melhorar a qualidade microbiológica dos alimentos, bem como garantir sua segurança (FSNS, 2019). As ferramentas ômicas podem identificar microrganismos que limitam a vida útil do alimento no mercado e facilitar a detecção de patógenos conhecidos e emergentes. Podem auxiliar na detecção em tempo real da origem de surtos e casos de doenças transmitidas por alimentos. Podem também fornecer informações sobre as características biológicas fundamentais dos microrganismos, incluindo a virulência, a resistência a agentes antimicrobianos e a tolerância a agentes estressores ambientais (por exemplo, ácido, calor e dessecação), que permitem que um microrganismo se adapte a ambientes específicos ou infecte um hospedeiro.

A combinação de testes microbiológicos de amostragem de rotina e tipagem pode ser empregada para prevenir a ocorrência de futuros eventos de contaminação. Neste contexto, inclui-se a identificação de cepas de microrganismos que colonizam o ambiente de plantas industriais que podem ocasionar a contaminação cruzada inadvertida de alimentos após processamento, causando doenças ao consumidor ou limitando a vida útil do produto.



## SEQUENCIAMENTO DO GENOMA COMPLETO (WGS)

O **sequenciamento do genoma** completo (*Whole Genome Sequencing* – WGS) é o processo de determinação da ordem das bases nitrogenadas adenina (A), guanina (G), citosina (C) e timina (T) de uma molécula de DNA, que, no campo da microbiologia, permite a identificação rápida e precisa de contaminantes microbianos.

O uso global da tecnologia WGS em alimentos e na área de saúde veterinária e humana elevará a disponibilidade de dados contextuais, facilitando o compartilhamento de informações, a interpretação de resultados e a definição de ações regulatórias com embasamento científico (FAO, 2016). A rede GenomeTraker (FDA, 2017) foi a primeira rede de laboratórios a utilizar o sequenciamento do genoma completo para identificação de patógenos.

Segundo King *et al.* (2017), a informação genômica que o WGS fornece também tem aplicação pela indústria como ferramenta para monitorar o fornecimento de ingredientes. Outras aplicações potenciais são: avaliação da eficácia de controles preventivos e sanitários, desenvolvimento de novos métodos e testes independentes de meios de cultura, detecção de diversos patógenos (não apenas bactérias) em um único teste; determinação e controle da persistência de patógenos no meio ambiente, assim como o monitoramento de patógenos emergentes e, possivelmente, indicação de resistência.

## MICROBIOLOGIA PREDITIVA

A microbiologia preditiva envolve o conhecimento do impacto de fatores ambientais no crescimento dos microrganismos, resumidos em **equações ou modelos matemáticos** (MCMEEKIN *et al.*, 1997). A microbiologia preditiva tem ampla utilidade para a indústria de alimentos, com aplicação na avaliação quantitativa de risco e na tomada de decisão durante a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP), assim como para estimativa da vida de prateleira de alimentos e no desenvolvimento ou reformulação de produtos alimentícios (KING *et al.*, 2017).

A aplicação do conhecimento da microbiologia preditiva na produção de alimentos continua a crescer, com o desenvolvimento de sistemas abertos voltados para a comunidade e de repositórios de modelos microbianos preditivos disponibilizados na internet (PLAZA RODRÍGUEZ *et al.*, 2015). A **integração de dados ômicos em modelos preditivos** também promete fornecer previsões mais precisas sobre mudanças físicas e químicas específicas (BRUL, *et al.*, 2008; MCMEEKIN *et al.*, 2013).

## INTERNET, TELEFONE CELULAR, MÍDIA SOCIAL

A Internet é uma ampla fonte de informação e auxilia os profissionais que atuam na área de avaliação de risco a garantirem a segurança dos alimentos, podendo ser usada como um **sistema de alerta precoce para a detecção de perigos** transmitidos por alimentos. Sistemas de rastreamento da Web são desenvolvidos para pesquisar na Internet publicações contendo informações relacionadas à segurança dos alimentos. O MedISys, do *European Media Monitor* (EMM), constitui-se em um exemplo de sistema de vigilância contínua e automatizado, que coleta relatórios da internet sobre doenças infecciosas humanas, de animais e de segurança de alimentos (RORTAIS *et al.*, 2021; RORTAIS *et al.*, 2010).

O uso de telefones celulares, de fácil acesso, tem sido favorecido com novos aplicativos que surgem a cada dia, incluindo os relacionados à segurança de alimentos e à saúde. Relatórios podem ser gerados a partir do uso de *smartphones* acoplados a outros **dispositivos portáteis para medir a contaminação** microbiológica, química e física de alimentos, incluindo a detecção da presença de alérgenos. Os dados coletados podem ser processados pelo telefone

ou por meio de um computador conectado por Wi-Fi, mas também podem ser transferidos para nuvens de dados ou outros centros de dados. Usados para fins de receptor e gravador de dados, os smartphones têm exercido um papel importante na coleta de dados e continuarão a desempenhar este papel no futuro.

Questões relacionadas à segurança de alimentos podem ser comunicadas ao público por meio de organizações associadas a alimentos que usam mídias sociais como Facebook, Twitter e YouTube (SHAN *et al.*, 2014). Ao monitorar as conversas dos usuários nas redes sociais, as agências de alimentos melhoram seu entendimento sobre as demandas de seu público e podem detectar e antecipar a ocorrência de problemas de segurança dos produtos alimentícios.

É importante que os profissionais de *food safety* sejam pró-ativos na criação e manutenção de canais de mídia social e de meios de divulgação de informações sobre segurança de alimentos, de forma a disseminar conhecimento e disponibilizar informações confiáveis para os meios de comunicação e consumidores.

## INTERNET DAS COISAS (IOT)

A proliferação de dispositivos inteligentes de sensoriamento, processamento e comunicação tem aumentado nos últimos anos. Neste cenário, a **Internet das Coisas** (*Internet of Things* – IoT) consiste no uso da Internet para interligar dispositivos inteligentes, que se comunicam entre si e/ou com pessoas, a fim de oferecer um determinado serviço (MIORANDI *et al.*, 2012).

O aumento da acessibilidade à internet, tanto tecnológica quanto financeira, e a popularização do Wi-Fi têm favorecido a relação entre IoT e *Big Data*, potencializando os benefícios da comunicação. A IoT possibilita uma grande quantidade de novas aplicações, com benefícios para a academia e setor produtivo, inclusive com aumento do acesso a informações sobre alimentos.

Dentre as aplicações da IoT relacionadas a alimentos estão o **monitoramento da cadeia de frio e o rastreamento de produtos agrícolas** com uso de sensores para monitorar temperatura, umidade e localização de alimentos ao longo do transporte e armazenamento (BOUZEMBRAK *et al.*, 2019). Usando a IoT, dispositivos como telefones celulares, câmeras digitais e sensores podem coletar e transferir dados para infraestruturas centralizadas via Wi-Fi ou outros canais de transferência para facilitar o monitoramento e controle em tempo real.

Na indústria de alimentos, a Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP) pode se beneficiar da IoT de um sistema integrado de **monitoramento de sensores ao longo da linha de produção**. Alguns dos dados que podem ser coletados são: monitoramento de temperatura e tempo durante as diferentes operações de processamento; pH e condutividade durante as operações de limpeza no local (CIP), detecção de corpos estranhos (por exemplo, por detectores de raios-x), contaminações químicas e contaminantes microbianos; monitoramento de alérgenos; medição de características de qualidade do produto, como textura, cor, sabores (por exemplo, nariz e língua eletrônicos); monitoramento de micronutrientes, teor de umidade, teor de gordura e outros componentes dos alimentos (RAMUNDO *et al.*, 2016).





## APRENDIZADO DE MÁQUINA (*MACHINE LEARNING*)

O aprendizado de máquina (*machine learning*) é um tipo de **inteligência artificial** (IA) que utiliza métodos algorítmicos que permitem que as máquinas resolvam problemas sem programação específica de computador (LeCun *et al.*, 2015). O termo IA é usado de maneira bastante geral e vaga na literatura e na mídia popular para descrever uma ampla gama de aplicativos promissores, como veículos autônomos, assistentes pessoais digitais e personalização de produtos de consumo. Várias ferramentas de aprendizado de máquina podem ser desenvolvidas de forma personalizada para indicações específicas. Este fato pode permitir à Internet a união de dados e algoritmos para desenvolver padrões de metadados para máquinas.

As vantagens do aprendizado de máquina incluem **flexibilidade e escalabilidade** em comparação com os métodos bioestatísticos tradicionais, o que lhe permite implementar muitas tarefas, como estratificação de risco, diagnóstico, classificação e previsões. Outra vantagem dos algoritmos de aprendizado de máquina é a possibilidade de analisar diversos tipos de dados (por exemplo, dados demográficos, resultados de laboratório, dados de imagem e notas de texto) e incorporá-los nas previsões de risco de doença de origem alimentar, diagnóstico e medidas preventivas, dentre outros.

A integração de plataformas digitais com a análise em tempo real de dados de sensores pode ser utilizada para a previsão de eventos na cadeia de suprimentos, a fim de evitar perdas e aumentar a produtividade dos processos produtivos.

## TECNOLOGIA *BLOCKCHAIN*

As cadeias de abastecimento estão se tornando cada vez mais complexas em estrutura e diversificadas em partes interessadas. Isso faz com que muitas empresas não tenham uma visão integrada de toda a cadeia de distribuição do seu produto. Para contornar essa realidade, muitas empresas estão implementando **sistemas de rastreabilidade** para manter uma cobertura global de operações. Uma das plataformas tecnológicas mais promissoras é a de *Blockchain*, uma nova abordagem tecnológica digital sustentada pela indústria 4.0 para **garantir a integridade dos dados e prevenir adulterações e falhas de segurança** dos produtos.

A tecnologia *Blockchain* é definida como “um registro digital e descentralizado, no qual as transações são documentadas e adicionadas em ordem cronológica, com o objetivo de **criar registros permanentes e invioláveis**” (TREIBLMAIER, 2018). Constitui-se em uma combinação de várias tecnologias, ferramentas e métodos para tratar de uma questão específica. As características intrínsecas da *Blockchain* têm o potencial de resolver diversos problemas inerentes à cadeia de suprimento

de matérias-primas e a de abastecimento de alimentos. Assim, as empresas de alimentos que usam a tecnologia podem, por exemplo, melhorar a rastreabilidade do produto e identificar rapidamente a localização e a origem dos produtos envolvidos em um recall devido a ameaças de segurança ou adulteração de alimentos (TREIBLMAIER, 2019).

A Figura 4, adaptada de Rejeb *et al.* (2020), apresenta uma estrutura conceitual que destaca os potenciais e os desafios da *Blockchain* na cadeia de abastecimento de alimentos. Quanto aos potenciais, a rastreabilidade dos alimentos representa a base desta cadeia, que se apresenta cada vez mais de forma industrializada e globalizada, pois ajuda a garantir a segurança e a qualidade dos alimentos produzidos, atendendo assim às expectativas e demandas dos consumidores. Além disso, a *Blockchain* apoia a colaboração e o compartilhamento de recursos da cadeia de abastecimento de alimentos, fortalecendo os relacionamentos e a confiança entre os parceiros, contribuindo para melhorias de qualidade e para a inovação.





FIGURA 4 | Aplicações e desafios da tecnologia de *Blockchain* para a cadeia de abastecimento de alimentos.

(Fonte: traduzida/adaptada de (REJEB et al., 2020))

A eficiência da cadeia de fornecedores/suprimentos é um aspecto fundamental da segurança de alimentos e a tecnologia *Blockchain* tem o potencial de reduzir os custos de transação e de aumentar a eficiência geral desta cadeia para a indústria de alimentos. Considerando que a globalização das cadeias de

abastecimento de alimentos trouxe desafios adicionais para as empresas, devido à necessidade de garantir a transparência e a segurança nos processos de comercialização de alimentos, esta constitui-se uma atividade econômica essencial que pode ser beneficiada pela implementação da *Blockchain*.

# BIG DATA

A Organização Mundial da Saúde define *Big data* (megadados em português) como “o **uso emergente de dados complexos coletados rapidamente em quantidades sem precedentes**, podendo necessitar de terabytes ( $10^{12}$  bytes), petabytes ( $10^{15}$  bytes) ou zettabytes ( $10^{21}$  bytes) de armazenamento”. Estes dados podem ser gerados por sensores, aplicativos móveis, dispositivos digitais, IoT etc. Uma vez que os dados e informações de segurança de alimentos estão conectados a muitos setores, incluindo agricultura, alimentos, meio ambiente, nutrição, saúde, social, econômica, dentre outros, seu tratamento em sistema *Big data* será uma ferramenta importante para orientar a tomada de decisões.

*Big data* envolve **grande volume, alta velocidade, alta veracidade e/ou alta variedade** para as novas formas de processamento de dados. É um conceito desenvolvido para reunir e interpretar grandes quantidades de informação, permitindo prever tendências. Os dados poderão ser usados proativamente, em vez de reativamente. *Big data* é uma nova forma de tratar e interpretar as informações. Segundo King *et al.* (2017), “dados soltos são informações inúteis; é preciso saber como e para que serão usados, transformando o irrelevante em relevante”.

Essa estratégia tem sido usada por indústrias de alimentos, que reconhecem que atualmente a produção e as tecnologias não permitem a produção de alimentos sem risco de contaminação e que, portanto, uma abordagem quantitativa de avaliação de risco é ideal para gestão da segurança do alimento. As empresas digitais estão envolvidas na análise de grande quantidade de dados, formando parcerias com grandes empresas de alimentos.

Ferramentas de *Big data* podem fornecer soluções oportunas e inovadoras para questões de segurança de alimentos. Representam um avanço tecnológico que pode ajudar os setores público e privado a desenvolverem medidas adequadas e melhorar de forma sustentável o sistema de segurança de alimentos. As agências responsáveis pela segurança de alimentos utilizam ferramentas de *Big data*, incluindo a mídia social (Facebook, Twitter, YouTube etc.), para se comunicar com o público em geral. Existem sistemas usados para capturar, armazenar, manipular informações, assim como dados espaciais ou geográficos para identificar ou prever onde os perigos de segurança dos alimentos podem ocorrer.

# INDÚSTRIA 4.0

A chamada “Indústria 4.0” é considerada a quarta revolução industrial e tem como premissa **automatizar os processos produtivos por meio da troca de dados tecnológicos** (HASNAN, YUSOFF, 2018). Nesta revolução, sensores, máquinas, peças de trabalho e sistemas de Tecnologia da Informação são conectados ao longo da cadeia de valor. Os sistemas conectados, também conhecidos como sistemas ciberfísicos, são capazes de interagir uns com os outros adotando protocolos padrões baseados na Internet e realizam análises de dados de modo a prever falhas, configurar-se e alinhar-se às mudanças. Na Indústria 4.0, uma visão de manufatura inteligente é constituída de operações entre sistemas ciberfísicos, IoT e computação em nuvem.

Para as empresas de alimentos, a Indústria 4.0 representa um importante avanço tecnológico, viabilizado pelas conexões, coleta e análise de dados entre as organizações da cadeia de suprimentos, o que altera o modelo de negócio, fornece um novo ambiente para os processos de produção e promove inovações. Vantagens como aumento de produtividade, customização em massa e aumento de receita podem ser esperadas (SCHMIDT *et al.*, 2015). A Indústria 4.0 incorpora o **uso combinado de inúmeros recursos de TI** como *Big data* e inteligência analítica, robôs autônomos, simulação, integração de sistemas horizontal e vertical, segurança cibernética, Internet das Coisas, computação em nuvem, realidade aumentada e manufatura aditiva, conforme ilustrado na Figura 5.

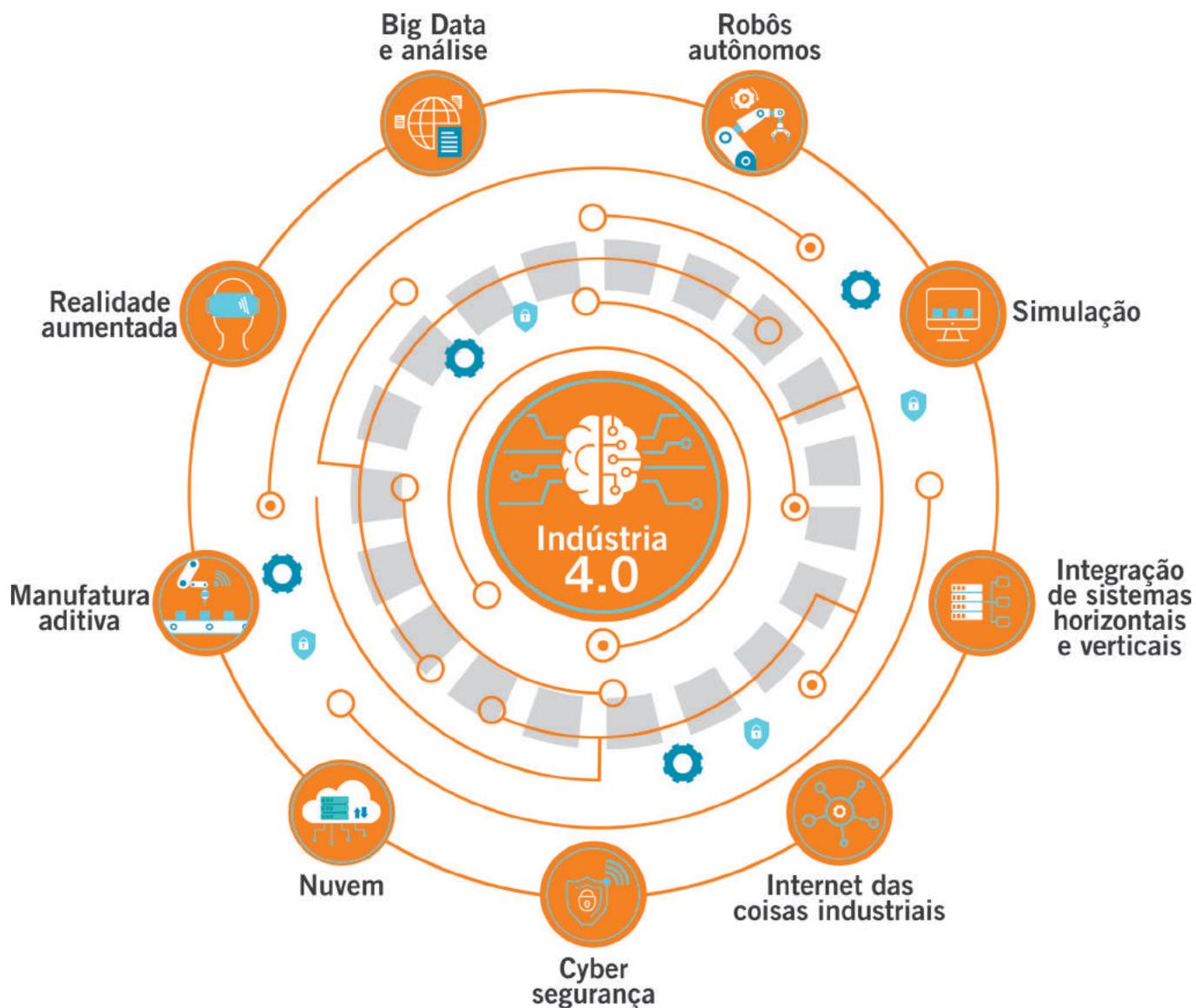


FIGURA 5 | Tecnologias que transformam a produção industrial

Fonte: traduzido e adaptado (RÜßMANN et al., 2015)

## SISTEMAS DE EMBALAGEM E DISTRIBUIÇÃO NÃO CONVENCIONAIS

- Sistemas de Embalagem Não Convencionais
- E-commerce, Aplicativos, *Dark Kitchens*
- Comidas de Rua (Ambulantes, *Foodtrucks*)

## SISTEMAS DE EMBALAGEM NÃO CONVENCIONAIS

O sistema de embalagem é fundamental para garantir a segurança, qualidade e confiabilidade de produtos alimentícios, sejam eles processados ou *in natura*. A embalagem é responsável por proteger o produto durante a vida útil desejada, por transportar, vender e informar o consumidor sobre a segurança e o valor nutricional do produto, instruir sobre o modo de preparo e por conter a data de fabricação/validade e a identificação do fabricante do alimento. O uso de **embalagens adequadas beneficia o meio ambiente**, pois alimentos perdidos e desperdiçados significam a perda de todos os recursos necessários para produzi-los, como água, solo, energia, combustíveis etc., desde a produção agrícola e pecuária.

No que concerne à segurança microbiológica dos alimentos processados, a embalagem atua como uma **barreira contra a recontaminação do produto**, garantindo a integridade do sistema de fechamento e a resistência mecânica para suportar os danos potenciais dos ambientes de distribuição e estocagem.

Por outro lado, a embalagem em si não pode ser uma fonte de contaminação química, física ou microbiológica para o alimento e deve ser especificada, produzida, armazenada e transportada cuidadosamente, de acordo com as **Boas Práticas de Fabricação (BPF)**, para garantia da segurança de seu uso em contato com alimentos, uma vez que a embalagem é parte do produto. A maior parte dos materiais de embalagem não são inertes e podem adsorver compostos presentes no ambiente de estocagem e distribuição, que poderão ser transferidos para o alimento, da mesma forma que a embalagem deve ser protegida para não ser veículo de contaminação microbiológica.

São muitos os componentes e materiais das embalagens, diferentes plásticos, celulósicos, metálicos (aço e alumínio) e vidro, assim como vernizes, adesivos, vedantes, entre outros. Todos esses materiais e componentes têm uma composição

específica, a qual deve ser segura para a aplicação em contato com alimentos. Assim, a especificação da formulação desses materiais deve estar em conformidade com a legislação de materiais para contato com alimentos.

O risco da contaminação química de alimentos devido à **migração de substâncias** presentes nos materiais e componentes da embalagem é controlado pela formulação adequada e pelo controle do potencial de transferência dessas substâncias para o alimento, fenômeno conhecido como potencial de migração.

A segurança dos materiais de embalagem é estabelecida através de avaliação do risco de cada uma das substâncias aprovadas para uso na sua formulação, as quais devem constar de **Listas Positivas (LP)** ou **Lista de Substâncias Autorizadas**. Essas listas contêm substâncias cuja segurança foi comprovada para a aplicação em questão (tipo de alimento, temperatura e tempo de contato) e, quando necessário, definem critérios de pureza e/ou de monitoramento do potencial de migração para alimentos de substâncias que apresentam alguma restrição. Tais Listas Positivas são a base da segurança de materiais de embalagem para contato com alimentos.

Assim, a maior parte das substâncias químicas que podem migrar para os alimentos fazem parte da formulação do material de embalagem e são conhecidas. Entretanto, há outras que **não são adicionadas intencionalmente** (*non-intentionally added substances* – NIAS), mas que também podem vir a migrar para os alimentos. NIAS podem ser impurezas conhecidas ou desconhecidas, produtos de reação e produtos de decomposição das substâncias usadas na formulação dos materiais. Podem ainda ser derivadas de possíveis contaminantes dos processos de fabricação ou de fontes indiretas, como as tintas de impressão, os revestimentos, adesivos e embalagens secundárias. Os estudos das NIAS é hoje um dos principais desafios para a pesquisa sobre a segurança de materiais para contato com alimentos.

Avaliações de risco são necessárias para conhecimento da extensão da exposição real do consumidor a tais substâncias químicas. Mas nem todas as NIAS têm métodos validados para medida do seu potencial de migração, o que requer um esforço analítico para estabelecimento de metodologias, bem como equipamentos com sensibilidade suficiente para detectá-las. Essa migração depende de uma série de fatores, entre eles temperatura e tempo de contato entre o alimento e a embalagem, propriedades e composição da matriz alimentar, presença de barreiras funcionais e propriedades físico-químicas dos alimentos ou bebidas acondicionados, como pH (FANG, VITRAC, 2017).

Outro desafio está associado à **contínua evolução das embalagens**, com aplicação de novos materiais e componentes, novos aditivos, tecnologias inovadoras, bem como para atendimento a tendências como promoção da circularidade, com aplicação de materiais reciclados pós-consumo, e produção de materiais a partir de fontes renováveis.

As legislações, por sua vez, devem acompanhar essa evolução, garantindo a segurança desses novos materiais e tecnologias para uso em contato com alimentos, bem como devem ser atualizadas para incorporar novas interpretações baseadas no conhecimento científico e tecnológico.

A **agilidade na atualização das legislações, em última análise, é o grande desafio**, pois depende de muitos dados e estudos para comprovação que a nova substância ou tecnologia é segura para o consumidor e para o meio ambiente. Dessa forma, nos próximos anos o desafio a ser encarado refere-se à avaliação dessas substâncias desconhecidas e das **inovações em materiais e tecnologias**. Para tanto, será fundamental o estabelecimento de guias e protocolos pelos reguladores, em conjunto com os fabricantes e usuários de embalagem, a fim de se assegurar que seja realizada uma avaliação de risco completa dos materiais para uso em contato direto com alimentos.



## Embalagem & Sustentabilidade

O conceito de **economia circular** é hoje um forte impulsor de inovações na área de embalagem. A economia circular é um modelo que visa fechar os ciclos materiais, mantendo os recursos em uso pelo maior tempo possível para extrair seu máximo valor, minimizando os impactos negativos associados ao seu descarte (STAHEL, 2016). Redesenhar-reduzir-reutilizar-reciclar são as principais opções no contexto da economia circular aplicadas às embalagens.

Como resultado desse movimento no sentido da economia circular, uma série de ações e metas a serem cumpridas, já a partir de 2025, têm sido estabelecidas por grandes empresas em nível mundial e que estão impactando todo o setor alimentício e de embalagens.

## Reuso de embalagem

**Reutilizar** envolve mudanças de hábitos por parte do consumidor. Segundo a Fundação Ellen MacArthur (2019), vários modelos de reuso são possíveis, em função, por exemplo, de quem tem a «propriedade» da embalagem:

- A embalagem pertence ao consumidor, que a pode reusar, com recargas entregues através de uma assinatura de serviço ou em uma loja/mercado com um sistema de *dispenser*.
- A embalagem pertence ao fabricante do alimento, sendo coletada por um serviço de logística reversa, por exemplo, por uma empresa de logística, ou os usuários a retornam em uma loja ou ponto de entrega (por exemplo, em um depósito ou máquina de retorno).

As embalagens para reuso ou reutilização devem ser mais robustas que as de uso único, pois precisam resistir à lavagem e higienização. Também é necessária uma logística bem estruturada para coletar, lavar, higienizar e reabastecer para um novo ciclo de uso. Sob o aspecto da segurança de alimentos, é necessário garantir que tanto a embalagem quanto o sistema de coleta, limpeza e entrega não ofereçam riscos de contaminação do alimento e, para tanto, todos os elos da cadeia são responsáveis pelo uso adequado.



Ellen MacArthur Foundation, 2019

## Materiais reciclados para contato com alimentos

Embora o conceito de economia circular para embalagens de alimentos pareça bastante viável em teoria, a reciclagem de embalagens para uma nova aplicação em contato de alimentos (**post-consumer recycling – PCR**) requer considerações cuidadosas. Além de exigir a coleta, triagem e separação das embalagens pós-consumo de diferentes materiais, considerar o grau de contaminação proveniente de seu uso inicial e a viabilidade econômica do processo de reciclagem, existem preocupações inerentes à tecnologia de reciclagem que precisam ser conhecidas para se estabelecer a segurança da aplicação do PCR como nova embalagem de alimentos.

A **reciclagem mecânica** é uma ferramenta essencial em uma economia ambiental e economicamente sustentável dos materiais plásticos, porém, os atuais processos são limitados por custo, degradação de algumas propriedades mecânicas e podem apresentar produtos de qualidade variável (SCHYNS & SHAVER, 2020). Outro risco é a contaminação do material por resíduos do produto acondicionado no primeiro uso, além de contaminantes acidentais nas etapas de descarte e estocagem do resíduo pós-consumo. Colabora ainda com as dificuldades encontradas o fato de que

os materiais plásticos tendem a ser feitos de diferentes tipos de polímeros, misturados com vários aditivos de processamento (corantes, plastificantes, estabilizadores de UV etc.). Além disso, muitas embalagens flexíveis são compostas por multimateriais (diferentes polímeros, folha de alumínio, papel etc.), o que dificulta a separação antes da reciclagem (HOPEWELL, DVORAK, KOSIOR, 2009). Entretanto, entre os processos de reciclagem, a mecânica é a mais desenvolvida e com mais aprovações pelas autoridades sanitárias competentes para retornar à cadeia de embalagens de alimentos e/ou cosméticos.

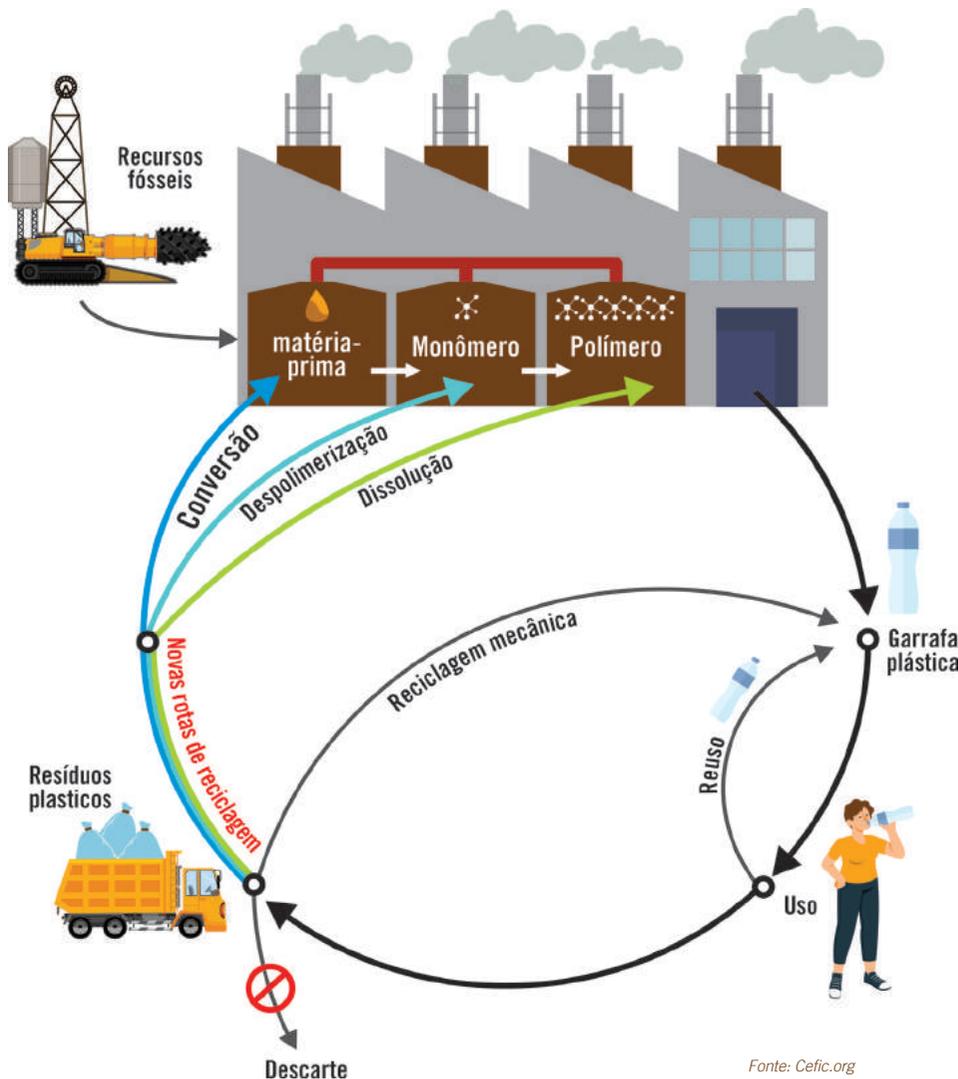
Entre os materiais plásticos, o tereftalato de polietileno (PET) é um polímero muito compatível com a economia circular, tanto que muitos processos e tecnologias de reciclagem mecânica de PET PCR já foram aprovados para contato direto com alimentos na Europa, Estados Unidos e mesmo no Brasil (EFSA, 2021, FDA, 2021, ANVISA, 2021). Fatores determinantes são a baixa difusividade da resina de PET, que mantém os contaminantes próximos à superfície, facilitando a limpeza, e sua ampla utilização como embalagem de alimentos, que garante que em grande parte a formulação original já atende as Listas Positivas.

As poliolefinas (polietileno de alta densidade – PEAD e polipropileno PP, por exemplo), por sua vez, quando recicladas, normalmente são destinadas a aplicações de menor valor agregado e menos críticas. A reciclagem mecânica de poliolefinas para contato novamente com alimentos é um desafio e bem mais complexa e até o momento só se viabiliza com sistemas em coleta e reciclagem em circuito fechado.

Como alternativas à reciclagem mecânica, tecnologias de **biorreciclagem** e de **reciclagem química** estão em desenvolvimento – o primeiro usa microrganismos para despolimerizar o material plástico (SCHNYNS, SHAVER, 2020; ESPINOSA *et al.*, 2020; YANG *et al.*, 2015), enquanto o último pode recuperar os componentes petroquímicos que podem então ser novamente usados

para produção de materiais plásticos (LANTHAM, 2021; MEYS *et al.*, 2020; ZHAO E YOU, 2021). A maioria desses métodos de reciclagem inovadores ainda está em desenvolvimento e apresenta seus próprios desafios técnicos (ROLLINSON, OLADEJO, 2020).

Para o uso de materiais reciclados ou de uma mistura de materiais virgens e reciclados, a segurança está na garantia de eliminação de qualquer contaminante químico, seja ele oriundo do primeiro uso ou do ambiente da cadeia de reciclagem ou mesmo os que possam ser formados no próprio processo de reciclagem. Além do desafio analítico, os agentes regulatórios devem disponibilizar guias e protocolos para orientar a comprovação da eficiência do processo de reciclagem para a obtenção de um PCR seguro para contato com alimentos.



Fonte: Cefic.org

Três diferentes tipos de processos de reciclagem química podem ser utilizados: 1) Purificação com solvente (dissolução) – usa o princípio da solubilidade para separar seletivamente o polímero de interesse de quaisquer outros materiais que contaminam os resíduos. 2) Despolimerização química – é um processo no qual a cadeia polimérica é quebrada pelo uso de produtos químicos e os monômeros são recuperados da mistura de reação e purificados e são integrados novamente na cadeia de produção do polímero. 3) Despolimerização térmica (conversão), também conhecida como craqueamento térmico e termólise, é o processo pelo qual uma cadeia de polímero é quebrada por meio de tratamento térmico. O óleo resultante da pirólise é purificado, geralmente com grande uso de energia, e os monômeros obtidos são utilizados como matéria-prima para a produção de polímero, por exemplo, substituindo a nafta.

## Biopolímeros

Biopolímeros são materiais plásticos obtidos a partir de **fontes renováveis**, como milho, cana-de-açúcar etc. e, em função de sua estrutura química, podem ser ou não biodegradáveis, característica que influencia sua gestão no pós-consumo. Os plásticos compostáveis, subconjunto da categoria dos biodegradáveis, são aqueles que podem ser aproveitados via processos de compostagem industriais, uma das opções de gestão de resíduo sólido pós-consumo (DAVIS, SONG, 2006; FAO, 2021a; LAMBERT, WAGNER, 2017). De qualquer forma, sob o ponto de vista da economia circular, a reciclagem é a opção preferencial, seja o plástico inerte ou compostável.

Outra aplicação que exige atenção é o uso de compósitos, misturas de polímeros (de fonte renovável ou não) e materiais alternativos, como fibras, borra de café, bambu, cascas etc. O objetivo é trazer uma conotação positiva de “material natural”, o que é questionável como solução para os resíduos sólidos pós-consumo, uma vez que a mistura de materiais dificulta ou mesmo inviabiliza a reciclagem.

Independente da fonte, os requisitos de segurança na aplicação como materiais para contato com alimentos são os mesmos, ou seja, tanto o biopolímero como todos os aditivos que entram em sua composição devem ter sua segurança comprovada e, portanto, estar descritos nas listas positivas das legislações vigentes, e as embalagens finais devem ser avaliadas quanto à migração total e específica. Assim, cada novo material desenvolvido deve ser submetido a um protocolo analítico que garanta sua segurança e limites de migração específica devem ser estabelecidos, em função dos componentes que possam ser extraídos pelo alimento, nas condições de contato previstas. Também devem ser definidos critérios que garantam a pureza do material, caso pertinente.

## Nanomateriais

O emprego de **nanopartículas** na formulação de materiais de embalagem, como nanoargila (argila montmorilonita), nanoóxidos metálicos (prata, zinco, cobre, titânio, entre outros) ou mesmo nanocelulose, possibilita a melhoria de propriedades físicas, mecânicas, térmicas, de barreira contra gases, vapores e luz e antimicrobianas dos substratos (ALMEIDA *et al.*, 2015), otimizando o desempenho das embalagens e viabilizando novas aplicações. Nanopartículas também têm potencial de aplicação como nanossensores em embalagens de alimentos, por exemplo, como parte de sistemas de embalagem ativa, que podem ser usados para detecção de patógenos ou para medida de frescor, melhorando assim a segurança e a qualidade dos alimentos (SINGH *et al.*, 2017).

No entanto, juntamente com as novas oportunidades de inovação, há também a preocupação relativa à segurança do uso desses materiais e à **possível migração de nanopartículas** para alimentos e bebidas, resultando na exposição indireta do consumidor a esses materiais. Os impactos adversos à saúde decorrentes da ingestão de algumas nanopartículas podem incluir o potencial de interferir no funcionamento normal do trato gastrointestinal e causar disbiose da microbiota intestinal, possíveis impactos no sistema imunológico, efeitos carcinogênicos ou genotóxicos, fatores que dependem da composição, estrutura e propriedades de nanopartícula (McCLEMENTS, XIAO, 2017).

Essa preocupação decorre também das lacunas ainda existentes com relação à migração dessas partículas para os alimentos. A liberação e migração nanopartículas por materiais em contato com alimentos ainda não são bem compreendidas, o que dificulta a avaliação da segurança do material (BANDYOPADHYAYA, RAY, 2018; FROGETT *et al.*, 2014; STORMER, BOTT, FRANZ, 2017; SZAKAL *et al.*, 2014).

Para melhor entendimento dos fenômenos de migração e de exposição é necessário evoluir os estudos de caracterização desses nanomateriais, os quais podem estar presentes na forma de revestimento ou dispersos na matriz polimérica (EFSA, 2018). A caracterização possibilita compreender a forma como estas substâncias estão disponíveis e dispersas, tanto nos materiais como nos alimentos após a migração, contribuindo assim para o entendimento do processo de absorção dessas substâncias pelo epitélio do trato gastrointestinal.

Assim, no que concerne à segurança dos alimentos em relação às embalagens com nanopartículas, é necessário entender melhor os padrões de sua migração para as várias matrizes alimentares, o comportamento, destino e toxicologia das nanopartículas; suas interações com outros componentes dos alimentos e sua interação com o trato gastrointestinal, seus efeitos sobre a função do epitélio intestinal e outras células, bem como sobre a microflora natural do intestino, desafios prioritários a serem vencidos nos próximos anos. Vale ressaltar também que estudos devem ser realizados com as nanopartículas para avaliar seu impacto no meio ambiente e na reciclagem das embalagens.

## Embalagens ativas

O termo “embalagens ativas” refere-se a uma série de tecnologias, nas quais a **embalagem interage com o produto** diretamente ou por meio do espaço-livre, a fim de manter a qualidade, contribuir para a segurança e/ou aumentar a vida útil de alimentos. Dividem-se em dois grupos: aquelas que absorvem compostos prejudiciais ao produto que acondicionam e as que liberam compostos que melhoram as propriedades e/ou aumentam a vida útil do produto.

Incluem **absorvedores de oxigênio**, que visam retardar reações de degradação oxidativa e a deterioração microbiológica; **absorvedores de etileno** que retardam a maturação de frutas *in natura*; **absorvedores/controladores de umidade** para proteger produtos contra a umidificação e **absorvedores de odores estranhos**.

Entre os emissores estão, por exemplo, os de compostos antioxidantes, os de etanol, que atuam como agentes antimicrobiano e os emissores de gás carbônico, que têm ação antimicrobiana (fungistática e bacteriostática).

Entre as embalagens ativas emissoras estão aquelas conhecidas como *Controlled Release Packaging* – CRP, ou seja, aquelas que liberam, de forma controlada, durante a estocagem, os compostos ativos como agentes antimicrobianos, antioxidantes, realçadores de sabor e enzimas. Geralmente esses sistemas envolvem a encapsulação dos agentes ativos que podem envolver ou não nanopartículas.

As substâncias emitidas e que irão fazer parte do alimento devem ser autorizadas pela legislação como aditivos ou ingredientes de alimentos e utilizadas de acordo com o prescrito, ou seja, os limites estabelecidos devem ser respeitados, independente da origem da substância no alimento (adicionada diretamente ou via embalagem ativa) e ser utilizada somente para os alimentos permitidos.

Além da segurança do agente ativo em si, esses sistemas de embalagem requerem estudos específicos do seu desempenho na conservação dos alimentos, seja sob o aspecto de qualidade ou de segurança microbiológica, incluindo a definição das condições de contorno sob as quais a aplicação é eficaz e segura, bem como a análise de possíveis efeitos colaterais, por exemplo, sobre a flora microbiana viável.

## Embalagens inteligentes e interativas

São consideradas embalagens inteligentes e interativas aquelas que atuam, de forma parcial ou integral, no **monitoramento das condições do produto e/ou ambiente, comunicação, rastreabilidade, gravação de informações** e lógica para tomada de decisão (SCHILTHUIZEN, 1999; YAM *et al.*, 2005; DAINELLI *et al.*, 2008; VANDERROOST *et al.*, 2014; DOBRUCKA *et al.*, 2014; NOLETTO *et al.*, 2017).

Sarantópoulos e Noletto (2018) relacionam diversos tipos de embalagens inteligentes e interativas, entre as quais indicadores de tempo, temperatura, frescor, umidade e maturação, sensores, identificação por rádio frequência (RFID), código de barras bidimensional (QRCode), comunicação por campo de proximidade e imagens holográficas.

