

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS**  
**Curso de Graduação em Farmácia-Bioquímica**

**Revisão de técnicas de *upcycling*  
empregadas em subprodutos da  
indústria alimentícia**

**Robson de Oliveira**

Trabalho de Conclusão do Curso de  
Farmácia-Bioquímica da Faculdade de  
Ciências Farmacêuticas da Universidade  
de São Paulo.

Orientadora:

Profa. Dra. Suzana Caetano Lannes

São Paulo

2023

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS .....	3
RESUMO .....	4
1. Metodologia.....	5
<b>a. Levantamento bibliográfico</b> .....	5
<b>b. Seleção bibliográfica</b> .....	5
2. Introdução .....	5
3. Definições de <i>upcycling</i> .....	6
4. O desperdício de alimentos.....	7
<b>a. Principais focos de desperdício dentro das cadeias produtivas de alimentos....</b>	7
5. Pesquisas recentes .....	13
<b>a. Tecnologia dos processos</b> .....	13
<b>b. Transformações de um alimento em outro produto alimentício</b> .....	15
<b>c. Transformações de um alimento em outros materiais ou insumos</b> .....	17
<b>d. O <i>upcycling</i> como instrumento na erradicação da fome</b> .....	19
6. O mercado de <i>upcycled food</i> .....	22
<b>a. Principais dificuldades para a prática de <i>upcycling</i> nas indústrias</b> .....	22
<b>b. Aceitação da categoria pelos consumidores</b> .....	22
<b>c. Percepções sensoriais dos consumidores</b> .....	26
<b>d. Precificação</b> .....	27
7. Conclusão .....	29
8. Referências.....	29

## LISTA DE ABREVIATURAS

LILACS	Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
EUA	Estados Unidos da América
PYO	Piocianina
1-HP	1-hidroxifenazina

## RESUMO

DE OLIVEIRA, R. **Revisão de técnicas de *upcycling* empregadas em subprodutos da indústria alimentícia**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso de Farmácia-Bioquímica – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Palavras-chave: Sustentabilidade, desperdício alimentício, indústria de alimentos

**INTRODUÇÃO:** Aproximadamente um terço da comida produzida para o consumo humano é perdida ou desperdiçada. Isto não gera impactos apenas econômicos, mas também na saúde da população. Assim, é importante que ações sejam tomadas para minimizar o impacto dessa perda de alimentos. O *food upcycling* surgiu como uma proposta para contornar esses desperdícios: a prática de converter alimentos desperdiçados em outros produtos alimentícios. O presente trabalho é importante para a revisão do tema em relação à definição de *food upcycling*, do desperdício de alimentos, das pesquisas de processos e tecnologias recentes e do mercado de *upcycled products*. **OBJETIVO:** Revisar o tema de *food upcycling* na literatura científica por meio da consulta de artigos em buscadores científicos com o intuito de trazer atualização acerca das novas pesquisas, tecnologias e inserção de produtos *upcycled* no mercado, além de contextualizar o cenário de desperdício alimentar mundial. **MATERIAL E MÉTODOS:** Foram realizadas buscas de literatura científica de atualização e de revisão por meio dos principais buscadores de trabalhos acadêmicos. Foram consultadas as publicações dentro deste tema nas principais agências regulatórias de alimentos e órgãos especializados como, por exemplo, *Food and Agriculture organization* (FAO) e Organização Mundial da Saúde (OMS). Foram utilizadas em todas as bases as palavras-chave na pesquisa relacionadas a *food upcycling*. Foram incluídos os trabalhos publicados nos últimos dez anos, nos idiomas inglês ou português. **RESULTADOS:** A América do Norte é o continente com o maior desperdício total de alimentos e a África é o continente com maior desperdício de alimentos *per capita*. Tecnologias de ponta são utilizadas no desenvolvimento de *upcycled foods*, entre elas estão a impressão 3D de alimentos, a edição genética de alimentos e diversas outras pesquisas na conversão de alimentos em outros produtos comestíveis ou em materiais para usos diversos. O mercado de alimentos *upcycled* é promissor, porém necessita de investimentos das partes interessadas em conscientização e educação do consumidor sobre *upcycling*. Foi observado que a redução do preço de alimentos *upcycled* pode ajudar na diminuição da hesitação do consumidor para comprá-los. **CONCLUSÃO:** Os principais achados da revisão foram que, a respeito do desperdício alimentício, há relação com poder de compra e também com problemas na estrutura da cadeia de produção alimentícia. Nos últimos anos, diversas pesquisas vêm sendo realizadas e utilizam excedentes ou subprodutos advindos do cultivo e processamento de alimentos, podendo também assumir uma função social. O *food upcycling* enfrenta algumas barreiras, como a falta de conhecimento dos consumidores acerca do conceito e de seus benefícios para a sustentabilidade, havendo a necessidade de educação desses consumidores e de elaboração de estratégias de precificação. Os ingredientes *upcycled* podem compor produtos que possuem propriedades sensoriais que se aproximam muito dos produtos convencionais, facilitando a sua comercialização ou sua aceitação pelas pessoas.

## **1. Metodologia**

### **a. Levantamento bibliográfico**

Foram realizadas buscas de literatura científica de atualização e de revisão por meio dos buscadores: PubMed, *ScienceDirect*, *Web of Knowledge*, SCOPUS (Elsevier), LILACS (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde) e *Google Scholar*. Em seguida, foram consultadas as principais diretrizes, regulamentações e publicações dentro deste tema das principais agências regulatórias de alimentos e órgãos especializados como *Food and Agriculture organization* (FAO), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), *Food and Drug Administration* (FDA), *European Commission Health and Consumers* e Organização Mundial da Saúde (OMS). Foram utilizadas em todas as bases as palavras-chave na pesquisa relacionadas a *food upcycling*. Foram revisados 65 artigos científicos neste trabalho para compor 5 tópicos, dos quais: Introdução, Definições de *upcycling*, O desperdício de alimentos, Pesquisas recentes e O mercado de *upcycled food*.

### **b. Seleção bibliográfica**

Foram incluídos os trabalhos publicados entre 2013 e 2023, nos idiomas inglês ou português. Alguns trabalhos que não apresentaram o tema aplicado à área de alimentos foram utilizados para contextualização e conceitualização do tema.

## **2. Introdução**

A cadeia produtiva de alimentos representa uma porcentagem importante da economia. O mercado da agricultura foi avaliado em 3,5 trilhões de dólares em 2019, representando por volta de 4% do Produto Interno Bruto (PIB) mundial (FAO, 2021). Ou seja, o desperdício dentro dessas cadeias produtivas reflete também em prejuízo monetário. Avaliando por tipo de alimento, “Raízes, tubérculos e oleaginosas” representam 25,3% da perda mundial total de alimentos, seguidos de “Frutas e vegetais”, com 21,6% (FAO, 2019).

O mundo contemporâneo continua enfrentando um problema de desperdício de alimentos. Estima-se que aproximadamente um terço da comida produzida para o consumo humano é perdida ou desperdiçada (DOU; TOTH, 2021). Este valor chegou a ser de 1,3 bilhões de toneladas de comida anualmente (DOU; TOTH, 2021). A perda, em especial para frutas e vegetais, pode ocorrer durante a colheita, transporte e

estocagem, devido à falta de refrigeração e operação de transporte adequados, ou até à falta de lugares para a comercialização dos alimentos (FAO, 2020), enquanto que o desperdício pode ser atribuído ao vencimento de produtos e ao porcionamento de pratos de comida (DOU; TOTH, 2021). Isto não gera impactos apenas econômicos, mas também na saúde da população. Assim, é importante que ações sejam tomadas para minimizar o impacto dessa perda de alimentos.

A cadeia produtiva de alimentos causa um grande estresse nos ciclos naturais do planeta Terra, como os ciclos biogeoquímicos do nitrogênio e do fósforo, causando grandes áreas de desmatamento, contribuindo para a diminuição da biodiversidade e para mudanças climáticas como o aquecimento global (DOU et al., 2022; WHITMARSH; POORTINGA; CAPSTICK, 2021). Por isso, é importante que haja conscientização da comunidade quanto ao uso de recursos naturais dentro da cadeia produtiva de alimentos e que também haja uma diminuição na perda e desperdício de alimentos (WHITMARSH; POORTINGA; CAPSTICK, 2021). Uma das estratégias para a diminuição da perda e desperdício de alimentos é através da reutilização de tais produtos para outros fins.

O presente trabalho revisita o tema de *upcycling* e visa trazer conscientização quanto ao consumo de alimentos. Foi realizada uma avaliação crítica dos principais focos de desperdício dentro das cadeias produtivas de alimentos para a diminuição de perdas e desperdícios a partir da revisão de literatura contendo procedimentos e tecnologias utilizados em *food upcycling*. O tema foi também abordado em relação às indústrias, principalmente às de produção de alimentos, para propor soluções à luz de novas pesquisas utilizando o conceito de *upcycling*. Ademais, são discutidos aspectos sociais do uso de *upcycling* e de aceitabilidade de *upcycled products* no mercado a partir de exemplos recentes na literatura científica.

### **3. Definições de *upcycling***

O conceito dos “três Rs” (reduzir, reciclar e reutilizar) é conhecido em se tratando de materiais (LIU et al., 2017). Há 10 anos atrás, os trabalhos utilizavam o conceito de *upcycling* para concentrarem-se à área de materiais para *design* de interiores (ALI; KHAIRUDDIN; ZAINAL ABIDIN, 2013; VEFAGO; AVELLANEDA, 2013) e à fabricação de polímeros ou plásticos (MO et al., 2013). Ainda não há um consenso dentre artigos científicos sobre qual a definição exata de *upcycling* (SUNG, 2015). Há, porém, um consenso de que o *upcycling* se diferencia do já conhecido

termo "reciclagem" (SUNG, 2015). O termo "reciclagem" refere-se à reutilização de um produto no ciclo de produção de forma que não haja perda de valor, como por exemplo uma garrafa de vidro sendo utilizada para a fabricação de outra garrafa de vidro. *Upcycling* se difere deste conceito ao imaginar que sacolas plásticas, por exemplo, podem ser transformadas em nanotubos de carbono, efetivamente aumentando seu valor agregado (SUNG, 2015; YI et al., 2019).

Dentro da área de alimentos, o *food upcycling* surgiu como uma proposta, a partir desse conceito, para contornar o desperdício: a prática de converter alimentos desperdiçados em outros produtos alimentícios. Por exemplo, é possível aproveitar sobras ou reciclar ingredientes específicos de alimentos excedentes e produzir outro tipo de alimento. O conceito de *upcycling* baseia-se também em gerar um produto sustentável e de alta qualidade a partir da conversão de resíduos, de materiais usados ou através da reutilização do mesmo produto de uma maneira diferente. Consequentemente, ocorre a minimização de gastos desnecessários com recursos (SPRATT; SURI; DEUTSCH, 2021). Três características comuns à definição de *upcycled food* foram categorizadas por ASCHEMANN-WITZEL et al., são elas: o produto consistindo ou contendo material que seria desperdiçado; este material é transformado em um produto alimentício para consumo humano; esta transformação é um processo que envolve um aumento no seu valor. Contudo, a definição de *upcycled food* e a sua descrição podem variar de acordo com as diferentes perspectivas de cada organização interessada, como pesquisadores, fabricantes de alimentos, especialistas, marketing, regulamentações, governos, entre outros (SPRATT; SURI; DEUTSCH, 2021).

Um exemplo de *food upcycling* está no trabalho de Fuso et. al., onde seu time trabalhou com cascas de avelã, tentando desenvolver e estudar métodos para a extração de compostos específicos que são potenciais precursores de xilooligossacarídeos e arabino-xilooligossacarídeos, importantes prebióticos utilizados no estímulo do crescimento de microbiota benéfica aos seres humanos e com alto valor agregado (FUSO et al., 2021; YAN et al., 2022).

#### **4. O desperdício de alimentos**

##### **a. Principais focos de desperdício dentro das cadeias produtivas de alimentos**

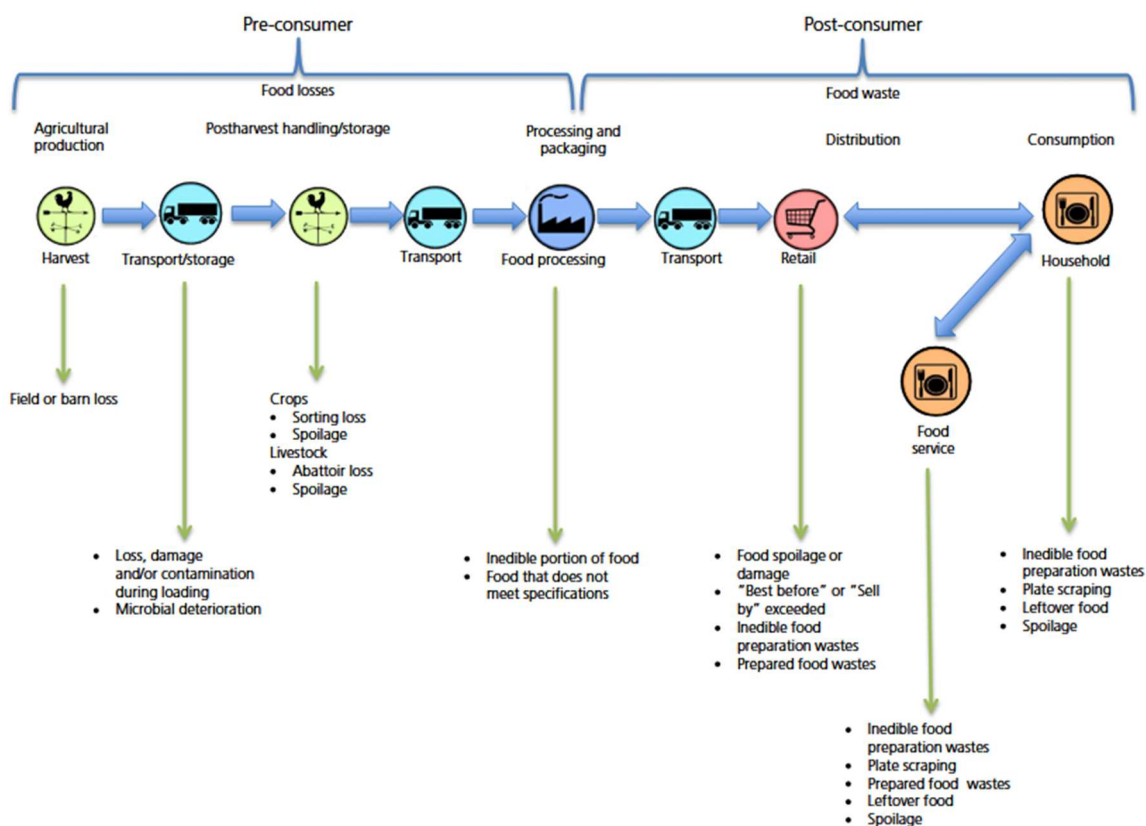
Como mencionado anteriormente, o desperdício de alimentos pode chegar a 1/3 da produção mundial de alimentos (DOU; TOTH, 2021). O desperdício de

alimentos pode ocorrer em qualquer uma das etapas da cadeia produtiva, desde a colheita até o consumo. Porém, deve-se levar em conta a particularidade de cada país quando vamos analisar os dados, pois cada região terá diferentes demandas por produto, padrões de consumo e poderes de compra (FAO, 2019).

A cadeia de abastecimento de alimentos pode ser dividida e vista de diversas formas, mas ela sempre será composta de etapas pré-comercialização e pós-comercialização. A **Figura 1** abaixo, dos trabalhos de PAUL VAN DER WEF e JASON A. GILLILAND, traz uma ilustração dessa cadeia, e as etapas onde podem ocorrer as possíveis perdas de alimentos junto de suas causas. Observa-se que perdas são possíveis em todas as etapas do processo, desde a colheita até o consumo em casas e serviços de alimentação. Ainda, os autores trazem uma distinção entre dois tipos de desperdício de alimentos: o comestível e o não-comestível. O desperdício de comestíveis representa o alimento que em algum ponto do ciclo poderia ser consumido (como retalhos de carne ou alimentos estragados), enquanto que o desperdício de não-comestíveis representa o alimento que nunca seria consumido (ossos, cascas de vegetais ou ovos).



**Figura 1.** Esquema representando o panorama da cadeia de produção alimentícia e as perdas e desperdícios.



**Fonte:** retirado de (VAN DER WERF; GILLILAND, 2017).

A **Tabela 1** apresenta as médias dos desperdícios de alimentos per capita e total por continente. Nota-se que a América do Norte é o continente com o maior desperdício total de alimentos, seguido da Ásia e Oceania, África, América do Sul, Europa e América Central, respectivamente. Já em relação ao desperdício de alimentos per capita, a África lidera a tabela, seguida de Ásia e Oceania, América do Norte e Europa, América Central e, por fim, América do Sul. Embora o número de países que compõem a Ásia e Oceania seja muito maior que o número de países na América do Norte, o valor de desperdício de alimentos total é maior na América do Norte, e os menores números são notados na América Central. Ainda, é possível notar que o desperdício de alimentos per capita é maior na África e na Ásia e Oceania, e o menor desperdício per capita é encontrado na América do Sul. Porém, dadas as diferentes bases econômicas de cada país que compõem os continentes, além de diferentes culturas, culinárias e padrões de consumo, se faz necessário uma análise individual de cada país para obter-se possíveis explicações.

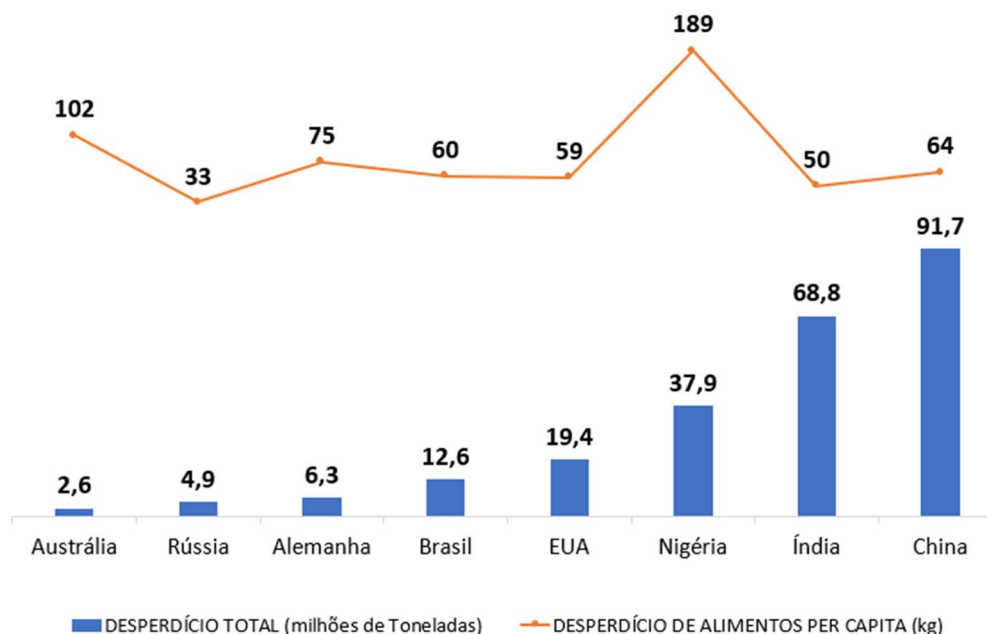
**Tabela 1.** Comparação dos desperdícios total e per capita entre continentes.