Embalagens interativas são embalagens inteligentes que interagem com o consumidor através de tecnologias que permitem o acesso a informações sobre o produto, fabricante, promoções etc. A perspectiva do impacto dessas embalagens no mercado é tão importante que a *Food and Drug Administration* (INTERACTIVE, 2016) considera que as informações oriundas dessas embalagens interativas constituem também uma “rotulagem” do produto e, portanto, o fabricante é responsável pelas informações do site, como se fossem parte do rótulo da embalagem.

As embalagens inteligentes serão cada vez mais importantes para a **rastreabilidade dos alimentos** e para a **comunicação com o consumidor** e, certamente, cada vez mais serão ferramentas importantes para a segurança dos alimentos.

## E-COMMERCE, APLICATIVOS, DELIVERY E DARK KITCHENS

A indústria, o varejo e o setor de serviços estão buscando novas maneiras de produzir e distribuir alimentos por meio da criação e a implementação de **novos modelos de negócio** (FDA, 2020), o que se intensificou com a pandemia da Covid-19, quando as compras on-line assumiram maior relevância para os consumidores. Essa transformação, além de acelerada, tem aumentado o **número de atores envolvidos** nessa cadeia de produção e distribuição, trazendo como desafio para a *food safety* a educação de fabricantes, distribuidores e varejistas sobre a importância do controle de temperatura, sobre a necessidade de evitar contaminação cruzada e outras medidas essenciais de segurança dos alimentos.

De itens de mercearia a refeições prontas, a facilidade de adquirir alimentos de maneira remota, por meio de sites ou plataformas de comércio eletrônico, tem impulsionado muitos consumidores a aderirem a esse – não tão novo – jeito de comprar. Segundo Quevedo-Silva *et al.* (2016), a economia de tempo influencia fortemente na decisão de compra remota, mas outros fatores como preço, comodidade e conforto também são importantes para a escolha desse canal.

No processo de compra, os consumidores buscam, além do produto em si, estímulos sensoriais e o sentimento de diversão. A compra on-line viabiliza a escolha quase que ilimitada de produtos, além da sua personalização, comunicação interativa e entrega rápida (Yeo *et al.*, 2017).

A segurança dos alimentos entregues por **e-commerce** é uma preocupação, dado o expressivo aumento na gama de produtos disponíveis e o rápido crescimento das vendas de alimentos pela Internet, desde produtos *in natura*, refrigerados até prontos para consumo. Uma pesquisa realizada recentemente junto a consumidores de alimentos por *e-commerce* mostrou que uma parte significativa deles sentem que o frescor dos itens perecíveis é a qualidade número um que procuram no varejo de alimentos on-line. O que muitas vezes não é a realidade, já que o transporte de produtos perecíveis apresenta um conjunto inteiramente novo de desafios de qualidade para empresas que operam no comércio eletrônico.

O *e-commerce* na área de alimentos é um desafio, pois há a necessidade de uma cadeia de suprimentos especializada, capaz de manter diferentes temperaturas para produtos refrigerados, congelados e à temperatura ambiente, ao mesmo tempo em que manuseia categorias frágeis, como alimentos acondicionados em embalagens de vidro, pequenos e grandes volumes, além de gêneros não alimentícios, como produtos de higiene e limpeza, que possuem aromas que podem ser absorvidos pelos alimentos. Inovações em embalagem e resfriamento podem ajudar os varejistas a reduzir o custo de entregas de produtos em



diferentes temperaturas usando os mesmos veículos de entregas tradicionais (WYMAN, 2018).

Temperatura, armazenamento e embalagem são fatores determinantes para fluxos de alimentos em cadeias de distribuição convencionais, mas nas cadeias on-line há novos desafios para esses três fatores (BALESTRIERI, 2020).

Considerando o crescimento e os modelos inovadores do sistema de *delivery* (entrega), dois **desafios** merecem destaque em relação à segurança. Primeiro, as mudanças quanto à dinâmica da produção dos alimentos, com o aumento do uso das insta-

lações denominadas **dark e ghost kitchens**. O segundo desafio é o crescimento dos serviços de entrega, tanto próprios como terceirizados. De acordo com Palenschat *et al.* (2020), as cozinhas fantasmas são instalações unicamente projetadas para a produção de alimentos, sem espaços para refeitório ou parte administrativa, desenvolvidas para tornar o sistema de *delivery* mais eficiente, reduzindo custos e tempo de entrega. Essas cozinhas têm sido criadas pelas próprias empresas de serviço de alimentação, por empresas terceirizadas e ainda por plataformas de *delivery*. Palenschat *et al.* (2020) citam exemplos de *startups*, como *CloudKitchens* e *PREP*, que alugam suas cozinhas para outras empresas, e as plataformas *DoorDash* e *Kitchen United* que, além de alugar suas cozinhas, têm logística própria de entrega.

Com relação às **cozinhas compartilhadas**, Palenschat *et al.* (2020) ressaltam a importância do rigor nos mecanismos de controle dos terceirizados, com destaque para o controle do risco de contaminação cruzada nos espaços que produzem diferentes tipos de alimentos, de uma ou mais empresas contratantes dos serviços da cozinha. No Brasil, segundo Viegas (2020), há uma preocupação com relação à proliferação das *dark kitchens*, uma vez que “a facilidade de cadastro em certas plataformas digitais beneficia também o aumento de cozinhas obscuras que não possuem padrão de qualidade, higiene ou a mínima preocupação com normas de vigilância sanitária”.

Com relação ao aumento dos serviços de *delivery*, Vanreenterghem (2020) afirma que o crescimento dos serviços de entrega de alimentos nem sempre foi acompanhado devidamente pelas autoridades regulatórias, com lacunas aparentes quanto às melhores práticas de *food safety*.

Diante da necessidade de prevenir a contaminação, crescimento de patógenos e formação de toxinas nos alimentos transportados, o *Direct to Consumer Delivery Committee* publicou um guia (GUIDANCE..., 2020) para orientar prestadores de serviços quanto a pontos críticos de controle, mecanismos de avaliação de riscos, adequação de embalagens, controle de temperatura, controle de contaminação física e química, controle de alérgenos, entre outras informações.



O serviço de *delivery* de alimentos deve seguir protocolos que garantam a manutenção da segurança e a qualidade do produto. Para tanto, as empresas devem estabelecer medidas de avaliação e controle dos parâmetros-chave envolvidos. Tais parâmetros devem ser utilizados para validar cada etapa de distribuição, que devem ser revistas periodicamente e após a implementação de qualquer mudança, como alterações nas embalagens e no transporte, por exemplo. A validação deve ser baseada em parâmetros estratégicos que indiquem a qualidade do alimento transportado, tais como temperatura, possibilidade de multiplicação da contagem microbiana, tempo de entrega, número de pedidos por entrega, vazamento de produto das embalagens etc. O controle rigoroso da temperatura na preparação e transporte do alimento, com especial atenção às variações decorrentes da abertura e fechamento das bolsas de transporte, é essencial para evitar o crescimento de microrganismos. Deve-se também dispor de planos de ação para lidar com possíveis episódios de contaminação e que permitam o rastreo e a rápida tomada de decisão quando houver riscos relacionados à segurança dos alimentos (DIRECT TO CONSUMER DELIVERY COMMITTEE, 2020).

Outros desafios no serviço de *delivery* são a possibilidade de contaminação cruzada entre os produtos de uma mesma bolsa de entrega, sua higienização adequada, garantia de não violação das embalagens e entrega no menor tempo possível. Além disso, deve-se garantir que o entregador transporte apenas alimentos. Todos esses parâmetros devem estar contemplados na validação da entrega e os procedimentos utilizados devem estar dentro do intervalo de cada parâmetro individual. A escolha da embalagem tem impacto na manutenção da temperatura em níveis seguros e na possibilidade de acondicionamento do número ótimo de produtos nas bolsas de entrega. Os materiais utilizados, em especial aqueles em contato direto com o produto, devem ser aprovados para essa aplicação.

O crescimento dos serviços de entrega de alimentos por aplicativos nos últimos anos, sejam próprios de cada restaurante ou nos *marketplaces* – plataformas que reúnem diversos restaurantes – como iFood, UberEats e Rappi, tem levantado questionamentos sobre a segurança e a **necessidade de regulamentação desse tipo de serviço**.

Na legislação europeia sobre o assunto, levantada até 2020, há o Regulamento nº 1169, de 25 de outubro de 2011, que exige dos fornecedores eletrônicos de alimentos, a disponibilização das mesmas informações sobre os produtos que são fornecidos na loja física. Há também o Regulamento nº 625, de 15 de março de 2017, que dá diretrizes para toda a cadeia agroeuropéia e aborda o controle on-line da distribuição de alimentos, fornecendo também as bases jurídicas para que os países membros possam encerrar as atividades de *websites* que não cumpram as exigências. A Lei nº 178, de 28 de janeiro de 2002, estabelece que todos os operadores de negócios relacionados a alimentos, em todos os estágios (produção, processamento e distribuição) sejam responsáveis pela garantia da segurança. Nenhum destes dispositivos legais, entretanto, regulamenta especificamente o comércio eletrônico de alimentos e não exige o monitoramento das variáveis determinantes para a qualidade do alimento (temperatura no armazenamento e no transporte, por exemplo), para funcionamento das operações (LATTANZI, 2020).

No Brasil, a Resolução RDC n. 216, de 15 de setembro de 2004, dispõe sobre as boas práticas para serviços de alimentação com a finalidade de estabelecer os requisitos higiênico-sanitários mínimos para esse tipo de serviço. O transporte deve ser realizado em condições adequadas de tempo e temperatura, e monitoradas de forma a não comprometer a qualidade do alimento que chega ao consumidor. Essa resolução estabelece também que o transporte de alimentos, quando feito pelo próprio fabricante, deve seguir as boas práticas, e no caso da terceirização da entrega, este tem responsabilidade na seleção do seu fornecedor (BRASIL, 2004). Em decorrência da pandemia de Covid-19 e do resultante aumento do *delivery* de alimentos prontos, foi promulgada, na cidade do Rio de Janeiro, a Lei nº 6757, de 7 de julho de 2020, dispondo sobre a obrigatoriedade de os aplicativos de *delivery* de alimentos aceitarem em suas plataformas o **cadastro apenas de estabelecimentos devidamente licenciados** pelo Poder Executivo. Esta medida é vista como importante para a segurança dos consumidores, excluindo os restaurantes que não cumprem as exigências sanitárias mínimas para funcionamento, podendo tornar-se, nos próximos anos, uma tendência no país (MOTTA, 2020).

# COMIDAS DE RUA (AMBULANTES E FOOD TRUCKS)

É inquestionável a importância social e econômica do comércio de comida de rua, entretanto, essa atividade apresenta riscos relevantes para os consumidores em relação à segurança dos alimentos (RAKHA, 2022; OKUMUS *et al.*, 2019; EKKA, 2017; DA SILVA *et al.*, 2014). Rakha *et al.* (2022) relacionam diversos riscos para a segurança da **comida de rua** (*street food*). Por serem comercializados em locais abertos, os alimentos estão sujeitos à contaminação por poluentes químicos oriundos de veículos e indústrias, por insetos e roedores. Destacam que é comum não haver água potável nas instalações para lavar as mãos e utensílios, e estas podem utilizar produtos de baixa qualidade para limpeza e controle de pragas, acarretando riscos microbiológicos e químicos. Molhos em temperatura ambiente e vegetais frescos, por exemplo, podem conter *E. coli* e há o risco de contaminação cruzada caso os ingredientes sejam cortados ou picados com a mesma faca ou tábua de corte.

Ekka (2017) considera vários **fatores de risco** que permeiam o comércio de comida de rua, entre os quais a manipulação inadequada dos alimentos, que podem transmitir patógenos como *Salmonella*, *E. coli*, *S. aureus* e *Shigella*; água, vegetais e condimentos que podem transmitir *E. coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella*, *Vibrio cholerae*, *Clostridium* e *L. monocytogenes*, *Shigella*, *Salmonella* etc.; utensílios e equipamentos que podem

carregar contaminantes químicos, *Staphylococcus aureus*, *E. coli* e *Shigella*; operações inadequadas de armazenamento e reaquecimento que podem resultar na presença de toxinas resistentes ao calor, como as produzidas por *C. perfringens* e *B. cereus*, e a má higiene pessoal dos vendedores que pode introduzir *Staphylococcus*, *Salmonella* e *Shigella* no local de trabalho.

Certamente, o combate a esses problemas passa pela ampliação de conhecimento, com **estratégias educativas** visando a promoção de uma **cultura de segurança de alimentos** com foco em *food trucks*, pelo fornecimento de serviços básicos de gerenciamento de água e resíduos, por programas de educação e/ou certificação de fornecedores, inspeções aleatórias de alimentos durante o dia e a noite, monitoramento contínuo, bem como canais de comunicação para que os consumidores possam relatar problemas identificados nos *food trucks* quanto à segurança dos alimentos (RAKHA *et al.*, 2022; EKKA, 2017; OKUMUS *et al.*, 2019; ISONI AVAD *et al.*, 2018).

Isoni Auad *et al.* (2019) estudaram 44 *food trucks* situados no Distrito Federal, Brasil, sendo 20 de sanduíches quentes e frios, 13 de pizza e macarrão e 11 de cozinha regional e internacional, sendo que 18 destes apresentaram contaminação microbiológica. Os pesquisadores encontraram elevado percentual de inadequação, como detalhado a seguir:



## MUDANÇAS NO PERFIL POPULACIONAL

- Crescimento Populacional e Segurança Alimentar
- Urbanização e Envelhecimento Populacional
- Microbioma
- Prevalência de Alergia Alimentar
- Consumo Consciente/Confiabilidade no Sistema Alimentar

## CRESCIMENTO POPULACIONAL E SEGURANÇA ALIMENTAR

A população global chegará a aproximadamente 9,7 bilhões até o ano de 2050 e, de acordo com a FAO, exigirá um crescimento de até 70% na disponibilidade de alimentos (ALEXANDRATOS, BRUINSMA, 2012; FAO, 2022). Para tanto, os sistemas de produção e a cadeia de suprimento deverão se tornar totalmente sustentáveis (GODFRAY *et al.*, 2010).

Por outro lado, verifica-se a redução de áreas agrícolas, escassez de água e maior demanda de energia. Estima-se que, por ano, o mundo perde cerca de 12 milhões de hectares de terras agriculturáveis pela desertificação e urbanização (*United Nations Convention to Combat Desertification*, 2011). Estima-se ainda uma perda na produção em torno de até 20% na colheita, secagem e armazenamento, 15% no processamento e 30% no consumo.

De acordo com a FAO (2019), os desafios globais de hoje estão transformando a maneira como produzimos, comercializamos, consumimos e pensamos em alimentos. O desafio mais urgente gira em torno do **aumento da demanda de alimentos por uma população crescente**, agravado pelos impactos adversos

do meio ambiente, degradação, mudança climática, escassez de água, perda de biodiversidade, conflitos e desigualdades socioeconômicas. A fome é uma das maiores e evitáveis causas de doenças de origem alimentar, afetando milhões de pessoas anualmente. É fundamental encontrar maneiras sustentáveis de cultivar, produzir e consumir alimentos seguros e saudáveis, enquanto se preserva os recursos do planeta.

Para a FAO (2019), **não há segurança alimentar sem segurança dos alimentos**. A segurança alimentar é alcançada quando todas as pessoas, em todos os momentos, têm acesso físico e econômico a alimentos que atendam suas necessidades para uma vida ativa e saudável. A segurança dos alimentos desempenha um papel crítico entre as quatro dimensões da segurança alimentar: disponibilidade, acesso, utilização e estabilidade.





## URBANIZAÇÃO E ENVELHECIMENTO POPULACIONAL

O crescente número de **mega-cidades e mega-regiões** globais pode aumentar o risco de surtos de origem alimentar e de doenças decorrentes de perigos microbiológicos ou químicos.

Da mesma forma, o **envelhecimento da população** está associado a um maior risco de doenças relacionadas à idade, incluindo o comprometimento do sistema imunológico. Populações em envelhecimento serão mais suscetíveis a riscos à saúde, especialmente quando em estado nutricional abaixo do ideal. Os produtores de alimentos devem estar atentos em como desenvolver e fornecer alimentos para essa faixa populacional (KING *et al.*, 2017), desde a formulação até os cuidados com a segurança.

Um workshop realizado pelo *Institute of Medicine of the National Academy of Sciences* teve como objetivo fornecer uma visão geral dos patógenos transmitidos por alimentos que ofe-

recem **maior risco com o envelhecimento da população**, enfatizando a suscetibilidade a infecções e a gravidade dos sintomas delas resultantes, sendo consenso que os patógenos *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* e *E. Coli* têm maior impacto sobre a população idosa. A Autoridade de Segurança Alimentar da Nova Zelândia (NZFSA) também elenca a *Shigella* como preocupante para populações mais velhas, o mesmo ocorrendo com a FDA em relação à *Clostridium perfringens* e *Yersinia enterocolitica*. Sobre a *Listeria*, dados indicaram que as taxas de incidência de infecção por este microrganismo são muito maiores em populações idosas e que os casos fatais aumentam significativamente para pessoas acima de 80 anos. A porcentagem de pessoas infectadas com *Salmonella* que desenvolvem bacteremia aumenta dramaticamente com a idade e, nas infecções por *E. coli*, as consequências dos sintomas são ainda maiores (IOM, 2010).

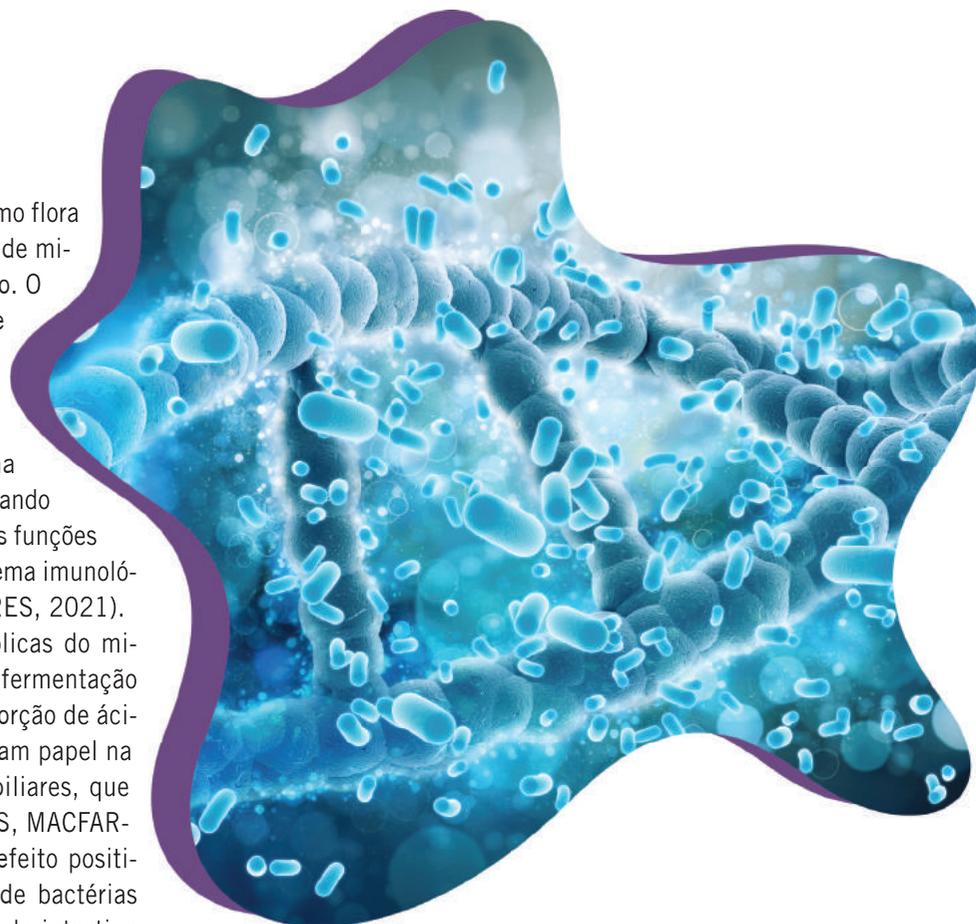
## MICROBIOMA

A **microbiota intestinal**, também conhecida como flora intestinal, consiste em um complexo de espécies de microrganismos que vivem no trato digestivo humano. O termo microbioma, por sua vez, indica a totalidade do patrimônio genético que a microbiota possui, ou seja, os genes que esta é capaz de expressar (TORRES, 2021). Os **genes da microbiota são complementares aos genes humanos** e auxiliam na manutenção do estado de saúde, prevenindo ou atuando como terapia para muitas doenças e auxiliando nas funções humanas como digestão, desenvolvimento do sistema imunológico e síntese de compostos fundamentais (TORRES, 2021).

Para o corpo humano, as atividades metabólicas do microbioma atuam na recuperação de energia pela fermentação de carboidratos não digeridos e subsequente absorção de ácidos graxos de cadeia curta. Também desempenham papel na síntese das vitaminas B e K, bem como ácidos biliares, que metabolizam esteróis e xenobióticos (CUMMINGS, MACFARLANE, 1997). Estudos também demonstram o efeito positivo do microbioma no controle do crescimento de bactérias patogênicas e na regulação do desenvolvimento do intestino (GUARNER, MALAGENADA, 2003).

O microbioma também tem **efeito positivo na prevenção de alergias**, que é uma reação excessiva do sistema imunológico a antígenos não nocivos (BJÖRKSTÉN *et al.*, 2001). Uma explicação é que a microbiota intestinal estimula o sistema imunológico e o “treina” para responder adequadamente aos antígenos; a falta dessas bactérias leva a um sistema imunológico inadequadamente treinado que exagera em antígenos (BJÖRKSTÉN *et al.*, 2001).

Segundo a FAO (2022), é crescente a quantidade de informações científicas demonstrando que o microbioma intestinal tem potencial de influenciar a saúde humana. Entre os temas pesquisados mais recentemente estão a influência do micro-



bioma no desenvolvimento e proteção do sistema imunológico, sua associação com doenças como obesidade e diabetes e ainda sobre potencial de aditivos alimentares, resíduos químicos, antibióticos e poluentes ambientais o impactarem negativamente. Para a FAO (2022), o **estudo dos microbiomas trará uma nova perspectiva para a caracterização dos perigos microbianos associados aos alimentos**, assim como permitirá conhecer melhor o efeito da alimentação sobre as ações metabólicas do microbioma e suas consequências para a saúde humana.

Por se tratar de um campo multidisciplinar, a FAO sugere que as pesquisas nessa área tenham a participação de grandes consórcios multinacionais, envolvendo especialistas em avaliação de risco, cientistas do microbioma e agentes reguladores.

## PREVALÊNCIA DE ALERGIA ALIMENTAR

A alergia alimentar é uma **reação anormal do organismo** a algum componente presente na alimentação. O problema ocorre quando o corpo identifica uma substância como uma ameaça, iniciando uma resposta imune para combatê-la. Leite de vaca, soja, amendoim, ovo, castanhas, trigo, peixe e frutos do mar são os alimentos responsáveis por 90% das alergias.

Na maioria dos casos, são **proteínas específicas** encontradas em certos alimentos que afetam consumidores alérgicos. Essas proteínas podem ser de ocorrência natural ou modificadas durante o processamento do alimento.

Intolerâncias, como a de lactose, não são classificadas como alergia, pois não se tratam de reação imune anormal.

As reações alérgicas podem acontecer rapidamente, em poucos minutos após o consumo ou exposição, ou podem levar várias horas para aparecer. Tais reações são imprevisíveis, com sintomas que variam de erupções cutâneas leves e localizadas a uma resposta anafilática grave.

Certas alergias alimentares podem variar de país para país ou de região para região. Inevitavelmente, a introdução de novos alimentos pode trazer consigo a manifestação de novas alergias.

A **prevalência de alergias alimentares** é de 8% em crianças com idade inferior a três anos e quase 3% em adultos (GOMES, 2017). A predisposição genética está entre os principais fatores de risco para alergias alimentares. Segundo Gomes (2023), mais de 50% dos pacientes com alergia alimentar diagnosticada possuem histórico familiar, além de falhas dos mecanismos de defesa e permeabilidade do sistema digestivo.

Segundo o *Codex Alimentarius*, as alergias alimentares estão se tornando cada vez mais comuns ao redor do mundo, sendo que em países desenvolvidos, a prevalência de alergias alimentares afeta aproximadamente 10% da população (CODEX, 2022). Por esse motivo, o *Codex Alimentarius* e a Organização Mundial da Saúde (OMS) estão **revendo suas recomendações** em relação aos padrões internacionais de segurança e qualidade dos alimentos na tentativa de evitar quadros alérgicos graves. Também estão sendo revistas as diretrizes de rotulagem e os

códigos de prática sobre gerenciamento de alérgenos alimentares, de forma a proteger os consumidores e garantir práticas justas no comércio.

Para alimentos destinados a essa parcela da população, a rotulagem adequada é essencial, assim como a segregação de processos produtivos para evitar a contaminação cruzada. Não menos importante é a rastreabilidade de toda a cadeia produtiva, com a implantação de protocolos ou a utilização de tecnologias inteligentes para garantir a segurança dos produtos que chegam ao consumidor.

No Brasil, os requisitos para a rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares estão estabelecidos pela RDC n. 727, de 1o de julho de 2022 (BRASIL, 2022).



## CONSUMO CONSCIENTE/ CONFIABILIDADE NO SISTEMA ALIMENTAR

A baixa confiabilidade dos consumidores tem sido constatada em diversas pesquisas, fator que afeta negativamente sua percepção da qualidade, segurança, saudabilidade e sustentabilidade dos alimentos industrializados. Entre 2015 e 2016, a associação das indústrias da França, Ania, realizou ampla pesquisa de opinião, entrevistando mais de oito mil pessoas, pela qual constatou que quase um terço da população (31,3%) não confiava nos produtos alimentícios que compravam cotidianamente (BILAN..., 2017). Em 2018, a pesquisa anual do *The Center for Food Integrity* (A DANGEROUS..., 2018) constatou a baixa confiança dos consumidores na capacidade das empresas de alimentos e agências reguladoras em garantir a segurança dos alimentos: apenas 42% acreditavam que o sistema alimentar está indo na direção correta e menos da metade das pessoas tinham uma imagem favorável do setor industrial.

A pesquisa 2020 *Public Trust Research* do *The Canadian Centre for Food Integrity* (TRENDS..., 2020), realizada pela Ipsos Public Affairs no Canadá, revela essa lacuna de confiabilidade existente em praticamente todos os *stakeholders* do sistema alimentar atual. Numa escala de 0-10, apenas 30% dos entrevistados atribuíram elevado grau de confiança (notas de 8 a 10) para o sistema como um todo, estando acima disso os fazendeiros (43%) e pesquisadores de universidades (41%). Ficaram abaixo da média geral os estabelecimentos varejistas (25%), restaurantes (17%), agências governamentais (16%), indústrias de alimentos (15%) e políticos (6%).

No Brasil, também em 2018, uma pesquisa realizada pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Fiesp/Ciesp (A MESA..., 2018) encontrou situação semelhante entre os consumidores brasileiros. Conforme o estudo, a marca continua sendo o mais forte indicador de confiança do consumidor na qualidade dos produtos alimentícios que procura. Quanto à cadeia de produção de alimentos, 58% dos entrevistados declararam ter uma imagem positiva da indústria e das empresas de alimentos. A imagem é um pouco melhor para o agronegócio e fazendeiros (62% dos entrevistados) e para os produtores rurais (72%). Em 2020, a empresa Zebra Technologies realizou uma ampla pesquisa (CLOSING..., 2020) sobre segurança dos alimentos,

em 15 países, incluindo o Brasil, na qual coletou opiniões de 4.957 consumidores e 462 executivos de indústrias. De modo geral, os resultados revelaram que existe um grande desafio para as indústrias, no sentido de conquistar maior confiabilidade dos consumidores quanto à capacidade de gerenciar aspectos importantes da segurança dos alimentos como rastreabilidade, transparência de informação, entre outros.

Diante da **necessidade de melhorar a comunicação** com os consumidores e fornecer informações que sejam consideradas confiáveis, duas situações críticas precisam receber especial atenção. Em primeiro lugar, mesmo havendo confusão entre os consumidores diante de uma grande diversidade de fontes de informações dedicadas a definir quais são os bons e os maus alimentos, com muitas versões contraditórias, eles não recorrem às empresas e agências reguladoras para esclarecerem suas dúvidas, pois não acreditam muito nestas. Em segundo, o domínio das fontes de informações que propagam *fake news* provocou a disseminação de mitos e preconceitos sobre o sistema alimentar atual e seus produtos, inclusive com influência sobre as políticas públicas e legislação que tentam impor restrições tecnológicas e comerciais às indústrias de alimentos.

Como observou a pesquisa do *The Center for Food Integrity* (A DANGEROUS..., 2018), os consumidores estão ávidos por informações sobre ingredientes, segurança dos alimentos e impactos sobre a saúde. No entanto, as **principais fontes acessadas** são os mecanismos de busca na internet, como o Google e o Bing, websites, televisão local e familiares. No Brasil, a pesquisa da Fiesp (A MESA..., 2018) também verificou que para 40% das pessoas, a internet é o principal meio para buscar informações sobre a importância dos alimentos para a saúde, aparecendo em seguida a televisão (24%), médicos/nutricionistas (16%) e amigos/conhecidos/colegas (11%). Os principais locais de acesso na internet são o Google, para 56% dos entrevistados, o YouTube (18%), as redes sociais (10%), sites especializados (9%) e sites de médicos e de empresas de saúde (9%).

Apesar de ser importante a pluralidade de fontes de informação sobre alimentação, o predomínio da internet e da tele-

visão tendem a **fomentar visões distorcidas sobre os alimentos industrializados** quando são estabelecidas “associações diretas entre a alimentação, a promoção da saúde ou a prevenção de doenças, nem sempre observando se as evidências científicas existentes permitem um juízo convincente sobre tais associações” (REGO, 2014). A pesquisa do *International Food Information Council Foundation, 2017 Food & Health Survey*, observou que a maioria dos norte-americanos (78%) considera que o excesso de informações conflitantes tende a causar confusão em suas escolhas alimentares (FOOD..., 2017). Assim como apontado no estudo “Alimentos Industrializados” (REGO *et al.*, 2018), os prejuízos desse cenário se estendem por todo o sistema alimentar. Os consumidores podem comprar produtos em busca de um benefício inexistente, inclusive podendo pagar mais por isso, ou deixar de comprar produtos seguros e trocá-los por outros que apresentam maior risco para a saúde. As comunicações que divulgam determinados produtos ou ingredientes alimentícios como sendo não saudáveis e inseguros para consumo colocam em xeque a confiabilidade das autoridades reguladoras que aprovam a comercialização desses produtos. Os esforços para promoção da cultura da segurança dos alimentos podem ter

impacto limitado diante da pouca confiabilidade dos consumidores no sistema alimentar, principalmente na população que tem se orientado por mitos e preconceitos. A valorização dos alimentos artesanais (informais), cuja fiscalização é limitada ou inexistente pode ser problemática. Os consumidores, por atuação de influenciadores, têm questionado a adoção de tecnologias e aditivos alimentares. Isso por um lado, pressiona a indústria a ter melhores práticas, por outro a deixa vulnerável pelo risco de estar “desprotegida” do uso de conservantes. E em paralelo cresce a preferência pelos caseiros/artesanais, com “permissão para errar” por serem mais parecidos com a comida da vovó, ganham espaço, o que se constitui um risco significativo para a segurança do consumidor (FOODSAFETY... 2019, 2023).



## ESTRESSES DO MEIO AMBIENTE E SISTEMA DE SAÚDE

- Mudanças Climáticas
- Escassez e Contaminação de Recursos Naturais (Água, Terra)
- Emergências e a Resistência de Novos Patógenos

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Embora os **impactos das mudanças climáticas** na produção global de alimentos e na segurança alimentar sejam bem conhecidos, os efeitos destas mudanças na segurança dos alimentos ainda são pouco compreendidos. As consequências para a segurança dos alimentos e da água criam novos riscos e desafios em nível global, pois estão se alterando a distribuição geográfica e os ciclos de vida das pragas, desde a deterioração causada por microrganismos prevalentes, até as mudanças epidemiológicas de patógenos de plantas e de animais, a migração, a introdução ou invasão de novas pestes e doenças, bem como a proliferação de algas nocivas, micotoxinas e metais pesados (FAO, 2020a).

A **emergência e re-emergência de patógenos** pode levar a um uso maior de drogas veterinárias na pecuária e, consequentemente, aumentar a resistência antimicrobiana (AMR). O aumento no uso de agroquímicos nas plantações pode também comprometer sua resistência. Também é provável que ocorra uma maior contaminação por elementos-traço e/ou metais pesados devido às chuvas, enchentes e seca.

Estas mudanças têm sido percebidas nos últimos anos, a exemplo das secas e incêndios florestais, que antes atingiam com maior frequência países de clima quente e hoje ocorrem também nos países da Europa e América do Norte. Como consequência, as aflatoxinas, que eram tradicionalmente consideradas um problema em áreas tropicais, agora estão bastante estabelecidas em outras zonas geográficas e regiões como no Mediterrâneo (FAO, 2022).

A crescente elevação da temperatura e da umidade relacionada às mudanças climáticas possivelmente contribuíram para a ocorrência progressiva de aflatoxina no sul da Europa no início dos anos 2000, e a sua propagação se intensificou constantemente para o norte do continente. Em 2012, a EFSA participou no processo de desenvolvimento de ferramentas para prevenção de ocorrência e propagação de aflatoxinas em milho, trigo e arroz em diferentes condições climáticas. Diante desse

cenário, é de se esperar que nos próximos 10 a 20 anos os estudos sobre o impacto das variáveis ambientais (relacionadas às mudanças climáticas) na produção e ocorrência de micotoxinas em alimentos se intensificarão, com a colaboração da comunidade científica.

O aumento da umidade e da temperatura associado ao aquecimento global também tem sido um agente impulsionador de consequências danosas à pecuária e à vida selvagem, através dos vetores transmissores de doenças. Os mosquitos hematófagos do gênero *Culicoides*, por exemplo, são portadores do vírus da língua azul (VLA), causadores de enfermidades em animais como ovinos, caprinos, bovinos e veados. Dada a gravidade da doença provocada nos animais, esse vírus é considerado como barreira sanitária comercial em diversos países, com consequente prejuízo econômico para os criadores pecuaristas.

As mudanças climáticas podem **criar novos problemas de segurança** ou agravar problemas existentes a ponto de, pelo menos temporariamente, ser necessário reavaliar os limites toleráveis de muitos contaminantes, microbianos e químicos, atualmente estabelecidos para a cadeia alimentar.

Entre os químicos destacam-se os contaminantes ambientais, os compostos inorgânicos, os resíduos de agroquímicos e de drogas veterinárias.

Estudos mostram que, aparentemente, as mudanças climáticas têm potencial para alterar a liberação e



distribuição de contaminantes no ambiente de diversas maneiras. O resultado disso seria uma alteração nos níveis presentes em alimentos e rações animais e, conseqüentemente, na exposição humana.

As mudanças climáticas devem **aumentar a exposição humana** a arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio, dioxinas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e PCBs, contaminações decorrentes de incêndios florestais e reuso de água e, no caso do mercúrio, podem favorecer a metilação, levando à formação da sua espécie mais tóxica, o metilmercúrio (THOMSON, ROSE, 2011).

O **uso de agroquímicos** também pode ser afetado pelas mudanças climáticas. O aumento de temperatura e as alterações nos padrões de precipitação pluvial são os principais fatores determinantes na ação de pestes e infecção por patógenos de plantas. As mudanças climáticas poderão reduzir os níveis de agroquímicos no ambiente devido à maior volatilização e à degradação acelerada, em consequência de um aumento da umidade, temperaturas elevadas e exposição à luz solar. Em decorrência, é esperado um aumento no uso de agroquímicos, tanto em quantidade, quanto em dose, frequência e variedades e tipos de produtos aplicados. Esses fatores poderão impactar a exposição dos consumidores a agroquímicos (DELCOUR *et al.*, 2015).

A ocorrência de infecções ou doenças em animais e transmitidas para humanos (**doenças zoonóticas**) é uma fonte de riscos (biológico, químico) para a segurança dos alimentos, podendo estar associada ao aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como por exemplo, a presença de norovirus em ostras provenientes de ambientes que sofreram inundações provocadas por chuvas intensas. Também, a ocorrência de ciguatera, intoxicação alimentar causada por consumo de pescados, mariscos e outros organismos aquáticos contaminados por ciguatoxina (toxina produzida por pequenos organismos do plâncton marinho ou de água doce), parece estar relacionada com fatores ambientais decorrentes das variações climáticas. Esta toxina se bioacumula na cadeia alimentar, não sendo degradada por calor. A ciguatera ocorre tipicamente em áreas tropicais, sendo que desde 2008 inúmeros surtos ocorreram na Espanha e em Portugal, através de consumo de pescados contaminados por ciguatoxina.

Certas **bactérias toxigênicas** e tipicamente de ambientes marinhos, como os vibrios, podem ser afetadas pelo aumento da temperatura da água do mar, ocasionando seu crescimento populacional. O crescimento da população de cianobactérias e a possível elevação de suas propriedades tóxicas decorrente do aumento da temperatura do ambiente marinho ou de água doce têm colocado em risco a segurança dos alimentos, pois muitos desses microrganismos são utilizados como suplementos alimentares naturais (ZILLI *et al.*, 2020).

Espera-se, para as próximas décadas, mudanças climáticas globais com impacto nos sistemas ambientais e na economia mundial, que ocasionarão grandes riscos aos produtores, em função da interconexão global entre os sistemas ambientais e os socioeconômicos. A **globalização de cadeias de suprimentos** de insumos agrícolas (por exemplo, fertilizantes, combustíveis, químicos) aumenta a conexão entre sistemas de produção e, conseqüentemente, o risco de colapso na cadeia de suprimento.

Novas tecnologias, novas drogas veterinárias e novas medidas de controle de pragas serão necessárias para combater as espécies mais invasivas e resistentes, assim como para auxiliar as cadeias agroalimentares em países em desenvolvimento, de forma a minimizar o impacto das mudanças climáticas sobre a segurança alimentar. Da mesma forma, pesquisas multidisciplinares são necessárias para melhor compreender os mecanismos ecológicos e as alterações nos ecossistemas.



## CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS (ÁGUA, TERRA)

Impactos ambientais negativos podem ser associados à produção de alimentos descontrolada, como a emissão de gases de efeito estufa, a poluição ambiental decorrente da lixiviação de nutrientes, a escassez de água resultante do uso excessivo, a degradação do solo e a perda de biodiversidade por meio da modificação de terras ou manejo inadequado (GODFRAY *et al.*, 2010). Por outro lado, a elevação nas temperaturas, o aquecimento e acidificação dos oceanos, as secas severas e os incêndios florestais, as precipitações intensas e as chuvas ácidas, o derretimento de geleiras com aumento do nível do mar e a amplificação de eventos climáticos extremos têm causado danos aos sistemas alimentares (FAO, 2020a).

As mudanças climáticas afetam significativamente o setor produtivo de alimentos. Na agricultura, por exemplo, é cada vez mais crescente a **preocupação com a proteção contra intempéries naturais** que podem afetar negativamente a produtividade e a qualidade física, nutricional e organoléptica dos vegetais.

As alterações climáticas potencializam a modificação da microbiota no campo, como o surgimento e a disseminação de **novas pragas de plantas na agricultura**, além de vetores de doenças no setor pecuário, sendo necessárias estratégias para controle de riscos biológicos. A migração de organismos transmissores de doenças (insetos, pássaros) em função das condições climáticas favorecem a proliferação de novas pragas, além de intensificar a disseminação daquelas já existentes. Um exemplo foi apresentado pela comunidade científica em conferência técnica organizada pela EFSA (*European Food Safety Authority*) em 2011, que relacionou eventos meteorológicos extremos e as inundações constantes com o aparecimento de caramujos de maçã em zonas úmidas do sul da Europa. Os rios e canais locais contribuem com o aumento da proliferação natural dessa praga, culminando em ameaça para as plantações dessa fruta. Os produtores rurais, portanto, deverão estar preparados para o enfrentamento de ocorrências de novas pragas em suas

lavouras, para evitar perdas econômicas e garantir alimentos seguros (EFSA, 2021).

As águas das cheias constituem um problema grave, pois muito provavelmente contêm contaminantes como esgoto bruto, esterco bruto, produtos químicos agrícolas ou industriais, metais pesados ou outros contaminantes químicos e patógenos (bactérias, vírus e parasitas), com grande impacto sobre a segurança dos alimentos (CAVANAGH *et al.*, 2021).

Além disso, segundo a EFSA, os contaminantes ambientais também incluem diversas toxinas produzidas por fungos e plâncton, cuja ocorrência tem se intensificado em novas localizações geográficas e, em muitos casos, relacionada às mudanças climáticas e ao excesso de umidade. Algumas micotoxinas produzidas por determinadas espécies de fungos podem acometer plantações (cereais, leguminosas, nozes etc.) no campo e colocar em risco a segurança dos alimentos.

Recurso natural renovável, a **água é um elemento essencial** para a existência e sobrevivência das diferentes formas de vida e para o desenvolvimento tecnológico, social e econômico de uma nação. A escassez desse recurso natural já é uma realidade em muitas regiões do planeta, o que será agravada pelo crescimento populacional.

Embora no Brasil seja crescente a adoção de reuso de água, principalmente na agricultura, piscicultura e criação de animais, esta prática pode comprometer tanto o meio ambiente (contaminação do solo) como a saúde pública (doenças de veiculação hídrica e contaminação dos alimentos irrigados) (URBANO, 2013). No Brasil são muito utilizados os sistemas de tratamento por lagoas de estabilização, com alto potencial de remoção de patógenos (lagoas de maturação) e de matéria orgânica (lagoas facultativas), porém é baixa a eficiência na eliminação de nutrientes, sais, compostos orgânicos e outros elementos (MENDONÇA & MENDONÇA, 2017), podendo, portanto, aumentar os riscos químicos, com consequentes danos à saúde pública e ao meio ambiente.