<b>CONTINENTE</b>	<b>DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS PER CAPITA (ao ano)</b>	<b>DESPERDÍCIO DE ALIMENTOS TOTAL (milhões de toneladas/ano)</b>
<b>África</b>	101	2,68
<b>Ásia e Oceania</b>	84	4,83
<b>América Central</b>	73	0,34
<b>América do Norte</b>	76	5,72
<b>América do Sul</b>	72	2,02
<b>Europa</b>	76	0,99

**Fonte:** Dados retirados de Food Waste by Country 2023. Confecção própria da tabela.

A **Figura 2** traz uma comparação visual entre os desperdícios totais e per capita de 8 países diferentes: Austrália, Rússia, Alemanha, Brasil, Estados Unidos da América, Nigéria, Índia e China. Entre esses países, observa-se a China no topo do desperdício total, seguida de Índia, Nigéria, EUA, Brasil, Alemanha, Rússia e Austrália, respectivamente. O país com maior desperdício per capita é a Nigéria, seguido da Austrália, Alemanha, China, Brasil, EUA, Índia e Rússia, respectivamente. A **Tabela 2** mostra os dados de população total desses mesmos 8 países.

**Figura 2.** Gráfico do desperdício total (barras) e do desperdício per capita (linha) de alimentos com exemplos de países de cada continente.



**Fonte:** Dados retirados de Food Waste by Country 2023. Confeção gráfica própria.

**Tabela 2.** População total com exemplos de países de cada continente.

PAÍS	POPULAÇÃO TOTAL
<b>Austrália</b>	26 milhões
<b>Rússia</b>	144 milhões
<b>Alemanha</b>	84 milhões
<b>Brasil</b>	215 milhões
<b>EUA</b>	333 milhões
<b>Nigéria</b>	219 milhões
<b>Índia</b>	1,42 bilhões
<b>China</b>	1,41 bilhões

**Fonte:** Dados retirados de World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability.  
Confeção própria da tabela.

Quando observa-se a **Figura 2**, poderia se postular que países com maiores desperdícios totais tivessem maiores desperdícios per capita, mas esse pensamento não se aplica ao que é mostrado por esses números. Uma possível explicação para isto é a população total desses países: a China é um dos países mais populosos do mundo (World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability) e isso acaba por diminuir o per capita, ainda que o desperdício total seja alto. A China é um país agrícola de grande área, com divisões entre área rural e área urbana e variação da população, de PIB, de agricultura e renda pessoal descartável (RPC) entre cada região (LI et al., 2019). Segundo o trabalho de Yangyang Li et al., há uma forte correlação estatística positiva entre desperdício de alimentos e população, PIB, produção produtos agrícolas e criação de animais e de pesca, ou seja, maior desperdício de alimentos foi encontrada em áreas com padrões de vida e densidade populacional mais alto devido ao maior consumo de produtos agropecuários (LI et al., 2019). A Nigéria acaba por ser o país com o maior desperdício de alimentos per capita (Food Waste by Country 2023). Segundo Silva Opuala-Charles et. al., o país tem problemas com a refrigeração adequada de alimentos pós-colheita, problemas de infraestrutura e distribuição, além de manejo inapropriado dos alimentos, acarretando em uma perda de aproximadamente 40% dos alimentos produzidos no país (CARLSEN, 2023; OPUALA; IKPUTU).

No Brasil, há estimativas de que 28% do desperdício de alimentos ocorra quando os produtos já estão nas mãos dos consumidores, enquanto que esse número pode chegar a 45% nos EUA (WATANABE; FREITAS; DEMO, 2023), mostrando que em alguns países, uma grande parte do foco de desperdício pode ser relacionada aos padrões de consumo, principalmente por alguns autores constatarem que países “desenvolvidos” geram mais desperdício de alimentos que países “em desenvolvimento” (VAN DER WERF; GILLILAND, 2017). Falta de planejamento, além do mal entendimento dos prazos de validade dos alimentos, aliado a uma estocagem imprópria, qualidade da comida e porções de comida são grandes influenciadores no desperdício pós-compra dos alimentos (HEBROK; BOKS, 2017; WATANABE; FREITAS; DEMO, 2023).

É importante que haja uma destinação dos alimentos antes que sejam “perdidos” dentro da cadeia produtiva de alimentos, além de campanhas de conscientização com o intuito da redução dos níveis de desperdício. O alimento pode virar ração para animais, por exemplo, ou ser destinado à compostagem, à

incineração, aos lixões, ou digestão anaeróbica, dentre outros, sendo reciclados ou *upcycled*, com diferentes aproveitamentos. Entende-se que o lixão é um dos piores destinos para os dejetos sólidos, incluindo os alimentos, devido à biodegradabilidade dos alimentos e do potencial de se tornarem vetores de doenças (THI; KUMAR; LIN, 2015).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Ato 12.305/2010) foi criada para o gerenciamento dos resíduos sólidos, e isto inclui os alimentos. O ato leva, dentre outras coisas, à conscientização da situação dos resíduos sólidos no país. Supermercados podem adotar um estilo de gerenciamento que visa a minimização de perda, a partir, por exemplo, do investimento em treinamentos de seus funcionários, como fez uma rede de supermercados do estado do Rio de Janeiro, que conseguiu reduzir suas perdas gerais de produtos de 2,54% para 1,98% (WERDERITS SILVA; DA SILVA CÉSAR; CONEJERO, 2021).

## 5. Pesquisas recentes

### a. Tecnologia dos processos

São inúmeras as técnicas para realizar as transformações dos subprodutos dos processamentos de alimentos. Na última década, as pesquisas em *upcycling* fortaleceram-se. Com o desenvolvimento das técnicas analíticas para análise dos produtos gerados em cada etapa de processamento, é possível conhecer a composição dos rejeitos, subprodutos ou excedentes e então definir diferentes estratégias de isolamento de compostos e reaproveitamento destes na elaboração de formulações de alimentos, sejam elas novas ou já tradicionais no mercado. Não apenas é feita a transformação dos subprodutos e excedentes em outros alimentos, mas também pode-se transformá-los em outros tipos de insumos ou materiais.

No Brasil há, por exemplo, o *upcycling* das partes da palmeira da Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) porque cada porção da planta tem potencial para gerar produtos interessantes. A planta é cultivada para a utilização principalmente do seu palmito como fonte de fibras na alimentação. Posteriormente, viu-se a possibilidade de explorar também os seus frutos, fonte de antioxidantes e carotenóides, juntamente ao seu caule, à bainha da folha e à casca, que são materiais fibrosos (DE CÁSSIA SPACKI et al., 2022). Na **Figura 3** estão representados os possíveis produtos gerados a partir dos resíduos da planta.

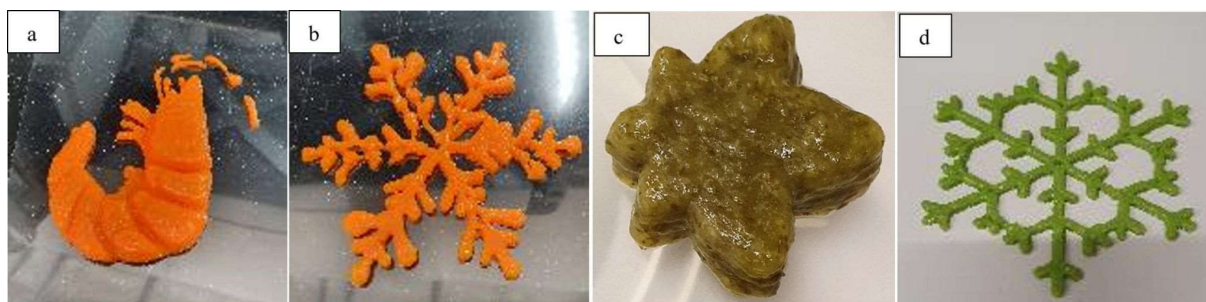
**Figura 3.** Esquema representando os produtos gerados por *upcycling* dos resíduos fibrosos da Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). As partes podem ser processadas em farinhas ricas em fibras, prebióticos, substratos para fermentação em estado sólido e biorremediação, substratos para a produção de enzimas e nanofibras.



**Fonte:** De Cássia Spacki et al. (2022)

Mesmo as técnicas mais sofisticadas estão sendo utilizadas dentro do conceito de *upcycling*, como a impressão 3D de alimentos. Este recurso pode permitir que alguns tipos de resíduos tornem-se produtos com um *design* agradável e familiar aos padrões do consumidor, aumentando a aceitabilidade do produto. Com pouco processamento prévio, (HOOI CHUAN WONG et al., 2022), utilizaram sementes de jaca para a impressão 3D. O grupo realizou também outras impressões previamente, mostradas na **Figura 4**, utilizando cenoura, ervilha e acelga chinesa (bok choy). A proposta é de utilizar estas impressões nas dietas para disfagia em pessoas com dificuldade de deglutição, além de transformar os excedentes alimentares que geralmente não são consumidos pela população em alimentos atrativos.

**Figura 4.** Fotografias de impressões 3D de vegetais frescos ou congelados. **a)** e **b)** cenoura, **c)** acelga chinesa (bok choy), **d)** ervilha.



**Fonte:** (HOOI CHUAN WONG et al., 2022))

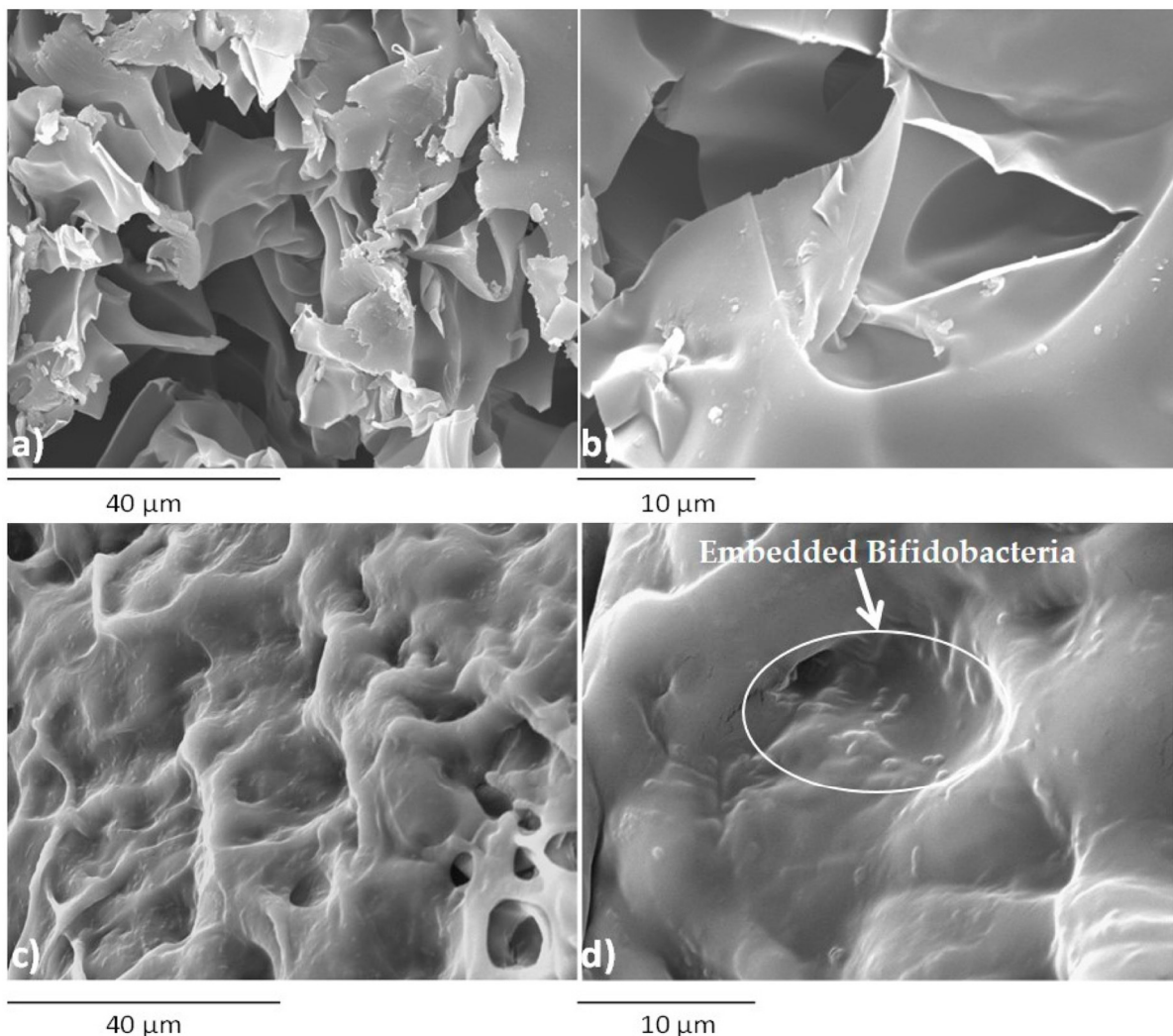
Outro exemplo de tecnologia recente está no trabalho de BARTEK et al., 2022, que realizaram edição genética em batatas utilizando CRISPR-Cas9, para facilitar a recuperação de proteínas de alto valor dos subprodutos da fabricação de amido e evitar danos ambientais relacionados ao processo convencional de recuperação das proteínas. Essas proteínas podem ser recirculadas para o sistema de fabricação de alimentos como substitutos de proteínas de origem animal. Esta recirculação dos insumos obtidos a partir de alimentos é um tema interessante para a formulação de novos produtos alimentícios com agregação de propriedades nutricionais, como será abordado em seguida no trabalho.

#### **b. Transformações de um alimento em outro produto alimentício**

No México, o milho é um dos principais alimentos da dieta básica da população. O seu processamento alcalino gera um volume muito grande de água para descarte contendo arabinoxilano gelificante, mas esta substância pode ser isolada e utilizada como estrutura de encapsulamento de probióticos por PAZ-SAMANIEGO et al., 2016. A **Figura 5** mostra a microscopia eletrônica de varredura da estrutura do gel contendo o arabinoxilano recuperado da água utilizada no processamento do milho e é possível reconhecer a bactéria probiótica encapsulada na estrutura em **(d)**.



**Figura 5.** Imagem das microscopias eletrônicas de varredura dos géis liofilizados de arabinosilanos recuperados a partir da água residual do processamento de milho. (a,b) liofilizado de arabinosilano, zoom 1500× e liofilizado de arabinosilano contendo a Bifidobactéria (probiótico), zoom 3500x (c,d).



**Fonte:** Paz-Samaniego et al. (2016)

Os autores foram bem sucedidos no encapsulamento da bactéria. Isso mostra que os arabinosilanos da água residual de grandes processamentos de milho, como os de indústrias, podem ser *upcycled* para várias estruturas de gelificação.

Percebe-se que os processamentos de espécies vegetais geram muitos resíduos ricos em nutrientes. Essa característica favorece os processos de fermentação utilizando bactérias e leveduras e gerando substâncias capazes de serem extraídas como ingredientes para uso em outros alimentos. Foi o caso do trabalho de VILAS-FRANQUESA et al., 2024, no qual os autores fizeram o tratamento sequencial de cascas de manga por meio de processos enzimáticos e fermentativos, obtendo uma maior recuperação de compostos fenólicos presentes no fruto, por



exemplo, o ácido gálico e a mangiferina. Esses compostos fenólicos são ingredientes para alimentos funcionais. Outros compostos que podem ser utilizados como ingredientes de alimentos funcionais são os ricos em flavonoides. No estudo realizado por LI; WANG, 2023, os autores observaram que os flavonoides estão muito presentes nos cachos não maduros das uvas Chardonnay e Pinot noir, obtidos no desbaste do cultivo de uvas para vinificação. Os autores propuseram o *upcycling* destes cachos para utilização como ingrediente funcional para produtos à base de cacau, aumentando, assim, as quantidades de flavonoides nestes alimentos – benefício muito procurado por consumidores desta categoria de produtos.

Em outro trabalho, os autores MARTENDAL et al., 2023, realizaram o *upcycling* do resíduo sólido da noz pecan originado da extração de seu óleo, utilizando esses sólidos como farinha para formular biscoitos *gluten-free*. Esses sólidos são nutricionalmente ricos e aumentaram significativamente o conteúdo de lipídios, fibras insolúveis e proteínas nos biscoitos, ao mesmo tempo que diminuiu o conteúdo de carboidratos, quando comparado às formulações sem a farinha do resíduo de noz pecan. Além disso, a massa ganhou dureza e perdeu coesividade, o que é interessante quanto à reologia da massa durante o processamento, inclusive industrial. O processamento industrial de produtos lácteos comumente também gera excedentes ricos em compostos que podem ser úteis em outras indústrias alimentícias. Especificamente na produção de iogurtes tipo grego, é gerado o soro de leite, mas que no trabalho de NANI; KRISHNASWAMY, 2023, foi proposto seu *upcycling* para encapsulamento em painço de milho, transformando-o em um branqueador que pode substituir o óxido de titânio em formulações alimentícias ou mesmo em cosméticos e produtos farmacêuticos. Esta solução abordou dois problemas presentes nas indústrias: agregou valor a um excedente da fabricação de iogurte e também funcionou como alternativa na substituição de um óxido metálico que tem sofrido críticas pelo seu uso em produtos alimentícios. O *upcycling* no processamento de alimentos pode proporcionar soluções para alimentos, como também para indústrias de outros setores.

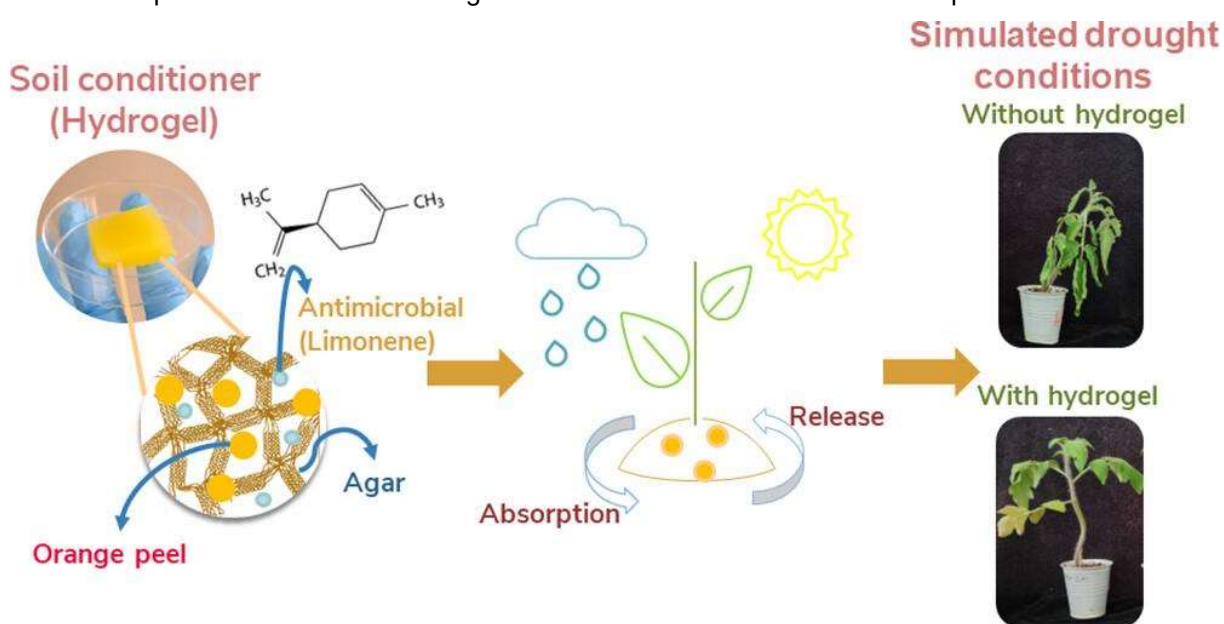
### **c. Transformações de um alimento em outros materiais ou insumos**

Um processo para *upcycling* de conchas de moluscos cultivados para alimentação foi elaborado por OLANDER, 2023. No refinamento dos moluscos há a

obtenção de suas conchas como excedente do processo. Contudo, estas conchas possuem inúmeras aplicações, por exemplo como enriquecedor de cálcio para avicultura, agente de calagem do solo, ingrediente para agregados em construção civil, abrasivos para moagem, bio-filtragem e ajuste de pH para aquários e também como decorativos. O autor elaborou um processo industrial para higienizar as conchas, reduzir e uniformizar seu tamanho e aquecê-las, tornando-as prontas para serem destinadas às diversas aplicações mencionadas. Este trabalho tem alta relevância para os países com cultivo de moluscos. Já para países com forte agricultura, é interessante a utilização dos resíduos de espécies vegetais.