A **prática do reúso da água no campo** merece atenção intensiva, cuidadosa e constante pelos produtores rurais, uma vez que a água recuperada deve apresentar qualidade química satisfatória para garantir uma irrigação agrícola segura, sem a presença de microcontaminantes orgânicos que possam prejudicar o meio ambiente (solo, águas subterrâneas) e a saúde humana. Para evitar acúmulo de produtos químicos ao longo das cadeias alimentares e a contaminação das águas subterrâneas (principalmente daquelas utilizadas para consumo humano), orientações rigorosas devem ser seguidas com relação ao reúso de água no campo, principalmente na irrigação de culturas agrícolas.

O desenvolvimento de processos tecnológicos cada vez mais eficientes, para a obtenção de água recuperada e seu reúso posterior, é um desafio, tanto em nível rural quanto no âmbito urbano, visando a segurança dos alimentos.

Não menos importante e desafiador é a necessidade de **otimização contínua de técnicas e procedimentos de irrigação** visando a redução do uso e de perdas de água (HELMECKE *et al.*, 2020).

O reúso de esgotos domésticos é uma alternativa e tende a ser ampliado tendo em vista a atenuação da escassez hídrica. Os efluentes urbanos, no entanto, são uma grande fonte de contaminantes devido à presença de compostos perfluorados, nanomateriais, fármacos, drogas ilícitas, antibacterianos, hormônios, retardantes de chama, desinfetantes, adoçantes, benzotriazol, 1,4-dioxano e toxinas de algas, além de contaminantes emergentes como príons e líquidos iônicos, em função da sua presença em produtos usados domesticamente, como fármacos, detergentes, espumas, loções, filtros solar, cosméticos, produtos para cabelo, alimentos e bebidas. Após o uso desses produtos,

muitos de seus compostos químicos são liberados nos efluentes e não são completamente removidos no sistema de tratamento de esgoto, podendo atingir rios e fontes de água potável.

Adicionalmente, muitos desses contaminantes podem sofrer transformações no ambiente através de degradação microbiológica, fotólise, hidrólise, podendo também reagir com outros compostos, resultando em compostos que podem ser mais tóxicos que o original. Outras questões envolvendo esses contaminantes emergentes são a ocorrência generalizada, bioacumulação, persistência e toxicidade. As mudanças climáticas podem levar à concentração desses compostos nos rios durante períodos de seca, causando sua ressuspensão em períodos de cheia. Muito progresso foi observado nos últimos anos na identificação, quantificação, destino ambiental e desenvolvimento de estratégias para remediação da contaminação da água, mas ainda existem muitos desafios tecnológicos a serem enfrentados (RICHARDSON E KIMURA, 2017).

## EMERGÊNCIAS E A RESISTÊNCIA DE NOVOS PATÓGENOS

A exemplo da pandemia do SARS-Covid 19, a **emergência ou a resistência de novos patógenos** a condições adversas não segue um modelo previsível, culminando em constantes mudanças do cenário das DTAs (Doenças Transmitidas por Alimentos), com espectro de prevalência variável de determinadas doenças ao longo do tempo. Novas DTAs podem surgir, assim como outras podem reaparecer após certo período de ausência; algumas têm um aparecimento esporádico e outras são consideradas erradicadas (MACHADO, 2013).

Entre os **principais agentes causadores de DTAs**, destacam-se aqueles designados como “clássicos”, ou seja, microrganismos bem conhecidos, clínica e epidemiologicamente, tais como: *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, entre outros (PAULA *et al.*, 2014). Esses patógenos, passíveis de serem eliminados ou controlados, podem, no entanto, adquirir novas características e serem veiculados por diferentes alimentos, culminando na sua reemergência, causando novos tipos de infecções ou ocorrendo em regiões onde anteriormente não existiam (MACHADO, 2013). O controle de *Salmonella* em amendoim ou cacau, por exemplo, há 20 anos não representava uma preocupação relevante para a segurança dos alimentos, devido à baixa atividade de água desses produtos. Entretanto, com a ocorrência de surtos recentes causados por esse microrganismo em alimentos de baixa atividade de água, produtos como amendoim e cacau passaram a ser considerados de risco para a veiculação de *Salmonella* (NASCI-MENTO, 2021), tornando necessários cuidados mais intensos em determinadas etapas do processamento, como por exemplo, na validação de processos térmicos para estes tipos de alimentos.

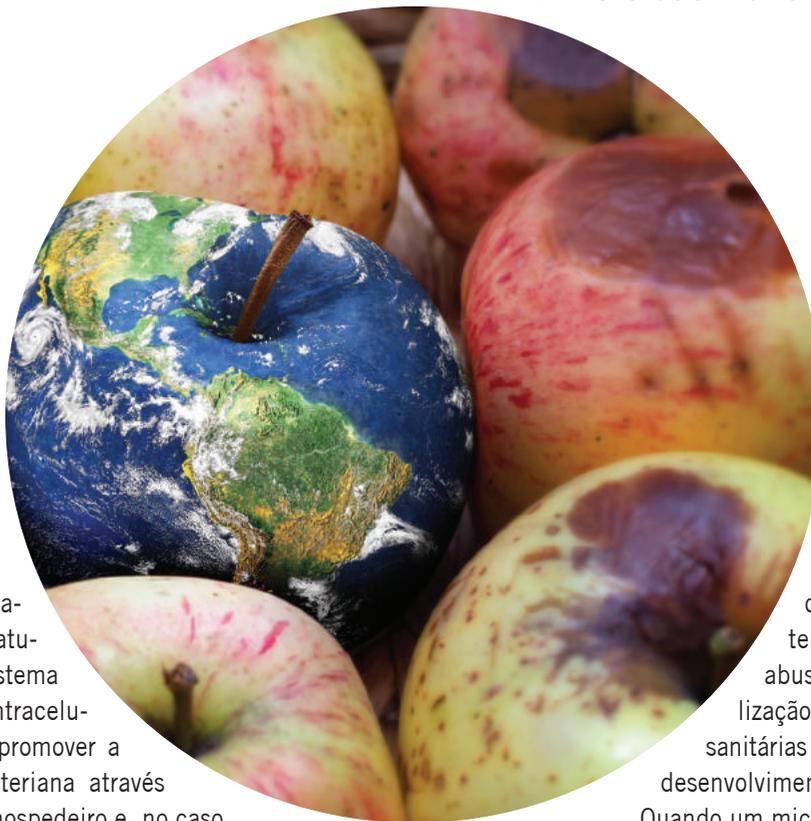
O termo “emergente” para patógenos de origem alimentar engloba duas situações: **a emergência real e a reemergência**. A emergência real inclui os microrganismos que antes não eram considerados como causadores de DTA, mas que posteriormente foram comprovados como sendo novos agentes etiológicos. *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Listeria monocytogenes*, *Arcobacter butzleri* e *Arcobacter cryaerophilus* são exemplos de patógenos emergentes. Os patógenos reemergentes são aqueles microrganismos antes considerados como controla-

dos, mas que reapareceram causando doenças de maneira diferente (como novos tipos de infecções), sendo associados a novos alimentos ou surgindo em uma região demográfica em que esses patógenos eram antes inexistentes. A *salmonelose*, por exemplo, é considerada uma doença reemergente, sendo a *Salmonella Enteritidis* o sorotipo predominante (MACHADO, 2013).

A emergência de microrganismos patogênicos em alimentos (seja real ou na reemergência) é derivada, fundamentalmente, de **modificações genéticas** resultantes da aquisição de novos genes, da perda de outros, do mecanismo de recombinação genética e da resistência a agentes antimicrobianos. Assim, alterações em toda a cadeia de produção, processamento, distribuição e conservação de alimentos continuarão a ocorrer em função desses fatores e de vários outros, como a globalização do comércio, fatores demográficos e econômicos. Em função disto, a vigilância de DTAs é de fundamental importância para detectar as doenças e identificar pontos em que novas estratégias serão necessárias para proteger o alimento e a saúde do consumidor (MACHADO, 2013).

Como forma de mitigação da ocorrência de DTAs emergentes e reemergentes, **novas ações práticas e tecnológicas necessitam ser introduzidas** ao longo da cadeia de produção de alimentos. O desenvolvimento de métodos analíticos para a detecção de novos patógenos, a inovação de tecnologias na produção de alimentos e/ou aplicação de tecnologias conhecidas em alimentos nos quais não sejam usualmente aplicados no momento atual (mantendo as características organolépticas e valor nutricional dos produtos alimentícios) continuarão a representar um grande desafio para os profissionais da área de alimentos.

O estudo sobre **bacteriófagos como ferramenta de controle** de bactérias patogênicas é um outro tema que merece relevância dentro da segurança microbiológica de alimentos. Embora os primeiros estudos datem no início do século XX com a descoberta acidental de bacteriófagos pelo inglês Frederick Twort em 1915, esse tema se intensificou nas últimas décadas principalmente em decorrência do crescente aumento de cepas bacterianas resistentes a antibióticos (MARTINS & MARTINS, 2014) e também pela necessidade de estudos de bacteriófagos como agentes de con-



trole biológico nas indústrias de processamento de alimentos e como aditivos alimentares antimicrobianos (CRUZ *et al.*, 2019).

Os bacteriófagos ou fagos são vírus presentes naturalmente no nosso ecossistema e capazes de parasitar intracelularmente as bactérias e promover a morte ou inativação bacteriana através do desvio metabólico do hospedeiro e, no caso de fagos líticos, causar a lise/ruptura celular (ROSSI, ALMEIDA, 2010). Esses vírus atacam apenas um tipo específico de bactéria, através da interação com um receptor na superfície celular para iniciar a replicação. A propriedade em se replicar somente na presença da célula hospedeira específica atraiu o interesse na aplicação de bacteriófagos para o controle de patógenos e deteriorantes de origem alimentar (MARTINS, MARTINS, 2014).

Segundo Cruz *et al.* (2019), fagos e bactérias podem coexistir em biofilmes, abrindo oportunidades de desenvolvimento de bacteriófagos capazes de expressar uma enzima (protease, oxidoreductase, amilase) que degrade o biofilme. Estudos mostraram que uma mistura de fagos, enzimas e sanitizantes propicia um melhor controle de biofilmes. Os fagos modificados se mostraram capazes de erradicar visivelmente células bacterianas em biofilmes (remoção de aproximadamente 99,997%) bem como o biofilme.

Como a ciência tem identificado fagos específicos capazes de promover o controle sobre diversas bactérias (e biofilmes), tais como *Salmonella Typhimurium*, *Campylobacter jejuni*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e outros, o campo desse estudo tende a ser bastante promissor para os próximos anos, dada a possibilidade do surgimento de novos patógenos dentro da cadeia produtiva de alimentos.

O uso **inapropriado de antibióticos** em diversos setores (meio ambiente, saúde humana e agricultura) também é um tema importante, pois tem surtido efeito negativo na comunidade

em geral, impactando áreas como a saúde e a segurança dos alimentos. O advento de bactérias mais resistentes a estes antimicrobianos é uma realidade e tem como causas principais o abuso e o descontrole na sua utilização, preocupando as autoridades sanitárias de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Quando um microrganismo adquire resistência a um ou mais antibióticos de três ou mais categorias, é considerado como multirresistente e essa resistência pode ser decorrente de mutação. A resistência pode também ser adquirida por troca de material genético entre microrganismos sensíveis e microrganismos resistentes (ANVISA, 2021). Plasmídeos e transposons, que são estruturas genéticas móveis capazes de formar elementos híbridos na interação com bactérias, podem conferir expressão para resistência a muitos antibióticos (CANIÇA *et al.*, 2019).

O uso inadequado não se restringe aos antibióticos, mas também aos **antivirais, antifúngicos e antiparasitários**, sendo, portanto, fundamental a aplicação correta do tratamento (princípio ativo, concentração e tempo de contato apropriados) para cada tipo de patógeno (ANVISA, 2021) e a adoção de outras medidas importantes e desafiadoras para o gerenciamento de risco, tais como: informação, educação e treinamento, vigilância, monitoramento, manutenção de registros, redução de infecção, legislação, otimização e redução do uso de antibióticos, além de investimento sustentável em alternativas.

As **tecnologias ômicas** continuarão a ser ferramentas imprescindíveis no futuro para a vigilância e controle da resistência dos microrganismos a antibióticos em diferentes ambientes, principalmente com relação à seleção, disseminação e distribuição de bactérias resistentes a antibióticos, além de possibilitar estudos aprofundados para a compreensão do mecanismo de resistência aos antibióticos (CANIÇA *et al.*, 2019).

**MACROTENDÊNCIAS**  
**EM *FOOD SAFETY***

A partir da análise dos *drivers* sobre Segurança dos Alimentos foram delineadas cinco macro-tendências, as quais se entrelaçam na gestão de *food safety* nos próximos anos: Ampliação do Escopo de Perigos e Riscos, Aumento da Complexidade na Gestão de *Food Safety*, Interdisciplinaridade na Governança da Segurança dos Alimentos, Evolução do Sistema Regulatório e Informação e Educação sobre Segurança dos Alimentos.



## AMPLIAÇÃO DO ESCOPO DE PERIGOS E RISCOS

Inúmeros fatores, internos e externos aos sistemas alimentares, podem influenciar direta ou indiretamente os riscos potenciais à segurança dos alimentos, com impacto na saúde e bem-estar da população, assim como na economia.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022) estabelece como uma prioridade estratégica global a identificação e resposta de forma proativa às mudanças do Sistema Alimentar que estão impactando o setor de *food safety*, com riscos inerentes associados. De fato, a análise de diversos mercados emergentes de alimentos, sistemas de produção, tecnologias, sistemas de distribuição não convencionais, entre outros *drivers* determinam a macrotendência da gestão de *food safety* caracterizada nesse estudo como a **ampliação do escopo de perigos e riscos**.

A Ampliação do Escopo de Perigos e Riscos envolve o aumento da exposição do consumidor a perigos já conhecidos, mas também o surgimento de **novos contaminantes**, muitas vezes de natureza desconhecida, o que é um grande desafio para a pesquisa e condução das avaliações de risco. Por outro lado, estudos sobre a relação dos contaminantes com o microbioma gastrointestinal demandarão a revisão de conceitos nutricionais e sobre a segurança dos alimentos.

Serão intensificados nos próximos anos os fatores de influência associados a questões ambientais, dinâmica populacional e demandas do consumidor.

A preocupação crescente com o **esgotamento dos recursos naturais** e com os impactos ambientais associados às cadeias convencionais de alimentos está levando à busca de novas matérias-primas e processos de produção, como as proteínas de insetos e a obtenção de proteína animal por meio de cultivo de células (FAO, 2022). Entretanto, essas inovações podem trazer consigo novos riscos (contaminantes químicos e microbiológicos, novos alérgenos), os quais precisam ser conhecidos, analisados, controlados e, sempre que possível, eliminados. O

mesmo se aplica ao desenvolvimento de materiais de embalagem de fonte renovável.

No mesmo contexto, a incorporação de valores de **Economia Circular**, com foco no reaproveitamento de resíduos da cadeia de alimentos e reciclagem de embalagens, acarreta novos desafios com relação à rastreabilidade e à detecção, identificação e desenvolvimento de processos de mitigação dos riscos de contaminação microbiológica e química associados.

Cada vez mais significativos também serão os efeitos das **Mudanças Climáticas**, causados pelo aumento da temperatura, variação no padrão de chuvas e eventos extremos, com impacto na capacidade de produção de alimentos nutritivos e saudáveis, na disponibilidade e qualidade da água e na incidência de contaminantes químicos em alimentos.

**Mudanças no perfil populacional**, como urbanização excessiva e envelhecimento da população, também continuarão a trazer desafios para a *food safety*, desde o crescimento de práticas de agricultura urbana até o atendimento a requisitos nutricionais e de segurança para a alimentação da população mais idosa.

A população urbana crescente e adensada, especialmente de países e regiões mais pobres, representa um risco crescente à segurança dos alimentos, dada à baixa disponibilidade de infraestrutura básica, como sistemas de distribuição, instalações para higiene e higienização e deficiências para estocagem de alimentos (WHO, 2022). Ainda, o crescente número de megacidades e mega-regiões globais pode aumentar o risco de surtos de origem alimentar e doenças por perigos microbiológicos ou químicos.

Da mesma forma, o rápido **envelhecimento da população** intensificará o risco de doenças relacionadas à idade, deficiências na saúde, incluindo um sistema imunológico comprometido. Populações em envelhecimento serão mais suscetíveis, especialmente quando em estado nutricional abaixo do ideal (WHO, 2022).

A **agricultura urbana**, desde quintais, fazendas comunitárias até sistemas inovadores de *vertical farms* (hidroponia, aquaponia ou aeroponia), é uma excelente opção para redução das distâncias de distribuição e abastecimento de alimentos, mas envolvem um risco maior de contaminação microbiológica e química, devido ao ambiente urbano e à proliferação de pequenos produtores, o que requererá cada vez mais tecnologia e treinamento em boas práticas.

Será também crescente a influência das **demandas do consumidor**, desde sua preocupação com sustentabilidade e com a valorização de aspectos nutricionais, priorizando produtos frescos, mas também convenientes, com mudanças nos hábitos de compra e consumo. Como consequência, novas fontes de matérias-primas e ingredientes, aditivos naturais e novas tecnologias de conservação de alimentos serão cada vez mais demandados, trazendo novos contaminantes químicos e microbiológicos e desafios para avaliação dos riscos e da eficácia dos processos de inativação microbiológica.

Os sistemas de produção e tecnologias não convencionais têm sido promovidos como **modelos produtivos mais sustentáveis**, como por exemplo, produção local, agricultura urbana e processamento por cultivo celular. Também as tecnologias não convencionais, como Alta Pressão e Ultrassom, tendem a se difundir para atender a demanda de produtos mais naturais e minimamente processados. Também nestes casos, protocolos para avaliação da segurança serão cada vez mais imprescindíveis.

O escopo de perigos e riscos deverá considerar as novas fontes de alimentos e ingredientes aditivos naturais, conta-

minantes ambientais (dioxinas, metais etc.) e a segurança de novas moléculas. Além disso, há preocupação crescente com o aumento da resistência de micro-organismos a antibióticos, surgimento de novos patógenos, reemergências de patógenos já controlados, ampliação geográfica da incidência de contaminantes (ex. micotoxinas), multiplicação de alergênicos e, inclusive, o efeito combinado de misturas de contaminantes.

Há preocupações específicas com relação à transferência de resistência a antimicrobianos (Antimicrobial Resistance – AMR) de organismos presentes em alimentos para o microbioma intestinal ou aumento de AMR pela exposição a antimicrobianos ou a baixos níveis de drogas veterinárias.

Os mercados emergentes de alimentos têm se desenvolvido em ritmo acelerado, e demandam pesquisas para que as agências reguladoras possam identificar quais são os riscos potenciais para os consumidores e, assim, estabelecer normas adequadas para essas inovações. Entretanto, tem sido comum os mercados se consolidarem antes que sejam definidas as normas que o regulem. Portanto, a postura proativa defendida pela OMS é essencial face à essa ampliação do escopo de perigos e riscos.

A diversificação dos sistemas de distribuição de alimentos, tais como *e-commerce* e *delivery* dos estabelecimentos varejistas, e de *food service*, a difusão dos *foodtrucks* e ambulantes, formam um conjunto crítico de fatores para a gestão de *food safety*, considerando a dificuldade de controlar os riscos potenciais, especialmente microbiológicos, na amplitude e mobilidade dos agentes que produzem e entregam alimentos.

Finalmente, mas não menos importante, a incidência de alimentos fraudados ou adulterados é crescente e cada dia mais sofisticada, ampliando significativamente o espectro de perigos e riscos.



## AUMENTO DA COMPLEXIDADE NA GESTÃO DE *FOOD SAFETY*

Em todo o mundo, os alimentos são mantidos seguros por meio do **esforço coletivo** de todos os atores relevantes: autoridades nacionais estabelecendo guias e padrões, profissionais da inspeção sanitária, produtores e manipuladores de alimentos adotando boas práticas, administradores cumprindo com os regulamentos e os consumidores cientes de sua responsabilidade no manuseio e conservação dos alimentos (FAO, WHO, 2021). À ciência e pesquisa cabe prever a evolução do mercado e se antecipar na **geração de conhecimento** e no desenvolvimento **de técnicas analíticas e de investigação**, para identificar e controlar novos perigos à segurança dos alimentos, apoiando os legisladores e o setor produtivo.

Além do Aumento do Escopo de Perigos e Riscos, a **gestão de food safety** terá que se adaptar a um mundo em constante transformação, cuja dinâmica só acelerará na próxima década. A globalização crescente na produção de alimentos, com cadeias alimentares longas e complexas, dificultando o controle e a rastreabilidade das matérias-primas, ingredientes e produtos, os múltiplos *stakeholders*, com diferentes necessidades de treinamento e capacitação, e a necessidade cada dia maior de conhecimento multidisciplinar para avaliar e controlar os perigos e riscos são alguns dos grandes desafios da gestão da segurança dos alimentos.

Tais desafios aumentarão a **complexidade** dos trabalhos de inspeção e avaliação das cadeias de produção de alimentos que, até pouco tempo, eram considerados padrões e/ou realizados de forma padronizada por agências reguladoras nacionais e internacionais. Segundo a *Food and Drug Administration* (FDA), aumentar a segurança dos alimentos exigirá maior foco na prevenção, avanços na rastreabilidade e esforços contínuos no sentido de promover a confiança do consumidor nos alimentos que consomem (FDA, 2020).

Dado o aumento da complexidade dos sistemas alimentares, cada vez mais a gestão da segurança deverá aplicar uma visão holística no desenvolvimento de tecnologias, processos e produtos, buscando identificar perigos potenciais.

Cada dia mais, a abordagem reativa deverá dar espaço à **prospecção e antecipação** dos problemas. O monitoramento e vigilância tradicionais apenas são efetivos na identificação ime-

diata de perigos e riscos, mas prospectar problemas de médio a longo prazo permitirá enfrentá-los em melhores condições, priorizando recursos e fomentando estratégias robustas para vencer os futuros problemas.

Tendências e inovações também terão **impactos positivos** sobre a segurança de alimentos, como as novas técnicas analíticas e as ferramentas de TI, sendo que a antecipação dos problemas seguramente permitirá aplicá-las com vantagens (FAO, 2022).

Inovações tecnológicas contribuirão cada vez mais para a capacidade de detecção de contaminantes em alimentos e auxiliarão na investigação de surtos, na melhoria de sistema preditivos para identificação de riscos potenciais e para a rastreabilidade do abastecimento de alimentos (FAO, 2022).

A ciência e a pesquisa indicam uma evolução no sentido da possibilidade de proposição de **consumos personalizados de alimentos**, integrando aspectos de nutrição, biologia e genética, concorrendo para a sofisticação da alimentação. Por outro lado, o potencial de aditivos alimentares, resíduos de drogas veterinárias, contaminantes de alimentos e ambientais de induzir alterações no microbioma intestinal e suas consequências para a saúde está cada vez mais sendo considerada na avaliação de risco de substâncias e alimentos (FAO, 2022). Novos conhecimentos nessa área influenciarão na decisão de revisão da avaliação do risco, inclusive em processos regulatórios.

Será fundamental que a **Gestão da Segurança dos Alimentos** seja aberta e ágil o suficiente para acompanhar a velocidade das inovações e os fatores de tendência, de forma a se antecipar no diagnóstico e na atuação proativa junto às cadeias alimentares e seus *stakeholders*.

Para a FDA (2020), as ferramentas e abordagens mais inteligentes para prevenção e resposta a surtos de doenças de origem alimentar também formarão um pilar importante para o futuro da segurança dos alimentos. Com um sistema de rastreamento aprimorado, será também incrementada a capacidade de conduzir análises para determinar a origem de surtos. Isto será particularmente valioso para, em colaboração com os setores público e privado, mitigar os riscos apresentados por alimentos que são especialmente vulneráveis à contaminação. O maior

fluxo de dados e a disponibilização de ferramentas de análise rápida destes dados viabilizarão a otimização de modelos preditivos para identificar quando e onde uma contaminação pode ocorrer, direcionando esforços para remover do mercado produtos potencialmente contaminados e evitar sua comercialização.

A **Gestão da Segurança dos Alimentos** será proativa e deverá ser ampliada em diferentes eixos, como ilustrado na Figura 6.

Ao longo dos sistemas alimentares, a **educação** para uma **cultura de inocuidade de alimentos** deverá ser cada vez mais fortalecida pela gestão de *food safety*, de maneira que a responsabilidade pela segurança dos alimentos seja incorporada por todos os envolvidos, indivíduos e organizações, desde a agropecuária até o varejo. O consumidor, por sua vez, deverá ser cada vez mais integrado à essa cultura, em suas opções de consumo e no manuseio e conservação dos alimentos.

À gestão de *food safety* caberá ampliar a cultura de inocuidade, dentro e fora das organizações, divulgando e promovendo boas práticas e prevenção de riscos. Para tanto, as **ferramentas de treinamento** pelo sistema de ensino a distância serão recursos valiosos, assim como a disseminação de informações confiáveis pela internet e mídias sociais. Guias, protocolos e manuais de boas práticas continuarão a ser instrumentos importantes de orientação.

Os **órgãos reguladores** continuarão a operar em duas frentes principais, incentivando e fortalecendo o **autocontrole** e as **certificações de terceira parte** e, para empresas de micro e pequeno porte, apoiando a cultura da inocuidade, com protocolos de licenciamento e inspeção sanitária.

Outro eixo significativo é o desenvolvimento de **ferramentas de TI dedicadas à gestão de *food safety***. A aplicação de automação, inteligência artificial, *big data*, tecnologia *blockchain* têm imenso potencial para melhorar a gestão da segurança dos alimentos, mas há muita preocupação com relação à equidade no acesso para adoção e quanto à privacidade de dados (WHO, 2022).



FIGURA 6 | Eixos essenciais para a evolução da gestão de *food safety*.

Segundo a FDA (2020), novas tecnologias e ferramentas de TI constituirão pilares fundamentais do futuro da *food safety*. Tecnologias de rastreamento devem ser cada vez mais incentivadas de modo que as empresas tenham capacidade de acompanhar, de ponta a ponta, toda cadeia de produção e comercialização dos alimentos.

À medida que as fábricas de alimentos e bebidas continuarem automatizando sua coleta de dados e conectando mais intensamente seus processos de produção, um volume maior de dados ficará disponível de forma on-line, favorecendo a tomada de decisões. Essa transformação digital, promessa da **Indústria 4.0**, garantirá um nível mais elevado de segurança e qualidade dos alimentos.

Tecnologias utilizando **Inteligência Artificial (IA)** têm grande potencial de aplicação para desenvolvimento de dispositivos digitais na área de nutrição personalizada. Com biomarcadores, será possível rastrear parâmetros metabólicos de saúde do usuário, auxiliando no gerenciamento da saúde e orientando mudanças de estilo de vida, tendo em vista as particularidades individuais.

A **tecnologia de blockchain**, por apoiar a colaboração e o compartilhamento de recursos da cadeia de abastecimento de alimentos, permitirá o fortalecimento dos relacionamentos e a confiança entre os parceiros, contribuindo para melhorias de qualidade e para a inovação. A eficiência da cadeia de fornecedores/suprimentos é um aspecto fundamental da segurança de alimentos e a tecnologia *blockchain* deverá reduzir os custos de transação e aumentar a eficiência geral desta cadeia para a indústria de alimentos.

Considerando que a globalização das cadeias de abastecimento de alimentos traz desafios adicionais para os sistemas alimentares, devido à necessidade de garantir a transparência e a segurança nos processos de comercialização de alimentos, a tecnologia *blockchain* certamente beneficiará as cadeias alimentares e, por consequência, a gestão de *food safety*.

O uso de tecnologias como *Big Data* contribuirá para redução da incidência de contaminação, como por exemplo, por fungos toxigênicos, combinando-se dados agrícolas e dados ambientais (relatórios meteorológicos ou imagens de satélite) para prever os perigos na agricultura (DENG, CAO, HORN, 2021). De forma similar, o uso de **modelos preditivos** em uma escala local poderá ser útil para monitorar outros riscos, permitindo gerenciar a melhor época para plantio e colheita, segregar lotes com maiores níveis de contaminação ou tomar outras medidas sanitárias para garantir a segurança dos alimentos.

O uso de *Big Data*, automação e aplicação de IA tende a acelerar as avaliações de segurança de alimentos, limitando, por exemplo, erros humanos, permitindo identificar novos padrões nos dados e acompanhar o crescimento exponencial de

evidências. Entretanto, esforços ainda serão necessários para construir sistemas de IA práticos e confiáveis.

Variadas fontes para **obtenção e coleta de dados**, tais como internet, bancos de dados (on-line), perfis ômicos, sensores, telefones celulares e mídias sociais, constituirão cada vez mais canais estratégicos de obtenção de dados relacionados à segurança de alimentos. Na mesma linha, novas tecnologias como o **monitoramento** por meio de vídeo, sensores e dispositivos portáteis usando a tecnologia de Internet das Coisas (IoT), Sistema de Informações Geográficas (GIS), imagens de satélite, Google glass e Indústria 4.0 estão sendo incorporados a sistemas de vigilância inteligentes para coletar dados relacionados à segurança de alimentos.

Inclusive em cozinhas industriais ou de restaurantes, os sistemas digitais de gerenciamento já permitem o monitoramento e controle de todos os aspectos das tarefas de rotina e de conformidade – desde o gerenciamento da segurança até o pedido de estoque e entrega de alimentos (DANIELS *et al.*, 2016).

Novas tecnologias poderão permitir também a **integração do fluxo de dados** para identificar surtos e rastrear a origem de um alimento contaminado até sua fonte, em minutos, ou mesmo segundos, agilizando a resposta e tomada de decisões. Neste âmbito, será uma grande evolução a implementação de um sistema interno de tecnologia digital, como *blockchain*, para receber informações sobre rastreamentos críticos e elementos-chaves da indústria e dos parceiros regulatórios (FAO, 2022).

Para pesquisa e suporte à regulamentação, será cada vez mais necessária uma **infraestrutura analítica robusta**, confiável e moderna para estudo de contaminantes físicos, químicos e microbiológicos, inclusive alergênicos, assim como para estimar seu impacto na saúde da população. Para tanto, características como especificidade e sensibilidade do sistema analítico serão fundamentais na detecção de contaminantes, assim como





técnicas avançadas de genômica e metagenômica. Estudos de bioacessibilidade e biodisponibilidade também aumentarão o conhecimento dos mecanismos de identificação e prevenção de perigos.

Técnicas de cromatografia líquida ou gasosa, com detecção por espectrometria de massas (HPLC-MS e CG-MS-MS) têm evoluído significativamente, para análise

de **contaminantes orgânicos** no ambiente,

em alimentos e em embalagens, permitindo a detecção e identificação de substâncias na ordem de ppb. Cromatografia bidimensional, cromatografia com fluido supercrítico – espectrometria de massas (SFC-MS), cromatografia de troca iônica, eletroforese capilar acoplada à espectrometria de massas (CE/MS), espectroscopia molecular como FTIR e outras técnicas analíticas têm se mostrado cada vez mais sensíveis na detecção de contaminantes e elucidação da composição de alimentos.

Para a determinação de **constituintes inorgânicos** em alimentos, os principais métodos analíticos instrumentais são os que utilizam a espectroscopia de absorção atômica com chama (FAAS) e técnicas hífenadas; a espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES); a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) e a técnica de fluorescência de raio X (EDX). Entre estas técnicas, a que permite análises com alta sensibilidade e determinação multielementar de constituintes inorgânicos em alimentos é a que utiliza o ICP-MS. Esta técnica aplica-se à separação de espécies químicas inorgânicas e determinação de metais em baixas concentrações (até partes por trilhão), assim como para estudos de especiação de elementos inorgânicos em alimentos como selênio, arsênio, mercúrio, antimônio e cromo.

Estudos para estimar a bioacessibilidade e a biodisponibilidade dos constituintes presentes em alimentos têm ampla aplicação na área de nutrição, mas há grande potencial de uso em questões de segurança dos alimentos. O estudo sobre **bioaces-**

**sibilidade** objetiva avaliar a quantidade da substância que é assimilada pelo trato intestinal. A estimativa da bioacessibilidade de elementos inorgânicos pode ser realizada por testes *in vitro*, e pode ser classificada em métodos estáticos e dinâmicos que simulam os fenômenos que ocorrem na digestão gastrointestinal.

A evolução desses estudos com alimentos está relacionada ao conhecimento e à quantificação dos componentes que podem ser efetivamente absorvidos e metabolizados pelo organismo humano, ou seja, a sua **biodisponibilidade**. Para a avaliação da biodisponibilidade, vários estudos *in vitro* têm sido desenvolvidos simulando as etapas e condições da digestão no organismo, como a temperatura, os movimentos peristálticos e a composição química e enzimática da saliva, do suco gástrico, do suco duodenal e do suco biliar. Esses estudos atualmente utilizam membranas de diálise e/ou modelos baseados em cultura celular, como as células da linhagem Caco-2.

Técnicas de microscopia são amplamente utilizadas para estudos de contaminantes de alimentos, mas a microscopia eletrônica de varredura (MEV) é uma técnica desenvolvida para a observação e análise detalhada das características microestruturais de materiais sólidos, e permite a aquisição de imagens com grandes aumentos e detalhes muito finos, além de prover informações de composição química e estrutural de inúmeros tipos de amostras. Um diferencial da técnica é sua associação a detectores de difração de elétrons retroespalhados (EBSD) e de elétrons secundários (GSD) para baixo vácuo, aplicados, respectivamente, para avaliação de propriedades microestruturais de materiais cristalinos e para caracterização topográfica de materiais não condutores.

Um exemplo de aplicação dessas técnicas avançadas é o estudo da segurança de **nanoestruturas e nanopartículas** adicionadas a alimentos e em embalagens. Estudos para caracterização dimensional utilizando equipamentos de análise de partículas na superfície dos materiais (via MEV) ou para quantificação da sua migração para alimentos (via ICP-MS), estudos de biodisponibilidade *in vitro*, assim como estudos de metabolização e excreção são fundamentais para o diagnóstico correto e certificação da segurança.

Por outro lado, serão cada dia mais importantes as ferramentas para **testes rápidos**, dedicados ao monitoramento, controle e inspeção, desde análises de contaminantes ambientais, de resíduos de defensivos agrícolas, de micotoxinas, microrganismos patogênicos, entre outros.

A aplicação de tecnologias de detecção rápida e a combinação de inteligência artificial, biossensores e biologia molecular, entre outras, poderão vir a ser ferramentas importantes para o monitoramento e controle de muitos perigos (FAO, 2022).

A rapidez na obtenção dos resultados, a detecção de problemas *in loco*, com ações de correção imediatas, a integração de dados via *Big data* e a possibilidade de interpretação dos resultados remotamente por especialistas são algumas das grandes expectativas da integração de métodos rápidos e as ferramentas de TI. Entretanto, eles não dispensam os métodos analíticos complexos e confiáveis, que são fundamentais para o **desenvolvimento e calibração dos testes rápidos**.

**Técnicas de genômica** deverão ser cada vez mais utilizadas para avaliação e prevenção de contaminação microbiológica, inclusive para diagnóstico da origem de contaminações.

As **tecnologias ômicas**, como genômica, metagenômica e transcriptômica, continuarão a ser ferramentas imprescindíveis no futuro para a vigilância e controle da resistência dos microrganismos a antibióticos em diferentes ambientes, principalmente com relação à seleção, disseminação e distribuição de bactérias resistentes a antibióticos, além de possibilitar estudos aprofundados para a compreensão do mecanismo de resistência aos antibióticos.

Abordagens metagenômicas e metabolômicas também serão aplicadas para avaliação da segurança de novas fontes alimentícias, como algas, águas-vivas cruas e insetos, por exemplo.

Técnicas de **sequenciamento genético e análise dos metabólitos** (estudo de metaboloma) serão cada vez mais empregadas na investigação da possibilidade de produção de toxinas, a exemplo das micotoxinas. Atualmente já existem bancos de dados que conservam a sequência e a organização genômica das vias de biossíntese de micotoxinas, permitindo a previsão do potencial de uma determinada cepa para produzir micotoxinas, com base em sua sequência de genoma e pela bioinformática.

A tecnologia **sequenciamento completo do genoma** (WGS) tem potencial para desempenhar um papel significativo na área de segurança alimentar (FAO, 2016), permitindo a identificação, mitigação e prevenção rápidas e precisas de problemas de segurança, reduzindo perdas econômicas e o desperdício de alimentos.

Na avaliação do **potencial alergênico de proteínas** produzidas, tem sido usada a análise comparativa de sequência genética, buscando no genoma do microrganismo regiões de homologia

com as de proteínas dos oito principais alimentos ou grupos de alimentos alergênicos (leite, ovos, peixes, crustáceos, nozes, amendoim, trigo e soja), em comparação com as sequências depositadas em bancos de dados como o *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) ou o *Protein and FARRP's Allergen On-line* (FDA GRN Nº 904/2021).

Um grande desafio para o futuro da gestão de *food safety* reside na **evolução necessária para as avaliações de risco**, tanto de novas fontes de alimentos ou ingredientes até para estudos relativos à segurança de **substâncias não-intencionalmente adicionadas** (*Non-Intentionally Added Substances* – NIAS) em materiais de embalagem ou para aprovação de nanopartículas para uso em materiais para contato com alimentos.

Segundo a FAO (2022), o conhecimento científico também está alterando a forma de **avaliação de risco**, sendo de grande importância para a gestão de *food safety* que a comunidade global esteja preparada para acompanhar essa evolução.

Outro exemplo é a necessidade da **avaliação da eficácia** de conservantes ou de métodos de conservação alternativos, que requerem a condução de Testes Desafio, inclusive utilizando patógenos de interesse para a segurança de alimentos de baixa acidez. Nesses casos, também deve ser investigada a possibilidade de desencadeamento de reações secundárias, que podem alterar as características organolépticas do alimento ou gerar contaminantes desconhecidos.

Além disso, **novas abordagens metodológicas** (NAMs) para avaliação da segurança toxicológica de novas substâncias devem ser priorizadas para minimizar testes em animais. São métodos alternativos que empregam abordagens *in vitro*, *in silico* e *in chemico*. Segundo a EFSA (2022), é crucial construir confiança nas NAMs e promover sua aceitação e adoção em um contexto regulatório, sendo fundamental investir significativamente na avaliação e validação desses métodos por meio de estudos de caso.

Outra questão que requer evolução é a **avaliação de misturas químicas**. Atualmente, a avaliação de risco de produtos químicos é baseada principalmente na avaliação de substâncias químicas individuais. Na prática, porém, humanos, animais e o meio ambiente estão expostos simultaneamente a produtos químicos de várias fontes. Abordagens específicas deverão ser implementadas para avaliar a exposição combinada a vários produtos químicos (EFSA, 2022).

Para a FAO (2022), o **estudo dos microbiomas** trará uma nova perspectiva para a caracterização dos perigos microbia-



nos associados aos alimentos, assim como permitirá conhecer melhor o efeito da alimentação sobre as ações metabólicas do microbioma e suas consequências para a saúde humana.

Para acompanhar esses desenvolvimentos, é importante explorar de maneira proativa quais **aspectos da avaliação de segurança precisam ser ajustados**. Dependendo do caso, alguns aspectos da avaliação de risco podem precisar de consideração adicional, ou mesmo, podem haver situações em que alguns requisitos de dados regulatórios não sejam aplicáveis e a avaliação de risco poderá ser simplificada (EFSA, 2022).

Com relação à **prevenção de fraudes**, as empresas precisarão ser mais proativas no policiamento da integridade de suas relações de fornecimento, organizando suas próprias auditorias, se necessário. As empresas com visão de futuro se tornarão as primeiras a adotar tecnologias emergentes, como códigos de barras biológicos, a fim de melhorar a rastreabilidade. É recomendável que as empresas realizem uma avaliação de vulnerabilidade para identificar possíveis áreas de fraude alimentar ou adulteração maliciosa de produtos (FAO, 2022).

Outro eixo que deverá ser ampliado para a evolução da gestão de *food safety* é o **trabalho cooperativo em rede**, seja de pesquisa, de laboratórios e/ou de reguladores, para troca de experiências, otimização de recursos e potencializar resultados, evitando retrabalho e dispersão de investimentos.

Bancos de dados públicos e a interligação de base de dados serão ferramentas cada vez mais necessárias para facilitar a análise e o diagnóstico de perigos e para avaliação de risco. Alguns exemplos já em prática são os bancos de dados de proteínas e de outros alérgenos criados a partir de análise do genoma completo ou de bioinformática de proteoma (FDA GRN n. 904/2021).

Muito útil também será a criação de redes de apoio entre órgãos de Governo e o setor produtivo, para detecção de ocorrências de surtos ou mesmo para identificação e segregação rápida de ingredientes adulterados.

Nos próximos anos, espera-se também que a colaboração da comunidade científica intensifique a análise do impacto das variáveis ambientais relacionadas às mudanças climáticas, por exemplo, sobre a produção e ocorrência de micotoxinas em alimentos.

Um movimento mundial, que tem se fortalecido nos últimos anos e certamente se acentuará na próxima década, é o de **ciência aberta** (*Open Science*), que tem por objetivo tornar o conhecimento científico aberto e compartilhado para a comunidade científica de diferentes países e para toda a sociedade, envolvendo, inclusive, a disponibilização de acesso a dados primários de pesquisa, que, certamente, permitirá acelerar os processos de geração de conhecimento, além de otimizar os investimentos em pesquisa, em benefício da gestão de *food safety*.



# INTERDISCIPLINARIDADE NA GOVERNANÇA DA SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

A inserção da segurança dos alimentos como tema indissociável de políticas públicas de nutrição humana, nutrição animal, segurança alimentar e sustentabilidade do sistema alimentar, justifica a macrotendência de **Interdisciplinaridade na Governança da Segurança dos Alimentos**.

Apesar da área de *food safety* ser, intrinsecamente, **multidisciplinar**, o estreitamento de vínculos entre diferentes políticas públicas, algumas vezes com conflitos de interesse em potencial, tenderá a demandar um modelo de governança da segurança dos alimentos mais aberto e com visão holística sobre os sistemas alimentares e suas interações.