Neste sentido, MERINO et al., 2023, utilizaram cascas de laranja originadas de excedentes da agricultura para desenvolver hidrogéis com ágar com função de condicionador de solo. Os autores utilizaram pés de tomate, um com aplicação o gel e outra sem, e as puseram sob estresse hídrico. Como é possível ver na **Figura 6**, a planta contendo o gel mostrou aumento do conteúdo relativo de água nas folhas da planta. O fato de incorporar o particulado preparado a partir das cascas de laranja nos géis fez com que o gel tivesse a quantidade de poros aumentada e de menor tamanho. Além do teor alto de resíduos vegetais ser de importância significativa para aumentar as propriedades fertilizantes dos hidrogéis, há também a redução do seu preço e, conseqüentemente, a contribuição para a economia circular (MERINO et al., 2023).

**Figura 6.** Esquema mostrando o funcionamento do hidrogel de ágar contendo cascas de laranjas recuperadas dos excedentes agrícolas como condicionador de solo em pés de tomate.



Fonte: (MERINO et al., 2023))

Em outro trabalho, os autores DE AZEVEDO; NOREÑA, 2023, utilizaram os resíduos de suco de uva em pó, ricos em antocianinas e fibras, como material para produzir filmes com função de indicador colorimétrico de frescor de alimentos. Isso foi possível porque, através de complexação polieletrólítica, esse resíduo reforça as matrizes poliméricas, modificando a estabilidade e a reologia dos complexos entre gelatina e alginato ou quitosana e alginato. Os filmes obtidos foram eficientes indicadores de ácido láctico e amônia para detecção da deterioração de produtos lácteos e cárneos. Os autores sugerem a sua utilização na aplicação de embalagens alimentícias, destacando que estes filmes são biodegradáveis.

No trabalho de PANTELIC et al., 2023 a produção dos metabólitos e pigmentos de *Pseudomonas aeruginosa* piocianina (PYO) e 1-hidroxifenazina (1-HP) utilizando variados dejetos de alimentos de uma cantina de faculdade (cascas de banana, água da lavagem de batatas, casca de batata, pão velho, iogurte, carne processada, ovos cozidos e dejetos diversos de restaurantes) como substratos em culturas de *P. aeruginosa* BK25H foi avaliada. Os pesquisadores observaram que o pão velho obteve os melhores resultados. Este trabalho é importante de ser mencionado, pois é um exemplo excêntrico de *upcycling*. Mesmo que os restos de alimentos estejam sendo usados “apenas” como substrato, eles influenciam na produção de subprodutos de bactérias com alto valor agregado. Além disso, boa parte dos substratos estudados são facilmente encontrados em casas de espécies vegetais do Brasil e o processo poderia ser replicado no país.

#### **d. O *upcycling* como instrumento na erradicação da fome**

A fome tem origens multifatoriais e, entre elas, está o desperdício de alimentos. O desperdício tem consequências sociais, como a perda nutricional, porque os subprodutos rejeitados nas etapas de processamento de alimentos contêm um reservatório de micronutrientes que poderiam ser fornecidos a milhões de pessoas. São pessoas estas que não conseguem adquirir todos os nutrientes suficientes para uma dieta saudável pela falta de acesso a uma variedade de alimentos. Pessoas com restrições alimentares, como intolerantes ao glúten, poderiam ser beneficiadas com o *upcycling* de ingredientes que enriquecem alimentos básicos da dieta. As dietas sem glúten geralmente possuem pouca fibra e altas taxas de gorduras saturadas. Porém, os resíduos alimentares plant-based podem ser agregados a massas sem glúten para

aumentar a quantidade de fibras e outros micronutrientes (TCHONKOUANG; ONYEAKA; MIRI, 2023).

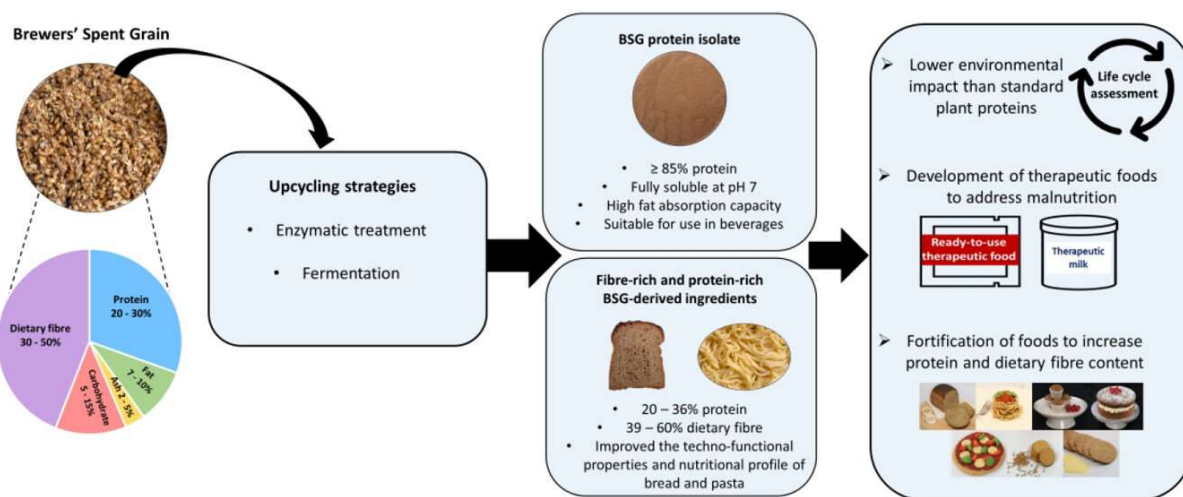
Melhorar a segurança alimentar e o bem estar social implica em aumentar o acesso a dietas saudáveis, sem que as indústrias e os comerciantes percam receita. Com o desperdício, pode ocorrer falta de disponibilidade de alimentos, gerando assim aumento dos preços dos alimentos, bem como a diminuição da oferta destes em locais onde o consumidor adquire-os. Pessoas com baixa renda podem sentir o impacto disto com ainda mais intensidade. NOGUEIRA; ALVES; VAZ-FERNANDES, 2021, realizaram um estudo no qual as autoras avaliaram a contribuição da doação de alimentos para criar uma dieta balanceada em famílias de baixa renda em Portugal. No trabalho, elas analisaram o processo de *upcycling* de alimentos que é feito por uma das unidades da organização voluntária “*Refood*”, a qual coleta cerca de cinco toneladas por mês de excedentes de produtos frescos e recém cozinhados e redistribui-os nas 24 horas seguintes. Os resultados obtidos sugerem que, ao adicionar os alimentos doados às dietas da amostra de participantes analisada, o equilíbrio das dietas melhorou em comparação à dieta da população portuguesa em geral. O conteúdo das cestas distribuídas vai de encontro às recomendações nacionais de nutrição, demonstrando, assim, que o processo de *upcycling* de alimentos frescos é promissor como ferramenta de melhora dos padrões alimentares das famílias de baixa renda.

Em outro trabalho, VANDER VENNEN; PARIZEAU, 2023, avaliaram uma empresa social de integração de trabalho e resgate de alimentos nos EUA chamada *Upcycle Kitchen*, que também é destinada a reduzir o desperdício alimentar, através da coleta e *upcycling* de excedentes alimentares em produtos de alta qualidade e em refeições para distribuir a famílias de baixa renda. Esta empresa possui alguns produtos como *ketchup* e molho de tomate feitos com tomates *upcycled* e pães feitos com grãos advindos do processamento de cervejas de produtores locais. Estes produtos são vendidos num sistema de “*sliding scale*”, na qual o consumidor escolhe o quanto pagará dentro de uma faixa de preço. Com este sistema, a organização consegue sustentar-se financeiramente e proporciona alimentos frescos a preços acessíveis para pessoas com renda restrita. Neste caso, o *upcycling* também é acompanhado de outra iniciativa da empresa que é gerar oportunidade de renda treinando e empregando jovens adultos. Os autores concluem que esta abordagem pode ser eficiente no combate à insegurança alimentar, é ambientalmente benéfica

para utilizar os excedentes alimentares de forma produtiva e, enfim, combate um problema moral e social de dignidade, já que os excedentes são transformados em produtos de maior valor agregado e de maior qualidade, contrariando a ideia de que “pessoas negligenciadas” recebem as “sobras” de alimentos, estigma presente nos sistemas de *food banks* nos EUA.

A mesma prática de *upcycling* de grãos utilizados no processamento das cervejarias para combater a desnutrição é um tema estudado em outros trabalhos como no de NYHAN et al., 2023. É possível utilizar esses grãos para produzir produtos ricos em proteínas e fibras. Os isolados de proteína desses grãos mostraram-se mais adequados para serem aplicados em diferentes matrizes alimentares em relação aos de proteína vegetal comum. Além disso, são eficazes na fortificação de pães e massas e outros produtos da alimentação básica, geralmente de menor custo e de maior acessibilidade, como bases de bolos, bolachas, biscoitos e de pizza, melhorando seus valores nutricionais e reduzindo o risco de doenças relacionadas à dieta. A **Figura 7** mostra o esquema confeccionado pelos autores representando as transformações e o impacto positivo com a realização de *upcycling* de grãos gastos advindos do processamento em cervejarias.

**Figura 7.** Esquema representativo da aplicação de estratégias de *upcycling* para a geração de produtos para combater a desnutrição.



**Fonte:** Nyhan et al. (2023)

Isto mostra um forte potencial destes ingredientes em desempenhar um papel na redução da fome e desnutrição global, já que estes grãos gastos das cervejarias

são gerados mundialmente, sendo fáceis de obter, e podem ser utilizados na produção de alimentos terapêuticos, sem lactose e sustentáveis.

## **6. O mercado de *upcycled food***

### **a. Principais dificuldades para a prática de *upcycling* nas indústrias**

Uma das dificuldades para a prática do *upcycling* está em sua definição, pois não há um consenso exato e esta pode ser interpretada de várias maneiras (SUNG, 2015). O *upcycling* pode enfrentar algumas dificuldades quando visto pelos consumidores como apenas uma moda do mercado (ASCHEMANN-WITZEL et al., 2023). O que pode ser feito é uma conscientização dos consumidores quanto aos impactos positivos que técnicas como *upcycling* trazem ao meio ambiente, reduzindo o desperdício de alimentos e trabalhando em sustentabilidade (CODERONI; PERITO, 2021; MOSHTAGHIAN; BOLTON; ROUSTA, 2021).

Para as indústrias, a dificuldade de aceitação do consumidor pode ser um maior empecilho para a introdução de *upcycled foods*, tendo em vista que as indústrias não tem tanta dificuldade no desenvolvimento de novas (ou aprimoramento das antigas) tecnologias e técnicas para produção de produtos *upcycled*. Um estudo de PERITO et al., 2019, consistindo de uma pesquisa com consumidores italianos sobre a “disposição à compra” de um alimento produzido através do *upcycling* de subprodutos do processamento de azeitona, encontrou que a tecnofobia (referindo-se ao medo de novas tecnologias) operou um peso maior na decisão de compra do que o medo de adquirir um produto novo no mercado.

### **b. Aceitação da categoria pelos consumidores**

A viabilização da venda de *upcycled food*, bem como a inserção de novos produtos no mercado, é um dos desafios que esta categoria enfrenta. Entender qual a perspectiva do consumidor em relação aos processos e às tecnologias envolvidas no *upcycling* é importante para guiar as ações de indústrias e comerciantes para *marketing* e venda de alimentos *upcycled*. Para isso, é necessário saber qual o nível de aceitação e de recepção destes produtos pelo consumidor e também o perfil dessas pessoas, para que seja definido o público alvo a ser atingido e, ao mesmo tempo, que desperte o interesse dos consumidores que ainda não costumam comprar produtos *upcycled*.

Os autores HELLALI; KORAÏ, 2023, num estudo realizado no Canadá, perceberam uma relutância geral em relação a *upcycled foods* nos três níveis de inovação de produtos: incremental (baixo) disruptiva (médio) e radical (alto). Utilizando três modelos de regressão logística, um para cada nível de inovação, compararam a aceitabilidade do consumidor entre estes três níveis. Como conclusão, os autores observaram um forte efeito negativo da aversão aos novos produtos alimentares (neofobia alimentar) na aceitabilidade de novos alimentos, ou seja, a relutância em comer ou evitar alimentos novos ou desconhecidos. Duas variáveis tiveram efeito positivo na aceitabilidade de *upcycled foods*: de utilidade percebida pelo consumidor (grau em que uma pessoa acredita que consumir um produto de uma determinada inovação alimentar tem um impacto positivo no problema do desperdício alimentar) e da atitude do consumidor (ação racionalizada e comportamento planejado). Assim, foi observada maior probabilidade de consumir esses produtos para as pessoas com uma atitude positiva em relação aos produtos alimentares da economia circular e aquelas que percebem que estes produtos são benéficos na resolução de problemas de desperdício alimentar e na sustentabilidade. Os autores observaram também que a presença de uma emoção de repulsa mostra uma relação significativamente negativa na aceitabilidade destes produtos quando a inovação é incremental e disruptiva. As pessoas que experimentam uma emoção de medo ao imaginarem-se consumindo produtos alimentares feitos a partir de uma inovação radical teriam menos probabilidades de consumir esses produtos. Outro achado importante é que o coeficiente de regressão da variável “medo” supera a variável “neofobia alimentar” no modelo de inovação radical, portanto, o medo de tais inovações alimentares teria um impacto mais negativo na aceitabilidade do que a neofobia alimentar.

Em estudo posterior, os mesmos autores realizaram um estudo com o objetivo de aplicar um modelo de aceitação de tecnologia (TAM) para ajudar a compreender os fatores que influenciam a aceitabilidade da tecnologia por trás de *upcycled food* pelo consumidor (HELLALI; KORAI, 2023). O TAM já é um modelo com mais de 30 anos de conceitualização (SILVA, 2015) e foi adaptado em diversos estudos para outros setores, como educação (AL-ADWAN et al., 2023; ALSHURIDEH et al., 2023), compras (THOMAS-FRANCOIS; SOMOGYI, 2023; WANG et al., 2023), sistemas em saúde (ALSYOUF et al., 2023), entre outros. O TAM fornece uma estrutura para criar modelos de aceitabilidade. Este modelo agrupa as respostas em **cognitivas** (utilidade percebida, facilidade de uso percebida), **afetivas** (atitude em relação ao uso) e

**comportamentais** (intenção comportamental) que influenciam a aceitabilidade de uma certa tecnologia pelo consumidor (HELLALI; KORAI, 2023).

Os autores concluíram que existem relações positivas entre a resposta afetiva e comportamental (atitude e intenção) e entre a resposta cognitiva e afetiva (utilidade percebida e atitude). Sendo a “atitude” a característica mais preditora da intenção de consumir produtos alimentares *upcycled*. Por outro lado, as características de neofobia alimentar e aversão ao risco apresentaram relações negativas com a “utilidade percebida”. O estudo também mostrou que são necessários mais esforços por parte da indústria para ajudar os consumidores a ultrapassar barreiras psicológicas, como a neofobia alimentar e o apelo sensorial de emoções negativas. Os autores destacaram também que é necessário melhorar a comunicação dos produtos *upcycled* para enfatizar a utilidade destes produtos no combate ao desperdício alimentar.

A idade dos consumidores também é um fator que influencia na aceitação e na compra de *upcycled food*. Um estudo realizado na Suécia por Moshtaghian et al., 2023, identificou as características nutricionais, ambientais e de segurança alimentar preferidas pelos consumidores para *upcycled food* em diferentes faixas etárias. Os entrevistados foram categorizados em três faixas etárias: adultos jovens (18 a 39 anos), adultos de meia-idade (40 a 64 anos) e adultos mais velhos (65 anos ou mais). A maior parte dos participantes estava inclinada a consumir *upcycled food* e, em todas as faixas etárias, as principais características nutricionais, ambientais e de segurança alimentar preferidas eram semelhantes. As características preferidas foram, na ordem da mais preferida para a menos preferida: a nutritiva, a contribuição para a redução do desperdício de alimentos e a ausência de contaminação e veneno. As características ambientais e de segurança alimentar desse tipo de alimento eram mais importantes do que o seu teor de energia, gordura, fibra e proteína.

À medida que a idade dos consumidores aumenta, aumenta também a importância da maior parte das características nutricionais (rico em vitaminas e minerais, baixo teor de gordura e baixo teor energético, e mínimo processamento) e de segurança alimentar (ausência de aditivos, produtos químicos e hormônios e ingredientes geneticamente modificados). De maneira oposta, houve diminuição da importância da contribuição para a redução do desperdício alimentar, assim como para as principais características ambientais destes tipos de alimentos. Este é um achado que corrobora com a importância de salientar a educação de todas as faixas



etárias sobre *upcycled food* e as suas características nutricionais, ambientais e de segurança alimentar, já que a informação pode influenciar positivamente na aceitabilidade de novos produtos alimentícios. Isto poderá aumentar a procura de alimentos saudáveis, ecológicos e seguros (MOSHTAGHIAN; BOLTON; ROUSTA, 2023a; SHARMA; DEUTSCH, 2023).

Reforçando o quão importante a educação e a comunicação a respeito de *upcycled foods* é para conscientizar e incentivar o consumidor a escolher essa categoria de produtos, TAUFIK et al., 2023, observaram que a comunicação concreta a respeito desses alimentos pode levar a sentimentos de auto-recompensa mais fortes associada à sua compra, em relação à comunicação abstrata de benefícios ambientais ou de saúde. Dessa maneira, é possível aumentar a intenção de compra dos consumidores para escolherem *upcycled food*. De maneira similar, YILMAZ; KAHVECI, 2022, estudaram a intenção de compra dos consumidores em relação a *upcycled foods* na Turquia e notaram que as pessoas que não estavam familiarizadas com o *upcycling* foram persuadidas a comprar esse tipo de produto quando o conceito foi explicado para elas. A maior intenção de compra encontrada foi entre consumidores mais jovens, do sexo feminino, que frequentemente já realizavam reciclagem em casa. Além disso, tinham uma expectativa em relação aos alimentos *upcycled* de alta qualidade e sabor e também de que estes produtos ajudariam a resolver o problema do desperdício alimentar. A conscientização do consumidor pode funcionar não só na melhor inserção dos produtos *upcycled* no mercado, mas caminhar junto à diminuição do desperdício alimentar, principalmente àquela relacionada ao comportamento humano (SECONDI; PRINCIPATO; LAURETI, 2015).

Durante a busca bibliográfica, foi possível perceber que, em quantidade de artigos científicos disponíveis em inglês, há um maior foco dos estudos com consumidor dos alimentos *upcycled* nos países Ocidentais. Porém, como esse processo é uma tendência global alinhada aos objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas ("THE 17 GOALS | Sustainable Development"), é interessante acessar também o mercado Oriental. Um estudo preliminar foi realizado comparando os EUA com a China por Grasso et al., 2023, e alguns aspectos de preferência do consumidor por escolher *upcycled food* foram abordados, como: vontade de experimentar, vontade de comprar, gosto, familiaridade, atratividade, probabilidade de compra e conhecimento prévio sobre *upcycled food*. Foi possível compreender que, na China, diversos participantes já haviam ouvido falar dessa

categoria e que as combinações mais populares eram frutas *upcycled* em lanches, alimentos para o café da manhã e bebidas. Os subprodutos preferidos em ambos os países são de origem vegetal, mas os laticínios são a terceira escolha preferida na China.