Os sistemas alimentares envolvem inúmeras **etapas interligadas** e em constante evolução, desde a produção agropecuária, processamento, distribuição até o consumo dos alimentos, cada uma envolvendo vários processos, cadeias produtivas e inúmeros e diferentes *stakeholders* (FAO, 2022).

Segundo a *World Health Organization* (2022), a governança da segurança dos alimentos envolve a **ORQUESTRAÇÃO DE TODOS OS STAKEHOLDERS** dos sistemas alimentares que contribuem para assegurar a saúde e o bem-estar das pessoas.

Também para a FAO (2019), a gestão da segurança dos alimentos deve ser **compartilhada** entre todos os envolvidos na cadeia. Considera que, por estarem sendo os alimentos produzidos e processados em quantidades crescentes e distribuídos em distâncias cada vez mais longas, torna-se necessária a colaboração, contribuição e responsabilidade de todos os envolvidos neste processo.

A OMS (WHO, 2022) destaca o desafio da coordenação das funções de **diferentes agências reguladoras e de pesquisa** em toda a cadeia alimentar, em nível local, regional e nacional, e para garantir a imparcialidade e a ausência de conflitos de interesse, considerando que as melhorias futuras em segurança alimentar e saúde pública depen-

derão, em grande parte, de quão bem vários setores colaboram, coordenam e compartilham informações.

Dado que o contexto global dos sistemas agroalimentares está em constante mudança, é importante reconhecer a **crecente interconexão, complexidade e multidimensionalidade** da segurança alimentar, sendo a segurança dos alimentos um tema essencial (FAO, 2022).

Ainda, segundo a FAO (2019), a segurança dos alimentos faz parte da abordagem de **Saúde Única (One Health)**, a qual trata de forma integrada a maneira de se prevenir e mitigar ameaças à saúde nas interfaces animal-homem-ambiente, conforme a Figura 7.

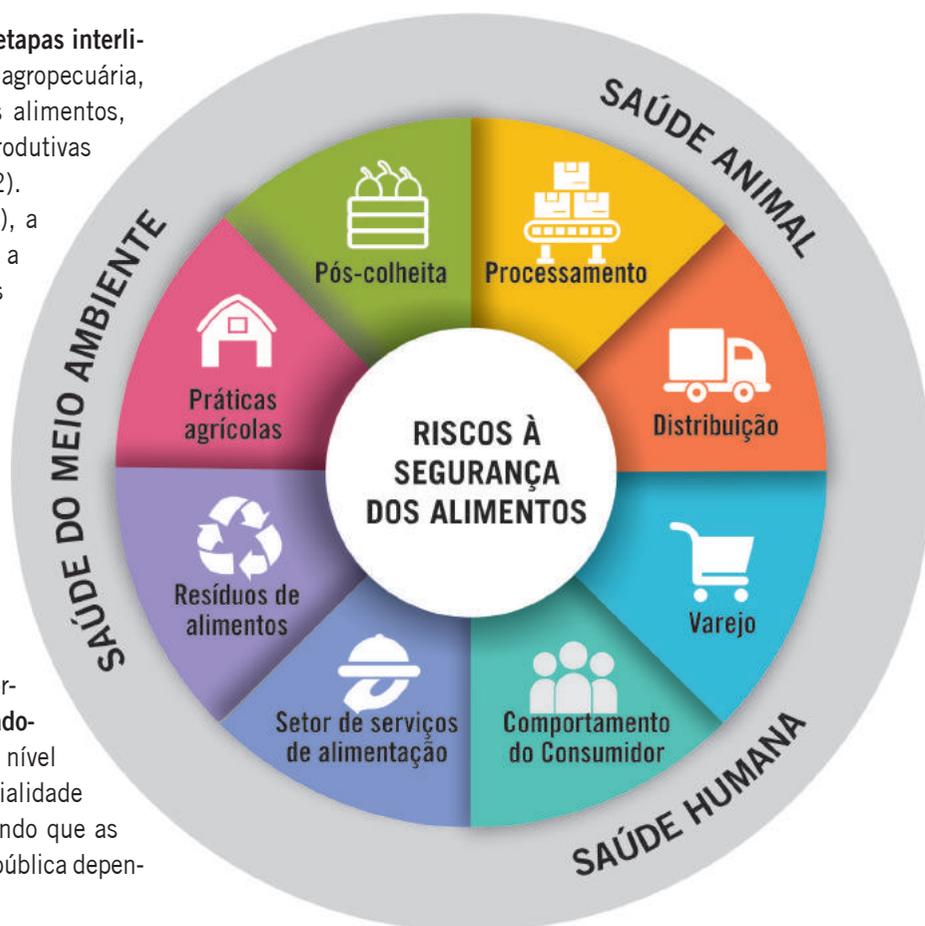


FIGURA 7 | Abordagem de Saúde Única: combatendo riscos à saúde na interface humana-animal-meio ambiente (FAO, 2019).

A abordagem *One Health* reconhece os **vínculos indissociáveis** entre a saúde humana, animal e dos ecossistemas e visa abordar questões multidisciplinares complexas, questões para melhorar a saúde pública e os meios de subsistência, salvaguardar os recursos naturais e transformar os sistemas agroalimentares.

Ao abraçar a abordagem *One Health* busca-se garantir uma saúde mais integrada, transdisciplinar e colaborativa (EFSA, 2022).

A implementação da abordagem *One Health* **exigirá novas habilidades e educação** em ciência de sistemas, com ênfase na integração científica e compromisso de trabalhar em conjunto para objetivos mais amplos.

Para a OMS (2022), os riscos emergentes à saúde devem ser avaliados e tratados usando uma **abordagem multissetorial** envolvendo especialistas em saúde humana, medicina veterinária, meio ambiente, agricultura, vida selvagem, fitossanidade, microbiologia e epidemiologia, entre outros.

É consenso que as recomendações científicas sobre segurança alimentar e nutrição terão que atender novas metas políticas e demandas sociais por alimentos seguros, nutritivos e sustentáveis.

As instituições envolvidas com assessoria científica em saúde pública, proteção ambiental, segurança alimentar e nutrição deverão trabalhar mais estreitamente e se preparar para os desafios de um mundo em rápida mudança.

**Redes de pesquisa transdisciplinares** deverão apoiar a gestão de riscos em *food safety*, desde os formuladores de políticas públicas e órgãos reguladores até o setor produtivo e de serviços. Os investimentos e fomento à pesquisa, por sua vez, deverão priorizar os projetos multidisciplinares dessas redes para geração de conhecimento e apoio aos gestores de *food safety* nas tomadas de decisão.

A *European Food Safety Authority* (EFSA) relatou recentemente o sucesso **de trabalhos integrados e multidisciplinares** de agências europeias com abordagem *One Health* nas áreas de zoonoses, resistência antimicrobiana e saúde das abelhas e, mais recentemente, em avaliação de risco ambiental (EFSA, 2022).

Segundo Carneiro, Pettan-Brewer (2021), as **medidas inter-setoriais e interdisciplinares** e a visão unificada dos cuidados de saúde serão fundamentais para atingir os **Objetivos da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável** (UN, 2015), para os quais a Segurança dos Alimentos tem contribuição direta nos ODSs 2, 3 e 8 (WHO, 2022).



FIGURA 8 | Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Fonte: Nações Unidas Brasil (2023)

## EVOLUÇÃO DO SISTEMA REGULATÓRIO

Alimento seguro é determinante para a saúde do consumidor. É um direito básico da população ter acesso a alimentos seguros, nutritivos e saudáveis. Os governos devem liderar e garantir que os alimentos atendam aos padrões de segurança, através do estabelecimento de uma legislação efetiva e de um sistema nacional de controle dos alimentos.

A macrotendência de **evolução do sistema regulatório** reside na necessidade de o sistema regulatório atual acompanhar o ritmo das mudanças em curso no mercado e na gestão e governança de *food safety*, para aumentar sua eficiência e manter a eficácia regulatória.

As evoluções dos sistemas regulatórios devem ser **baseadas na ciência** e serem transparentes e oportunas para não prejudicarem a inovação e os desenvolvimentos técnicos e mercadológicos e, ao mesmo tempo, protegerem a saúde do consumidor.

Cada vez mais, o papel de todas as partes envolvidas deve ser levado em consideração, aplicando uma abordagem multisetorial e holística. Ao se adaptar às mudanças é fundamental promover a **harmonização da política e da regulamentação** de segurança de alimentos em todos os setores e fronteiras, para proteger a saúde dos consumidores e facilitar práticas justas no comércio de alimentos (FAO, 2019).

As inovações e a regulamentação da segurança de alimentos deverão apresentar um **nível estreito de interação**. Embora a inovação possa fornecer a solução para muitos dos desafios atuais, os formuladores de políticas públicas precisarão garantir que as inovações efetivadas nos sistemas alimentares mantenham ou melhorem a saúde pública e facilitem o comércio. Assim, as políticas públicas e o sistema regulatório de alimentos precisarão ser favoráveis à inovação, mantendo os alimentos seguros, acessíveis e nutritivos (FAO, 2019).

Para que isso seja possível, os formuladores de políticas públicas e reguladores, a academia, a indústria e o consumidor precisarão dialogar continuamente para estabelecer confiança por meio da **transparência e do compartilhamento de informações** ao longo de toda a cadeia da produção de alimentos. Os riscos e os benefícios das inovações, como por exemplo, desenvolvimento de novos ingredientes e produtos e novas tecnologias de produção de alimentos, devem ser informados aos legisladores pelos *stakeholders* assim que possível, de maneira eficiente

e completa, para que padrões, normas e diretrizes existentes possam ser revisados e atualizados ou que novos padrões de qualidade e novas diretrizes ou guias possam ser estabelecidos.

A eficiência dessa interação e troca de informações pelas partes envolvidas será fundamental para a **atualização e aperfeiçoamento dos marcos regulatórios** relativos à *food safety*.

Como base estruturante da evolução do Sistema Regulatório em *food safety*, o papel do **Codex Alimentarius** da FAO/OMS deverá ser fortalecido pela sua abrangência mundial.

O *Codex Alimentarius* deverá exercer cada vez mais o **papel fundamental** de estabelecer e harmonizar padrões e normas de qualidade de alimentos a serem adotados no mundo todo para proteção da saúde dos consumidores. O *Codex Alimentarius* é uma coleção de normas alimentares internacionais, diretrizes e códigos de prática que contribuem para a segurança, qualidade e para o comércio internacional de alimentos justo e equilibrado (CODEX, 2023).

O Codex continuará a ser um valioso recurso, baseado em ciência, que fornece uma base para a segurança e a qualidade dos alimentos e é utilizado como referência para os governos no estabelecimento das normas nacionais. No entanto, com a evolução dos sistemas alimentares e do comércio, o Codex precisará enfrentar desafios novos e emergentes de forma oportuna e eficiente, mantendo atualizados os padrões existentes. Para isso, o Codex precisará envolver uma gama mais ampla de *stakeholders* relevantes e organizações observadoras (por exemplo, academia, ONGs, setor privado, consumidores). Além disso, para garantir o envolvimento efetivo nas atividades do Codex, os países membros deverão desenvolver e fortalecer continuamente o envolvimento das partes interessadas em todos os setores, produzir os dados científicos necessários e participar efetivamente do desenvolvimento de projetos de padrões e diretrizes (FAO, 2019).

Complementando, o Codex precisará **enfrentar o desafio** de adotar novos desenvolvimentos tecnológicos para evitar divergências regulatórias entre países de alta renda, ao mesmo tempo em que deverá evitar a criação de barreiras para a harmonização das regulamentações de segurança de alimentos dos países de baixa renda e sua participação no comércio internacional.

Sem dúvida alguma, a harmonização dos padrões alimenta-

res é uma ferramenta poderosa para tornar o comércio menos oneroso e mais inclusivo. Os padrões internacionais desenvolvidos pela Comissão do *Codex Alimentarius* são usados em todo o mundo para harmonizar os regulamentos de segurança de alimentos e são reconhecidos no Acordo da Organização Mundial de Comércio (OMC) sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (SPS) como o ponto de referência internacional para a segurança de alimentos. A **harmonização internacional** dos regulamentos de segurança de alimentos favorecerá o aumento da confiança do consumidor.

Paralelamente, os blocos econômicos, como União Europeia e Mercosul, continuarão a exercer muita influência nos regulamentos de *food safety*, dada a missão de harmonização de legislações para permitir o livre comércio entre os países membros.

Os blocos econômicos visam à cooperação econômica e política entre os países membros e, entre outros objetivos, a livre circulação de bens, serviços e fatores produtivos, através, entre outros, da eliminação dos direitos alfandegários e restrições não tarifárias à circulação de mercadorias e de qualquer outra medida de efeito equivalente. Sendo assim, os Estados Partes têm o compromisso de **harmonizar suas legislações**, nas áreas pertinentes, para alcançar o fortalecimento do processo de integração.

O grande desafio será acelerar o processo de harmonização para poder acompanhar o ritmo das inovações e das transformações, que cada vez mais influenciarão a gestão da segurança dos alimentos.

Atualmente, o que se observa é que, em muitos casos, na prática, a harmonização da legislação é morosa, seja na elaboração de novos documentos ou na atualização das resoluções e regulamentos já existentes, o que impacta fortemente

o setor produtivo. Isso é particularmente percebido pelo setor de embalagens para contato com alimentos, uma área de produtos e processos que não está vinculada ao *Codex Alimentarius* e, portanto, não há diretriz geral a ser seguida.

Cada grupo econômico ou mesmo países, como Estados Unidos, China e Japão, por exemplo, desenvolvem suas próprias regulamentações, que, embora tenham o mesmo princípio, evitar a contaminação dos alimentos e assegurar a saúde do consumidor, não são semelhantes nos procedimentos ou requisitos. Será fundamental para a evolução do sistema regulatório que sejam reavaliados os procedimentos desses blocos econômicos para atualização mais rápida das legislações já existentes e que mecanismos para um possível **reconhecimento mútuo** entre legislações, formuladas com base na ciência e no conhecimento científico e fundamentadas na proteção do consumidor, sejam aceitáveis de forma ampla.

Cabe também reforçar que a harmonização das legislações nesses blocos só será eficiente com a **participação efetiva de todos** os *stakeholders* envolvidos, especialmente com disponibilização de estudos científicos que garantam a segurança do produto (seja embalagem, alimento ou um novo processo) em estudo.



Paralelamente à atualização dos marcos regulatórios, será cada vez mais importante o papel dos **sistemas nacionais de controle de alimentos**, para proteção da saúde da população e para garantia de práticas justas no comércio de alimentos, tanto em nível nacional quanto internacional. Qualquer que seja a arquitetura de um sistema nacional de controle de alimentos, deve-se garantir que seja eficaz em alcançar seus objetivos e que os recursos, normalmente limitados, estejam direcionados às prioridades corretas. A **medição do desempenho** desses sistemas deverá ser constantemente aprimorada, de forma a avaliar sua eficiência, e identificar áreas que precisam de melhoria, a fim de direcionar investimentos. Acompanhar o progresso também é um sinal claro de transparência e responsabilidade. Em um sistema nacional de controle de alimentos é fundamental construir a confiança das partes interessadas nacionais e internacionais para abrir novos mercados e melhorar aqueles já existentes.

Para tanto, a FAO/OMS disponibilizaram uma **ferramenta de avaliação do sistema de controle de alimentos** para apoiar o planejamento dos governos para o futuro, uma vez que ajuda as autoridades governamentais responsáveis a avaliar a adequação dos recursos e a relevância de seus controles e sistemas de vigilância da segurança de alimentos. Essa ferramenta também apoia as autoridades competentes em revisar suas interações com as partes interessadas, como operadores da cadeia alimentar, consumidores e parceiros comerciais, e avalia se as decisões estão sendo tomadas com espírito de melhoria contínua (FAO/WHO, 2021).

Ao definir os requisitos regulatórios, os sistemas nacionais de controle deverão ser implementados e precisarão considerar toda a cadeia de alimentos e adotar uma abordagem baseada no risco. Deverão ser **fortalecidos os vínculos entre os sistemas alimentares**, os sistemas nacionais de controle de alimentos entre diferentes países, o que apresenta desafios e oportunidades. Esses sistemas nacionais deverão cada vez mais serem focados, responsivos, capazes, flexíveis e adequados ao propósito, o que certamente estimulará a modernização da gestão de *food safety*. Não importa quão bem estabelecido seja um sistema, revisão regular, ajuste e melhoria contínua são essenciais para sua evolução.

A evolução do sistema de segurança de alimentos engloba, segundo a OMS (2022), **cinco prioridades estratégicas** que deverão ser seguidas na elaboração de sistema de monitoramento de alimentos: estabelecimento de um sistema de monitoramento robusto, moderno e harmonizado (1), sistemas proativos e equipados para identificar, avaliar e responder a questões já

existentes e as emergentes devido às transformações globais (2), deverão ser baseados em evidências científicas comprovadas e fazer uso de informações da cadeia alimentar e de avaliação de risco na tomada de decisões (3), fortalecer o envolvimento das partes interessadas e a comunicação de riscos (4) e, por último, os sistemas de segurança de alimentos e monitoramento devem ser eficientes em termos de custo para serem realizados em todos os níveis (custo-benefício) (5).

A estrutura, os objetivos dos **controles nacionais de alimentos**, assim como as competências e responsabilidades de cada uma das autoridades responsáveis pelo monitoramento deverão estar totalmente descritos na legislação, juntamente com as funções nacionais, estaduais ou locais envolvidas na segurança de alimentos. É importante que o sistema seja continuamente revisto e atualizado frente a novos conhecimentos, de forma a acompanhar as mudanças e inovações que possam ocorrer nos sistemas alimentares. As obrigações das empresas, as quais têm a responsabilidade primária de produzir alimentos seguros, também deverão estar descritas de forma clara, o que inclui a responsabilidade de desenvolver e implementar sistemas de gestão de risco de segurança de alimentos, baseados em evidências para cada uma de suas operações. Um **sistema de monitoramento** robusto, eficiente e transparente será cada vez mais essencial para aumentar a confiança do consumidor nos alimentos comercializados.

Na evolução de um sistema regulatório e para um sistema de controle de alimentos moderno e eficiente é evidente a necessidade de **interação entre todas as partes interessadas** e envolvidas nos sistemas alimentares e de **investimento**, por parte dos governos, em estruturas eficientes e com equipes capacitadas. Todos têm responsabilidade pela segurança de alimentos que produzem e comercializam. Sem a troca de informações e dados científicos de forma transparente e sem o estabelecimento de confiança entre todos não será possível evoluir para um sistema regulatório confiável e com capacidade de enfrentar os desafios de um mundo em constante mudança.



# INFORMAÇÃO E EDUCAÇÃO SOBRE SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

**Informação e educação sobre segurança dos alimentos** é mais que uma macrotendência, é uma necessidade para a promoção de alimentos seguros, nutritivos e sustentáveis.

Segundo a FDA (2020), a **cultura de segurança dos alimentos** é um dos pilares do futuro da *food safety*. Deve-se promover, apoiar e fortalecer a cultura de segurança dos alimentos desde o campo e o processamento nas indústrias até o manuseio e consumo nas residências. A cultura em segurança dos alimentos foi fortalecida durante a pandemia de Covid-19, no sentido de proteger os trabalhadores do setor alimentício e educar a população sobre as formas de consumir alimentos seguros em casa. A promoção desta cultura, em toda cadeia de alimentos e para todos os *stakeholders* envolvidos, é um pré-requisito para a gestão eficaz da segurança dos alimentos.

Há **duas perspectivas** com relação à informação e educação sobre segurança dos alimentos: a voltada à capacitação dos *stakeholders* para identificar, controlar ou evitar perigos ao longo de todas as etapas dos sistemas alimentares e outra com foco na preparação do consumidor para suas decisões de compras e para que possa se prevenir de perigos de serviços de alimentação ou do preparo e conservação dos alimentos no lar.

No contexto das indústrias de alimentos, a direção da empresa deve promover uma cultura positiva de segurança de alimentos, reconhecendo a importância do comportamento humano no fornecimento de alimentos seguros e incentivando práticas apropriadas de segurança de alimentos (FDA, 2023).

A **capacitação dos stakeholders** dependerá de ações da gestão de *food safety* no sentido da educação formal e técnica e para disseminação de informações e boas práticas e, ainda, para capacitação e engajamento visando a promoção da cultura de inocuidade. Por parte dos reguladores, caberá ainda a comunicação das evidências cien-

tíficas utilizadas nas avaliações de risco e a orientação sobre as premissas para cumprimento de normas e regulamentos, em sintonia com as diferentes realidades.

A informação e educação para a segurança dos alimentos também é uma estratégia fundamental para a consolidação de uma **relação de confiança** entre reguladores, produtores de matérias-primas, indústria de alimentos, operadores do varejo e distribuição, serviços de alimentação, mídia e consumidores.

O maior desafio, no entanto, estará na **comunicação com o consumidor**, cuja interface muitas vezes envolve influenciadores, chefes, educadores e gurus, muitas vezes com pouco domínio sobre o tema, além da mídia ativista, que manipula informações confundindo o consumidor.

Em sua proposta de **estratégia global para food safety**, a OMS (2022) defende fortalecer o envolvimento do setor produtivo e de seus *stakeholders* na comunicação dos perigos e riscos, como parte importante da formação da cultura de segurança dos alimentos, assim como estabelecer plataformas para um diálogo construtivo com diferentes setores da sociedade, facilitando a comunicação, educação e engajamento com os consumidores.





Segundo a OMS (2022), um dos principais desafios é “canalizar **informações relevantes e reais** para os consumidores, dada a proliferação de plataformas de mídia social e a disseminação de informações falsas e potencialmente prejudiciais”, de modo a evitar que “informações imprecisas possam se espalhar ampla e rapidamente, causando ansiedade e medo entre os consumidores”. Segundo King *et al.* (2017), é indispensável fornecer aos consumidores e outras partes interessadas, informações imparciais, confiáveis e estritamente baseadas na ciência, sobre riscos e benefícios.

Para a OMS (2022), uma ferramenta simples, mas potencialmente eficaz para melhorar os resultados da segurança de alimentos é fornecer **informações direcionadas e precisas** aos consumidores, com mensagens sobre *food safety*, dietas saudáveis, como minimizar os riscos associados aos alimentos manipulados, preparados e consumidos em casa e como fazer boas escolhas na alimentação. As autoridades competentes devem reforçar suas habilidades em informar e orientar a população e desenvolver estratégias para priorizar a educação do consumidor sobre segurança dos alimentos (WHO, 2021).

Já para a *European Food Safety Authority* (2022), o esforço em educar o público por meio de comunicação unidirecional não tem sido uma estratégia eficaz para garantir a **confiabilidade na ciência**. Em vez disso, os esforços deveriam se concentrar mais em ouvir melhor e em uma colaboração mais inclusiva e significativa.

A inclusão e a diversidade são importantes, pois podem tornar as avaliações de segurança dos alimentos mais robustas e com mais transparência para a sociedade. Segundo a EFSA, no modelo atual, os impactos da ciência para a sociedade não são claros, pois são apenas comunicados os resultados finais e conclusões. Para ser **relevante na era digital**, será muito mais eficaz uma abordagem voltada para o público durante todo o processo de avaliação de risco.

Como a pandemia da Covid-19 demonstrou, percepções sobre o comportamento humano e compreensão de suas motivações e o contexto social e cultural são necessários para desenvolver iniciativas de comunicação impactantes. Portanto, saber interagir com a população será crucial para aumentar a

eficácia e relevância da comunicação sobre uma cultura de segurança de alimentos (EFSA, 2022).

O estudo elaborado por Wilson *et al.* (2016) apresenta um modelo para a reconstrução da confiança do consumidor no sistema alimentar, propondo como principais estratégias para atingir esse objetivo a **transparência** (a mais importante), foco no consumidor, colaboração com *stakeholders*, proatividade e definição de protocolos e procedimentos.

A própria **relação entre ciência e sociedade** tem se tornado cada vez mais complexa, devido à crescente diversidade de canais de troca de informações e à natureza das interações. Essa maior diversidade amplia a gama de atores científicos e não científicos com quem os consumidores se envolvem, e sobre os temas e preocupações abordados. Além disso, a digitalização mudou fundamentalmente a forma de interação e comunicação com o público.

Corroborando essa constatação, um estudo executado pelo Instituto Gallup, a pedido da organização britânica Wellcome Trust, ouvindo mais de 140 mil pessoas, inclusive do Brasil, verificou que 73% dos brasileiros desconfiam da ciência e 23% consideram que a produção científica pouco contribui para o desenvolvimento econômico e social do país. O mesmo perfil foi detectado em países desenvolvidos, como França e Japão (ANDRADE, 2019). Segundo a Wellcome Trust, “as evidências são um alerta para todos que gostam de pensar na ciência como algo neutro e separado da sociedade em que vivemos”. Para reverter esse processo, **a ciência deverá dialogar mais com a sociedade**, de maneira a construir sua legitimação social e, para tanto, a transparência será fundamental (ANDRADE, 2019).

Nesse contexto, será fundamental estabelecer um **sistema de comunicação eficiente** que integre diversos meios, com destaque para a internet e mídias sociais, de modo a aumentar o índice de confiança das pessoas em relação à segurança dos alimentos produzidos e distribuídos pelo sistema alimentar atual. Conforme observa Hensel (2019), “as empresas que adotarem uma comunicação transparente e autêntica manterão ou reconquistarão a confiança dos consumidores”.



## Macrotendências em Food Safety

A promoção de dietas seguras, saudáveis e sustentáveis, a orientação das escolhas alimentares dos consumidores é muito importante e interessa a todos os *stakeholders* do setor de alimentos. Contudo, a falta de colaboração e consenso sobre as mensagens e canais adequados de comunicação para realizar essa tarefa tende a gerar efeito contrário ao pretendido, devido à confusão causada por tantas vozes dissonantes que tentam influenciar as pessoas, muitas vezes sem fundamentação científica consistente.

Portanto, será importante que os profissionais de segurança dos alimentos sejam proativos na **criação e manutenção de canais de mídia social** e meios de divulgação de informações sobre *food safety*, de forma direcionada a atender os diferentes meios de comunicação e consumidores.

A melhor estratégia será promover uma cultura de segurança dos alimentos que oriente o consumo e não com enfoque específico sobre quais alimentos o consumidor deveria ou não optar.

Informação e Educação sobre Segurança dos Alimentos é evidentemente uma macrotendência diante das transformações dos sistemas alimentares e da **necessidade de equacionar visões discrepantes** sobre o conceito de alimento seguro, como ocorrem, por exemplo, na avaliação do papel dos alimentos industrializados na alimentação, de modo a garantir o acesso da sociedade a informações confiáveis e baseadas na ciência.

Conforme a pesquisa FoodThink (TRUST..., 2019), para **conquistar maior confiança dos consumidores**, além de prover produtos saborosos, convenientes e nutritivos, a indústria precisa garantir a segurança dos alimentos. A pesquisa destaca a transparência e o compartilhamento de informações como os fatores mais importantes para construir a confiança nos alimentos. Os consumidores desejam saber do que são compostos os alimentos e como são produzidos, e confiar que as empresas não escondem informações consideradas relevantes. Também na pesquisa das empresas Deloitte Consulting, *Food Marketing Institute* (FMI) e *Grocery Manufacturers Association* (GMA), realizadas para indústrias de alimentos e bebidas, a transparência foi identificada como um valor importante para os consumidores (RINGQUIST *et al.*, 2016).

Os consumidores demandam cada vez mais que os fabricantes

de alimentos tornem disponíveis informações sobre a natureza e origem dos ingredientes, sobre o processo de fabricação e, inclusive, como seus funcionários são tratados. Mas, segundo Hensel (2017), a transparência extrapola deixar as informações acessíveis, é necessário que estas sejam autênticas, que o meio de comunicação seja conveniente e que sejam disponibilizadas no momento adequado.

Além disso, a tarefa das empresas se estenderá além do mero fornecimento de informações. De acordo com o estudo do *Food Marketing Institute* (FMI) e *The Center for Food Integrity* (CFI), a conquista da confiança dos consumidores depende do **compartilhamento de valores** das empresas com os consumidores, que tende a causar impacto entre três e cinco vezes maiores do que a exposição de fatos (TRANSPARENCY..., s.d.).

DANIELS *et al.* (2016) preveem uma demanda crescente dos consumidores por informações transparentes e acessíveis sobre segurança dos alimentos e rastreabilidade, bem como um desejo de informações sobre os impactos pessoais, sociais, econômicos e ambientais de diferentes escolhas alimentares. Em resumo, **os consumidores querem uma maior conexão com os alimentos** que estão comendo.

É bem provável que a maioria dos consumidores não tenha ciência dos perigos inerentes aos sistemas alimentares, muito menos das medidas de controle e de segurança que as empresas de alimentos tomam diariamente para mitigar os riscos. Nesse contexto, a divulgação de **certificações de conformidade e o atendimento aos regulamentos** terão papel cada vez mais cruciais para as empresas de alimentos conseguirem a confiança dos consumidores (DANIELS *et al.*, 2016).

Capacitar os consumidores por meio de comunicação e educação eficazes sobre riscos para fazer escolhas alimentares seguras e saudáveis estimulará ainda mais a indústria a atender a essa demanda, produzindo alimentos seguros, nutritivos e devidamente rotulados. Consumidores educados e informados desempenham um papel importante na promoção de boas práticas de higiene e saneamento no processamento e varejo de alimentos, bem como em mercados de alimentos tradicionais e alimentos de rua (WHO, 2021).



# VISÃO DE FUTURO



## DESAFIOS E DIRETRIZES PARA 2030

Os Objetivos 2030 da ONU para o Desenvolvimento Sustentável ressaltam a necessidade de que a **produção de alimentos seja sustentável e resiliente**, de forma a permitir para todos uma alimentação saudável e acessível, bem como o combate à pobreza, a proteção dos direitos humanos e a recuperação dos ecossistemas (FAO, 2022).

Assegurar a segurança alimentar, reduzir a pobreza e má nutrição, evitar riscos de contaminação e combater os surtos de doenças transmitidas por alimentos, proteger a biodiversidade, valorizar a produção sustentável de alimentos e trabalhar para o bem-estar animal são **grandes desafios atuais** da humanidade, que serão cada vez mais significativos na próxima década (FAO, 2022).

Nesse contexto, o modo como os sistemas agroalimentares evoluirão e se transformarão nos próximos anos terá implicações profundas para a saúde e bem-estar socioeconômico da humanidade, assim como para o meio ambiente. O **conhecimento, a habilidade e a capacidade global** de gerenciar a segurança dos alimentos devem estar alinhados à necessidade de garantir que a população mundial seja sempre adequadamente alimentada, uma vez que **não há segurança alimentar sem segurança dos alimentos**.

Alimentos seguros são a base para dietas saudáveis e sistemas alimentares sustentáveis. O escopo da segurança de ali-

mentos, em particular no que diz respeito à sua vinculação com aspectos nutricionais e de sustentabilidade alimentar, vem se modificando ao longo do tempo em consonância com os avanços em ciência e tecnologia, novas metas políticas e demandas da sociedade. Para responder aos mais recentes desenvolvimentos políticos, a segurança de alimentos deve ser entendida de uma perspectiva mais ampla, garantindo que considerações de **sustentabilidade nutricional e ambiental** sejam levadas em consideração (EFSA, 2022).

Inúmeros **FATORES CRÍTICOS** para os sistemas alimentares e, consequentemente, para a segurança dos alimentos têm influenciado a gestão e a governança de *food safety*, dentre eles as mudanças climáticas, globalização, esgotamento e escassez de recursos naturais, dinâmica populacional, mudanças no comportamento do consumidor, desigualdades sociais, instabilidades geopolíticas, assim como inovações e avanços tecnológicos.

Ciente desses desafios, no Brasil, assim como nos demais países, é essencial a construção de uma **Agenda Positiva** para os próximos anos, capaz de fortalecer a cultura da segurança dos alimentos e preparar o país para acompanhar a evolução da gestão e governança de *food safety*. Várias frentes de trabalho interligadas deverão ser desenvolvidas, alinhadas às diretrizes apresentadas a seguir.



### ORIENTAÇÃO E ARTICULAÇÃO

---

Estruturação de um mapa da capacidade nacional para investigação, geração de conhecimento, informação e apoio à gestão de *food safety*

- Identificar instituições de pesquisa e ensino, empresas e laboratórios envolvidos com temas de segurança de alimentos e suas principais linhas de pesquisa e infraestrutura analítica
- Identificar as principais organizações certificadoras e os escopos de atuação
- Identificar as principais instituições, públicas e privadas, que atuam com consultoria técnica na área de *food safety* e suas especialidades
- Identificar os principais agentes envolvidos na regulação da segurança de alimentos e sua agenda de prioridades
- Mapear as principais mídias especializadas em segurança de alimentos e aquelas que tratam do tema eventualmente
- Catalogar bancos de dados com informações técnicas e científicas de interesse em *food safety*



### CULTURA DE SEGURANÇA DOS ALIMENTOS

---

Disseminação de informações para **promoção de uma cultura de inocuidade de alimentos**

- Disponibilizar informações sobre segurança de alimentos em mídias sociais, bancos de dados, hubs de conteúdo, plataformas de acesso a guias e regulamentos
- Construir plataformas de conhecimento on-line, com cursos e treinamentos sobre gestão de *food safety*
- Desenvolver ferramentas de acesso livre para capacitação e atualização dos diferentes *stakeholders*
- Disponibilizar sistemas práticos de busca de guias e regulamentos sobre segurança de alimentos
- Incentivar o diálogo produtor-consumidor para disponibilização de informações sobre seus produtos
- Combater notícias e informações enganosas e sem base científica



### FINANCIAMENTO ORIENTADO

---

Orientação de **linhas de financiamento**, públicas e privadas, com foco em *food safety*

- Fomentar a implantação de infraestrutura analítica atualizada e competitiva internacionalmente, para pesquisa, investigação, desenvolvimento de metodologias e protocolos analíticos para detecção e quantificação de perigos e avaliação de risco, incluindo métodos rápidos de detecção
- Fomentar o empreendedorismo e a inovação de base tecnológica ao longo dos sistemas alimentares, tanto para implementação de novos modelos de negócio como para fornecimento de ferramentas ágeis para gestão da segurança dos alimentos
- Priorizar o fomento de projetos multidisciplinares desenvolvidos por redes de pesquisa multi-institucionais
- Fortalecer a segurança dos alimentos com investimentos de políticas públicas relativas a alimentos e saúde, inclusive as com foco em desenvolvimento econômico
- Estimular a pesquisa em segurança de alimentos em editais de fomento dedicados ao tema
- Apoiar os estudos multidisciplinares com abordagem de Saúde Única



## COOPERAÇÃO

Articulação de **redes de cooperação técnica e científica**, públicas e/ou privadas, envolvendo academia, reguladores e setor produtivo

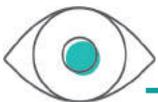
- Estruturar redes de apoio ao monitoramento/vigilância, mapeamento de pontos críticos e detecção de riscos emergentes (surto, resistência antimicrobiana e invasões biológicas de pragas de plantas etc.)
- Fomentar redes multidisciplinares para atuação em *food safety* com abordagem de saúde única
- Acelerar a geração de conhecimento e a governança integradas, visando à evolução da gestão de *food safety*
- Abordar coletivamente a complexidade do tema e conectar e integrar conhecimentos multidisciplinares, dados e experiências
- Promover a cultura de *food safety* nas instituições e entre *stakeholders* para valorizar ecossistemas colaborativos
- Integrar o esforço e a infraestrutura de pesquisa às prioridades das políticas públicas em segurança de alimentos



## CIÊNCIA ABERTA

Fomento à abordagem de Ciência Aberta para **geração de conhecimento no contexto da investigação sobre questões de segurança dos alimentos**

- Adotar a abordagem de ciência aberta pela academia, institutos de pesquisa, laboratórios públicos e privados, inclusive para avaliação de risco
- Capacitar as equipes técnicas e científicas para adotar a política de ciência aberta
- Tornar o conhecimento científico relacionado à segurança dos alimentos localizável, acessível, interoperável e reutilizável para gerenciamento e administração de dados
- Promover a disseminação e o compartilhamento efetivos de dados, a fim de avançar nas avaliações de segurança de alimentos, inclusive para melhorar o diálogo com a sociedade
- Fomentar como abordagem padrão, a política de dados, códigos e metodologias abertos, revisão por pares, acesso aberto e recursos educacionais abertos
- Promover a ciência aberta para melhorar a agilidade e eficácia da geração de conhecimento e para otimização dos custos da gestão de *food safety*



## PROSPECÇÃO CONTÍNUA

Estabelecer e manter um **observatório** de monitoramento de tendências e fatores de influência em *food safety*

- Analisar sistematicamente tendências e criar cenários futuros para orientar a elaboração de políticas e estratégias para gestão de *food safety*
- Fomentar a exploração de oportunidades e o preparo para enfrentar desafios, com foco em aumento de agilidade e resiliência
- Antecipar o desenvolvimento de estudos, procedimentos e metodologias analíticas, visando aproveitar as oportunidades e gerenciar riscos potenciais.
- Desenvolver processos novos e ágeis para testes rápidos e avaliações de risco otimizadas



### RECURSOS HUMANOS

---

#### Formação e retenção de **recursos humanos especializados** nos temas correlatos à *Food Safety*

- Aprimorar as grades curriculares para incorporação do tema de segurança de alimentos de maneira sistemática e abrangente
- Apoiar a capacitação profissional para atuar em áreas analíticas estratégicas e para condução de avaliação de risco
- Identificar áreas de pesquisa e investigação carentes de profissionais especializados
- Apoiar a consolidação e ampliação das equipes de centros de pesquisa de referência em temas inovadores, de forma a permitir a capacitação e transferência de conhecimento
- Fomentar oportunidades de retenção de recursos humanos especializados, de maneira a evitar sua perda para países desenvolvidos
- Fomentar a capacitação de equipes para o trabalho em redes de pesquisa colaborativa e em projetos multidisciplinares



### FERRAMENTAS DE TI APLICADAS À GESTÃO DE *FOOD SAFETY*

---

#### Ampliação da infraestrutura física e capacitação técnica para desenvolvimento e aplicação de **ferramentas de TI** voltadas à gestão de *food safety*

- Implementar políticas de proteção de dados e de governança para aplicações de TI na gestão da segurança de alimentos
- Fomentar estudos para desenvolvimento de métodos rápidos baseados em TI para detecção de contaminantes
- Fomentar a capacitação de recursos humanos para operar sistemas de TI desenvolvidos para aplicações na gestão de *food safety*
- Fomentar a capacitação de recursos humanos para desenvolver sistemas de TI para gestão da segurança dos alimentos
- Estabelecer infraestrutura básica para aplicações de ferramentas de TI
- Estabelecer base regulatória para reconhecimento de dados gerados por ferramentas de TI para certificação de conformidade
- Fomentar o emprego de ferramentas de TI para melhorar a comunicação com o consumidor
- Promover oportunidades de acesso a ferramentas de TI, de forma a evitar a elitização das inovações
- Fomentar o empreendedorismo e a inovação de base tecnológica, visando o desenvolvimento de ferramentas de TI para gestão de *food safety*



## REGULAMENTOS E SISTEMA DE INSPEÇÃO

Evolução dos **marcos regulatórios e sistemas de inspeção** frente às necessidades da sociedade e do mercado, com vistas à garantia da segurança dos alimentos

- Estreitar vínculos entre o setor produtivo, reguladores e instituições de pesquisa e ensino, para acelerar as atualizações dos regulamentos, padrões, guias e protocolos
- Buscar agilizar a harmonização das normas e regulamentos no âmbito do Mercosul
- Estudar a possibilidade de adoção do reconhecimento mútuo entre legislações entre países ou blocos econômicos diferentes
- Fomentar a evolução do Sistema Nacional de Controle de Alimentos, em termos de regulamentos, treinamento e operação
- Promover a abordagem baseada no risco para a evolução dos marcos regulatórios e da inspeção
- Aumentar a divulgação do sistema regulatório e de controle de alimentos para todos os atores das cadeias produtivas



## COMUNICAÇÃO COM A SOCIEDADE

Definição e implantação de **estratégias coordenadas** para melhorar a comunicação com a sociedade sobre temas afeitos à segurança dos alimentos

- Definir estratégias para desenvolver e disseminar a cultura de segurança de alimentos
- Combater *fake news* sobre segurança e valor nutricional de alimentos
- Melhorar os elos e a forma de comunicação da ciência com a sociedade
- Fortalecer o envolvimento do setor produtivo e de seus *stakeholders* na comunicação dos perigos e riscos, como parte importante da formação da cultura de segurança dos alimentos
- Estabelecer plataformas de diálogo construtivo com diferentes setores da sociedade, facilitando a comunicação, educação e relacionamento com os consumidores
- Promover a transparência e acessibilidade das informações na comunicação com o consumidor
- Desenvolver canais de comunicação voltados a crianças e jovens, visando a educação para segurança dos alimentos

## FOOD SAFETY 2030: ROADMAP ITAL

Contribuir para a segurança dos alimentos sempre fez parte da missão do **Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital)**. Essa ação tem sido executada por meio do desenvolvimento de processos de conservação e sistemas de embalagem, da implantação e otimização de métodos analíticos, de estudos para diagnóstico de contaminações, da colaboração com autoridades reguladoras e de disseminação de conhecimento em eventos, treinamentos, assessorias e publicação de livros e manuais técnicos.

Com a determinação de entender e suprir as necessidades da sociedade e do setor produtivo, o Instituto sempre procurou se **antecipar às demandas**, estando sempre preparado para manter seu valor e papel tecnológico em um mercado em constante evolução. Aos 60 anos, sua meta é ampliar a capacidade técnica, infraestrutura e parcerias relevantes, reinventando-se para manter sua contribuição relevante, sustentável e com foco no futuro.

E o futuro começou a ser traçado há alguns anos, com o **Projeto de Evolução do Ital** se desenvolvendo em cinco frentes: sistema de gestão, estudos estratégicos e informação, infraestrutura, atividades de P,D&I e fortalecimento de parcerias, as quais estão em plena expansão.