Estas informações são benéficas para o setor alimentício e agrícola nas esferas de comercialização, regulação e de promoção de políticas ou campanhas educativas para os consumidores no geral (GRASSO et al., 2023). É possível perceber que a população chinesa está aberta a este tipo de produto alimentício e que, assim como nos EUA, é necessário reforçar as campanhas de conhecimento sobre *upcycled food*. Este tipo de estudo é importante e deve ser replicado em mais países asiáticos para guiar a inserção dos novos produtos alimentícios de *upcycling* nos mercados.

### **c. Percepções sensoriais dos consumidores**

Alguns estudos de percepção sensorial e importância das propriedades organolépticas dos alimentos *upcycled* podem servir para guiar a pesquisa e desenvolvimento de novos alimentos deste tipo. Dependendo da matriz alimentar da qual se originou o alimento a ser *upcycled*, são necessários realizar ajustes para ir ao encontro das expectativas dos consumidores destes produtos. Por exemplo, Hippolite et al., 2023, utilizaram aquafaba (água advinda do processamento de alimentos vegetais) de ervilha branqueada a vapor ou soro de tofu para melhorar a textura, a reologia, enriquecer com substâncias bioativas e prebióticos uma formulação de purê de batata impresso em 3D. O purê de batata formulado com soro de tofu recebeu pontuações favoráveis para todos os atributos sensoriais (aparência, aroma, sabor e textura). Contudo, a formulação contendo a aquafaba de ervilha foi negativamente avaliada em relação à sua cor, que estava “acinzentada” na percepção dos indivíduos. É possível visualizar as amostras na **Figura 8**. Os consumidores mostraram um pouco de aversão para experimentar os ingredientes de aquafaba antes de serem incorporados nas formulações. Isto pode ter decorrido de uma falta de conhecimento sobre ingredientes originados do processo de *upcycling* (HIPPOLITE et al., 2023).

**Figura 8.** Fotografias das amostras de purê de batata impressas em 3D utilizadas para comparar as percepções sensoriais dos consumidores em três formulações contendo ingredientes *upcycleds*. (A) Controle, (B) Formulação contendo aquafaba de ervilha branqueada a vapor, (C) Formulação contendo soro de tofu.



Fonte: HIPPOLITE et al. (2023)

No trabalho de Hippolite et al., 2023, a cor do produto foi um aspecto fortemente influenciador na avaliação geral das formulações. Já no trabalho de Grygorczyk e Blake, 2023, a textura foi o aspecto de maior impacto. As autoras utilizaram pó de bagaço de maçã que veio do processamento de suco de maçã e de cidra em produtos à base de iogurte. O pó de maçã é rico em nutrientes e auxilia na reologia de iogurtes e bebidas com iogurte, porém gera uma sensação arenosa na boca (GRYGORCZYK; BLAKE, 2023). Contudo, através da simples redução do tamanho das partículas do pó, foi possível corrigir esse aspecto. Com estes trabalhos, observa-se que, quando o produto contém ingredientes de *upcycled foods*, para ser aceito pelos consumidores, é necessário haver similaridade sensorial com os produtos já encontrados no mercado, os quais o consumidor já está acostumado. Embora esta seja uma exigência e, enfim, um desafio para o desenvolvimento destes produtos, foi percebido também que existe uma tolerância do consumidor a produtos com aspectos levemente incomuns quando acompanhados do conceito de *upcycled* e à educação a respeito desse tema.

#### **d. Precificação**

Como o conceito de *upcycled foods* baseia-se em produtos alimentícios que teriam como destino o descarte, na mentalidade do consumidor, esses alimentos podem sofrer uma diminuição de categoria, portanto, podem ser considerados “inferiores” como àqueles, por exemplo, que possuem imperfeições, estão em liquidação ou que foram reciclados. Esta associação com *upcycling* pode acometer

numa redução da vontade das pessoas de experimentar ou consumir esses alimentos, porque elas podem associar imperfeição ao comprometimento do sabor do alimento ou, ainda, do seu valor nutricional (YE, 2023).

Esta percepção de baixa qualidade tem impacto também no preço ao qual o consumidor está disposto a pagar por alimentos *upcycled*. Após dividir os consumidores em dois grandes grupos, os “inclinados” e os “hesitantes”, Moshtaghian et al., 2023, perceberam que o preço foi um fator motivador das escolhas de compra para *upcycled foods*. A importância do preço para o grupo “inclinado” foi menor do que para o grupo “hesitante”. Os consumidores “inclinados” mostraram-se mais dispostos a pagar um preço superior por alimentos *upcycled* porque consideram a sua produção uma estratégia de compensação para diminuir o desperdício de alimentos. Em contrapartida, alguns consumidores não estariam interessados em gastar mais ao considerarem os alimentos *upcycled* como produtos abaixo do ideal devido aos seus ingredientes. Geralmente, existe uma relação de qualidade-preço, na qual um preço mais elevado está associado a produtos de alta qualidade e vice-versa (MOSHTAGHIAN; BOLTON; ROUSTA, 2023b).

Como proposta para contornar a hesitação do consumidor em comprar *upcycled foods*, Bhatt; Deutsch; Suri, 2021, sugerem que estes produtos sejam vendidos a preços inferiores a outros produtos alimentícios convencionais para que se tornem comparáveis aos alimentos convencionais. Estes autores verificaram que, em média, a sensibilidade ao preço para alimentos *upcycled* é 17,6% maior do que para outros alimentos. Ademais, os preços precisam ser posicionados estrategicamente a fim de diminuir a sua variação entre as marcas que comercializam estes produtos, as quais alteram o preço dependendo da estratégia de venda. Dentre os cinco produtos analisados no estudo, os autores observaram que o preço mais alto foi 100% maior que o preço mais baixo da variação.

No caso de um produto alimentar *upcycled*, seja pretendido o posicionamento para um produto premium ou o de um produto com boa relação qualidade-preço, os comerciantes devem definir um desconto relativo para esta categoria. Os autores argumentam também sobre o impacto da diminuição da margem de lucro para os comerciantes. Para os autores, dada a natureza dos ingredientes utilizados nos alimentos *upcycled*, estes ingredientes podem potencialmente serem adquiridos a preços inferiores aos dos ingredientes convencionais, permitindo uma rentabilização

desses ingredientes a preços atrativos. Assim, a economia deverá apresentar uma oportunidade vantajosa para todas as partes envolvidas.

## 7. Conclusão

O desperdício de alimentos está intimamente relacionado com as particularidades de cada região do mundo. Países desenvolvidos tendem a ter desperdícios originados do padrão de consumo. As pessoas com maior poder de compra desses países adquirem mais alimentos do que necessitam, gerando mais sobras e, conseqüentemente, resultam em desperdício. Já nos países em desenvolvimento, o desperdício vem de um complexo de problemas na estrutura da cadeia de produção de alimentos, como a carência de lugares apropriados para estocagem de perecíveis. O food *upcycling* pode agir em diferentes etapas desta cadeia.

Nos últimos anos, diversas pesquisas vêm sendo realizadas e utilizam excedentes ou subprodutos do cultivo de espécies vegetais, dos produtos de origem animal, do processamento industrial de alimentos ou de estabelecimentos comerciais destinados ao preparo e comércio de refeições. Além disso, o *upcycling* tem a função social de combater a insegurança alimentar de famílias de baixa renda.

Dentre as principais dificuldades para a prática do *upcycling* pelas indústrias, estão: o fato da definição de *upcycling* não estar bem estabelecida; a percepção dos consumidores do *upcycling* ser apenas uma moda e também a tecnofobia. Isso se reflete na aceitação do consumidor, a qual depende do nível de conhecimento das pessoas do conceito dessa categoria de produtos. Este problema pode ser combatido com a promoção do conceito de alimentos *upcycled*. É importante destacar que esses alimentos precisam possuir propriedades organolépticas similares aos produtos alimentícios convencionais, para que o consumidor reconheça que não há prejuízo sensorial ou, ainda, nutricional. Deve-se realizar uma estratégia de educação dos consumidores por parte dos pesquisadores, das indústrias e dos comerciantes acerca do tema, bem como haver um incentivo à compra por meio da redução dos preços.

## 8. Referências

AL-ADWAN, A. S. et al. "Extending the Technology Acceptance Model (TAM) to Predict University Students' Intentions to Use Metaverse-Based Learning Platforms". **Education and Information Technologies**, 28 abr. 2023.

ALI, N. S.; KHAIRUDDIN, N. F.; ZAINAL ABIDIN, S. Upcycling: re-use and recreate functional interior space using waste materials. **DS 76: Proceedings of E&PDE 2013, the 15th International Conference on Engineering and Product Design Education, Dublin, Ireland, 05-06.09.2013**, p. 798–803, 2013.

ALSHURIDEH, M. et al. The effect of teaching methods on university students' intention to use online learning: Technology Acceptance Model (TAM) validation and testing. **International Journal of Data and Network Science**, v. 7, n. 1, p. 235–250, 2023.

ALSYOUF, A. et al. The Use of a Technology Acceptance Model (TAM) to Predict Patients' Usage of a Personal Health Record System: The Role of Security, Privacy, and Usability. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 2, p. 1347, jan. 2023.

ASCHEMANN-WITZEL, J. et al. Defining upcycled food: The dual role of upcycling in reducing food loss and waste. **Trends in Food Science & Technology**, v. 132, p. 132–137, 1 fev. 2023.

BARTEK, L. et al. Environmental benefits of circular food systems: The case of upcycled protein recovered using genome edited potato. **Journal of Cleaner Production**, v. 380, p. 134887, 20 dez. 2022.

BHATT, S.; DEUTSCH, J.; SURİ, R. Differentiating Price Sensitivity from Willingness to Pay: Role of Pricing in Consumer Acceptance of Upcycled Foods. **Journal of Food Products Marketing**, v. 27, n. 7, p. 331–339, 2 set. 2021.