## Estudos Estratégicos e Informação

Ligada diretamente à diretoria geral da instituição, atua a **Plataforma de Inovação Tecnológica (PiTec)**, um sistema contínuo de monitoramento de tendências e inovações, com a participação de pesquisadores especializados em diferentes segmentos da indústria de alimentos e embalagens. Como decorrência das atividades da Plataforma, na última década foi lançada a **Série Ital Brasil Trends 2020**, com publicações específicas sobre ingredientes, alimentos, embalagens, panificação e confeitaria, bebidas não carbonatadas e produtos de laticínios, assim como a **Série Alimentos Industrializados 2030**, dedicada a diferentes categorias de alimentos industrializados ([www.ital.agricultura.sp.gov.br/pitec#serie2020](http://www.ital.agricultura.sp.gov.br/pitec#serie2020)).

## Sistema de Gestão

O Ital preza pela confiabilidade de seus produtos e serviços, o que envolve seu sistema de gestão da qualidade e de operação de seus laboratórios e plantas piloto.

O Sistema de **Gestão da Qualidade** do Ital é certificado pela DQS do Brasil na norma NBR ISO 9001 há mais de 25 anos e os Laboratórios do Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea) atualmente também possuem ensaios acreditados na norma **NBR ISO/IEC 17025** junto à Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (Cgcre).

O Ital pertence à **Rede Brasileira de Laboratórios Analíticos em Saúde (Reblas)** da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e está credenciado como laboratório oficial para realização de análises fiscais e de monitoramento.



Mais recentemente, criou-se o **Hub de Conteúdo Indústria de Alimentos 2030**, para promover o debate sobre as melhores práticas das indústrias nas áreas de valor nutricional, segurança de produtos, sustentabilidade da produção e responsabilidade social das empresas ([www.industriadealimentos2030.com.br](http://www.industriadealimentos2030.com.br)) e assim contribuir para a disponibilização de informações para a sociedade sobre alimentos industrializados.

Esta publicação, **Brasil Food Safety Trends 2030**, é a mais recente iniciativa e se propõe a tratar dos *drivers*, tendências, desafios e diretrizes para a gestão de segurança de alimentos com a perspectiva de 2030, tendo em vista as mudanças em curso dos sistemas alimentares.



Série Itai Brasil Trends 2020



Série Alimentos Industrializados 2030

Hub de Conteúdo Indústria de Alimentos 2030

# Infraestrutura

A infraestrutura analítica do Itai foi fortalecida nos últimos 5 anos com fomento da **Fundação de Amparo à Pesquisa de Estado de São Paulo (Fapesp)**, por meio do Plano de Desenvolvimento Institucional em Pesquisa (PDIP) do Itai, assim como pelos recursos de investimento em pesquisa do **Governo do estado de São Paulo**, através da Secretaria de Agricultura e Abastecimento (SAA). Para a pesquisa na área de segurança dos alimentos foram adquiridos alguns equipamentos fundamentais, como os destacados a seguir, que vieram se somar à capacidade analítica já existente.

## Estudos de contaminantes químicos

- Sistema de cromatografia **líquida** hifenado à espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (LC-ICP-MS)
- Cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas triplo quadrupolo (CG-MS/MS) com um detector olfativo (Olfatômetro) como acessório
- Cromatógrafo líquido com detector eletroquímico e condutividade
- Laboratório para cultura de células voltado a estudos com células da linhagem Caco-2

## Estudos de nanopartículas e investigação de fraudes

- Microscópio eletrônico de varredura de alta resolução com sistema de microanálise (MEV/EDX)

## Estudos de contaminação microbiológica

- Digitalizador de imagem de DNA e RNA
- Sistema PCR em tempo real
- Sequenciador automático de DNA por eletroforese capilar
- Ultra-Freezer vertical, 525L, com faixa de temperatura -40°C a -86°C
- Laboratório de Teste Desafio com microrganismos patogênicos

## Estudos de segurança em processos em planta piloto

- Autoclave piloto multifuncional e acessórios
- Modernização da climatização e forro isotérmico da planta piloto de produtos cárneos

O equipamento **LC-ICP-MS** pode ser usado para a separação de espécies químicas inorgânicas e para a determinação de metais em baixas concentrações (até partes por trilhão), com baixos limites de detecção. Para as pesquisas na área de segurança de alimentos, o equipamento LC-ICP-MS tem enorme potencial de aplicação em estudos de contaminação de metais em diferentes matrizes de alimentos, bebidas e embalagens.

Esse recurso também amplia a capacitação do Instituto para **estudos de especiação de elementos inorgânicos** em alimentos (selênio, arsênio, mercúrio, antimônio e cromo); estudos de bioacessibilidade e biodisponibilidade de nutrientes minerais e de contaminantes inorgânicos; estudos empregando nanopartículas em embalagens e alimentos; estudos de enriquecimento de alimentos com minerais e estudos de biofortificação; estudos de composição e valor nutricional de alimentos; avaliação de segurança dos alimentos e embalagens a partir de informações sobre a presença de contaminantes inorgânicos, como arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio, atendendo aos limites máximos permitidos pelas legislações nacionais e internacionais; e estudos de migração específica de contaminantes inorgânicos de materiais de embalagem para contato com alimentos.

Ainda para **estudos de biodisponibilidade** de novos ingredientes ou de contaminantes de alimentos, o **Laboratório de Cultura de Células**, implantado no Itai, está capacitado para estudos *in vitro* com células da linhagem Caco-2, visando simular as etapas da digestão no organismo humano.

O **GC-MS/MS (triploquadrupolo)** apresenta altíssima sensibilidade para uso em diversas aplicações voltadas à detecção e quantificação de contaminantes orgânicos, bem como para estudos sobre a migração de substâncias de materiais de embalagem para alimentos. O equipamento conta com um sistema PAL, que permite a extração e injeção automática de amostras em fase líquida ou gasosa. Além disso, dispõe de um injetor multimodo que amplia as formas de introdução de amostras, como o uso de programas de temperatura, injeção *split/splitless* e injeção de grandes volumes. O Injetor Multimodo (MMI) flexibiliza as formas de introdução de amostras, aumentando a sensibilidade do sistema analítico e possibilitando a injeção de compostos termicamente lábeis em uma temperatura mais baixa para atender aos requisitos regulatórios. Por fim, o GC-MS/MS está equipado também com uma porta olfativa Gerstel e 2 bibliotecas para identificação de voláteis (NIST e Wiley), o que possibilita a identificação e caracterização dessas substâncias, ampliando assim o escopo de aplicação.

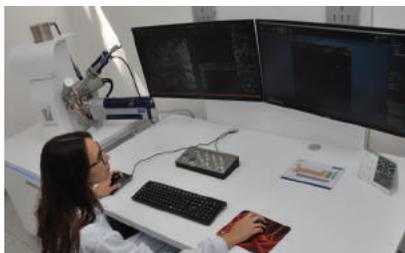
O **MEV/EDX**, marca Tescan, dispõe de fonte de elétrons por filamento de tungstênio, munida de detectores de elétrons secundários (SE) e retroespalhados para alto e baixo vácuo (LE BSE) e para captação de imagens em alta resolução, e de detector de energia dispersiva (EDS) para caracterização elementar de materiais de forma semiquantitativa. O equipamento poderá ser utilizado na avaliação e caracterização de micropartículas para aplicação em nanocompósitos e em embalagens ativas, assim como será uma boa ferramenta para ser explorada na detecção de fraudes em ingredientes de alimentos.

A utilização de **PCR em tempo real** tem permitido ao Laboratório de Microbiologia do Itai a detecção e quantificação rápida de microrganismos patogênicos, deteriorantes, alergênicos e transgênicos em alimentos. O Sequenciador Automático de DNA por eletroforese capilar, por sua vez, tem possibilitado o sequenciamento de genes, descoberta de variantes e genotipagem, identificação e detecção de micro-organismos, análise de variabilidade de fragmentos amplificados (AFLP), estudos evolutivos, dentre outros.

A implantação de infraestrutura adequada para **Testes Desafio** com micro-organismos patogênicos nas instalações do Centro de Tecnologia de Carnes (CTC) do Itai foi um passo importante para o Instituto, por viabilizar condições práticas para avaliação da segurança microbiológica de formulações de diferentes alimentos. Permitirá a comprovação da eficácia de processos combinados de conservação, a exemplo da produção de produtos cárneos curados, os quais apresentam risco de contaminação por *Clostridium botulinum* e *Listeria monocytogenes*, micro-organismos patogênicos de grande preocupação para a saúde pública. Para estudar as variáveis envolvidas no controle do risco, nos Testes Desafio as matérias-primas e/ou os produtos são inoculados com

uma população conhecida de micro-organismos, o processamento é realizado e, ao final, é avaliada a segurança microbiológica do produto acabado. No caso de micro-organismos patogênicos, de maior interesse da pesquisa, os estudos não podem ser realizados em plantas industriais ou mesmo nas plantas piloto do Itai, requerendo uma infraestrutura isolada e dedicada, como a do Laboratório de Testes Desafio implantado.

Com relação à **segurança microbiológica de processos térmicos**, o Itai é referência nacional em estudos de penetração de calor e atua por décadas em pesquisa, desenvolvimento e assistência tecnológica na cadeia produtiva de alimentos termoprocessados, visando à certificação da segurança dos processos. A aquisição da Autoclave Piloto Multifuncional, capaz de processar alimentos em embalagens de diferentes tamanhos e materiais, certamente, trará maior versatilidade e qualidade aos estudos da área, viabilizando o desenvolvimento de inovações e a variação de processos para modelagem de dados que, até um tempo atrás, era apenas realizada apenas em plantas industriais.



Crédito fotos: Antonio Carriero/Itai

### Atividades de P, D & I

As principais **Linhas de Pesquisa do Itai** voltadas à segurança de alimentos são:

- Investigação da incidência e dos fatores determinantes da ocorrência de contaminantes químicos, físicos e microbiológicos em matérias-primas, alimentos in natura e processados
- Desenvolvimento e validação de métodos analíticos para detecção de substâncias alergênicas, contaminantes químicos, físicos e microbiológicos
- Avaliação da exposição de contaminantes químicos pela ingestão de alimentos
- Estudos sobre a migração de componentes de materiais de embalagem para alimentos
- Desenvolvimentos de formulação, de processo e de embalagem, visando à produção de alimentos com menor teor de sal, de açúcar e de conservantes
- Desenvolvimento e avaliação da eficácia de processos de conservação de alimentos
- Estudos de sistemas de fechamento e de integridade de embalagens
- Avaliação de processos de esterilização e pasteurização de alimentos, incluindo estudos de distribuição de temperatura em autoclaves/estufas e de penetração de calor em produtos

Alguns exemplos de **projetos de pesquisa** atualmente em desenvolvimento pela equipe do Itai e que abordam questões de segurança de alimentos são:

- Cacau e chocolates *Bean to Bar*: contaminantes inorgânicos e micotoxinas
- Estudo da bioacessibilidade de elementos inorgânicos essenciais e tóxicos em iogurte de origem vegetal
- Bioacessibilidade e biodisponibilidade da fenilalanina após a digestão
- Biodiversidade de espécies de *Penicillium* isoladas de alimentos brasileiros
- Avaliação da ocorrência de *Salmonella* em pimenta preta utilizando métodos moleculares para detecção e identificação das espécies
- Caracterização do perfil metabólico e biodiversidade de *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp. isolados de queijo canastra
- Segurança da reciclagem mecânica pós-consumo (PCR) de poliolefinas para embalagens de alimentos, bebidas e cosméticos
- Avaliação de contaminantes em materiais submetidos à reciclagem química
- Segurança de aplicações de material celulósico pós-consumo para contato com alimentos, bebidas e cosméticos



## Parcerias

O trabalho integrado da equipe do Itai com entidades externas na área de segurança de alimentos envolve o apoio a iniciativas de regulamentação, assim como para geração e transferência de conhecimento, em prol da evolução da gestão de *food safety*.

O Itai tem uma atuação intensa junto a **órgãos normativos e reguladores**, participando de Comissões e Grupos de Trabalho nacionais e internacionais. A equipe de microbiologia do Instituto, por exemplo, participou ativamente junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do estabelecimento de critérios microbiológicos para alimentos, de códigos de práticas para a prevenção de micotoxinas (Código de Práticas para prevenção de micotoxinas em café, castanha do Brasil, cacau e figo secos do *Codex Alimentarius*) e no estabelecimento de limites máximos toleráveis para micotoxinas. O Centro de Tecnologia de Carnes – CTC do Itai, por sua vez, recentemente colaborou com a revisão dos padrões de identidade e qualidade de diversos produtos cárneos em apoio à atividade organizada pelo Ministério de Agricultura e Pecuária (Mapa), enquanto o Centro de Tecnologia de Embalagem – Cetea apoia fortemente as atividades de harmonização e atualização dos regulamentos junto ao Mercosul, sobre materiais para contato com alimentos sob responsabilidade da Anvisa.

O Instituto também atua como **Laboratório Oficial da Defesa Agropecuária** do estado de São Paulo (CDA/SAA), responsável pelo Serviço de Inspeção de São Paulo (SISP) e Sistema Brasileiro de Inspeção em São Paulo (SISBI), como apoio à fiscalização de produtos de origem animal produzidos e comercializados no Estado.

Recentemente, o Itai apoiou uma iniciativa do **The Good Food Institute** de contribuição para a evolução do marco regulatório sobre proteínas alternativas no Brasil, publicando três estudos envolvendo: proteínas *plant based*, carne cultivada e ingredientes obtidos por processos de fermentação.

O Itai também é a Sede Regional no Brasil do **European Hygienic Engineering & Design Group (EHEDG)**, Grupo Europeu de Engenharia e Desenho Sanitário de Equipamentos), um consórcio mundial de fabricantes de equipamentos, in-

dústrias de alimentos e seus fornecedores, de institutos de pesquisa e universidades e de autoridades de saúde pública, cujo objetivo é promover e melhorar a segurança e higiene no processamento e embalagem de alimentos e bebidas através de treinamento e divulgação sobre a importância de um projeto sanitário de equipamentos.

Além da interação com esse grupo internacional, essa parceria também atua com foco em treinamento e formação de recursos humanos voltados à fabricação, especificação, aquisição e uso de equipamentos seguros, sendo que já foram organizados no Brasil para o público externo, em conjunto, quatro Seminários de Projeto Sanitário para Indústrias de Alimentos, cinco Cursos Avançados de Projeto Sanitário do EHEDG, um Curso Básico de Projeto Sanitário do EHEDG, um Seminário On-line e um webinar sobre Projeto Sanitário para Indústrias de Alimentos.

Um produto da parceria Itai / **Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa do Agronegócio (Fundepag)** que está em desenvolvimento é uma **Plataforma de Assuntos Regulatórios para alimentos, bebidas e embalagens**, cujo objetivo é disponibilizar para o setor produtivo uma ferramenta para solução de problemas e questionamentos relacionados à legislação brasileira e do Mercosul sobre a cadeia de alimentos, bebidas, ingredientes e embalagens de forma segura, atualizada, organizada e facilitada nos idiomas português e inglês. Esta ferramenta foi concebida para suprir uma carência no mercado de informações sobre requisitos regulatórios de embalagens, alimentos e bebidas, disponibilizadas de forma atualizada, rápida e de fácil entendimento.



## Planejando o futuro Objetivos do Itai para os Próximos Anos



### ATIVIDADES DE P,D&I E PARCERIAS

- Estruturar uma rede nacional de detecção de fraudes e não conformidades
  - Ampliar a aplicação de genômica na área de microbiologia, com a implantação de métodos moleculares para identificação de microrganismos (*fingerprint*), análise de microbioma através de metagenômica e análises filogenômicas de microrganismos de diferentes ecossistemas
  - Sedar um Centro de Ciência para o Desenvolvimento da Fapesp (ou estrutura multi-institucional equivalente) sobre temas avançados em segurança de alimentos, envolvendo ferramentas de rastreabilidade, testes rápidos para detecção de contaminantes, novas abordagens metodológicas para avaliação da segurança toxicológica de novas substâncias (*in vitro*, *in silico* e *in chemico*), entre outros



### SISTEMA DE GESTÃO

- Estudar a viabilidade de credenciamento dos laboratórios do Itai junto ao Mapa



## ESTUDOS ESTRATÉGICOS E INFORMAÇÃO

- Consolidar junto à PiTec a prospecção sistemática de *drivers* e tendências em *food safety*
- Contribuir com ferramentas de comunicação voltadas à cultura de segurança dos alimentos
- Implantar bancos de dados com sistema de busca inteligentes sobre temas relevantes para a segurança dos alimentos



## INFRAESTRUTURA

- Ampliar a infraestrutura analítica por meio da aquisição de um cromatógrafo líquido de alta resolução, com sistema de tempo de voo/espectrometria de massas (LC/Q-TOF/MS) para aplicações em estudos de contaminantes orgânicos não voláteis, especialmente para estudo de NIAS em materiais de embalagem

# ITAL

# REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

**3-A SANITARY Standards Inc.**, 2022. Disponível em: <https://www.3-a.org/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

A DANGEROUS Food disconnect: When Consumers Hold You Responsible But Don't Trust You. **The Center for Food Integrity**, 2018. Disponível em: [https://www.foodintegrity.org/wp-content/uploads/2018/01/CFI\\_Research\\_8pg\\_010918\\_final\\_web\\_REV2-1.pdf](https://www.foodintegrity.org/wp-content/uploads/2018/01/CFI_Research_8pg_010918_final_web_REV2-1.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

**A MESA dos brasileiros**: transformações, Confirmações e Contradições. Fiesp/Ciesp, 2018. Disponível em: <http://hotsite.fiesp.com.br/amesadosbrasileiros>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ABDELMOTELEB, M.; ZHANG, C.; FUREY, B.; KOZUBAL, M.; GRIFFITHS, H.; CHAMPEAUD, M.; GOODMAN, R. E. Evaluating potential risks of food allergy of novel food sources based on comparison of proteins predicted from genomes and compared to www.AllergenOnline.org. **Food and Chemical Toxicology**, v. 147, p. 1-40, 2021.

ABUD, A. C. S.; SILVA, M. G. D. Prospective study of food and prebiotic ingredients patents. **Revista INGI-Indicação Geográfica e Inovação**, v. 4, n. 4, p. 994-109, 2020. ISSN 2594.8288.

ABUJAMRA, T. **FSSC 22000**: os primeiros passos para quem quer entender. Ifope Educacional, 2021. Disponível em: <https://materiais.ifopecom.br/ebook-fssc-22000>. Acesso em: 26 jun. 2023.

ADITIVOS e ingredientes: plantas e extratos vegetais na indústria alimentícia, 2012.

AFAH-HEJRI, Leili; HAJEB, Parvaneh; EHSANI, Reza J. Application of ozone for degradation of mycotoxins in food: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 4, p. 1777-1808, 2020.

AKDENIZ, Vildan; AKALIN, A. Sibel. New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 392-398, 2019.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050**: the 2012 revision. FAO: Rome, 2012.

ALKANAN, Zina T.; *et al.* Ohmic Heating in the Food Industry: Developments in Concepts and Applications during 2013–2020. **Applied Sciences**, v. 11, n. 6, p. 2507, 2021.

ALMEIDA, A. C. S.; FRANCO, E. A. N.; PEIXOTO, F. M.; PESSANHA, K. L. F.; MELO, N. R. Aplicação de nanotecnologia em embalagens de alimentos. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 25, número especial, p. 89-97, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.2069>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ALVIM, I. D. Microencapsulação e nanotecnologia. *In*: VIALTA, A.; REGO, R. A. **Brasil Ingredients Trends 2020**. Campinas, Ital, 2014. Capítulo 15, p. 335-355.

ALYOKHIN, A.; CHEN, Y.H.; UDALOV, M.; BENKOVSKAYA, G.; LINDSTRÖM, L. Evolutionary considerations in potato pest management. *In*: ALYOKHIN, A.; VINCENT, C.; GIORDANENGO, P. (Eds). **Insect pests of potatoes**. Academic Press, 2013.

ANDERSON, D. G. **Canned Foods: Principles of thermal process control acidification and container closure evaluation**, 9th. ed., Arlington, Virginia: Consumer Brands Association, 2021.

ANDERSON, D. **How TerraCycle's safety and cleaning practices can be adopted across industries**. Green Biz, 22 maio 2020. Disponível em: <https://www.greenbiz.com/article/how-terracycles-safety-and-cleaning-practices-can-be-adopted-across-industries>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ANDRADE, Rodrigo de Oliveira. Resistência à ciência. **Revista Pesquisa Fapesp**, out. 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/resistencia-a-ciencia/>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring Business Excellence**, v. 6, n. 4, p. 20-27, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/13683040210451679>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consultas**: alimentos: embalagens novas tecnologias (recicladas). Brasília: Anvisa. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/#/alimentos/c/?categorias=4300031>. Acesso em: 27 jul. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Guia para comprovação da segurança de alimentos e ingredientes**. Guia 23/2019, versão 1 de 23 de julho de 2019. Disponível em: [https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5355698/Guia+23\\_2019\\_vers%C3%A3o+1\\_de+23+07+19.pdf/96bc484d-2bde-4c99-9296-65c9325a033a](https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/5355698/Guia+23_2019_vers%C3%A3o+1_de+23+07+19.pdf/96bc484d-2bde-4c99-9296-65c9325a033a). Acesso em: 27 jul. 2023.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Novos alimentos e ingredientes: Documento de base para discussão regulatória**, 2020. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33880/5833856/Documento+de+base+sobre+novos+alimentos/ed783550-fc93-42c2-91cc-ccb02c36fc9>. Acesso em: 4 mar. 2021.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Superbactérias: de onde vêm, como vivem e se reproduzem**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/superbacterias-de-onde-vem-como-vivem-e-se-reproduzem>. Acesso em: 25 fev. 2021.

- ARAUJO, R.; PETEIRO, C. Algae as food and food supplements in Europe. **Publications Office of the European Union**, Luxembourg, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.2760/049515>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- ASCHEMANN-WITZEL, J., VARELA, P.; PESCHEL, A. O. Consumers' categorization of food ingredients: Do consumers perceive them as 'clean label' producers expect? An exploration with projective mapping. **Food Quality and Preference**, v. 71, p. 117-128, 2019.
- ASIOLI, D.; ASCHEMANN-WITZEL, J., CAPUTO, V.; VECCHIO, R.; ANNUNZIATA, A.; NÆS, T. *et al.* Making sense of the "clean label" trends: a review of consumer food choice behaviour and discussion of industry implications. **Food Research International**, v. 99, p. 58-71, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Faturamento do atacado distribuidor cresce 4,29 %**. São Paulo: Abre, 2021. Disponível em: [https://www.abre.org.br/inovacao/faturamento-do-atacado-distribuidor-cresce-429/?utm\\_campaign=embalagem\\_mercado&utm\\_content=%5BNo+title%5D+%281%29&utm\\_medium=email&utm\\_source=newsletter&utm\\_term=Mintel+anuncia+tend%C3%Aancias+globais+de+cuidados+dom%C3%A9sticos+para+2021](https://www.abre.org.br/inovacao/faturamento-do-atacado-distribuidor-cresce-429/?utm_campaign=embalagem_mercado&utm_content=%5BNo+title%5D+%281%29&utm_medium=email&utm_source=newsletter&utm_term=Mintel+anuncia+tend%C3%Aancias+globais+de+cuidados+dom%C3%A9sticos+para+2021). Acesso em: 27 jul. 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 22000**: sistemas de gestão de segurança de alimentos — Requisitos para qualquer organização na cadeia produtiva de alimentos. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 45 p. ISBN: 978-85-07-07972-9.
- AUNG, Myo Min; CHANG, Yoon Seok. Traceability in a food supply chain: Safety and quality perspectives. **Food control**, v. 39, p. 172-184, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.007>. Acesso em 27 jul. 2023.
- AURUM, Fawzan Sigma; NGUYEN, Loc Thai. Efficacy of photoactivated curcumin to decontaminate food surfaces under blue light emitting diode. **Journal of Food Process Engineering**, v. 42, n. 3, p. e12988, 2019.
- AXEL, C.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 16, p. 3528-3542, 2017.
- AYENSU, Jessica; *et al.* Beyond nutrients, health effects of entomophagy: a systematic review. **Nutrition & Food Science**, 2019.
- AZIZ, M.; KARBOUNE, S. Natural antimicrobial/antioxidant agents in meat and poultry products as well as fruits and vegetables: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 3, p. 486-511, 2018.
- BABIO, N.; CASAS-AGUSTENCH, P.; SALAS-SALVADÓ, J. **Alimentos Ultraprocesados: Revisión crítica, limitaciones del concepto y posible uso en salud pública**. Unidad de Nutrición Humana, Universitat Rovira i Virgili. 1ª edición: Reus, 30 de junio de 2020.
- BADIA-MELIS, R.; MISHRA, P.; RUIZ-GARCIA, I. Food traceability: New trends and recent advances. A review. **Food Control**, v. 57, november, p. 393-401, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.05.005>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BALESTRIERI, G. Solving food safety challenges in today's e-commerce driven world. **Food Safety Tech**. 12 mar. 2020. Disponível em: <https://foodsafetytech.com/column/solving-food-safety-challenges-in-todays-e-commerce-driven-world/>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- BANACH, J. L.; STRATAKOU, I.; DER FELS-KLERX, H. J.; DEN BESTEN, H. M. W.; ZWIETERING, M. H. European alerting and monitoring data as inputs for the risk assessment of microbiological and chemical hazards in spices and herbs. **Food Control**, v. 69, p. 237-249, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.04.010>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BANDYOPADHYAY, J.; RAY, S. S. Are nanoclay containing polymer composites safe for food packaging applications? – An overview. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, nº 12, 28 nov. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.47214>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BARBERIS, S.; QUIROGA, H. G.; C. BARCIA, C.; J. M. TALIA, J. N.; DEBATTISTA, N. Natural Food Preservatives Against Microorganisms. **Food Safety and Preservation**, p. 621-658, 2018.
- BARI, Md *et al.* New Food Processing Technologies and Food Safety, **Journal of Food Quality**, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/3535917>. Acesso em 27 jul. 2023.
- BARIANI, J. L. O aquecimento global e a segurança dos alimentos. **Food Safety Brazil**, 14 nov. 2016. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/o-aquecimento-global-e-seguranca-de-alimentos>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BARREIROS, R. C. Adoçantes nutritivos e não-nutritivos. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 14, n. 1, p. 5-7, 2012.

- BARTELME, Melanie Zanoza. Consumers Get Serious About Snacking. **Food Technology Magazine**, May 1, 2016. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2016/may/features/consumers-serious-about-snacking> . Acesso em: 22 fev. 2021.
- BEHNKE, Kay; JANSSEN, MFWHA. Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology. **International Journal of Information Management**, v. 52, p. 101969, 2020.
- BELZ, M. C. E., MAIRINGER, R., ZANNINI, E.; *et al.* The effect of sourdough and calcium propionate on the microbial shelf-life of salt reduced bread. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 96, p. 493-50, 2012.
- BERTOLINO, M. T. Panorama das certificações em segurança dos alimentos no Brasil. **Food Safety Brazil**. 2021. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/panorama-das-certificacoes-em-seguranca-dos-alimentos-no-brasil>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BHAT, Zuhair F.; *et al.* The application of pulsed electric field as a sodium reducing strategy for meat products. **Food Chemistry**, v. 306, p. 125622, 2020.
- BIANCHINI, M. **Desenvolvimento de fermento natural seco para produção de panetone**, 2004. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) — Unicamp (Universidade Estadual de Campinas), Campinas-SP. 2004.
- BILAN Consultation Citoyenne sur L'alimentation**. Association Nationale des Industries Alimentaires, Ania, 2017. Disponível em: <https://www.ania.net/wp-content/uploads/2016/05/Bilan-consultation-citoyenne-sur-l'alimentation.pdf?x70096>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- BIZZOZERO, Judie. Organic produce sales hit \$8.5 billion in 2020, up 14.2%. **Food & Beverage Insider**, jan. 26, 2021. Disponível em: <https://www.foodbeverageinsider.com/fruits-vegetables-nuts-seeds/organic-produce-sales-hit-85-billion-2020-142?NL=HLTHNUTR-006&Issue=HLTHN>. Acesso em: 19 fev. 2021.
- BJÖRKSTÉN, B.; SEPP, E.; JULGE, K.; VOOR, T.; MIKELSAAR, M. Allergy development and the intestinal microflora during the first year of life. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 108, n. 4., p. 516–520, 2001. PMID 11590374. Disponível em: <https://doi.org/10.1067/mai.2001.118130>. Acesso em: 4 ago. 2023.
- BLACK, E. P.; SETLOW, P.; HOCKING, A. D.; STEWART, C. M.; KELLY, A. L.; Hoover, D. G., 2007. Response of Spores to High-Pressure Processing. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 6(4):103-119. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00021.x> . Acesso em: 27 jul, 2023.
- BLEVE, G.; *et al.* Identification of safety and quality parameters for preparation of jellyfish based novel food products. **Foods**, v. 8, nº 7, 2019. Disponível em: doi:10.3390/foods8070263. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BOECK, A. C. **PA<sup>3</sup>P**: Uma nova ferramenta para determinação in silico da alergenicidade e antigenicidade de proteínas. 2016. 153 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pampa), São Gabriel-RS, 2016.
- BOER, A. de; BAST, A. Demanding safe foods – Safety testing under the novel food regulation, **Trends in Food Science & Technology**, Elsevier, v. 72, p. 125-133, fev. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.013>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BONACCORSI, G.; *et al.* A Systematic Review of Risk Assessment Associated with Jellyfish Consumption as a Potential Novel Food. **Foods** 2020, 9, 935; Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods9070935>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BOUZEMBRAK, Y.; KLÜCHE, M.; GAVAI, A.; MARVIN, H. J. P. Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 94, december, p. 54-64, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.002>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BOUZEMBRAK, Yamine; *et al.* Internet of Things in food safety: Literature review and a bibliometric analysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 94, p. 54-64, 2019.
- BRASIL Food Trends 2020**. São Paulo: Itai/Fiesp, 2010. 173 p. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilfoodtrends/>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária — Anvisa. **GUIA para Comprovação da Segurança de Alimentos e Ingredientes**. Guia nº 23, versão 1, de 23 de julho de 2019.
- BRASIL. Agência Nacional De Vigilância Sanitária, 2019. Define os requisitos para uso de gorduras trans industriais em alimentos. Resolução nº 332, de 23 de dezembro de 2019. **Diário Oficial da República do Brasil**.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2021. Dispõe sobre os requisitos de composição e rotulagem dos alimentos contendo cereais para classificação e identificação como integral e para destaque da presença de ingredientes integrais. Resolução nº 493, de 15 de abril de 2021, **Diário Oficial da República do Brasil**.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 1.358, de 20 de agosto de 2014. Institui o Comitê Interno de Nanotecnologia da Agência Nacional de Vigilância Sanitária — Anvisa e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, nº 160, Brasília-DF, 21 ago. 2014. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=44&data=21/08/2014> . Acesso em: 11 ago. 2021.

- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC n. 727 de 1º de julho de 2022. **Dispõe sobre a rotulagem dos alimentos embalados.** Diário Oficial da União, n. 126, de 6 de julho de 2022, Seção: 1, p. 213. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-727-de-1-de-julho-de-2022-413249279>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 16, de 30 de abril de 1999a. Aprova o regulamento técnico de procedimentos para registro de alimentos e/ou novos ingredientes, constante do anexo desta Resolução. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, nº 82-E, Brasília-DF, 3 mai. 1999. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-16-de-30-de-abril-de-1999a>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 17, de 30 de abril de 1999b. Aprova o regulamento técnico que estabelece as diretrizes básicas para avaliação de risco e segurança dos alimentos, constante do anexo desta Resolução. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, nº 82-E, Brasília-DF, 3 mai. 1999. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-17-de-30-de-abril-de-1999b>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 27, de 6 de agosto de 2010. Estabelece as categorias de alimentos e embalagens dispensadas e com obrigatoriedade de registro sanitário. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, nº 151, Brasília-DF, 9 ago. 2010. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-27-de-6-de-agosto-de-2010>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- BRASIL. Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Portaria nº 3.459, de 26 de julho de 2019. Institui a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia como principal programa estratégico para incentivo da Nanotecnologia no país. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, nº 152, Brasília-DF, 8 ago. 2019. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-3.459-de-26-de-julho-de-2019-209514505>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- BRASIL. Resolução nº 216, de 15 de setembro de 2004. Regulamento técnico de boas práticas para serviços de alimentação. Ministério da Saúde: **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, 2004.
- BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei n. 880, de 2019. **Cria o Marco Legal da Nanotecnologia e estabelece incentivos ao desenvolvimento científico, pesquisa, capacitação e inovação no âmbito da nanotecnologia**, 2023. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135353>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- BRAZIL FOOD SAFETY. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/alimentos-quando-o-artesanal-nao-e-legal/>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- BRAZIL FOOD SAFETY. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/molho-pesto-artesanal-causou-tetraplegia-por-botulismo/>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- BRGS. **Food Safety**, 2022. Disponível em: <https://www.brcgs.com/our-standards/food-safety/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- BRITO, L. M.; XAVIER, A. F. Comportamento do consumidor e o mercado informal de produtos artesanais. In: CLAV 2016, **9<sup>th</sup> Latin American Retail Conference**. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ocs/index.php/clav/clav2016/paper/view/5700/1620%3e>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- BRODOWSKA, Agnieszka Joanna; NOWAK, Agnieszka; ŚMIGIELSKI, Krzysztof. Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 58, n. 13, p. 2176-2201, 2018.
- BRUGNINI, Giannina; *et al.* Effect of UV-C Irradiation and Lactic Acid Application on the Inactivation of *Listeria monocytogenes* and Lactic Acid Bacteria in Vacuum-Packaged Beef. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1217, 2021.
- BRUL, S.; MENSONIDES, F. I.; HELLINGWERF, K. J.; DE MATTOS, M. J. T., 2008. Microbial systems biology: New frontiers open to predictive microbiology. **International Journal of Food Microbiology**, 128: 16-21.
- BUSCAROLI, E.; *et al.* Reviewing chemical and biological risks in urban agriculture: A comprehensive framework for a food safety assessment of city region food systems. **Food Control** 126 (2021) 108085. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108085>.
- BUSS, Dale. New Drivers for Food Delivery. **Food Technology Magazine**, March 1, 2018. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2018/march/features/online-food-delivery>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- CALDAS, E. D.; SOUZA, L. C. K. R. Avaliação de risco crônico da ingestão de resíduos de pesticidas na dieta brasileira. **Revista de Saúde Pública**, 2000.
- CALDERA, S.; *et al.* Evaluating Barriers, Enablers and Opportunities for Closing the Loop through 'Waste Upcycling': A Systematic Literature Review. **Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems**, 10(1), 1080367, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0367>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- CALDWELL, J. M. How safe are plant-based meat alternatives? **Food Technology Magazine**, february 1, 2021. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2021/february/columns/food-safety-and-quality-how-safe-are-plant-based-meat-alternatives>. Acesso em: 22 fev. 2021.

CAMARGO, J. P. C. **Preparação e caracterização de biossensores baseado na eletrodeposição de grafeno/polipirrol/acetilcolinesterase para determinação de pesticidas em amostras de frutas e vegetais.** Dissertação, Biotecnologia IBB, Botucatu, 2017.

CANIÇA, M.; MANAGEIRO, V.; ABRIQUEL, H.; MORAN-GILAD, J.; FRANZ, C. M. Antibiotic resistance in foodborne bacteria. **Trends in Food Science & Technology**, v. 84, p. 41-44, 2019.

CAPPATO, Leandro P.; *et al.* Ohmic heating in dairy processing: Relevant aspects for safety and quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 62, p. 104-112, 2017.

CAPPELLI, A.; CINI, E. Challenges and Opportunities in Wheat Flour, Pasta, Bread, and Bakery Product Production Chains: A Systematic Review of Innovations and Improvement Strategies to Increase Sustainability, Productivity, and Product Quality. **Sustainability**, v. 13, n. 5, p. 2608, 2021.

CAPRIO, M. A.; STORER, N. P.; SISTERTON, M. S.; PECK, S. L.; MAIA, A. H. N. Assessing the risk of the evolution of resistance to pesticides using spatially complex simulation models. *In*: WHALON, M.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R. (Eds). **Global pesticide resistance in arthropods.** CAB International, 2008.

CARGILL. Transparency and simplicity: The new normal in product development. *In*: **CARGILL Proprietary Research White Paper**, 2017.

CARNEIRO, L. A.; PETTAN-BREWER, C. One Health: Conceito, História e Questões Relacionadas – Revisão e Reflexão. *In*: MIRANDA, A. M. M. (ed.). **Pesquisa em saúde & ambiente na Amazônia: perspectivas para sustentabilidade humana e ambiental na região.** Capítulo 13, p. 219-240, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210504857.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CARRILLO-LÓPEZ, L. M.; *et al.* Modification of food systems by ultrasound. **Journal of Food Quality**, 2017, 2017.

CARVALHO, P. G. B.; MACHADO C. M. M.; MORETTI C. L.; FONSECA, M. E. N. **Hortalças como alimentos funcionais.** Horticultura Brasileira, v. 24, p. 397-404, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000400001>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CASTRO, M. T. Tecnologia de luz UV pode melhorar a qualidade e segurança de sucos, bebidas e produtos lácteos. **Food Safety Brazil**, 2019. Disponível em: <https://foodsafetybrazil.org/tecnologia-de-luz-uv-qualidade-e-seguranca-de-sucos-bebidas-e-produtos-lacteos>. Acesso em: 1 mar. 2021.

CAUVAIN, S. P. Breadmaking processes. *In*: CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. (Eds.). **Technology of Breadmaking.** London: Blackie Academic & Professional, p. 184, 2007.

CAVANAGH, A.; BONANNO, R.; HAZZARD, R. **Flooded Crops: Food Safety and Crop Loss Issues.** Disponível em: <https://ag.umass.edu/vegetable/fact-sheets/flooded-crops-food-safety-crop-loss-issues>. Acesso em: 25 fev. 2021.

CDA. **BPCS — Better Process Controls Schools. Consumer Brands Association**, 2022. Disponível em: <https://consumerbrandsassociation.org/about-us/programs-initiatives/better-process-control-school/>. Acesso em: 7 abr. 2022.

CEFIC - The European Chemical Industry Council, AISBL. **Chemical recycling: Making Plastics Circular.** Disponível em: <https://cefic.org/a-solution-provider-for-sustainability/chemical-recycling-making-plastics-circular>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CHABOUD, G.; DAVIRON, B. Food losses and waste: navigating the inconsistencies. **Global Food Security**, v. 12, p. 1-7, 2017.

CHAPMAN, B.; GUNTER, C. Local food systems food safety concerns. **Microbiol Spectr.**, Apr;6(2), 2018. Doi: 10.1128/microbiolspec.PFS-0020-2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29651980/>. Acesso em: 20 jan. 2021.

CHATTOPADHYAY S.; RAYCHAUDHURI U.; CHAKRABORTY R. J. Artificial sweeteners — a review. **Food Science and Technology**, v. 51, n. 2, p. 611-621, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0571-1>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CHAVEZ, E.; HE, Z. L.; STOFFELLA, P. J.; MYLAVARAPU, R. S.; LI, Y. C.; MOYANO, B.; BALIGAR, V. C. Concentration of cadmium in cacao beans and its relationship with soil cadmium in southern Ecuador. **Science of The Total Environment**, 533, 205-214, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.106>. Acesso em: 27 jul. 2023.

CHEN, Long; *et al.* Microbial challenge study and quality evaluation of cumin seeds pasteurized by continuous radio frequency processing. **Food Control**, v. 111, p. 107052, 2020.

CICHOSKI, Alexandre José; *et al.* Ultrasound: A promising technology to improve the technological quality of meat emulsions. **Meat Science**, v. 148, p. 150-155, 2019.

CISSE, M.; VAILLANT, F.; ACOSTA, O.; DHUIQUE-MAYER, C.; DORNIER, M. Thermal degradation kinetics of anthocyanins from blood orange, blackberry and roselle using the Arrhenius, Eyring and Ball models. **J. Agric Food Chem.**, v. 57, p. 6285-6291, 2009.

CLEMENS, R. A.; JONES, J. M. Processed and Ultraprocessed Foods Defined – An Alice in Wonderland Question? Cereals 17 Symposium – Food Selection According to Food Processing: Fabulous or Flawed?. **AACC**, v. 62, n. 3, may-june, 2017, Disponível em: <http://www.cerealsgrains.org/publications/plexus/cfw/pastissues/2017/Documents/CFW-62-3-0120.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.

- CLOSING the Trust Gap: Technology and the Food Supply Chain. **Food Safety Supply Chain Vision Study**, Zebra Technologies Corp., 2020. Disponível em: [https://connect.zebra.com/foodsafety\\_us](https://connect.zebra.com/foodsafety_us). Acesso em: 20 jan. 2021.
- CODEX ALIMENTARIUS. International Food Standards. **Food and Agriculture Organization and World Health Organization of the United Nations**. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/about-codex/en/#c453333>. Acesso em: jul. 2023.
- CODEX ALIMENTARIUS. **Principles and guidelines for the conduct of microbiological risk assessment**. CAC/GL 30-1999 Amendments 2012, 2014. Disponível em: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/guidelines/en/>.
- CODEX, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/187445-fao-e-oms-lideram-comiss%C3%A3o-especializada-em-alergias-alimentares>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- COELHO, F. C.; COELHO, E. M.; EGERER, M. Local food: benefits and failings due to modern agriculture. **Scientia Agricola**, 75(1), 84-94, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2015-0439>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- COLÁS-MEDÀ, Pilar; *et al.* Bacterial Spore Inactivation in Orange Juice and Orange Peel by Ultraviolet-C Light. **Foods**, v. 10, n. 4, p. 855, 2021.
- COLE, M. B.; AUGUSTIN, M. A.; ROBERTSON, M. J.; MANNERS, J. M. The science of food security. **npj Science of Food**, 14: 1-8, 2018.
- CORBELLINI, L. G.; COSTA, E. F. **Análise de risco microbiológica**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Salmonela+na+suinocultura+cap%C3%ADtulo+5.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2021.
- CORTESE, Rayza Dal Molin; *et al.* Food safety and hygiene practices of vendors during the chain of street food production in Florianópolis, Brazil: Across-sectional study. **Food Control**, 62(2016)178-186. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.027>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- COSTA, M. L.; MORAES, R. B.; VAZ, D. W. N.; SANTOS, G. A.; DUARTE, R. C. C.; SANTOS JUNIOR, J. A. B.; MENEZES, T. X. F.; TEIXEIRA, R. S. Evaluation of patients with diabetes and hypertension in a family health strategy located in the countryside of the interior of the state of Pará. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e2610313025, 2021. doi: 10.33448/rsd-v10i3.13025. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13025>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- COSTELLO, Katherine M.; *et al.* The impact of food model system structure on the inactivation of *Listeria innocua* by cold atmospheric plasma and nisin combined treatments. **International Journal of Food Microbiology**, v. 337, p. 108948, 2021.
- CRUZ, A. G.; PRUDENCIO, E. S.; ESMERINO, E. A.; PIMENTEL, T. C.; ALVES, A. T. S.; SPADOTI, L. M.; ZACARCHENCO, P. B. **Inovações e avanços tecnológicos em ciência e tecnologia de leite e derivados**. São Paulo: Setembro Editora, 2019. 303 p.
- CUMMINGS, J. H.; MACFARLANE G. T. Role of intestinal bacteria in nutrient metabolism. **Clinical Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 3-11, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0261-5614\(97\)80252-X](https://doi.org/10.1016/S0261-5614(97)80252-X). Acesso em: 4 ago. 2023.
- DA SILVA, Sueli Alves; *et al.* Street food on the coast of Salvador, Bahia, Brazil: a study from the socioeconomic and food safety perspectives. **Food Control**, v. 40, p. 78-84, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.022>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DAI, Jinming; *et al.* Advances in the mechanism of different antibacterial strategies based on ultrasound technique for controlling bacterial contamination in food industry. **Trends in Food Science & Technology**, 2020.
- DAINELLI, D.; *et al.* Active and intelligent food packaging: legal aspects and safety concerns. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. S103-S112, nov. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.09.011>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DANIELS, Sarah; *et al.* **Food safety issues & trends for 2020**, 2016.
- DANKAR, I.; HADDARAH, A.; OMAR, F. E. L.; SEPULCRE, F.; PUJOLÀ, M. 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. **Trends in Food Science & Technology**, v. 75, p.231-242, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DAOU, R.; JOUBRANE, K.; MAROUN, R. G.; KHABBAZ, L. R.; ISMAI, A.; KHOURY, A. E. Mycotoxins: Factors influencing production and control strategies. **AIMS Agriculture and Food**, v. 6, n. 1, p. 416-447, 2021.
- DAR, Aamir Hussain; *et al.* Microwave and ohmic heating of fresh cut fruits and vegetable products. *In: FRESH-CUT Fruits and Vegetables*. Academic Press, p. 295-337, 2020.
- DAS, S.; CHATTERJEE, A.; PAL, T. K. Organic farming in India: A vision towards a healthy nation. **Food Qual. Saf.**, 4, 69-76, 2020.
- DASAN, Beyhan Gunaydin; BOYACI, Ismail Hakki. Effect of cold atmospheric plasma on inactivation of *Escherichia coli* and physicochemical properties of apple, orange, tomato juices, and sour cherry nectar. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 2, p. 334-343, 2018.

- DAVIS, G.; SONG, J. H. Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. **Industrial Crops and Products**, v. 23, n. 2, p. 147–161, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.05.004>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DE ANGELIS, D.; PASQUALONE, A.; ALLEGRETTA, I.; PORFIDO, C.; TERZANO, R.; SQUEO, G.; SUMMO, C. Antinutritional factors, mineral composition and functional properties of dry fractionated flours as influenced by the type of pulse. **Heliyon**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2021.
- DELCOUR, I.; SPANOGHE, P.; UYTENDAELE, M. Literature review: impact of climate change on pesticide use. **Food research International**, 68: 7-15, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.09.030>. Acesso em: 04 ago. 2023.
- DENG, X.; CAO, S.; HORN, A.L. Emerging applications of machine learning in food safety. **Annu. Rev. Food Sci. Technol.**, v. 12, n. 1, p. 513-538, 2021.
- DEROSSI, A. 3D Food Printing: Opportunities, principles, limitations, and new ways in food production. **IUFoST Scientific Information Bulletin (SIB)**, 2021.
- DESJARDINS, A. E. **Fusarium mycotoxins: chemistry, genetics and biology**. APS Press, Minnesota, 2006.
- DEVOS, Y.; BRAY, E.; BRONZWAERS, S.; GALLANI, G.; URL, B. Editorial Advancing food safety: strategic recommendations from the 'ONE – Health, Environment & Society – Conference 2022'. **EFSA Journal**, 20(11):e201101, 6 p. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.e201101>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- DICKSON-SPILLMANN, M.; SIEGRIST, M.; KELLER, C. Attitudes toward chemicals are associated with preference for natural food. **Food Quality and Preference**, v. 22, p. 149-156, 2011.
- DIRECT TO CONSUMER DELIVERY COMMITTEE. **Guidance Document for Direct-to-Consumer and Third-Party Delivery Service Food Delivery**. Direct to Consumer Delivery Committee, 2020. Disponível em: [http://www.foodprotect.org/issues/packets/2020ScribePacket/attachments/III\\_004\\_content\\_c.pdf](http://www.foodprotect.org/issues/packets/2020ScribePacket/attachments/III_004_content_c.pdf). Acesso em: 20 nov. 2020.
- DOBRUCKA, R.; CIERPISZEWSKI, R. Active and Intelligent Packaging Food - Research and Development - A Review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 64, n. 1, p. 7-15, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0091-3>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DONAGHY, J. A.; DANYLUK, M. D.; TOM ROSS, B. K.; FARBER, J. Big Data Impacting Dynamic Food Safety Risk Management in the Food Chain. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, may, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.668196>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DOWNS, M.; JOHNSON, P.; ZEECE, M. Insects and their connection to food allergy. In: **INSECTS as Sustainable Food Ingredients**. Academic Press, p. 255-272, 2016.
- DREWNOWSKI, A.; GUPTA, S.; DARMON, N. An Overlap Between “Ultraprocessed” Foods and the Preexisting Nutrient Rich Foods Index? **Nutrition Today**, n. 2, v. 55: 75-81, march/april 2020.
- DZIADEK, Kinga; *et al.* Effect of pulsed electric field treatment on shelf life and nutritional value of apple juice. **Journal of food science and technology**, v. 56, n. 3, p. 1184-1191, 2019.
- EBNER, T.; TORCHALLA, J. The future supermarket: how digital operations will enable a winning customer experience, at much lower cost. **Source**: Oliver Wyman, jan. 2019. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2019/jan/boardroom-volume-4/new-marketplace--changes-in-store/the-future-supermarket.html>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- E-COMMERCE BRASIL. **ACI**: vendas no e-commerce são as maiores desde o início da pandemia. São Paulo, 21 jul. 2020. Disponível em: <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/pesquisa-global-aci-aumento-vendas-e-commerce-coronavirus/>. Acesso em: 23 set. 2020.
- EFSA – European Food Safety Authority. **Climate Change and Food Safety**. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/climate-change-and-food-safety>. Acesso em: 6 jan. 2021.
- EFSA – European Food Safety Authority. **Process contaminants**. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/process-contaminants>. Acesso em: 22 nov. 2021.
- EFSA Scientific Committee; HARDY, A.; BENFORD, D.; HALLDORSSON, T.; JEGER, M. J.; KNUTSEN, H. K.; MORE, S.; *et al.* Guidance on risk assessment of the application of nanoscience and nanotechnologies in the food and feed chain: Part 1, human and animal health. **EFSA Journal**, 16(7), 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5327>. Acesso em: 26 Jul. 2023.
- EHEDG. European Hygienic Engineering and Design Group. **EHEDG**. 2022. Disponível em: <https://www.ehedg.org/>. Acesso em: 4 jul. 2022.
- EICHER-MILLER, H. A.; *et al.* Contributions of processed foods to dietary intake in the US from 2003-2008. **The Journal of Nutrition**, v. 142, n. 11, p. 2065S-2072S, nov. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/jn.112.164442>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- EIT Food Trust Tracker®**: An Evidence-Based Tool for Measuring Consumer Trust, 2020. Disponível em: <https://www.eitfood.eu/reports/trust-report-2020>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- EKKA, Bimal Kumar. Food safety in street food in developing countries. **PARIPEX — Indian Journal of Research**, v. 6, Issue: 2, february 2017. ISSN 2250-1991.

- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Reuse**: rethinking packaging. Isle of Wight, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2019. 82 p. Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/reuse-rethinking-packaging>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- EPA – United States Environmental Protection Agency, 2021a. **Slowing and combating pest resistance to pesticides**. Disponível em: <https://www.epa.gov/pesticide-registration/slowing-and-combating-pest-resistance-pesticides>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- EPA – United States Environmental Protection Agency, 2021b. **Human health issues related to pesticides**. Disponível em: <https://www.epa.gov/pesticide-science-and-assessing-pesticide-risks/human-health-issues-related-pesticides>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- ESCURSELL, Sílvia; LLORACH, Pere; RONCERO, M. Blanca. Sustainability in e-commerce packaging: A review. **Journal of cleaner production**, p. 124314, 2020.
- ESPINOSA, M. J. C.; BLANCO, A. C.; SCMIDGALL, T.; ATANASOFFKARJALIEFF, A. K.; KAPPELMEYER, U.; TISCHLER, D.; PIEPER, D. H.; et al. Towards biorecycling: Isolation of a soil bacterium that grows on a polyurethane oligomer and monomer. **Frontiers in Microbiology**, 11: 404, 2020.
- ETAILED REVOLUTION: HOW RETAIL AND CONSUMER GOODS COMPANIES CAN ADAPT. **Oliver Wyman**, 2018. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2018/april/Retails-Revolution-onscreen-version.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- EUROPEAN Food Safety Authority. **Search**: recycled. Parma: EFSA, 2021. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en/search?s=recycled&f%5B0%5D=topic%3A359&f%5B1>. Acesso em:
- EUROPEAN Technology Platform on Food For Life. **Strategic research agenda 2007-2020**. Brussels: ETP/CIAA, 2007. 12 p. Disponível em: <https://www.feibonn.de/download/etp-sra-sep07.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023
- FADIJI, T.; BERRY, T. M.; COETZEE, C. J.; OPARA, U. L. Mechanical design and performance testing of corrugated paperboard packaging for the postharvest handling of horticultural produce. **Biosystems engineering**, v. 171, p. 220-244, jul. 2018.
- FANG, X.; VITRAC, O. Predicting diffusion coefficients of chemicals in and through packaging materials. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 57(2), p. 275-312, 2017.
- FAO. **Assessment of agricultural plastics and their sustainability - A call for action**. Rome, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cb7856en/cb7856en.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- FAO. **Climate change**: Unpacking the burden on food safety. Food safety and quality series, n. 8. Rome, 2020a. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/ca8185en>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. **FAO Guide to Ranking Food Safety Risks at the National Level**. Food Safety and Quality Series n. 10. Rome 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb0887en>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. **Hazard analysis and critical control point (HACCP) system and guidelines for its application**. Annex to CAC/RCP 1-1969, Rev. 3 (1997). Disponível em: <http://www.fao.org/3/y1579e/y1579e03.htm>. Acesso em: 7 set. 2020.
- FAO. **Looking at edible insects from a food safety perspective**. Challenges and opportunities for the sector. Rome. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb4094en>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- FAO. **Parasites in foods: an invisible threat**. Food safety technical toolkit for Asia and the Pacific n. 7. Bangkok, Thailand, 48 p., 2021.
- FAO. **Risk characterization of microbiological hazards in food: Guidelines: Microbiological Risk Assessment Series** n. 17. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 2009. 116 p. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i1134e/i1134e.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. The future of Food Safety. *In*: **FIRST FAO/WHO/AU International Food Safety Conference**, 2019, Addis, 12-13 february, v.CA3247EN/1/02.19.
- FAO. **The future of food safety**. Rome: FAO, 27 p., 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca4289en/CA4289EN.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. **The State of Food and Agriculture 2016**: climate change, agriculture and food security. Rome, FAO, 194 p, 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6030e.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. **The State of Food and Agriculture 2019**. Moving forward on food loss and waste reduction. Rome, FAO, 182 p., 2019b. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca6030en/ca6030en.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO. **Thinking about the future of food safety**. A foresight report. Rome, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cb8667en>. Acesso em: 9 mai. 2023.
- FAO. **Transforming food systems for affordable healthy diets food security and nutrition in the world**. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2020. ISBN 978-92-5-132901-6.
- FAO/WHO. Food safety risk analysis: a guide for national food safety authorities. **FAO Food and Nutrition Paper**, Rome, n. 87, 2006.

- FAO/WHO. **Global environment monitoring system — food contamination monitoring and assessment programme**. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 2015. Disponível em: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/databases/global-environment-monitoring-system-food-contamination>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FAO; Gustavsson J., Cederberg C., Sonesson U., Otterdijk R. and Meybeck A. **Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention**, 2011. Disponível em: [www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf](http://www.fao.org/docrep/014/mb060e/mb060e00.pdf). Acesso em: 27 jul. 2023.
- FASANO, J. Animal Cell-Culture Food Technology: A New Regulatory Frontier. **Food Safety Magazine**, fev, 2020. Disponível em: <https://www.food-safety.com/articles/6470-animal-cell-culture-food-technology-a-new-regulatory-frontier>. Acesso em: 8 mar. 2021.
- FAUSTER, T.; *et al.* Impact of pulsed electric field (PEF) pretreatment on process performance of industrial French fries production. **Journal of food engineering**, v. 235, p. 16-22, 2018.
- FDA (Food and Drug Administration). **FDA Warns Companies for Illegally Selling Food and Beverage Products that Contain CBD**, 2022. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/cfsan-constituent-updates/fda-warns-companies-illegally-selling-food-and-beverage-products-contain-cbd>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FDA. Better Process Control Schools. **Low Acid Canned Food Manufacturers Part 1 — Administrative Procedures/Scheduled Processes [21CFR 108.35(g) and 113.10]**. Department of Health and Human Services, 2014a. Disponível em: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/inspection-guides/guide-inspections-low-acid-canned-food-16-0>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FDA. Processing Authorities. **Low Acid Canned Food Manufacturers Part 1 — Administrative Procedures/Scheduled Processes [21CFR 113.83 and 113.89]**. Department of Health and Human Services, 2014b. Disponível em: <https://www.fda.gov/guide-inspections-low-acid-canned-food-9>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FDA. **Regulation of Cannabis and Cannabis-Derived Products, Including Cannabidiol (CBD)**. FDA, U.S. Food and Drug Administration, 01/22/2021. Disponível em: <https://www.fda.gov/news-events/public-health-focus/fda-regulation-cannabis-and-cannabis-derived-products-including-cannabidiol-cbd>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- FENG, Xi; *et al.* **Impact of electron-beam irradiation on the quality characteristics of raw ground beef. Innovative food science & emerging technologies**, v. 54, p. 87-92, 2019.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A.; AUGOSTO, J. M.; GIMÉNEZ, P. J.; LEÓN, G. Thermal Stability of Selected Natural Red Extracts Used as Food Colorants. **Plant Foods Hum Nutr**, v. 68, p. 11-17, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0337-1>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FIROUZ, Mahmoud Soltani; FARAHMANDI, Ali; HOSSEINPOUR, Soleiman. Recent advances in ultrasound application as a novel technique in analysis, processing and quality control of fruits, juices and dairy products industries: A review. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 57, p. 73-88, 2019.
- FLORES, M.; TOLDRÁ, F. Chemistry, safety and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products. **Meat Science**, v. 171, 2021.
- FLYNN, Dan. Research shows food safety gaps in home-delivery meal kits. **Food Safety News**, may 12, 2017. Disponível em: [https://www.foodsafetynews.com/2017/05/research-shows-food-safety-gaps-in-home-delivery-meal-kits/#.WSW\\_suv3arV](https://www.foodsafetynews.com/2017/05/research-shows-food-safety-gaps-in-home-delivery-meal-kits/#.WSW_suv3arV). Acesso em: 20 jan. 2021.
- FOOD & HEALTH SURVEY: A Healthy Perspective: Understanding American Food Values. **The International Food Information Council Foundation, IFIC**, 2017. Disponível em: <https://foodinsight.org/2017-food-and-health-survey-a-healthy-perspective-understanding-american-food-values/>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- FOOD 2030. London: Department for Environment, **Food and Rural Affairs/HM Government**, 2010. 81 p. Disponível em: <https://www.tabledebates.org/research-library/food-2030-defra-publishes-new-food-strategy>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), 1996. Rome declaration on World Food Security and World Food Summit Plan of Action. **World Food Summit** 13-17 november 1996. Rome, FAO. Disponível em: <http://www.fao.org/3/w3548e/w3548e00.htm>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS — FAO. **Strengthening links between industry and agriculture to build sustainable food systems**. Rome: FAO, 2014a. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/en/item/264578/icode/>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Future of Food and Agriculture 2018: Alternative Pathways to 2050. **Food & Agriculture Org.**, 2018.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 2017. **GenomeTrakr network**. Retrieved from: <https://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/wholegenomesequencingprogramwgs/ucm363134.htm>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **New era of smarter food safety — FDA's blueprint for the future**. 2020. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/new-era-smarter-food-safety/new-era-smarter-food-safety-blueprint>. Acesso em: 26 jun. 2023.

- FOOD CONFUSION. **Food & Health Survey**, Summary Document. The International Food Information Council Foundation, IFIC, 2017. Disponível em: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2017/05/2017-ExSum-FoodConfusion.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- FOOD CONTROL SYSTEM ASSESSMENT TOOL: INTRODUCTORY BOOKLET. Geneva: **World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations**; (WHO/FAO), 2021. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789240028371>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Adoçantes Calóricos e não calóricos**, n. 15, 2010, parte II. p. 22-35. Disponível em: [https://revista-fi.com/upload\\_arquivos/201606/2016060795235001465320397.pdf](https://revista-fi.com/upload_arquivos/201606/2016060795235001465320397.pdf). Acesso em: 27 jul. 2023.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê antioxidantes**, 2016. Disponível em: [https://revista-fi.com.br/upload\\_arquivos/201606/2016060122772001464801324.pdf](https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060122772001464801324.pdf). Acesso em: mar. 2021.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da segurança alimentar**. Tradução Maria Carolina Minardi Guimarães, Cristina Leonhardt. Porto Alegre: Artmed, 2002. 424 p.
- FRASER, R. Z.; SHITUT, M.; AGRAWAL, P.; MENDES, O.; KLAPHOLZ, S. Safety evaluation of soy leghemoglobin protein preparation derived from *pichia pastoris*, intended for use as a flavor catalyst in plant-based meat. **Int. J. Toxicol.**, v. 37, p. 241-262, 2018.
- FROGGATT, A.; WELLESLEY, L. Meat analogues-consideration for the EU [Internet]. **Chatham House**, 2019.
- FROGGATT, S. T.; CLANCY, S. F.; BOVERHOF, D. R.; CANADY, R. A. A review and perspective of existing research on the release of nanomaterials from solid nanocomposites. **Particle and Fibre Toxicology**, 11-17. 2014. Disponível em: <https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-8977-11-17>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- FSAI – Food Safety Authority of Ireland. Appraisal of new and emerging food processing technologies and their potential risks to food safety. **Scientific Committee of the Food Safety Authority of Ireland**. IFSC, Dublin, 2020.
- FSNS. Advancing food quality and food safety through omics tools. **Food Safety Net Services**, 2019. Disponível em: <https://fsns.com/advancing-food-quality-and-food-safety-through-omics-tools/>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- FSSC-22000. **Food safety system certification 22000 — guidance document: food fraud mitigation**. v. 5. Disponível em: [https://www.fssc22000.com/wp-content/uploads/19.0528-Guidance\\_Food-Fraud-Mitigation\\_Version-5.pdf](https://www.fssc22000.com/wp-content/uploads/19.0528-Guidance_Food-Fraud-Mitigation_Version-5.pdf). Acesso em: 27 jul. 2023.
- FUKUSHIMA, M. D.; *et al.* FEMA GRAS assessment of natural flavor complexes: Lavender, Guaiac Coriander-derived and related flavoring ingredients. **Food and Chemical Toxicology**, v. 145, nov. 2020, 111584. 2020.
- GALANAKIS, C. M. The food systems in the era of the coronavirus (CoVID-19) pandemic crisis. **Foods**, v. 9, n. 4, p. 1-10, 2020.
- GALANAKIS, Charis M. (ed.). Nutraceuical and Functional Food Components. **Academic Press**, p. 297-334, 2017. Ch.9. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805257-0.00009-0>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- GAPP, R.; FISHER, R.; KOBAYASHI, K. **Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system**. *Management Decision*, v. 46, n. 4, p. 565-579, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/00251740810865067>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- GARCIA, E. E. C.; DANTAS, S. T.; LEMOS, A. B.; NOLETTO, A. P. R.; MOURAD, A. L.; SOARES, B. M. C.; SARANTOPULOS, C. I. G. L.; COLTRO L.; PADULA, M. **Termo de Referência (ToR) do Workshop em Bioeconomia**, 8 - New Food and Beverage Packaging. Agropolo Campinas-Brasil, 2017, 52p. Disponível em: [http://www.agropolocampinasbrasil.org/arquivos/8\\_workshop\\_bioeconomia/Agropolo\\_Packaging\\_ToR.pdf](http://www.agropolocampinasbrasil.org/arquivos/8_workshop_bioeconomia/Agropolo_Packaging_ToR.pdf). Acesso em 27 jul. 2023.
- GARCIA, E. E. C.; GALLAND, F. A.; ITO, D.; ORMENESE, R. C. S. C.; SILVA, N.; PACHECO, M. T. B., **Estudo Regulatório sobre Proteínas Alternativas no Brasil** — Carne Cultivada. São Paulo: The Good Food Institute, 2022, 71 p. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Estudo-Regulatorio-Carne-Cultivada-GFI-Brasil.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- GARCIA, E. E. C.; NABESHIMA, E. H.; SADAHIRA, M. S.; FERRARI, R. A.; SILVA, N.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; BERBARI, S. A.; PACHECO, M. T. B., **Estudo Regulatório sobre Proteínas Alternativas no Brasil — Proteínas Vegetais**. São Paulo: The Good Food Institute. 2022b. 115 p. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Estudo-Regulatorio-Proteinas-Vegetais-GFI-Brasil.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- GAROFALO, C. *et al.* Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. **Food Research International**, v. 125, p. 108527, 2019.
- GEERAERTS, W.; VUYST, L.; LEROY, F. Ready-to-eat meat alternatives, a study of their associated bacterial communities. **Food Bioscience**, v. 37, p. 1-23, 2020.
- GERALDO, A. P. G. **Adoçantes dietéticos e excesso de peso corporal em adultos e idosos do Estado de São Paulo**. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo, Tese de Doutorado em Ciências, 189p., 2014.
- GIBNEY, M. J. Ultraprocessed Foods and Their Application to Nutrition Policy. **Nutrition Today**. 2020; 55(1):16-21.

- GIBNEY, M. J. Ultra-Processed Foods: Definitions and Policy Issues. **Curr Dev Nutr.** 2018 Sep 14;3(2):nzy077.
- GIBNEY, M. J.; *et al.* Ultra-processed foods in human health: a critical appraisal. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 106, n. 3, p. 717-724, 2017.
- GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; TOULMIN, C., 2010. Food Security: The challenge of feeding 9 billion people. **Science**, 327(5967), 812e818. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1185383>. Acesso em: 27 jul. 2023
- GOMES, C. R.; *et al.* Influência de diferentes agentes de corpo nas características reológicas e sensoriais de chocolates diet em sacarose e light em calorias. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 27, n. 3, p. 614-623, 2007.
- GOMES, E. C. **Alergia alimentar em crianças:** implicações na vida familiar e no relacionamento fraterno. 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia: Psicologia Clínica) - Programa de Estudos Pós-Graduados em Psicologia: Psicologia Clínica, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://repositorio.pucsp.br/jspui/handle/handle/20012>. Acesso em 03 ago. 2023
- GONÇALVES, N. D.; *et al.* Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. **Food Research International**, v. 96, p. 154-160, 2017.
- GONÇALVES, N. D.; PENA, F. L.; SARTORATTO, A.; DERLAMELINA, C.; DUARTE, M. C. T.; ANTUNES, A. E. C.; PRATA, A. S. Encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil used as a natural preservative in bakery product. **Food Research International**, v. 96, p. 154-160, June 2017.
- GOVINDAN, Kannan. Sustainable consumption and production in the food supply chain: a conceptual framework. **International Journal of Production Economics**, v. 195, p. 419-431, 2018.
- GRABOWSKI, Nils Th.; KLEIN, Günter. Microbiology of processed edible insect products – Results of a preliminary survey. **International Journal of Food Microbiology**, v. 243, 21 february 2017, p. 103-107. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.11.005>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- GRAS Notice Inventory**, FDA GRN N° 863/2020. Disponível em: [https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&sort=GRN\\_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=863](https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&sort=GRN_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=863). Acesso em: 29 jun. 2023.
- GRAS Notice Inventory**, FDA GRN N° 904/2021. Disponível em: [https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&sort=GRN\\_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=904](https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&sort=GRN_No&order=DESC&startrow=1&type=basic&search=904). Acesso em: 29 jun. 2023.
- GRATZ, Maximilian; *et al.* Gentle Sterilization of Carrot-Based Purees by High-Pressure Thermal Sterilization and Ohmic Heating and Influence on Food Processing Contaminants and Quality Attributes. **Frontiers in Nutrition**, v. 8, p. 69, 2021.
- Guarner, F.; Malagelada, J. Gut flora in health and disease. **The Lancet**, v. 361, n. 9356, p: 512–519, 2003. PMID 12583961. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)12489-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)12489-0). Acesso em: 4 ago. 2023.
- GUERRA; L. C.; COSTA, B. R. L.; ARAUJO, R. M. Consumidores supermercadistas no e-commerce: drive-thru ou entrega em domicílio. **Revista Vianna Sapiens**, v. 12, n. 1, p. 1-26, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.31994/rvs.v12i1.698>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- GUIDANCE Document for Direct-to-Consumer and Third-Party Delivery Service Food Delivery.** Disponível em: <http://www.foodprotect.org/media/guide/guidance-document-for-direct-to-consumer-and-third-party-delivery.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- GUIMARÃES, Jonas T.; *et al.* High-intensity ultrasound: A novel technology for the development of probiotic and prebiotic dairy products. **Ultrasonics sonochemistry**, v. 57, p. 12-21, 2019.
- GUIMARÃES, L. E-commerce brasileiro fatura R\$ 27,3 bilhões e segue tendência dos EUA. **Consumidor Moderno**, São Paulo, 23 jun. 2020. Disponível em: <https://www.consumidormoderno.com.br/2020/06/23/crescimento-e-commerce-brasileiro/>. Acesso em: 23 set. 2020.
- GUO, Chaofan; MUJUMDAR, Arun S.; ZHANG, Min. New development in radio frequency heating for fresh food processing: A review. **Food Engineering Reviews**, v. 11, n. 1, p. 29-43, 2019.
- HADI, Joshua; WU, Shuyan; BRIGHTWELL, Gale. Antimicrobial Blue Light versus Pathogenic Bacteria: Mechanism, Application in the Food Industry, Hurdle Technologies and Potential Resistance. **Foods**, v. 9, n. 12, p. 1895, 2020.
- HAJKOWICZ, S.; EADY, S., 2015. Rural industry future: Megatrends impacting Australian agriculture over the coming twenty years. **Rural Industries Research and Development Corporation (RIRDC)**. Publication n. 15/O65. Caberra: RIRDC.

- HALLMAN, William K.; *et al.* Food Safety Risks Factors Associated with Home Delivery of Meat, Game, Poultry, and Seafood Products. Rutgers/Tennessee State University. In: HEDMAN, Cory. Home Delivery — Coming of Age. **Food Safety Summit Conference & Expo. Meijer**, Rosemont, Illinois, may 11, 2017. Disponível em: [https://www.food-safety.com/ext/resources/FSS\\_Event/2017/2017\\_Presentations/Home-Delivery.pdf?1520779775?1520779775](https://www.food-safety.com/ext/resources/FSS_Event/2017/2017_Presentations/Home-Delivery.pdf?1520779775?1520779775). Acesso em: 20 jan. 2021.
- HANSEN; A.; SCHIEBERLE, P. Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, p. 85-94, 2005.
- HASNAN, N. Z. N.; YUSOFF, Y. M. Short review: Application Areas of Industry 4.0 Technologies in Food Processing Sector. *In: IEEE Student Conference on Research and Development (SCOREd)*, p. 1-6, 2018.
- HEALTHFOCUS®. International Brazil Report, 2014. St. Petersburg: **HealthFocus International**, 2014.
- HELMECKE, M.; FRIES, E.; SCHULTE, C. Regulating water reuse for agricultural irrigation: risks related to organic micro-contaminants. **Environ. Sci. Eur.**, n. 32, 2020, p. 4. Doi: 10.1186/s12302-019-0283-0.
- HEMERY, Y.; LULLIEN-PELLERIN, V.; ROUAU, X., ABECASSIS, J.; SAMSON, M.-F.; ÅMAN, P.; VON REDING, W.; SPOERNDLI, C.; BARRON, C. Biochemical markers: Efficient tools for the assessment of wheat grain tissue proportions in milling fractions. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 55-64, 2009.
- HEMP CBD Scorecard: an evaluation of hemp CBD producers.** Center for Food Safety/Center for Cannabis Safety, september, 2019. Disponível em: [https://www.centerforfoodsafety.org/files/final-cbd-report-for-web\\_09011.pdf](https://www.centerforfoodsafety.org/files/final-cbd-report-for-web_09011.pdf). Acesso em: 11 mar. 2021.
- HENSEL, Kelly. Total Transparency: Inviting Consumers Inside. **Food Technology Magazine**, Chicago, v. 17, n. 3, p. 20-29, mar. 2017. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2017/march/features/consumer-trust-and-transparency-in-the-food-industry>. Acesso em 27 jul. 2023.
- HERMAN, Lieve; *et al.* Food innovation answering consumers and societal demands. *In: THIRY, Etienne; VAN HUFFEL, Xavier (Ed.). Changing consumption patterns: What about food safety? 15th annual symposium of the Scientific Committee established at the Belgian Food Safety Agency, 3th december 2019.* p. 34-39. Disponível em: [https://www.favv-afscab.be/scientificcommittee/publications/brochures/changingconsumptionpatterns/\\_documents/Proceedings\\_2019\\_changing-consumption-patterns.pdf](https://www.favv-afscab.be/scientificcommittee/publications/brochures/changingconsumptionpatterns/_documents/Proceedings_2019_changing-consumption-patterns.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.
- HINDS, Laura M.; *et al.* Principles and mechanisms of ultraviolet light emitting diode technology for food industry applications. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 56, p. 102153, 2019.
- HIRSCHBERG, Carsten; RAJKO, Alexander; SCHUMACHER, Thomas; WRULICH, Martin. **The changing market for food delivery.** McKinsey & Company, november 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/the-changing-market-for-food-delivery>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- HOJNIK, Nataša; *et al.* Mycotoxin decontamination efficacy of atmospheric pressure air plasma. **Toxins**, v. 11, n. 4, p. 219, 2019.
- Hopewell, J.; Dvorak R.; Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities Phil. Trans. R. Soc. B364 2115–2126, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- HUTTON, T. Sodium Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **Br. Food J.**, v. 104, p. 126-152, 2002.
- HYUN, Jeong-Eun; LEE, Sun-Young. Blue light-emitting diodes as eco-friendly non-thermal technology in food preservation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 284-295, 2020.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). **Microorganismos em alimentos 8: utilização de dados para avaliação do controle de processo e aceitação de produto.** Tradução Bernadette D. G. M. Franco, Marta H. Taniwaki, Mariza Landgraf, Maria Teresa Destro. São Paulo: Blucher, 536 p., 2015.
- IDZWANA, Mohd Idris Nor et al. The Effect Of Ultraviolet Light Treatment In Extend Shelf Life And Preserve The Quality of Strawberry (Fragaria x ananassa) cv. Festival. **International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources**, v. 1, n. 1, p. 15-18, 2020.
- IFOPE-EDUCACIONAL. **Entenda a importância da ISO 22000 na Gestão de Segurança de Alimentos**, 2020. Disponível em: <https://afrebras.org.br/noticias/entenda-a-importancia-da-iso-22000-na-gestao-de-seguranca-de-alimentos/>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- IFS. **Global Safety and Quality Standards**, 2022. Disponível em: <https://www.ifs-certification.com/>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- IMATHIU, Samuel. Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. **NFS Journal**, v. 18, march 2020, p. 1-11. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- INDIARTO, Rossi; REZAHARSAMTO, Bayu. A review on ohmic heating and its use in food. **Int. J. Sci. Technol. Res.**, v. 9, n. 2, p. 485-490, 2020. INGREDION. The Clean Label Guide to Europe. *In: INGREDION*. 2014.
- INOVA Social. E se seu pedido do delivery viesse em uma embalagem reutilizável? **Inova Social**, 30 set. 2020. Disponível em: <https://inovasocial.com.br/negocio-social/dispatch-goods-embalagem-reutilizavel/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

- INTERACTIVE packaging:** communication via labelling, 2016. Disponível em: <https://bestinpackaging.wordpress.com/2016/03/11/interactive-packaging-communication-via-labelling/>. Acesso em: 5 jul. 2023.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF), 2018. **Microorganisms in Foods 7: Microbiological Testing in Food Safety Management – 2nd ed.** Springer: New York.
- INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas.** 9ª ed. Bruxelas: International Diabetes Federation, 2019.
- INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL, 2020. **Food & Health Survey International Food Information Council.** Disponível em: <https://foodinsight.org/wp-content/uploads/2020/06/IFIC-Food-and-Health-Survey-2020.pdf>. Acesso em: mar. 2021.
- INSTITUTE OF MEDICINE (IOM) FOOD FORUM (ed.). Food safety concerns for aging populations. *In: Providing healthy and safe foods as we age: Workshop Summary.* Washington (DC): National Academies Press (US); 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK51849/>. Acesso em: 04 ago. 2023.
- ISO. **ISO 9000 Family Quality Management,** 2021. Disponível em: <https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>. Acesso em: 4 nov. 2021.
- ISONI AUAD, Lígia *et al.* Development of a Brazilian food truck risk assessment instrument. **International Journal of Environmental Research and Public Health,** v. 15, n. 12, p. 2624, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/12/2624>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- ITAL. **Transferência de Conhecimento. Instituto de Tecnologia de Alimentos,** 2022. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/tecnolal/transferencia-de-conhecimento>. Acesso em: 7 abr. 2022.
- IVENS, Barbara J. The Emergence of the Term “Ultraprocessed” Foods in Nutrition Research. **Nutrition Today,** n. 1, v. 55:11-15, january/february 2020.
- JEONG, Seul-Gi; BAIK, Oon-Doo; KANG, Dong-Hyun. Evaluation of radio-frequency heating in controlling *Salmonella enterica* in raw shelled almonds. **International Journal of Food Microbiology,** v. 254, p. 54-61, 2017.
- JEONG, Seul-Gi; KANG, Dong-Hyun. Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in ready-to-bake cookie dough by gamma and electron beam irradiation. **Food Microbiology,** v. 64, p. 172-178, 2017.
- JIAO, Yang; *et al.* Radio-frequency applications for food processing and safety. **Annual Review of Food Science and Technology,** v. 9, p. 105-127, 2018.
- JIN, Tony Z.; YU, Yuanshan; GURTLER, Joshua B. Effects of pulsed electric field processing on microbial survival, quality change and nutritional characteristics of blueberries. **LWT,** v. 77, p. 517-524, 2017.
- JONES, J. M.; CLEMENS, R. A. Cereals 17 Symposium: processed and ultraprocessed foods defined — an Alice in Wonderland question? **AACCI Events & News,** v. 62, n. 3, p. 120-122, may/jun. 2017. Disponível em: <https://www.cerealsgrains.org/publications/plexus/cfw/pastissues/2017/Documents/cfw-62-3-0120.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- JONES, P. J.; JEW, S. Functional food development: concept to reality. **Trends in Food Science & Technology,** v. 18, p. 387-390, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.03.008>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- KANG, Dacheng; *et al.* Structural and functional modification of food proteins by high power ultrasound and its application in meat processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** v. 61, n. 11, p. 1914-1933, 2021.
- KANJANAPONGKUL, Kobsak; BAIBUA, Veraya. Effects of ohmic pasteurization of coconut water on polyphenol oxidase and peroxidase inactivation and pink discoloration prevention. **Journal of Food Engineering,** v. 292, p. 110268, 2021.
- KANTONO, Kevin; *et al.* Physicochemical and sensory properties of beef muscles after Pulsed Electric Field processing. **Food Research International,** v. 121, p. 1-11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.03.020>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- KHAN, Prince Waqas; BYUN, Yung-Cheol; PARK, Namje. IoT-Blockchain Enabled Optimized Provenance System for Food Industry 4.0 Using Advanced Deep Learning. **Sensors,** v. 20, n. 10, p. 2990, 2020.
- KHOURYIEH, H. A. Novel and emerging technologies used by the U.S. food processing industry. **Innovative Food Science & Emerging Technologies,** 67:102559, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102559>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- KIM, Do-Kyun; KANG, Dong-Hyun. Efficacy of light-emitting diodes emitting 395, 405, 415, and 425 nm blue light for bacterial inactivation and the microbicidal mechanism. **Food Research International,** v. 141, p. 110105, 2021.
- KIM, Y.; JE, Y. **Archives of cardiovascular diseases,** Elsevier, 2016.
- KING, R.; BROWN, N. A.; URBAN, M.; HAMMOND-KOSACK, K. E. Inter-genome comparison of the Quorn fungus *Fusarium venenatum* and the closely related plant infecting pathogen *Fusarium graminearum*. **BMC Genomics,** 19:1–19, 2018.

- KING, T.; COLE, M.; FARBER, J. M.; EISENBRAND, G.; ZABARAS, D.; FOX, E. M.; HILL, J. P. Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. **Trends in Food Science & Technology**, 68, 160-175, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.014>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- KLIEBER, A. **The future of food safety**, 2018. Disponível em: <https://www.qualityassociates.com.au/future-food-safety/>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- KOMLENIĆ, D.K.; SLAČANAC, V.; JUKIĆ, M. **Influence of Acidification on Dough Rheological Properties**, **Rheology**, 2012. Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/rheology/influence-of-acidification-on-dough-rheological-properties->. Acesso em: jan. 2021.
- KOTLER, P.; KARTAJAYA, H.; SETIAWAN, I. **Marketing 4.0: Mudança do Tradicional para o Digital**. Coimbra, Portugal: Conjuntura Actual Editora, 2017. 218 p. ISBN 9789896942083.
- KOUBAA, Mohamed; *et al.* Pulsed electric field processing of fruit juices. *In: FRUIT juices*. Academic Press, p. 437-449, 2018.
- KOUTCHMA, T.; *et al.* "Effects of Ultraviolet Light and High-Pressure Processing on Quality and Health Related Constituents of Fresh Juice Products." **Comp Rev Food Sci Food Safety**, 15(5):844-867, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12214>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- KUHN, Mary Ellen. The meal solution evolution. **Food Technology Magazine**, november 1, 2019. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2019/november/features/the-meal-solution-evolution>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- KUMAR, Tankesh. A review on ohmic heating technology: Principle, applications and scope. **International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology**, v. 11, n. 4, p. 679-687, 2018.
- LABS, W. Cell-cultured meat concerns. **Food Engineering, Manufacturing News**, may 17, 2019. Disponível em: <https://www.foodengineeringmag.com/articles/98296-cell-cultured-meat-concerns>. Acesso em: 11 mar. 2021.
- LAMBERT, R. A.; BARRO, L. S.; CARMO, K. S. G.; OLIVEIRA, A. M. S. BORGES, A. A. Mulching é uma opção para o aumento de produtividade da melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2017.
- LAMBERT, S.; WAGNER, M. Environmental performance of bio-based and biodegradable plastics: the road ahead. **Chemical Society Reviews**, 46: 6855, 2017.
- LANTHAM K. The world's first 'infinite' plastic. **BBC Future Planet**, 12 May 2021. London. Disponível em: <https://www.bbc.com/future/article/20210510-how-to-recycle-any-plastic>. Acesso em: 3 nov. 2023.
- LATTANZI, A. Food delivery platforms revolutionizing the market during COVID-19: Why is regulation lagging behind? **International Food Information Service**, 11 maio 2020. Disponível em: <https://www.ifis.org/blog/food-delivery-platforms-covid-19>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- LAVINAS, F. C., LOPES, M. L. M.; MESQUITA, V. L. V., 2007. **Efeito da alta pressão hidrostática sobre a inativação de microrganismos**. B. CEPPA, 25(1):25-36. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/viewFile/8392/5841>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- LECUN Y.; BENGIO Y.; HINTON G. Deep learning. **Nature**, 521: 436-44, 2015.
- LEVINOVITZ, Alan. **A mentira do glúten: e outros mitos sobre o que você come**. Porto Alegre: Citadel Grupo Editorial, 2015.
- LI, Hui; *et al.* Effect of ozonation and UV irradiation on aflatoxin degradation of peanuts. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 4, p. e13914, 2019.
- LIMA, G. P. P.; VIANELLO, F. Review on the main differences between organic and conventional plant-based foods. **Int J Food Sci Technol**, v. 46, pp. 1-13, 2011.
- LIN, Yawen; *et al.* Validation of radio frequency assisted traditional thermal processing for pasteurization of powdered infant formula milk. **Food Control**, v. 109, 2020, 106897. ISSN 0956-7135. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106897>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- LING, Bo; CHENG, Teng; WANG, Shaojin. Recent developments in applications of radio frequency heating for improving safety and quality of food grains and their products: A review. **Food science and nutrition**, v. 60, n. 15, p. 2622-2642, 2020.
- LIU, R.H. 2007. Whole grain phytochemicals and health. **Journal of Cereal Science**, v. 46, p.207-219, 2007.
- LOCAL food: understanding consumer attitudes**. The Thinking House, Bord Bia Insight Centre, february, 2017. Disponível em: <https://www.bordbia.ie/globalassets/bordbia.ie/newsevents/speaker-presentations/speaker-presentations-2017/small-business-open-day-2017/understanding-irish-consumer-attitudes-to-local-food---tom-collins-bord-bia.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- LOOP. **How it Works**. Disponível em: <https://loopstore.com/how-it-works>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- LUSK, J. L. Consumer Perceptions of 'Natural' Foods. **Food Technology Magazine**, july 1, 2019. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2019/july/features/consumer-perceptions-of-natural-foods>. Acesso em: 22 fev. 2021.

- MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T. **Agricultura Urbana**. Embrapa, Documento 48, 2002. ISSN 1517-5111. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/565842/1/doc48.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- MACHADO, T. F. **Patógenos emergentes em alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 20 p.
- MADI, L. F. C.; REGO, R. A. Benchmarking de políticas de desenvolvimento da indústria de alimentos e bebidas. *In*: **SUSTENTABILIDADE e sustentação da produção de alimentos no Brasil**: Agroindústria de alimentos. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2014.
- MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. Genômica microbiana. *In*: MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; BENDER, K. S.; BUCKLEY, D. H.; STAHL, D. A. **Microbiologia de Brock**. Porto Alegre: Artmed, p. 183-214, 2016. ISBN 978-85-8271-297-9.
- MADUREIRA, A. M. A. S. **Doenças Emergentes e Reemergentes na Saúde Coletiva**. Curso Técnico em Agente Comunitário de Saúde. Instituto Federal Norte de Minas Gerais, 2015.
- MALIEN-AUBERT, C, AMIOT-CARLIN, M. J. Pigments phénoliques: structures, stabilité, marche des colorants naturels et effets sur la santé. *In*: **LES Polyphénols en Agroalimentaire**, Lavoisier Tec & Doc, Paris, pp 295-339, 2006.
- MALOCHLEB, M. Why Cannabis Edibles Are Creating a Buzz. **Food Technology Magazine**, february 1, 2019. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-agazine/issues/2019/february/features/cannabis-edibles>. Acesso em: 9 mai. 2023.
- MANNING, L.; SOON, J. M. Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 4, p. R823-R834, 2016.
- MANZOOR, M. F. *et al.* Impact of pulsed electric field on rheological, structural, and physicochemical properties of almond milk. **Journal of Food Process Engineering**, v. 42, n. 8, p. e13299, 2019.
- MANZOOR, M.; SINGH, J.; GANI, A.; NOOR, N. Valorization of natural colors as health-promoting bioactive compounds: Phytochemical profile, extraction techniques, and pharmacological perspectives. **Food Chemistry**, 362:130141, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130141>. Acesso em: 9 mai. 2023.
- MARKES: Efficient tools for the assessment of wheat grain tissue proportions in milling fractions. **Journal of Cereal Science**, v. 49, p. 55-64, 2009.
- MARKS, Alexia B. **A New Governance Recipe for Food Safety Regulation**, 47 LOY. U. CHI. L.J. 907, 2016. Disponível em: <https://scholar.law.colorado.edu/faculty-articles/1198>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MARSHAL, M. R.; MARCY, J. E.; BRADDOCK, R. J. Effect of total solids level on heat inactivation of pectinesterase in orange juice. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 220-222, 1985.
- MARSHALL, D. L.; DICKSON, J. S.; NGUYEN, N. H. Ensuring food safety in insect based foods: Mitigating microbiological and other foodborne hazards. *In*: **INSECTS as sustainable food ingredients**. Academic Press, p. 223-253, 2016.
- MARTÍNEZ-ZAMORA, L.; PEÑALVER, R.; ROS, G.; NIETO, G. Substitution of synthetic nitrates and antioxidants by spices, fruits and vegetables in Clean label Spanish chorizo. **Food Research International**, v. 139, p. 1-13, 2021.
- MARTINS, S. C. S.; MARTINS, C. M. Bacteriófagos: ferramenta para controle de bactérias. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 3180-3190, 2014. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/bacteriofagos.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MARUYAMA, S.; STRELETSKAYAB, N. A.; LIMA, J. Clean label: Why this ingredient but not that one? **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 1-9, 2021.
- MARVIN, H. J. P.; JANSSEN, E. M.; BOUZEMBRAK, Y.; HENDRIKSEN, P. J. M.; STAATS, M. Big data in food safety: An overview. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 11, p. 2286-2295, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1257481>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MATOS, A. P.; NOVELLI, E.; TRIBUZI, G. Use of algae as food ingredient: sensory acceptance and commercial products. **Frontiers in Food Science and Technology**, 2022, 2:989801. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/frfst.2022.989801>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- McCLEMENTS, D. J.; XIAO, H. Is nano safe in foods? Establishing the factors impacting the gastrointestinal fate and toxicity of organic and inorganic food-grade nanoparticles. **npj Sci Food**, n. 6, 2017.
- McMEEKIN, T.; BROWN, J.; KRIST, K.; MILES, D.; NEUMEYER, K.; NICHOLS, D.; ROSS, T. Quantitative microbiology: A basis for food safety. **Emerging Infectious Diseases**, 3: 541-549, 1997.
- McMEEKIN, T.; OLLEY, J.; RATKOWSKY, D.; CORKREY, R.; ROSS, T. Predictive microbiology theory and application: Is it all about rates? **Food Control**, 29: 290-299, 2013.
- MELGAR-LALANNE, Guiomar; HERNÁNDEZ-ÁLVAREZ, Alan-Javier; SALINAS-CASTRO, Alejandro. Edible insects processing: Traditional and innovative technologies. **Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 4, p. 1166-1191, 2019.
- MENDES, M. C.; *et al.* Algae as food in europe: an overview of species diversity and their application. **Foods**, 2022, 11, 1871. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods11131871>. Acesso em: 31 jul. 2023.

- MENDONÇA, L. C.; MENDONÇA, S.R. Características dos esgotos sanitários. *In*: MENDONÇA, S. R.; MENDONÇA, L. C. Sistemas sustentáveis de esgotos. 2ª ed. São Paulo: Blucher, cap. 1, p. 19-59, 2017.
- MEYER, A. M. *et al.* Chemical food safety hazards of insects reared for food and feed. **Journal of Insects as Food and Feed**, p. 1-10, 2021.
- MEYS, R., FRICK, F., WESTHAUS, S.; STERNBERG, A.; KLANKERMAYER, J.; BARDOW, A. Towards a circular economy for plastic packaging wastes – the environmental potential of chemical recycling. **Resources, Conservation & Recycling**, 162: 105010, 2020.
- MIALONA, M.; SÊRODIQB, P; SCAGLIUSIA, F. B. Criticism of the NOVA classification: who are the protagonists? **World Nutrition**, 9(3):176-240 176, 2018.
- MICHEL, F.; HARTMANN, C.; SIEGRIST, M. Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 1-30, 2021.
- MIORANDI, D.; SICARI, S.; De PELLEGRINI, F.; CHLAMTAC, I. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad hoc networks**, 10(7), 1497–1516, 2012.
- MIRAGAIA, M. Para reduzir lixo do delivery, restaurantes usam estratégias como resgatar embalagens de vidro. **Folha de S. Paulo**, São Paulo, 21 set. 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mpme/2020/09/para-reduzir-lixo-do-delivery-restaurantes-usam-estrategias-como-resgatar-embalagens-de-vidro.shtml>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- MISRA, N. N.; DIXIT, Y.; AL-MALLAHI, A.; BHULLAR, M. S.; UPADHYAY, R.; MARTYNNENKO, A. IoT, big data and artificial intelligence in agriculture and food industry. **IEEE Internet of Things Journal**, p. 1-19, 2020.
- MISRA, N. N.; *et al.* Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies. **Food Research International**, v. 97, p. 318-339, 2017.
- MOHAN, A. M. Burger King and Tim Hortons to Pilot Reusable Containers Through Loop. **Packaging World**, 22 out. 2020. Disponível em: [https://www.packworld.com/issues/sustainability/article/21199621/burger-king-and-tim-hortons-to-pilot-reusable-containers=20201117&oly\\_enc\\_id=513413744801H7Z](https://www.packworld.com/issues/sustainability/article/21199621/burger-king-and-tim-hortons-to-pilot-reusable-containers=20201117&oly_enc_id=513413744801H7Z). Acesso em: 20 nov. 2020.
- MONTEIRO, C. A.; *et al.* Uma nova classificação de alimentos baseada na extensão e propósito do seu processamento. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 11, p. 2039-2049, nov. 2010.
- MONTEMURRO, M.; PONTONIO, E.; CODA, R.; RIZZELLO, C.G. Plant-Based Alternatives to Yogurt: State-of-the-Art and Perspectives of New Biotechnological Challenges. **Foods**, v. 10, n. 316, p. 1-21, 2021.
- MONTOYA, Z.; CONROY, M.; VANDEN HEUVEL, B. D.; PAULI, C. S.; PARK, S. H. Cannabis contaminants limit pharmacological use of cannabidiol. **Frontiers in Pharmacology**, 11: 571832, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.571832>. Acesso em: 01 ago. 2023.
- MORENO, I.; MARASCA, E. T. G. Segurança dos alimentos. *In*: VIALTA, A.; REGO, R. A. (ed.). **Brasil ingredients trends 2020**. Campinas: Itai, 2014, Cap. 14. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilingredientstrends/publicacao.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MOSHTAGHIAN, H.; BOLTON, K.; ROUSTA, K., 2021. Challenges for Upcycled Foods: Definition, Inclusion in the Food Waste Management Hierarchy and Public Acceptability. **Foods**, 10(11):2874. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods10112874>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MOSKOWITZ, H. R.; BECKLEY, J. H.; RESURRECCION, A. V. **A. Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development** (2 Ed). John Wiley & Sons., 2012.
- MOTARJEMI, Y.; LELIEVELD, H. Fundamentals in Management of Food Safety in the Industrial Setting: Challenges and Outlook of the 21st Century. *In*: YASMINE Motarjemi and Huub Lelieveld. **Food Safety Management**. 1ª ed., San Diego: Elsevier, p. 1-20, 2014. ISBN: 978-0-12-381504-0.
- MOTTA, B. Apps de delivery de comida terão de exigir alvarás de estabelecimentos. **Veja Rio**, Rio de Janeiro, 12 jun. 2020. Disponível em: <https://vejario.abril.com.br/cidade/aplicativos-comida-alvaras-estabelecimentos/>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- MOURA, S. C. S. R.; BERLING, C. L.; GARCIA, A. O.; QUEIROZ, M. B.; ALVIM, I. D.; HUBINGER, M. D. Release of anthocyanins from the hibiscus extract encapsulated by ionic gelation and application of microparticles in jelly candy. **Food Research International**, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.12.010>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MOURA, S. C. S. R.; BERLING, C. L.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; HUBINGER, M. D. Encapsulating anthocyanins from Hibiscus sabdariffa L. calyces by ionic gelation: Pigment stability during storage of microparticles. **Food Chemistry**, v. 241, p. 317-327, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.095>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- MOURA, S. C. S. R.; SCHETTINI, G. N.; GARCIA, A. O.; GALLINA, D. G.; ALVIM I. D.; HUBINGER, M. D. Stability of hibiscus extract encapsulated by ionic gelation incorporated in yogurt. **Food and Bioprocess Technology**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02308-9>. Acesso em: 31 jul. 2023.

MÜLLER, Wagner Augusto; MARCZAK, Ligia Damasceno Ferreira; SARKIS, Júlia Ribeiro. Microbial inactivation by ohmic heating: Literature review and influence of different process variables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 650-659, 2020.

MUNDO do plástico. **Filme mulching**: saiba por que produzi-lo para atender o setor agrícola. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/oportunidades/filme-mulching-saiba-por-que-produzi-lo-para-atender-o-setor-agr-cola/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MURRAY, I. J.; TAYLOR, S. V. FEMA GRAS assessment of natural flavor complexes: Clove, cinnamon leaf and West Indian bay leaf-derived flavoring ingredients. **Food and Chemical Toxicology**, v. 145, p. 1-16, 2020.

**MyGSFI**, 2022a. Disponível em: <https://mygfsi.com/who-we-are/overview/>. Acesso em: 4 maio 2022.

MyGSFI. **GSFI — recognised Certification Programme Owners — Version 2020**. 2022b. Disponível em: <https://mygfsi.com/wp-content/uploads/2022/09/GFSI-Recognised-CPOs-20221208-2.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.

NACHAY, K. Clean Label Approaches to Food Safety. **Food Technology**, v. 71, n. 11, p. 1-7, 2017.

NACHAY, Karen. Clean Label Approaches to Food Safety. **Food Technology Magazine**, november 1, 2017. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2017/november/columns/ingredients-that-provide-food-safety-food-preservation>. Acesso em: 22 fev. 2021.

NAKAGAWA, T.; KOHORI, J.; KOIKE, S.; KATSURAGI, Y.; SHOJI, T. Sodium aspartate as a specific enhancer of salty taste perception — sodium aspartate is a possible candidate to decrease excessive intake of dietary salt. **Chem. Senses**, v. 39, p. 781-786, 2014.

NASCIMENTO, K. O., SILVA, C. P.; BARBOSA, M. I. M. J., 2013. Alta pressão hidrostática: tecnologia empregada no processamento de alimentos. **Acta Tecnológica**, 8(1):63-70. Disponível em: <https://periodicos.ifma.edu.br/actatecnologica/article/view/104/126>. Acesso em: 17 mar. 2023.

NASCIMENTO, M. S.; BROCCHI, M.; CASAS, M. R. T.; EFRAIM, P. **Caracterização de Salmonella isolada de produtos de baixa atividade de água**: perfil de virulência, resistência a antibióticos, capacidade de formação de biofilmes, resistência a processos tecnológicos e de higienização. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/95155/caracterizacao-de-Salmonella-isolada-de-produtos-de-baixa-atividade-de-agua-perfil-de-virulencia-res/> Acesso em: 22 fev. 2021.

NERI-NUMA, I. A.; ARRUDA, H. S.; GERALDI, M. V.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; PASTORE, G. M. Natural prebiotic carbohydrates, carotenoids and flavonoids as ingredients in food systems. **Current Opinion in Food Science**, v. 33, p.98-107, 2020.

NOGEIRE-MCRAE, T.; *et al.* The Role of Urban Agriculture in a Secure, Healthy and Sustainable Food System. **BioScience**, v. 68, n. 10, october 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/biosci/biy071>. Acesso em: 31 jul. 2023.

NOLETTO, A. P. R.; LOUREIRO, S. A.; CASTRO, R. B.; LIMA JÚNIOR, O. F. Intelligent Packaging and the Internet of Things in Brazilian Food Supply Chains: The Atual State and Challenges. *In*: FREITAG, M.; KOTZAB, H.; PANNEK J. (eds) **Dynamics in Logistics**. Lecture Notes in Logistics. Springer, 2017.

O CONSUMIDOR brasileiro e o mercado plant-based. **The Good Food Institute Brazil**. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2021/02/O-consumidor-brasileiro-e-o-mercado-plant-based.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2023.

OGRODOWCZYK, A. M.; DIMITROV, I.; WRÓBLEWSKA, B. Two faces of milk proteins peptides with both allergenic and multidimensional health beneficial impact-integrated. *In Vitro/In Silico Approach*. **Foods**, v. 10, p. 1-23, 2021.

OKUMUS, Bendegul; *et al.* Exploring safety of food truck products in a developed country. **International Journal of Hospitality Management** 81 (2019) 150–158. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2019.02.011>. Acesso em: 31 jul. 2023

OLSEN, P.; BORIT, M. How define traceability. **Trends in Food Science & Technology**, v. 29, p. 142-150, 2013.

ONG, Kimberly J.; *et al.* **Food Safety Considerations and Research Priorities for the Cultured Meat and Seafood Industry**. Authorea, february 10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22541/au.161246496.61092571/v2>. Acesso em: 31 jul. 2023.

ORGANIC FOODS, ARE THEY SAFER? FOOD SAFETY TECHNICAL TOOLKIT FOR ASIA AND THE PACIFIC. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Bangkok, 2021. Disponível em: <http://www.fao.org/3/cb2870en/cb2870en.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2021.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Brasil e Peru se juntam a um número crescente de países nas Américas que estão eliminando gorduras trans produzidas industrialmente**. **Trans**. 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/13-8-2021-brasil-e-peru-se-juntam-um-numero-crescente-paises-nas-americas-que-estao>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ORREGO, C. E.; SALGADO, N.; BOTERO, C. A. Developments and trends in fruit bar production and characterization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54, p. 84-97, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.571798>. Acesso em: 31 jul. 2023.

ORTIZ, D. Biological Contamination of Grains in Transportation — Farm to Fork. **Cereal Foods World**, v. 65, n. 1, p. 1-5, 2020.

- OZAKI, M. M.; MUNEKATA, P. E. S.; JACINTO-VALDERRAMA, R. A.; EFRAIM, P.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; POLLONIO, M. A. R. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. **Meat Science**, v. 171, p. 108-275, 2021.
- PAIVA, A. K.; GOMES, A. C.; MOTA, J. F. **Edulcorantes**, outros substitutos do açúcar e microbiota. Disponível em: [nutritotal.com.br](http://nutritotal.com.br). Acesso em: 20 mar. 2021.
- PAK, Tetra. **White Paper: A Spotlight on Food Safety and Industry 4.0**, 2020. Disponível em: <https://www.tetrapak.com/about-tetra-pak/news-and-events/newsarchive/spotlight-on-food-safety-and-industry-4-0>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- PALENSCHAT, Evan; SANDIFORD, Matthew John; STANSBURY, Smitha. The Rise in Ghost Kitchens. **King & Spalding**, august 28, 2020. Disponível em: <https://www.jdsupra.com/legalnews/the-rise-in-ghost-kitchens-95397/>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- PANDISELVAM, R.; *et al.* Ozone based food preservation: a promising green technology for enhanced food safety. **Ozone: Science & Engineering**, v. 41, n. 1, p. 17-34, 2019.
- PANIGRAHI, Chirasmitta; MISHRA, Hari Niwas; DE, Sirshendu. Effect of ozonation parameters on nutritional and microbiological quality of sugarcane juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 43, n. 11, p. e13542, 2020.
- PANIWNYK, Larysa. Applications of ultrasound in processing of liquid foods: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 38, p. 794-806, 2017.
- PAOLINELLI, A. **A produção de alimentos no Brasil**, Seminário Alimentos Seguros, organizado pela Aeasp. 22 jun. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=N64pFcCjv9w>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- PARAMITHIOTIS, S.; PATRA J. K. **Food molecular microbiology**, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2019.
- PARKER, Liz. Top food safety strategies for snack and bakery companies. **Snack Food & Wholesale Bakery**, december 12, 2018. Disponível em: <https://www.snackandbakery.com/articles/92431-top-food-safety-strategies-for-snack-and-bakery-companies>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- PAULA, C. M. D.; CASARIN, L. S.; TONDO, E. C. Escherichia coli O157:H7 — patógeno alimentar emergente. **Revista Visa em Debate**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 4, p. 23-33, 2014.
- PAXIMADA, P.; HOWARTH, M.; DUBEY, B.N. Double emulsions fortified with plant and milk proteins as fat replacers in cheese. **Journal of Food Engineering**, v. 288, p. 1-8, 2021.
- PEARSON, Simon; *et al.* Are Distributed Ledger Technologies the panacea for food traceability? **Global Food Security**, v. 20, p. 145-149, 2019.
- PEREIRA, René. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/infograficos/economia/digitalizacao-forcada-das-empresas-na-pandemia-acelera-substituicao-de-mao-de-obra>, 1123178. Acesso em: 16 fev. 2021.
- PEREIRA, Ricardo Nuno; *et al.* Ohmic heating for the dairy industry: a potential technology to develop probiotic dairy foods in association with modifications of whey protein structure. **Current Opinion in Food Science**, v. 22, p. 95-101, 2018.
- PERERA, Conrad O.; ALZHRANI, Mona Ahmed J. Ultrasound as a pre-treatment for extraction of bioactive compounds and food safety: A review. **LWT**, v. 142, p. 111114, 2021.
- PERSPECTIVES ON RETAIL AND CONSUMER GOODS. **McKinsey & Company**, n. 8, 2020. Disponível em: [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/Perspectives%20on%20Retail%20and%20Consumer%20Goods%20Number%208/Perspectives-on-Retail-and-Consumer-Goods\\_Issue-8.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Retail/Our%20Insights/Perspectives%20on%20Retail%20and%20Consumer%20Goods%20Number%208/Perspectives-on-Retail-and-Consumer-Goods_Issue-8.pdf). Acesso em: 20 nov. 2020.
- PETTIT, B.; RITZ, M.; FEDERIGHI, M. Nouveaux Traitements Physiques de Conservation des Aliments: Revue Bibliographique. **Revue de Médecine Vétérinaire**, 53:547-556, 2002.
- PIHLANTO, A; MATTILA, P.; MÄKINEN, S.; PAJARI, A. M. Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. **Food & Function**, n. 8, p. 3443-3458, 2017.
- PILLAI, Suresh D.; SHAYANFAR, Shima. Electron beam technology and other irradiation technology applications in the food industry. Applications of Radiation Chemistry in the Fields of Industry, **Biotechnology and Environment**, p. 249-268, 2017.
- PINTO, Carlos A.; *et al.* Effects of high-pressure processing on fungi spores: Factors affecting spore germination and inactivation and impact on ultrastructure. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, 2020, 19.2: 553-573.
- PIRES, Roberto P. S.; *et al.* Ohmic heating for infant formula processing: Evaluating the effect of different voltage gradient. **Journal of Food Engineering**, v. 280, p. 109989, 2020.
- PIYASENA, P.; DUSSAULT, C.; KOUTCHMA, T.; RAMASWAMY, H. S.; AWUAH, G. B. Radio Frequency Heating of Foods: Principles, Applications and Related Properties — A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 43(6), 587-606, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10408690390251129>. Acesso em: 31 jul. 2023
- PLAZA-RODRÍGUEZ, C.; THOENS, C.; FALENSKI, A.; WEISER, A.; APPEL, B.; KAESBOHRER, A.; *et al.* A strategy to establish food safety model repositories. **International Journal of Food Microbiology**, 204: 81-90, 2015.

- PLESSAS, S. Innovations in sourdough bread making. **Fermentation**, v. 7, n. 29, p. 1-3, 2021.
- PORTALATIN, David. **The Evolution of Eating: a generational study**. The NPD Group. FMI Mindwinter Executive Conference, Miami, January 26-29, 2018. Disponível em: [https://www.fmi.org/docs/default-source/midwinter-2018/the-evolution-of-eating\\_david-portalatin.pdf?sfvrsn=e959796e\\_0](https://www.fmi.org/docs/default-source/midwinter-2018/the-evolution-of-eating_david-portalatin.pdf?sfvrsn=e959796e_0). Acesso em: 3 mar. 2021.
- PORTO, L. M.; BERTI, F. V., Carne cultivada: perspectivas e oportunidades para o Brasil. São Paulo: **Tiki Books: The Good Food Institute Brasil**, 2022. ISBN 978-65-87080-32-1. Disponível em: [http://doi.org/10.22491/carne\\_cultivada](http://doi.org/10.22491/carne_cultivada). Acesso em: 31 jul. 2023.
- PORTO, Yuri Duarte; *et al.* Gaseous ozonation to reduce aflatoxins levels and microbial contamination in corn grits. **Microorganisms**, v. 7, n. 8, p. 220, 2019.
- POTI, J. M.; BRAGA, B.; QIN, B. Ultra-processed Food Intake and Obesity: What Really Matters for Health — Processing or Nutrient Content? **Current Obesity Reports**, v. 6, p. 420-431, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13679-017-0285-4>. Acesso em: 01 ago. 2023.
- POUTAMEN, K.; FLANDER, L.; KATINA, K. Sourdough and cereal fermentation in a nutritional perspective. **Food Microbiology**, v. 26, p. 693-699, 2009.
- PRICEWATERHOUSECOOPERS. **Agribusiness in Brazil: an overview**, 2013. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/setores-atividade/assets/agribusiness/2013/pwc-agribusiness-brazil-overview-13.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- PRIYADARSHINI, Anushree; *et al.* Emerging food processing technologies and factors impacting their industrial adoption. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, n. 19, p. 3082-3101, 2019.
- PROMOTING harmonized food safety regulation in a time of change, innovation and globalized trade. **World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations**; (WHO/FAO), 2019. Disponível em: [https://www.who.int/docs/default-source/resources/promoting-harmonized-food-safety-regulation-en.pdf?sfvrsn=6ce81d24\\_2](https://www.who.int/docs/default-source/resources/promoting-harmonized-food-safety-regulation-en.pdf?sfvrsn=6ce81d24_2). Acesso em: 20 jul. 2023.
- QUATTRINI, M.; LIANG, N.; FORTINA, M. G.; XIANG, S.; CURTIS, J. M.; GÄNZLE, M. Exploiting synergies of sourdough and antifungal organic acids to delay fungal spoilage of bread. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v. 302, p. 8-14, 2019.
- QUEVEDO-SILVA, F.; FREIRE, O.; LIMA-FILHO, D. d. O.; Brandão, M. M.; ISABELLA, G.; MOREIRA, L. B., 2016. "Intentions to purchase food through the internet: developing and testing a model", **British Food Journal**, v. 118, n. 3, pp. 572-587, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2015-0305>. Acesso em: 31 jul. 2023.
- RAKHA, Allah; *et al.* Safety and quality perspective of street vended foods in developing countries. **Food Control** 138 (2022) 109001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109001>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- RAMUNDO, Lucia; TAISCH, Marco; TERZI, Sergio. State of the art of technology in the food sector value chain towards the IoT. *In*: 2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI). **IEEE**, p. 1-6, 2016.
- RAO, M.; BAST, A.; DE BOER, A. Valorized food processing by-products in the EU: Finding the balance between safety, nutrition, and sustainability. **Sustainability**, 2021, 13, 4428. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13084428>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- RASZL, S. M.; ORE, N. D. B.; CUELLAR, J. A.; ALMEIDA, C. R. **HACCP: instrumento essencial para a inocuidade de alimentos**. Buenos Aires, Argentina: OPAS/INPPAZ, 333 p., 2001.
- RAW milk know the raw facts. **Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Foodborne, Waterborne, and Environmental Diseases (DFWED)**. Disponível em: [https://www.cdc.gov/foodsafety/rawmilk/raw-milk-index.html?CDC\\_AA\\_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Ffoodsafety%2Frawmilk%2Findex.html](https://www.cdc.gov/foodsafety/rawmilk/raw-milk-index.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Ffoodsafety%2Frawmilk%2Findex.html). Acesso em: 22 fev. 2021.
- RAW milk: know the raw facts**. Disponível em: <https://www.cdc.gov/foodsafety/pdfs/raw-milk-infographic2-508c.pdf>.
- REGO, R. A. Os fatores de influência do mercado de ingredientes. *In*: VIALTA, A.; REGO, R.A. (Ed.). **Brasil Ingredients Trends 2020**. Campinas: Itai, 2014. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilingredientstrends/publicacao.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- REGO, R. A. Produtos — oportunidades para inovação. *In*: **BRASIL Food Trends**. São Paulo: Itai/Fiesp, 2010, cap. 5.1. Disponível em: <http://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilfoodtrends/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. C. C. (ed.). **Alimentos Industrializados: a importância para a sociedade brasileira**. Campinas: Itai, 2018. Disponível em: <http://alimentosindustrializados.com.br/>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADI, L. F. C. **Pães industrializados: nutrição e praticidade com segurança e sustentabilidade**. 1 ed. São Paulo: Abimapi/Itai, 2020. 32 p. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/paes-industrializados/>. Acesso em: 02 ago. 2023.

- REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADR, L. F. C. (ed.) **Indústria de alimentos 2030**: ações transformadoras em valor nutricional dos produtos, sustentabilidade da produção e transparência na comunicação com a sociedade. 1. ed. São Paulo: Itai/Abia, 2020b. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/industria-de-alimentos-2030/>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- REGO, R. A.; VIALTA, A.; MADR, L. F. C. The myth of ultraprocessed foods. **EC Nutrition**, v. 12, n. 3, p. 148-151, 2017.
- REJEB, A.; KEOGH, J. G.; ZAILANI, S.; TREIBLMAIER, H.; REJEB, K. Blockchain Technology in the Food Industry: A Review of Potentials, Challenges and Future Research Directions. **Logistics**, v. 4, n. 4, p. 27, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/logistics4040027>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- REZVANI, F.; ABBASI, H.; NOURANI, M. Effects of protein–polysaccharide interactions on the physical and textural characteristics of low-fat whipped cream. **Food Processing and Preservation**, v. p., 2020.
- RIBEIRO, G. **A deeper look into Brazilian Agribusiness**, 2018. Disponível em: <https://brazilian.report/money/2018/07/27/charts-brazilian-agribusiness>. Acesso em: 11 fev. 2019.
- RIBEIRO, S.; M. R. B.; NETTO, F. M. Gerenciamento da qualidade na pequena indústria de alimentos. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECONOMIA E GESTÃO DE REDES AGROALIMENTARES, Ribeirão Preto: USP, 4, 2003.
- RICHARDSON, S. D.; KIMURA, S. Y., 2017. Emerging environmental contaminants: challenges facing our next generation and potential engineering solutions. **Environmental Technology & Innovation**, 8: 40-56.
- RIEL, G.; BOULAABA, A.; POPP, J.; KLEIN, G. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages – Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. **Meat Science**, v. 131, p. 166-175, 2017.
- RIIS, Jason. Information Is Abundant. Critical Thinking Isn't. **Food Technology Magazine**, november 1, 2020. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2020/november/features/information-is-abundant-critical-thinking-isnt>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- RINGQUIST, Jack; *et al.* Capitalizing on the shifting consumer food value equation. **Deloitte Development**, 2016. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/consumer-business/us-fmi-gma-report.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2021.
- RIVERA, N.; BUNNING, M.; MARTIN, J. Uncured-labeled meat products produced using plant-derived nitrates and nitrites: chemistry, safety and regulatory considerations. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 69, n. 29, p. 8074-8084, 2019.
- ROLLINSON, A. N.; OLADEJO, J. Chemical recycling: Status, Sustainability, and Environmental Impacts. Global Alliance for Incinerator Alternatives, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.46556/ONLS4535>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- ROMANOVA, O.; LOVELL, S. Food safety considerations of urban agroforestry systems grown in contaminated environments. **Urban Agric Region Food Syst**. 2021;6:e20008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/uar2.20008>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- ROQUE-SPECHT, V. R. Avaliação de risco quantitativa como uma ferramenta para a caracterização da segurança microbiológica de alimento. **Gepros — Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Ano 2, v. 4, jul-set/07, p. 37-48.
- ROQUE-SPECHT, V. R. **Desenvolvimento de um modelo de gerenciamento de riscos para o aumento da segurança alimentar – estudo de caso em indústria de laticínio**. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil, 2002.
- RORTAIS, A.; BARRUCCI, F.; ERCOLANO, V.; LINGE, J.; CHRISTODOULIDOU, A.; CRAVEDI, J.-P.; GARCIA-MATAS, R.; SAEGERMAN, C.; SVEČNJAK, L. A topic model approach to identify and track emerging risks from beeswax adulteration in the media. **Food Control**, v. 119, n. 119, p. 107435, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107435>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- RORTAIS, A.; BELYAEVA, J.; GEMO, M.; GOOT, E. v. d.; LINGE, J. MedISys: An early-warning system for the detection of (re-)emerging food- and feed-borne hazards. **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1553-1556, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.009>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- ROSENFELD, D. L.; BURROW, A. L. The unified model of vegetarian identity: A conceptual framework for understanding plant-based food choices. **Appetite**, v. 112, p. 78-95, 2017.
- ROSLAN, Amzar Helmi; SEYAJAH, Norhisham. **Packaging Design for Waste Reduction of E-Commerce Packaging**, 2019.
- ROSSI, L. P. R.; ALMEIDA, R. C. C. Bacteriófagos para controle de bactérias patogênicas em alimentos. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 151-156, 2010.
- ROSSOW, Marko; LUDEWIG, Martina; BRAUN, Peggy Gabriele. Effect of cold atmospheric pressure plasma treatment on inactivation of *Campylobacter jejuni* on chicken skin and breast fillet. **LWT**, v. 91, p. 265-270, 2018.

- ROTA, M. C.; HERRERA, A.; MARTÍNEZ, R. M.; SOTOMAYOR, J. A.; JORDÁN, M. J. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. **Food Control**, v. 19, n. 7, p. 681-687, 2008.
- RÜBMAN, M.; LORENZ, M.; GERBER, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; PASCAL ENGEL; HARNISCH., M. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group. 2015. Disponível em: [https://www.bcg.com/publications/2015/engineered\\_products\\_project\\_business\\_industry\\_4\\_future\\_productivity\\_growth\\_manufacturing\\_industries](https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries). Acesso em: 02 ago. 2023.
- SAFE snack guide. **SnackSafely**. Disponível em: <https://snacksafely.com/safe-snack-guide/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- SALEHI, F.; AGHAJANZADEH, S. Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 95, p. 162-172, 2020.
- SANSAWAT, S.; MULIYI, V. Comparing Global Food Safety Initiative (GSFI) recognised standards. **SGS**, 2011. Disponível em: <https://www.sgs.com/fr/-/media/sgscorp/documents/corporate/white-papers/sgscomparing-gfsi-recognized-standardsa4en14v1.cdn.en.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SANT'ANA, A. S.; FRANCO, B. D. G. M. Avaliação quantitativa de risco microbiológico em alimentos: conceitos, sistemática e aplicações. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 4, p. 266-276, 2009.
- SANTOS, C. C. A. DO A.; DE ALMEIDA, A. F., 2020. Inovação tecnológica e sustentabilidade: bases para o futuro da indústria de alimentos — Desafios — **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins**, 7 (Especial), 1-2. Disponível em: <https://doi.org/10.20873/uftsupl2020-8781>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SCHARDONG, I. S. *et al.* Brazilian consumers' perception of edible insects. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49:10, e20180960, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/PNSFLWdx7LyCwZynGd7QFNr/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- SCHILTHUIZEN, S. F. Communication with your packaging: possibilities for intelligent functions and identification methods in packaging. **Packaging Technology and Science** 12.5, 225-228, 1999.
- SCHMIDT, David B.; REED, Kimberly. Suggestions for the Informal Interactive Hearing on NCDs Outcomes. Report and the Zero Draft United Nations High-level Meeting Outcomes Document: Emphasis on Science-Based Communication, Consumer Insights, and Behavior. **IFIC**, 2011. Disponível em: <http://www.foodinsight.org/Content/3840/IFIC%20Fd%20Comments%20to%20the%20UN%20on%20NCDs%20-%2006-10-11.pdf>. Acesso em: mar. 2014.
- SCHMIDT, R.; MÖHRING, M.; HÄRTING, R.-C.; REICHSTEIN, C.; NEUMAIER, P. and JOZINOVIĆ, P. Industry 4.0 potentials for creating smart products: empirical research results. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS INFORMATION SYSTEMS, Cham: Springer. p. 16-27, 2015.
- SCHYNS, Zoé O. G.; SHAVER, Michael P. Mechanical recycling of packaging plastics: a review. **Macromolecular Rapid Communications**, 2000415, 2020. 27 p.
- SCIPPO, M. L. **Food waste recycling: potential safety concerns related to chemical hazards**. **BriAS Workshop W03, Upcycled food: challenges and opportunities**, 2022.
- SCORDINO, M.; SABATINO, L.; TRAULO, P.; GAGLIANO, G.; GARGANO, M.; PANTÒ, V.; GAMBINO, G. L. LC/MS/MS detection of fungicide guazatine residues for quality assessment of commercial citrus fruit. **Eur Food Res Technol**, v. 227, p. 1339-1347, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0849-3>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SHAN, L. C.; PANAGIOTOPOULOS, P.; REGAN, A.; DE BRÚN, A.; BARNETT, J.; WALL, P.; MCCONNON, A. Interactive communication with the public: Qualitative exploration of the use of social media by food and health organizations. **J. Nutr. Educ. Behav.**, v. 47, p. 104-108, 2014.
- SHAYANFAR, Shima; MENA, Kristina D.; PILLAI, Suresh D. Quantifying the reduction in potential infection risks from non-O157 Shiga toxin producing *Escherichia coli* in strawberries by low dose electron beam processing. **Food Control**, v. 72, p. 324-327, 2017.
- SHELKE, K. Clearing up clean label confusion. **Food Technology**, v. 74, n. 2, 2020.
- SHELKE, Kantha. Clearing Up Clean Label Confusion. **Food Technology Magazine**, february 1, 2020. Disponível em: [https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2020/february/features/clearing-up-clean-label-confusion?gclid=CjwKCAiAyc2BBhAaEiwA44-wW78a44uYL2VZIZjHmTPmlw5gBvrpbAktn8oexwVs8zCevR6BmmpqRoCG3wQAvD\\_BwE](https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2020/february/features/clearing-up-clean-label-confusion?gclid=CjwKCAiAyc2BBhAaEiwA44-wW78a44uYL2VZIZjHmTPmlw5gBvrpbAktn8oexwVs8zCevR6BmmpqRoCG3wQAvD_BwE). Acesso em: 22 fev. 2021.
- SHEN, Cong; WEI, Mingxia; SHENG, Yilong. A bibliometric analysis of food safety governance research from 1999 to 2019. **Food Sci Nutr**. 2021;9:2316–2334. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2220>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SHEWALE, Sandhya R. *et al.* Application of radiofrequency heating and low humidity air for sequential drying of apple slices: Process intensification and quality improvement. **LWT**, v. 135, p. 109904, 2021.

- SILOW, C.; AXEL, C.; ZANNINI, E.; ARENDT, E. K. Current status of salt reduction in bread and bakery products: A review. **Journal of Cereal Science**, v. 72, p.135-145, 2016.
- SILVA, M. N.; GIACOMELLI, S. C. **Sistema de gestão e avaliação na segurança de alimentos**. Série Universitária. Editora Senac São Paulo. eBook Kindle, 146 p., 2020.
- SILVA, N.; TANIWAKI, M. H.; RODRIGUES DE SÁ, P. B. Z.; SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; ITO, D.; GARCIA, E. E. C.; CAMARGO, G. A., 2022. **Estudo Regulatório sobre Proteínas Alternativas no Brasil — Fermentação**. São Paulo: The Good Food Institute. 96 p. Disponível em: <https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2022/11/Estudo-Regulatorio-Fermentacao-GFI-Brasil.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., Bajpai, V.K. & Rather, I.A. Application of nanotechnology in food science: perception and overview. **Frontiers in Microbiology**, 8: 1501. 2017.
- SINGLA, Mohit; SIT, Nandan. Application of ultrasound in combination with other technologies in food processing: A review. **Ultrasonics Sonochemistry**, p. 105506, 2021.
- SKIBSTED, L. H. Nitric Oxid and quality and safety os muscle-based foods. **Nitric Oxide**, v. 24, p. 176-183, 2011.
- SLAVIN, J. L.; LLOYD, B. Health Benefits of Fruits and Vegetables. **Advances in Nutrition**, v. 3(4), july, p. 506-516, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SMITH, Bianca *et al.* Preserving quality of fresh cut watermelon cubes for vending distribution by low-dose electron beam processing. **Food Control**, v. 72, p. 367-371, 2017.
- SNEE, R. D. Sigma Improves both statistical training and process. **Quality Progress**, v. out., p. 68-72, 2000.
- SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K. K. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering**, v. 43, n. 1, p. 476-483, 2010.
- SOLICH, Cade *et al.* **A Cold-Atmospheric Pressure Plasma Array Effectively Kills Bacteria on Industrial Surfaces**, 2021.
- SOLIVA-FORTUNY, R.; BALASAB, A.; KNORRB, D.; MARTÍN-BELLOSO, O., 2009. Effects of pulsed electric fields on bioactive compounds in foods: a review. **Trends in Food Science & Technology**, 20:544-556, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.07.003>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SONG, Lisha; WANGB, Qinghua; SHI, Hongyang. **Game analysis of Behaviors among Food Safety Governance subjects**. E3S Web of Conferences 189, 02006 (2020). Disponível em: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018902006>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SORO, A.B.; SHOKRI, S.; NICOLAU-LAPEÑA, I. *et al.*, 2023. Current challenges in the application of the UV-LED technology for food decontamination. **Trends in Food Science & Technology**, 131:264-276. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.12.003>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- SORO, Arturo B. *et al.* Modelling the effect of UV light at different wavelengths and treatment combinations on the inactivation of *Campylobacter jejuni*. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 69, p. 102626, 2021.
- SPARLING, D.; THOMPSON, S. **Competitiveness of the Canadian Agri-Food sector**. Series II: addressing issues and perspective on policy options competitiveness of the Canadian Agri-Food sector. Ontario: Canadian Agri-Food Policy Institute, 20 p., 2011.
- STADLER, R. H.; LINEBACK, D. R. Introduction to food process toxicants. In: Process-induced food toxicants. STADLER, R. H.; LINEBACK, D. R. (Eds). Wiley, 2009.
- Stahel, W. The circular economy. **Nature** 531, 435–438, 2016.
- STAREK, Agnieszka *et al.* Possibility to extend the shelf life of NFC tomato juice using cold atmospheric pressure plasma. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-13, 2020.
- STATE of snacking, 2019 Global consumer snacking trends Study. **Mondelez International/The Harris Poll**. Disponível em: [https://www.mondelezinternational.com/-/media/Mondelez/stateofsnacking/2019-Reports/2019\\_MDLZ\\_stateofsnacking\\_report\\_GLOBAL\\_EN.pdf](https://www.mondelezinternational.com/-/media/Mondelez/stateofsnacking/2019-Reports/2019_MDLZ_stateofsnacking_report_GLOBAL_EN.pdf). Acesso em: 18 abr. 2021.
- ŠTĚPÁN, R.; TICHÁ J.; HAJŠLOVÁ, J.; KOVALCZUK, T.; KOCOURE, V. **Baby food production chain: Pesticide residues in fresh apples and products Food Additives & Contaminants**, v. 22(12), p. 1231-1242, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02652030500239623>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- Stormer, A J. Botté, D. Kemmer, R. Franz. Critical review of the migration potential of nanoparticles in food contact plastics. **Trends in Food Science & Technology** 63, 39-50, 2017.
- STRINGER, S. C.; PIN, C., 2005. **Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation**. Disponível em: [https://acmsf.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal\\_data/sources/files/multimedia/pdfs/acm740a.pdf](https://acmsf.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/acm740a.pdf). Acesso em: ago. 2021.
- SULLIVAN, G. A.; JACKSON-DAVIS, A.; SCHRADER, K. D.; XI, Y.; KULCHAIYAWAT, C.; SEBRANEK, J. G.; DICKSON, J. S. Survey of naturally and conventionally cured commercial frankfurters, ham, and bacon for physio-chemical characteristics that affect bacterial growth. **Meat Science**, v. 92, p. 808-815.

SUN, S. K. *et al.* Impacts of food wastage on water resources and environment in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 732-739, 2018.

SWARTZ, E. **Anticipatory life cycle assessment and techno-economic assessment of commercial cultivated meat production**. 9 mar. 2021. Disponível em: <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/03/cultured-meat-LCA-TEA-policy.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

Szkal, C., Roberts, S.M., Westerhoff, P., Bartholomaeus, A., Buck, N., Illuminato, I., Canady, R. & Rogers, M. Measurement of nanomaterials in foods: Integrative consideration of challenges and future prospects. **ACS Nano**, 8(4): 3128–3135, 2014.

TABASHNIK, B. E.; JOHNSON, M. W. Evolution of pesticide resistance in natural enemies. *In*: BELLOWS, T. S.; FISHER, T. W. (Eds). **Handbook of biological control**. Academic Press, 1999.

TANIWAKI, M. H.; PITT, J. I.; COPETTI, M. V.; TEIXEIRA, A. A.; IAMANAKA, B. T., 2019. Understanding Mycotoxin Contamination Across the Food Chain in Brazil: Challenges and Opportunities. **Toxins**, 11: 411. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxins11070411>. Acesso em: 02 ago. 2023.

TARTÉ, R. **Ingredients in meat products: properties, functionality and applications**. Springer, 419 p., 2009.

TARVER, T. Are nitrates and nitrites misunderstood? **Food Technology Magazine**, January 1, 2019. Disponível em: [https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2019/january/features/are-nitrates-and-nitrites-misunderstood?gclid=CjwKCAjwi9-HBhACEiwAPzUhHM2IOsK4oXYFKOQhFBaH\\_nBrInn\\_F\\_enZMcpTR2LLs0e4\\_AweH5UhoCSDcQAvD\\_BwE](https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2019/january/features/are-nitrates-and-nitrites-misunderstood?gclid=CjwKCAjwi9-HBhACEiwAPzUhHM2IOsK4oXYFKOQhFBaH_nBrInn_F_enZMcpTR2LLs0e4_AweH5UhoCSDcQAvD_BwE). Acesso em: 22 fev. 2021.

TASCONE, O.; ROY, C.; FILIPPI J-J.; MEIERHENRICH, U. J. Use, analysis, and regulation of pesticides in natural extracts, essential oils, concretes, and absolutes. **Anal Bioanal Chem**, v. 406, p. 971-980, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00216-013-7102-z>. Acesso em: 02 ago. 2023.

TAXONOMY and risk classification of algae: Informing the risk classification of a dynamic taxonomic group, april 2021, **COGEM Report CGM 2021-01**.

TEMKOV, M.; MURESAN, V. Tailoring the structure of lipids, oleo gels and fat replacers by different approaches for solving the trans-fat issue — A Review. **Foods**, v. 10, n. 1376, p. 29-33, 2021.

TETRA PAK FOOD SAFETY WEBCAST. [S. l.: s. n.], 2020. 1 vídeo (1 h). **Tetra Pak**. Disponível em: <https://youtu.be/MKz92SFNgrA>. Acesso em: 20 nov. 2020.

TETTY, H. Retail Driven Food Safety Regulation. **Food Safety**, Market Organization, Trade and Development. Ed. Hammoudi, A., *et al.* 1st ed. Switzerland, Springer International Publishing, p. 59-76, 2015.

THE EIT FOOD TRUST REPORT. **European Institute for Innovation & Technology (EIT)**. Disponível em: [https://www.eitfood.eu/media/news-pdf/EIT\\_Food\\_Trust\\_Report\\_2020.pdf](https://www.eitfood.eu/media/news-pdf/EIT_Food_Trust_Report_2020.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

THE MEAL KIT OPPORTUNITY EBOOK. **The Nielsen Company**, 2018. Disponível em: <https://dl.icdst.org/pdfs/files3/fa5a8c289ff7e6615743f9b7e72679b6.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.

THOMSON, B.; ROSE, M. Environmental contaminants in foods and feeds in the light of climate change. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, 3, 2-11, 2011.

TIAN, Feng. **An information system for food safety monitoring in supply chains based on HACCP, Blockchain and Internet of Things**, 2018. Tese de Doutorado. WU Vienna University of Economics and Business.

TIAN, Xiaojing; *et al.* Inactivation of microorganisms in foods by ohmic heating: A review. **Journal of Food Protection**, v. 81, n. 7, p. 1093-1107, 2018. TIBOLA, C. S.; LORINI, I.; MIRANDA, M. Z., 2009. **Boas Práticas e Sistema APPCC na Pós-Colheita de Trigo**. Disponível em: [http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p\\_do105.pdf](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do105.pdf). Acesso em: fev. 2021.

TIPMONTIAN, Jedsada; ALCOVER, Jaime Castellanos; RAJMOHAN, M. Impact of Blockchain Adoption for Safe Food Supply Chain Management through System Dynamics Approach from Management Perspectives in Thailand. *In*: **MULTIDISCIPLINARY DIGITAL PUBLISHING INSTITUTE PROCEEDINGS**, p. 14, 2020.

TONDO, E. C.; BARTZ, S. **Microbiologia e sistemas de gestão da segurança de alimentos**. Porto Alegre: Sulina, 263 p., 2011.

TORRES, A. **Diferença entre microbiota e microbioma**. (Blog). Setembro 2021. Disponível em: <https://andreiatorres.com/blog/2021/9/12/microbiota-microbioma>. Acesso em: 4 ago. 2023.

TORRIJOS, R.; NAZARETH, T. M.; QUILES, J. M.; MAÑES, J.; MECA, G. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 1-14, 2021.

TRANQUILLINI, Bruno Cezar *et al.* Construção de Sistema de Recomendação de Produtos e Análise das Métricas das Regras de Associação para um Marketplace On-line do Varejo de Alimentos. *In*: CLAV 2019, 2019.

**TRANSPARENCY ROADMAP FOR FOOD RETAILERS: Strategies to Build Consumer Trust**. Food Marketing Institute-FMI/The Center for Food Integrity-CFI. Disponível em: [http://foodintegrity.org/wp-content/uploads/2018/03/Transparency-Report\\_FINAL.pdf](http://foodintegrity.org/wp-content/uploads/2018/03/Transparency-Report_FINAL.pdf). Acesso em: 3 mar. 2021.

- TREIBLMAIER, H. Combining Blockchain Technology and the Physical Internet to Achieve Triple Bottom Line sustainability: A Comprehensive Research Agenda for Modern Logistics and Supply Chain Management. **Logistics**, v. 3, n. 10, 2019.
- TREIBLMAIER, H. The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. **Supply Chain Manag. Int. J.**, v. 23, p. 545-559, 2018.
- TRENDS IN TRUST & THE PATH FORWARD. The Canadian Centre for Food Integrity (CCFI), 2020 Public **Trust Research**. Disponível em: <https://www.foodintegrity.ca/wp-content/uploads/2020/11/ENG2020Summit-Research-HR-new.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- TREWAVAS, A. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. **Crop Protection**, v. 23, n. 9, p. 757-781, 2004.
- TRUST IN FOOD: Creating Trust in the Era of Skepticism. **FoodThink from Signal Theory**, april 2019, Issue n. 1, v. 4. Disponível em: <https://www.signaltheory.com/foodthink/whitepaper/trust-in-food-creating-trust-in-an-era-of-skepticism/>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- TYLEWICZ, U.; INCHINGOLO, R.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T. Food Aroma Compounds, 2017, Chapter 9 – p. 297-334. In: Charis M. GALANAKIS, C. M. (ed.) **Nutraceutical and Functional Food Components**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805257-0.00009-0>. Acesso em: 26 jun. 2023.
- U. S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION. **Recycled plastics in food packaging**. Silver Spring: FDA, 2023. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/packaging-food-contact-substances-fcs/recycled-plastics-food-packaging>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- U.S. FOOD and Drug Administration, 21 CFR Part 179. Irradiation in the production, processing and handling of food. *Federal Register*, 65, 71056–71058, 2000.
- ULTRA-PROCESSED FOOD AND DRINK PRODUCTS IN LATIN AMERICA**: trends, impact on obesity, policy implications. Washington, DC: PAHO, 2015.
- UNDERSTANDING THE PLANT-BASED CONSUMER. **Sinergy**. Disponível em: <https://uk.synergytaste.com/market-solutions/plant-based/>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- UNIÃO EUROPEIA. **Regulamento UE 2015/2283 do Parlamento Europeu e do Conselho**, de 25 de novembro de 2015, relativo a novos alimentos. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32015R2283\\_](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32015R2283_) Acesso em: 29 jun. 2023.
- UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION (UNCCD). **Desertification: a visual synthesis**. UNCCD: Bonn, Germany, p. 50, 2011.
- UNITED NATIONS. **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2020. Disponível em: <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>. Acesso em: 17 jul. 2023.
- UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development**, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- UNN, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- URBANO, V. R. **Aplicação de água de reúso tratada no cultivo de alface (Lactuca Sativa L.)**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 87 p., 2013.
- VALIGRA, L. What the Boom in Plant-Based Proteins Means for Food Safety. **Food Quality & Safety**, april 13, 2020. Disponível em: <https://www.foodqualityandsafety.com/article/plant-based-proteins-food-safety/#:~:text=Refrigerated%20plant%2Dbased%20meat%20drove%20that%20growth%2C%20rising%2063%20percent.&text=NPD%20said%20the%20desire%20for, buy%20more%20plant%2Dbased%20meats>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- VAN DER SCHAFT, P. Approaches to production of natural flavors. In: **FOOD AND BEVERAGES. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition**, p. 235-248, 2015. Chapter 11.
- VAN DER SPIEGEL, M.; NOORDAM, M. Y.; VAN DER FELS-KLERX, H. J. Safety of novel protein sources (insects, microalgae, seaweed, duckweed, and rapeseed) and legislative aspects for their application in food and feed production. Institute of Food Technologists. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.12, 2013a. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12032>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- VAN HUIS, A.; *et al.* Edible insects: future prospects for food and feed security. **FAO Forestry Paper**, 171. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2021.
- VANDERROOST, M.; *et al.* Intelligent food packaging: The next generation. **Trends in Food Science & Technology**, v. 39, n. 1, p. 47–62, jun. 2014.
- VANN, K. Tech startups want to reinvent the bulk aisle — grocery's most glorious, affordable, unwieldy section. That's going to be harder than it looks. **The Counter**. 18 abr. 2020. Disponível em: <https://thecounter.org/modernizing-bulk-grocery-supermarkets-tech-shopping/>. Acesso em: 18 fev. 2021.

- VANRENTERGHM, Barbara B. Who's Managing The Safety of Food Delivery? **Food Safety Magazine**, october 1, 2020. Disponível em: <https://www.food-safety.com/articles/6809-whos-managing-the-safety-of-food-delivery>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- VASCONCELOS, Y., 2018. **Agrotóxicos na berlinda**. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/agrotoxicos-na-berlinda>. Acesso: fev. 2021.
- VEIGA, R. F. A.; QUEIRÓZ, M. A. (Eds.). **Recursos Fitogenéticos: a base da agricultura sustentável no Brasil**. Viçosa-MG, UFV, 496 p., 2015.
- VERDOUW, Cor N.; *et al.* Virtualization of food supply chains with the internet of things. **Journal of Food Engineering**, v. 176, p. 128-136, 2016.
- VIALTA, Airton; REGO, Raul Amara; (Eds.). **Brasil ingredients trends 2020**. Campinas-SP: ITAL, 2014. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/brasilingredientstrends/publicacao.pdf>. Acesso em: 29 jun. 2023.
- VIEGAS, Danilo. Dark Kitchens: Nova onda do delivery vem com força em 2020. **Revista Bares & Restaurantes**, n. 131, ano 23, 14 fev. 2020, p. 32-39. Disponível em: <https://abrasel.com.br/revista/revistas-online/edicao-132/>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- VIPHAM, Jessie L.; CHAVES, Byron D.; TRINETTA, Valentina. Mind the gaps: how can food safety gaps be addressed in developing nations? **American Society of Animal Science**, v. 8, n. 4, october 2018.
- VOGELSSANG-O'DWYERA, M.; ZANNINIA, E.; ARENDT, E.K. Production of pulse protein ingredients and their application in plant-based milk alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 364-374, 2021.
- VOLP, A. C. P.; RENHE, I, R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, jan./mar. 2009.
- WANG, Yucheng; *et al.* **Antimicrobial blue light inactivation of pathogenic microbes: State of the art. Drug Resistance Updates**, v. 33, p. 1-22, 2017.
- WEI, Xinyao; *et al.* A microbial challenge study for validating continuous radio-frequency assisted thermal processing pasteurization of egg white powder. **Food Microbiology**, v. 85, p. 103306, 2020.
- WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation**. Geneva: World Health Organization, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/publications/item/9789240057685>. Acesso em: jul. 2023.
- WILKINS, E.; ARAVANI, A. al. Evidence from big data in obesity research: International case studies. **International Journal of Obesity**, v. 44, n. 5, p. 1028-1040, 2020.
- WILLIAMS, Lu Ann. Mindful Consumers Drive Clean Label Momentum. **Food Technology Magazine**, march 1, 2019. Disponível em: <https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2019/march/features/new-organic-natural-non-gmo-product-introductions>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- WILSON, Annabelle M. *et al.* **A model for (re)building consumer trust in the food system**. Health Promotion International, april 12, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/301288437\\_A\\_model\\_for\\_rebuilding\\_consumer\\_trust\\_in\\_the\\_food\\_system](https://www.researchgate.net/publication/301288437_A_model_for_rebuilding_consumer_trust_in_the_food_system). Acesso em: 20 jan. 2021.
- WOLDEMARIAM, Henock Woldemichael; EMIRE, Shimelis Admassu. High Pressure Processing of Foods for Microbial and Mycotoxins Control: current trends and future prospects. **Cogent Food & Agriculture**, 5.1: 1622184, 2019.
- WONG, K. C.; WOO, K. Z.; WOO, K. H. Ishikawa Diagram. *In*: O'DONOHUE W. and MARAGAKIS A. **Quality Improvement in Behavioral Health**. Disponível em: <https://www.qualityassociates.com.au/future-food-safety/>, v. 2021, 2016.
- WORKING TOGETHER FOR A HEALTHY CANADA: a strategy for the Canadian functional foods & natural health products sector**. Ontario: Haisley Millar Consulting Group/NutriNet Canada, 2008.
- WORLD Economic Forum. **Shaping the Future of Global Food Systems: a Scenarios Analysis**, 2017. Disponível em: [https://www3.weforum.org/docs/IP/2016/NVA/WEF\\_FSA\\_FutureofGlobalFoodSystems.pdf](https://www3.weforum.org/docs/IP/2016/NVA/WEF_FSA_FutureofGlobalFoodSystems.pdf). Acesso em: 2
- WORLD HEALTH ORGANIZATION — WHO, 2018. **REPLACE trans-fat**. Disponível em: <https://www.who.int/teams/nutrition-and-food-safety/replace-trans-fat>. Acesso em: ago. 2021.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION — WHO. **About microbiological risk assessment (MRA) in food**. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240024892>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Food Safety**. 30 abr. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>. Acesso em: 20 nov. 2020.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, WHO. **WHO global strategy for food safety 2022-2030: towards stronger food safety systems and global cooperation**. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/363475>. Acesso em: 5 jul. 2023.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guideline: sodium intake for adults and children. Geneva, 2012. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241504836>. Acesso em: 02 ago. 2023.

- WRIGHT, K.; *et al.* Growth of local food systems: a review of potential food safety implications. **CAB Reviews** 2015 10, n. 025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281325851\\_Growth\\_of\\_local\\_food\\_systems\\_a\\_review\\_of\\_potential\\_food\\_safety\\_implications](https://www.researchgate.net/publication/281325851_Growth_of_local_food_systems_a_review_of_potential_food_safety_implications). Acesso em: 20 jan. 2021.
- WU, Guowei; *et al.* **Current Status and Future Trends in Removal, Control and Mitigation of Algae Food Safety Risks for Human Consumption**. *Molecules* 2022, 27, 6633. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules27196633>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- WU, J.; HSIAO, H. Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis. **Food Control**, v. 120, p. 107501, 2021.
- WU, L.; QIN, K.; CHEN, X. Responsibility of citizens in food safety social co-governance in the context of China. **Front. Public Health** 10:962629, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.962629>. Acesso em: 02 ago. 2023
- WYMAN, O. **Retail's revolution how retail and consumer goods companies can adapt**, 2018. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2018/april/retails-revolution.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- XIN, G.; *et al.* Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat. **Future Foods**, v. 3, 2021, 100032, ISSN 2666-8335. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100032>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- YAHIA, E. M.; GARCÍA-SOLÍS, P.; CELIS, M. E. M. Contribution of fruits and vegetables to human nutrition and health. *In: POSTHARVEST Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Woodhead Publishing, p. 19-45, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813278-4.00002-6>. Acesso em: ago. 2021.
- YAM, K. L.; TAKHISTOV, P. T.; MILTZ, J. Intelligent packaging concepts and applications. **Journal of Food Science**, v. 70: 1–10, 2005.
- YANG, Y.; YANG, J.; WU, W. M.; ZHAO, J.; Song, Y.; GAO, L., YANG, R.; JIANG, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plasticating mealworms: Part 1. Chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental Science & Technology**, 49(20): 12080–12086, 2015.
- YEO, V. C. S.; GOH, S. K.; REZAEI, S. Consumer experiences, attitude and behavioral intention toward online food delivery (OFD) services. **Journal of Retailing and Consumer Services**, 35, 150-162, 2017.
- YEO, V. C. S.; GOH, S. K.; REZAEI, S. Consumer experiences, attitude and behavioral intention toward online food delivery (OFD) services. **Journal of Retailing and Consumer Services**, v. 35, p. 150-162, 2017.
- YOON, Eddie. The Grocery Industry Confronts a New Problem: Only 10% of Americans Love Cooking. **Harvard Business Review**, september 22, 2017. Disponível em: <https://hbr.org/2017/09/the-grocery-industry-confronts-a-new-problem-only-10-of-americans-love-cooking>. Acesso em: 22 fev. 2021.
- YOSHIHIKO Muramoto, Y.; KIMURA, M.; NOUDA, S. Development and future of ultraviolet light-emitting diodes: uv-led will replace the UV lamp. *Semiconductor Science and Technology*, 29:084004, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/0268-1242/29/8/084004>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- ZHAI, Yafei; *et al.* Effects of ultraviolet-C light-emitting diodes at 275 nm on inactivation of Alicyclobacillus acidoterrestris vegetative cells and its spores as well as the quality attributes of orange juice. **Food Science and Technology International**, p. 1082013220957529, 2020.
- ZHANG, K.; SUN, J.; FAN, M.; QIAN, H.; YING, H.; LI, Y.; WANG, L. Functional ingredients present in whole-grain foods as therapeutic tools to counteract obesity: Effects on brown and white adipose tissues. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 513-526, 2021.
- ZHANG, Zhi-Hong; *et al.* Non-thermal technologies and its current and future application in the food industry: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 54, n. 1, p. 1-13, 2019.
- Zhao, X. & You, F. Consequential life cycle assessment and optimization of high-density polyethylene plastic waste chemical recycling. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 9(36): 12167, 2021.
- ZHAO, Yi-Ming; *et al.* Principles and recent applications of novel non-thermal processing technologies for the fish industry — A review. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 59, n. 5, p. 728-742, 2019.
- ZILLI, M.; SCARABELLO, M.; SOTERRONI, A.; VALIN, H.; MOSNIER, A.; LECLERE, D.; HAVLIK, P.; KRAXNER, F.; LOPES, M. A.; RAMOS, F. The Impact of climate change on Brazil's agriculture. **Science of the Total Environment**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139384>. Acesso em: 30 set. 2020.

## EQUIPE BRASIL FOOD SAFETY TRENDS 2030



### Airton Vlalta

Biólogo, Mestre e Doutor em Genética de Micro-organismos pela Unicamp. Trabalhou na Nuclebras e na Codetec. Entre 1994 e 2019, foi Pesquisador Científico do Itai. Foi Diretor do Centro de Tecnologia de Laticínios – Tecno-lat, de 1995 a 2003, e Diretor Geral do Itai de 2004 a 2007. Desde 2008, faz parte da equipe da Plataforma de Inovação Tecnológica do Itai, onde participou da elaboração de várias publicações. Participou da criação do conteúdo do website alimentosprocessados.com.br e do Hub Indústria de Alimentos 2030. Foi representante do Itai no Conselho de Informações sobre Biotecnologia (CIB) e membro do Conselho de Administração da Fundepag. É membro do Conselho Científico do Brazilian Journal of Food Technology e autor de dezenas de publicações científicas e técnicas, entre artigos, resumos, livros e capítulos de livros. Em janeiro de 2020 passou a fazer parte da equipe do Conexão.F / Fundepag e desde dezembro de 2021 é Diretor Executivo da Fundepag.



### Aline Brionisio Lemos

Graduada em Química (2003) pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Mestre em Ciência de Alimentos (2016) pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. Pesquisadora do Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Itai) de 2004 até 2022 com expertise em legislações da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), do Mercosul, da Food and Drug Administration (FDA) e da União Europeia sobre embalagens e materiais para contato direto com alimentos. Atualmente é Especialista Sênior de Regulamentação de Produto, em empresa do setor privado, atuando na área de Biodiversidade, com foco na Lei de Biodiversidade Brasileira (Lei nº 13.123/2015), legislação e requisitos para produtos farmacêuticos como IFA (Ingrediente farmacêutico ativo) e excipientes e na área de contato com alimentos, com ênfase em Reciclagem Química e Mecânica de polietileno.



### Ana Lucia Lemos

Engenheira de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp - 1983), Mestre em Ciência de Alimentos e Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Unicamp. Foi Professora de Tecnologia de Alimentos na Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Puccamp (1988-1989) e da Unesp (1989-1995). Iniciou na carreira de Pesquisadora Científica do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Itai) em 1995. Desde 2004 é Pesquisadora Científica nível VI do Itai tendo ministrado disciplinas no Curso de Especialização em Tecnologia de Carnes em 2000-2014 para capacitação de profissionais para o segmento frigorífico e órgãos reguladores federais (Mapa). Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Carnes, atuando principalmente nos seguintes temas: desenvolvimento de produtos cárneos e de pescados, tecnologias para melhoria da maciez de carne bovina, ingredientes e aditivos para extensão da vida útil e reformulação de produtos cárneos (*low fat*, *low sodium* e *clean label*). Realiza projetos tecnológicos para avaliação do desempenho de ingredientes e aditivos em produtos cárneos e avaliação da segurança microbiológica de carnes e produtos cárneos. Participa da equipe do Centro de Inovação em Proteína Vegetal – PRO-Veg do Itai desde sua criação. Desde 2013 é Diretora Técnica do Centro de Tecnologia de Carnes do Itai.



### Ana Paula Reis Noletto

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (2001). Mestre em Engenharia Civil (Área de concentração: Transportes) pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp (2013). Doutora em Engenharia Civil (Área de concentração: Transportes) pela Unicamp (2018). Pesquisadora Científica do Instituto de Tecnologia de Alimentos – Itai desde 1998, com trabalhos voltados para a área de Embalagem para Alimentos, principalmente nas seguintes Linhas de Pesquisa: *Packaging Logistics*, Embalagens para Transporte e Distribuição; Logística de Distribuição; Desenvolvimento de Soluções de Embalagens para Minimizar Perdas na Cadeia de Suprimentos; Embalagens Inteligentes; Embalagem dentro do conceito de Internet das Coisas e Aplicação de Biopolímeros sobre Materiais Celulósicos. Desde 2018 atua como Gerente Técnica de Sistemas de Embalagens do Centro de Tecnologia de Embalagem – Cetea, do Itai e desde 2022 atua também como Vice-diretora do mesmo Centro.



### Claire I. G. L. Sarantopoulos

Engenheira de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (1982). Atualmente é Diretora de Ciência e Tecnologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), onde ingressou como Pesquisadora Científica. É Membro da Comissão de Integridade e Ética na Pesquisa do Instituto, desde 2002, e do Grupo de Inovação Tecnológica do Ital, desde 2010. Tem experiência como colaboradora em programas de Pós-Graduação na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e na Universidade Estadual de Campinas. Atuou como Professora visitante no Instituto Mauá de Tecnologia entre 1999 e 2015. Coordenou dezenas de cursos, treinamentos e seminários. Publicou 70 artigos em periódicos nacionais e internacionais, 52 livros e capítulos de livros, 142 trabalhos em anais de eventos. Atualmente é Editora-chefe da Revista Científica *Brazilian Journal of Food Technology* e consultora *ad-hoc* de agências de fomento. Fez treinamentos em Instituições públicas e privadas nos EUA, Canadá, Alemanha e Inglaterra. Trabalhou como Consultora Internacional em embalagens plásticas. Participou como jurada em premiações de embalagem nacionais e internacionais. Atua como Pesquisadora Científica na Área de Embalagens para Alimentos.



### Danielle Ito

Bacharel em Ciência dos Alimentos pela USP e Mestre em Tecnologia de Alimentos pela FEA/Unicamp. Integrante da equipe técnica do Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) desde 2000, atuando como Pesquisadora desde 2005. Especialista em propriedades de barreira de materiais de embalagens para alimentos e produtos para área da saúde e sua influência na estabilidade dos produtos, avaliação do potencial de contaminação sensorial de alimentos e requisitos de conformidade de embalagens. É membro no Ital do Grupo de Segurança de Alimentos – Gesa e do Centro de Inovação em Proteína Vegetal – PRO-Veg e atua como Tesoureira da Sede Regional no Brasil da EHEDG (*European Hygienic Engineering and Design Group*).



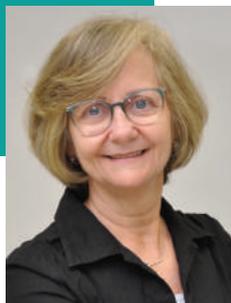
### Elizabeth Harumi Nabeshima

Farmacêutica, Bioquímica e Mestre em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) e Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Atualmente é Pesquisadora Científica do Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolates (Cereal Chocotec) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital). Participa do grupo de Segurança Alimentar e do Centro de Inovação em Proteínas Vegetais do Ital e coordena a comissão Pibic/Pibit – CNPQ do Ital. Possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Cereais, Panificação, Amidos Modificados, Aproveitamento de Resíduos Agropecuários e Enriquecimento Proteico de Produtos de Panificação.



### Eloísa Elena Correa Garcia

Engenheira de Alimentos e Mestre em Tecnologia de Alimentos na Área de Concentração de Embalagem pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Diretora Geral do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital/Apta/SAA) desde 2019, após ter sido Vice-diretora desde 2014 e Gerente Técnica dos grupos de Embalagens Plásticas e de Meio Ambiente do Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea), onde especializou-se em embalagens plásticas, com vasta experiência em pesquisa e assistência tecnológica nas áreas de desenvolvimento de embalagem, de avaliação do potencial de interação embalagem/produto e sobre legislação de embalagem e segurança de alimentos. Na área de meio ambiente, coordenou estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de materiais e embalagens e projetos de desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental. Atualmente é também Pesquisadora responsável pelo Centro de Ciência para o Desenvolvimento da Fapesp voltado a soluções para o resíduo pós-consumo: embalagens e produtos (CCD Circula).



### Gina Cardozo

Bacharel em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de Campinas (1987) e Mestre em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (2007). É Pesquisadora Científica do Instituto de Tecnologia de Alimentos e atualmente Vice-diretora do Laboratório de Análises Físicas, Sensoriais e Estatísticas, atuando na Área de Microscopia de Alimentos com ênfase em matérias estranhas, identificação histológica e análise de imagem.



### Gisele Camargo

Doutora em Tecnologia de Alimentos pela Unicamp, possui experiência de 20 anos em PD&I, abrangendo dezenas de projetos de pesquisa e assistências tecnológicas ao setor produtivo relacionados principalmente ao desenvolvimento de novos processos e produtos de origem vegetal. Há 11 anos atua na gestão da pesquisa científica, com ênfase em propriedade intelectual, novos modelos de atuação público-privado e parcerias para inovação tecnológica, atualmente os cargos de Diretora de Programação de Pesquisa e Vice-diretora do Ital/Apta/SAA, além de Gestora Executiva e Pesquisadora principal da Plataforma Biotecnológica Integrada de Ingredientes Saudáveis (PBIS), Núcleo de Pesquisa Orientada a Problemas do Estado de SP (NPOP) fruto de parceria entre Ital, Unicamp e USP e de fomento da Fapesp e Fundação Shunji Nishimura de Tecnologia.



### Gustavo Henrique Moraes

Bacharel em Química com ênfase em Química Tecnológica e Mestre em Química com área de concentração em Química Analítica, ambos pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Possui experiência na área de Química Ambiental, com determinação de nutrientes em corpos hídricos e de cinética de fotodegradação de fármacos em esgoto sanitário. Experiência com técnicas como análise por injeção em fluxo (FIA), espectrofotometria de absorção molecular na região do UV-Vis, analisador de carbono orgânico total (TOC) e cromatografia de ultra alta performance (UHPLC-MS). Trabalhou também com microfluídica na graduação sanduíche para a Universidade de Hull, Inglaterra, com determinação de pH de radiofármacos em microchips. Hoje atua como Pesquisador Científico no Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), com identificação e caracterização físico-mecânica de embalagens plásticas flexíveis (FT-IR, DSC, MFI, densidade etc.) e desenvolvimento de revestimentos e avaliação da reciclabilidade de materiais celulósicos.



### Juliane Dias

Engenheira de Alimentos e especialista em Gestão da Qualidade e Segurança dos Alimentos pela Unicamp, atuou em indústrias multinacionais como Danone, Bimbo e Sadia, em produção e Garantia da Qualidade. Trabalhou na implantação de programas da qualidade em países da América Central, além de haver realizado pesquisa científica em Microbiologia de Alimentos. Foi Consultora credenciada do PAS (Senai), Auditora líder em ISO 9001, BRC Food e ISO 22000 pelo Bureau Veritas Certification. Sócia fundadora e consultora da Flavor Food desde 2002. Atuou como Professora do curso de especialização em Gestão da Qualidade e Segurança de Alimentos da Unicamp de 2014 até 2019. Fundadora da Associação Food Safety Brazil. Co-chair do EHEDG no Brasil.



### Luis Madi

Engenheiro de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Mestre em Embalagem de Alimentos pela Universidade Estadual de Michigan (EUA); é Pesquisador Científico há 50 anos do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital), vinculado à Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (Apta) da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Atualmente é Diretor de Assuntos Institucionais do Ital, após ser Diretor Geral por 19 anos e Coordenador da Apta de 2004 a 2007.



### Margarete Okazaki

Engenheira de Alimentos, com Mestrado em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), na Área de Higiene e Legislação de Alimentos. É Pesquisadora da Unidade Laboratorial de Referência em Microbiologia do Ital, onde atualmente é Vice-diretora. Sua área de concentração é o controle de qualidade de água e alimentos. Atua também em áreas de capacitação técnica de pessoal para a indústria de alimentos e serviços de alimentação, com foco em métodos de análise microbiológica de alimentos e água, boas práticas em laboratório e em serviço de alimentação coletiva.



### Maria Isabel Berto

Engenheira de Alimentos formada pela Universidade Estadual Paulista, Unesp, com Mestrado e Doutorado em Engenharia de Alimentos obtidos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, e Pós-doutorado desenvolvido no Instituto de Tecnologia de Alimentos, Ital. Pesquisadora Científica do Ital, é especialista em termoprocessamento de alimentos, reconhecida como *Process Authority*, e atua em Pesquisa & Desenvolvimento e transferência de conhecimento na área de processos térmicos de alimentos (esterilização/pasteurização) e reologia de fluidos. Faz parte do corpo docente do programa de Pós-graduação de Mestrado *Strictu sensu* em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Ital e é Coordenadora do curso internacional *Better Process Control Schools* (BPCS), no Brasil.



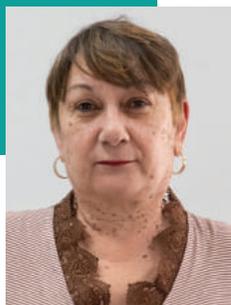
### Marisa Padula

Engenheira de Alimentos, Mestre e Doutora em Ciência de Alimentos pela Faculdade de Engenharia de Alimentos, FEA, da Universidade Estadual de Campinas, Unicamp. Pesquisadora Científica VI do Centro de Tecnologia de Embalagem, Cetea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Ital, atua em pesquisa e assistência tecnológica com ênfase em avaliação do potencial de interação embalagem/produto, legislação de embalagem nacional e internacional e diagnóstico de odor/sabor estranho. Membro do Grupo de Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e desde 1992 trabalha para harmonização e atualização das legislações sobre materiais de embalagem e equipamentos para contato com alimentos no Mercosul. Desde 2015 é *chair* da EHEDG Regional Brasil (*European Hygienic Engineering & Design Group*) e desde 2017 é docente do curso de Pós-graduação do Ital.



### Marta Taniwaki

Bióloga e PhD em Ciências Aplicadas pela *University of New South Wales*, Austrália. Pesquisadora Científica nível VI do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) em Campinas. É membro da *International Commission on Food Mycology* (ICFM); membro da *International Commission on Microbiological Specifications for Foods* (ICMSF) e membro do grupo técnico de Contaminantes do Comitê Codex de Contaminantes de Alimentos (CCCF), coordenado pela Anvisa. Participa da equipe do Centro de Inovação em Proteína Vegetal – PRO-Veg do Ital desde sua criação. As suas principais áreas de pesquisas são: fungos e micotoxinas em alimentos; biodiversidade de fungos toxigênicos, fisiologia de fungos, identificação polifásica de espécies de *Aspergillus* e *Penicillium*.



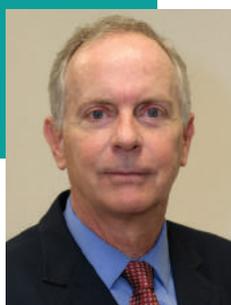
### Neusely da Silva

Engenheira de Alimentos, com Doutorado em Ciências de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). É Pesquisadora da Unidade Laboratorial de Referência em Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos de Campinas (Ital), onde exerce atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) para o setor de alimentos, com vários livros e artigos científicos publicados no Brasil e no exterior. Suas áreas de concentração são o monitoramento de bactérias patogênicas emergentes em alimentos e o desenvolvimento, adequação e avaliação de novos métodos de análise microbiológica de alimentos e água.



### Paulo Eduardo da Rocha Tavares

Engenheiro de Alimentos pela Fundação Educacional de Barretos (1987) e Mestre em Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas (1998). Atualmente é Pesquisador Científico do Instituto de Tecnologia de Alimentos, atuando na Área de Tecnologia de Processamento de Frutas e Hortaliças, possui experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Tecnologia de Alimentos Dietéticos e Nutricionais, atuando principalmente nos seguintes temas: *activated carbon*, *decaffeination*, *raw coffee*, geleias, compotas, desenvolvimento de novos produtos, *diet*, *light*, frutas e tomate.



### Raul Amaral

Doutor e Mestre em Administração (USP, 1989 e 1994), Bacharel em Economia (USP, 1983) e Engenheiro de Alimentos (Unicamp, 1978). Aperfeiçoamento em Gerenciamento da Qualidade e Formação de Facilitadores (AOTS, Japão, 1993 e 1997). Atualmente, Professor do Programa de Pós-graduação do Insper, Instituto de Ensino e Pesquisa. Diretor da Honne Comunicação e Marketing, consultoria em marketing e estratégia. Mais de 35 anos de experiência na prestação de serviços de assessoria e consultoria em planejamento estratégico e de marketing, pesquisas de mercado, criação e desenvolvimento de negócios e treinamento. Desde 1985, atuação como Coordenador e Docente em Programas de Graduação, Especialização, MBA e Mestrado. Desde 2008, coordenação, edição e autoria de estudos sobre tendências e inovações no setor de alimentos, com destaque para as publicações Brasil Food Trends 2020, série Ital Brasil Trends 2020, série Alimentos Industrializados e os hubs de conhecimento Indústria de Alimentos 2030 e Alimentos Industrializados 2030.



### Renata Bromberg

Bióloga pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1989), Mestre em Ciências de Alimentos pela Unicamp (1994) e Doutora em Ciências de Alimentos pela Unicamp e *Institute of Food Research*, Norwich, Inglaterra (1997). Pesquisadora Científica do Centro de Tecnologia de Carnes — CTC do Instituto de Tecnologia de Alimentos — Itai, desde 1995. Diretora Técnica de Serviço responsável pela Unidade Laboratorial de Referência de Carnes e Diretora Técnica de Divisão substituto do CTC — Itai. Ministra aulas de Microbiologia de Carnes e Produtos Cárneos em cursos de curta e média duração. Tem experiência na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Microbiologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: carnes, produtos cárneos, segurança e estabilidade microbiológica de alimentos, patógenos, biodeterioração, análises microbiológicas, sistemas de gestão da segurança de alimentos (Boas Práticas de Fabricação — BPF, Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle — APPCC).



### Silvia Amélia Tfouni

Engenheira de Alimentos (1996) pela Universidade Estadual de Campinas. Mestre (2000) e Doutora (2005) em Ciência de Alimentos pela mesma instituição. Atualmente é Pesquisadora Científica do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Itai), onde também é Coordenadora e Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Tem experiência na área de Ciência de Alimentos, com ênfase em Análise de Alimentos e Toxicologia de Alimentos, atuando principalmente nos seguintes temas: contaminantes orgânicos em alimentos, aditivos alimentares, desenvolvimento e validação de métodos analíticos e avaliação de risco.



### Sílvia Cristina Sobottka Rolim de Moura

Engenheira de Alimentos pela Universidade Estadual de Campinas - Unicamp (1991), Mestre em Engenharia de Alimentos pela Unicamp (1998) e Doutora em Engenharia de Alimentos pela Unicamp (2018). Pesquisadora Científica nível VI e Diretora Técnica substituta do Centro de Tecnologia de Frutas e Hortaliças do Itai. Docente no programa de Pós-graduação do Itai — Mestrado Stricto sensu em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Membro da Comissão Interna de Avaliação de projetos Pibic/Pibiti do CNPq, membro da Comissão Interna de Biossegurança do Itai e membro da Comissão de Pós-graduação do Itai. Tem experiência na Área de Engenharia de Processos e Tecnologia de Alimentos, com ênfase no desenvolvimento de produtos e estudos de estabilidade acelerados, visando estimativa de vida útil. Atua principalmente nos seguintes temas: microencapsulação, estabilidade de compostos funcionais, propriedades físicas e processamento de produtos de origem vegetal. Seus trabalhos têm como foco a elaboração de produtos saudáveis, funcionais e com agregação de valor.

# Brasil FoodSafety Trends 2030

## Editores

Eloísa Elena Correa Garcia  
Maria Isabel Berto  
Marisa Padula  
Marta Taniwaki  
Claire I. G. L. Sarantópoulos

## Equipe Técnica

Airton Vialta  
Aline Brionisio Lemos  
Ana Lucia Lemos  
Ana Paula Reis Noletto  
Claire I. G. L. Sarantópoulos  
Danielle Ito  
Elizabeth Harumi Nabeshima  
Eloísa Elena Correa Garcia  
Gina Cardozo  
Gisele Camargo  
Gustavo Henrique Moraes  
Juliane Dias  
Luis Madi  
Margarete Okazaki  
Maria Isabel Berto  
Marisa Padula  
Marta Taniwaki  
Neusely da Silva  
Paulo Tavares  
Raul Amaral Rego  
Renata Bromberg  
Silvia Amélia Tfouni  
Sílvia Cristina S. R. de Moura



## Produção

Adriana Helena P. M. Seabra  
Supervisora Administrativo – PITec/Ital

## Revisão Ortográfica

Simara B. Manfrinatti Bittar  
Revisora

## Revisão Bibliográfica

Lucilene Paulina da Silva  
Bibliotecária/Ital

## Projeto Gráfico e Diagramação

Patricia Citrângulo  
Designer Gráfico/Ital

## Imagens

[www.freepik.com](http://www.freepik.com)



# ITAL

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



CENTRO DE TECNOLOGIA DE CARNES



CENTRO DE TECNOLOGIA DE CEREAIS E CHOCOLATE



CENTRO DE TECNOLOGIA DE FRUTAS E HORTALIÇAS



PLATAFORMA DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

CENTRO DE CIÊNCIA E QUALIDADE DE ALIMENTOS



CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM



CENTRO DE TECNOLOGIA DE LATICÍNIOS E BACTÉRIAS LÁCTICAS



CENTRO DE INOVAÇÃO EM PROTEÍNA VEGETAL



[www.ital.agricultura.sp.gov.br](http://www.ital.agricultura.sp.gov.br)





ANOS

**iITAL**

Alimentando o futuro com  
ciência e tecnologia



# Brasil FoodSafety Trends 2030

## PATROCÍNIO:



Agilent



brf

Cargill

Coca-Cola  
Brasil



Duas Rodas

Givaudan  
Human by nature



hygienea

KERRY

MERCK  
MC-Media Pad®



Nestlé

Faz Bem

SENSIENT®

Tetra Pak®  
PROTEGE O QUE É BOM

Waters™

## APOIO ESPECIAL:



South America



FISPAL  
TECNOLOGIA



fundepag

conexão.f

## COORDENAÇÃO:



ITAL  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



Secretaria de  
Agricultura e Abastecimento



SÃO PAULO  
GOVERNO DO ESTADO