CARLSEN, L. Food Waste: The Good, the Bad, and (Maybe) the Ugly. **Standards**, v. 3, n. 1, p. 43–56, mar. 2023.

CODERONI, S.; PERITO, M. A. Approaches for reducing wastes in the agricultural sector. An analysis of Millennials' willingness to buy food with upcycled ingredients. **Waste Management**, v. 126, p. 283–290, 1 maio 2021.

DE AZEVEDO, E. S.; NOREÑA, C. P. Z. Upcycling of non-pomace residue of grape juice in the functionalization of polyelectrolyte complexes for biodegradable freshness indicators development. **Food Hydrocolloids**, v. 143, p. 108869, 1 out. 2023.

DE CÁSSIA SPACKI, K. et al. Full Exploitation of Peach Palm (*Bactris gasipaes* Kunth): State of the Art and Perspectives. **Plants**, v. 11, n. 22, p. 3175, jan. 2022.

DOU, Z. et al. **Reducing food's resource and climate footprints via food waste upcycling**. [s.l.] In Review, 10 mar. 2022. Disponível em: <<https://www.researchsquare.com/article/rs-1404610/v1>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

DOU, Z.; TOTH, J. D. Global primary data on consumer food waste: Rate and characteristics – A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 168, p. 105332, 1 maio 2021.

FAO. **SOFA 2019 - The State of Food and Agriculture in the World**. Disponível em: <<https://www.fao.org/state-of-food-agriculture/2019/en/>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

FAO. **Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and**

**Vegetables, 2021.** [s.l.] FAO, 2020.

FAO. **World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2021.** [s.l.] FAO, 2021.

**Food Waste by Country 2023.** Disponível em: <<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/food-waste-by-country>>. Acesso em: 7 out. 2023.

FUSO, A. et al. Potential Valorization of Hazelnut Shells through Extraction, Purification and Structural Characterization of Prebiotic Compounds: A Critical Review. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1197, jun. 2021.

GRASSO, S. et al. Consumer attitudes to upcycled foods in US and China. **Journal of Cleaner Production**, v. 388, p. 135919, 15 fev. 2023.

GRYGORCZYK, A.; BLAKE, A. Particle perception: Defining sensory thresholds for grittiness of upcycled apple pomace powders. **Food Quality and Preference**, v. 111, p. 104985, 1 out. 2023.

HEBROK, M.; BOKS, C. Household food waste: Drivers and potential intervention points for design – An extensive review. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 380–392, 10 maio 2017.

HELLALI, W.; KORAI, B. The impact of innovation level and emotional response on upcycled food acceptance. **Food Quality and Preference**, v. 107, p. 104849, 1 abr. 2023.

HELLALI, W.; KORAI, B. Understanding consumer's acceptability of the technology behind upcycled foods: An application of the technology acceptance model. **Food Quality and Preference**, v. 110, p. 104943, 1 ago. 2023.

HIPPOLITE, L. R. et al. Sensory quality of upcycled legume water: Expectation vs. reality. **Frontiers in Food Science and Technology**, v. 3, 2023.

HOOI CHUAN WONG, G. et al. 3D food printing– sustainability through food waste upcycling. **Materials Today: Proceedings**, The International Conference on Additive Manufacturing for a Better World (AMBW 2022). v. 70, p. 627–630, 1 jan. 2022.

LI, X.; WANG, S. C. Upcycling flavanol-rich Chardonnay and Pinot noir grape thinned clusters as potentially functional food ingredients in cocoa-based products. **Food Science & Nutrition**, v. 11, n. 6, p. 3497–3505, 2023.

LI, Y. et al. Current status of food waste generation and management in China. **Bioresource Technology**, v. 273, p. 654–665, 1 fev. 2019.

LIU, L. et al. A review of waste prevention through 3R under the concept of circular economy in China. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, n. 4, p. 1314–1323, 1 out. 2017.

MARTENDAL, L. F. et al. Formulation of nutritious gluten-free cookies with upcycled pecan nut cake flour. **JSFA reports**, v. 3, n. 3, p. 129–136, 2023.

MERINO, D. et al. Upcycling Orange Peel Agricultural Waste for the Preparation of Green Hydrogels as Active Soil Conditioners. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 11, n.

29, p. 10917–10928, 24 jul. 2023.

MO, Y. et al. Comparative pyrolysis upcycling of polystyrene waste: thermodynamics, kinetics, and product evolution profile. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 111, n. 1, p. 781–788, 1 jan. 2013.

MOSHTAGHIAN, H.; BOLTON, K.; ROUSTA, K. Challenges for Upcycled Foods: Definition, Inclusion in the Food Waste Management Hierarchy and Public Acceptability. **Foods**, v. 10, n. 11, p. 2874, nov. 2021.

MOSHTAGHIAN, H.; BOLTON, K.; ROUSTA, K. Public preferences for nutritional, environmental and food safety characteristics of upcycled foods in Sweden. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 58, n. 10, p. 5616–5625, 2023a.

MOSHTAGHIAN, H.; BOLTON, K.; ROUSTA, K. Upcycled food choice motives and their association with hesitancy towards consumption of this type of food: a Swedish study. **British Food Journal**, v. ahead-of-print, n. ahead-of-print, 1 jan. 2023b.

NANI, M.; KRISHNASWAMY, K. A natural whitening alternative from upcycled food waste (acid whey) and underutilized grains (millet). **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 6482, 20 abr. 2023.

NOGUEIRA, A.; ALVES, F.; VAZ-FERNANDES, P. The Contribution of Up-Cycled Food Waste to a Balanced Diet of Low-Income Households. **Sustainability**, v. 13, n. 9, p. 4779, jan. 2021.

NYHAN, L. et al. Brewers' Spent Grain: An Unprecedented Opportunity to Develop Sustainable Plant-Based Nutrition Ingredients Addressing Global Malnutrition Challenges. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 28, p. 10543–10564, 19 jul. 2023.

OLANDER, M. Process Engineering for Upcycling of Shell By-product: A Study in the Valorisation of Mussel Shells in the European Union. 2023.

OPUALA, S.; IKPUTU, G. Environmental factors and performance of agro- based cold chain enterprises in Nigeria: a conceptual review. [s.d.].

PANTELIC, L. et al. Upcycling of food waste streams to valuable biopigments pyocyanin and 1-hydroxyphenazine. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 171, p. 110322, 1 dez. 2023.

PAZ-SAMANIEGO, R. et al. Maize Processing Waste Water Upcycling in Mexico: Recovery of Arabinoxylans for Probiotic Encapsulation. **Sustainability**, v. 8, n. 11, p. 1104, nov. 2016.

PERITO, M. A. et al. Consumer acceptance of food obtained from olive by-products: A survey of Italian consumers. **British Food Journal**, v. 122, n. 1, p. 212–226, 1 jan. 2019.

SECONDI, L.; PRINCIPATO, L.; LAURETI, T. Household food waste behaviour in EU-27 countries: A multilevel analysis. **Food Policy**, v. 56, p. 25–40, 1 out. 2015.

SHARMA, C.; DEUTSCH, J. M. Upcycling in the context of biotechnology-based solutions for food quality, loss, and consumer perception. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 81, p. 102920, 1 jun. 2023.

SILVA, P. Davis' Technology Acceptance Model (TAM) (1989). Em: **Information Seeking**



**Behavior and Technology Adoption: Theories and Trends.** [s.l.] IGI Global, 2015. p. 205–219.

SPRATT, O.; SURI, R.; DEUTSCH, J. Defining Upcycled Food Products. **Journal of Culinary Science & Technology**, v. 19, n. 6, p. 485–496, 2 nov. 2021.

SUNG, K. A Review on Upcycling: Current Body of Literature, Knowledge Gaps and a Way Forward. p. 13, 2015.

TAUFIK, D. et al. Effects of abstract and concrete communication on moral signalling and purchase intention of upcycled food products. **Cleaner and Responsible Consumption**, v. 8, p. 100110, 1 mar. 2023.

TCHONKOUANG, R. D.; ONYEAKA, H.; MIRI, T. From Waste to Plate: Exploring the Impact of Food Waste Valorisation on Achieving Zero Hunger. **Sustainability**, v. 15, n. 13, p. 10571, jan. 2023.

**THE 17 GOALS | Sustainable Development.** Disponível em: <<https://sdgs.un.org/goals>>. Acesso em: 6 out. 2023.

THI, N. B. D.; KUMAR, G.; LIN, C.-Y. An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. **Journal of Environmental Management**, v. 157, p. 220–229, 1 jul. 2015.

THOMAS-FRANCOIS, K.; SOMOGYI, S. Self-Checkout behaviours at supermarkets: does the technological acceptance model (TAM) predict smart grocery shopping adoption? **The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research**, v. 33, n. 1, p. 44–66, 1 jan. 2023.

VAN DER WERF, P.; GILLILAND, J. A. A systematic review of food losses and food waste generation in developed countries. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Waste and Resource Management**, v. 170, n. 2, p. 66–77, maio 2017.

VANDER VENNEN, R.; PARIZEAU, K. Beyond Charity? Insights on the Upcycle Kitchen: A Food Rescue Work Integration Social Enterprise in Guelph, On. **Journal of Social Entrepreneurship**, v. 0, n. 0, p. 1–17, 2023.

VEFAGO, L. H. M.; AVELLANEDA, J. Recycling concepts and the index of recyclability for building materials. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 72, p. 127–135, 1 mar. 2013.

VILAS-FRANQUESA, A. et al. Upcycling mango peels into a functional ingredient by combining fermentation and enzymatic-assisted extraction. **Food Chemistry**, v. 434, p. 137515, 15 fev. 2024.

WANG, C. et al. An empirical evaluation of technology acceptance model for Artificial Intelligence in E-commerce. **Heliyon**, v. 9, n. 8, p. e18349, ago. 2023.

WATANABE, E. A. D. M.; FREITAS, M. G. M. T. D.; DEMO, G. Food Waste in Restaurants: Evidence from Brazil and the United States. **Journal of International Food & Agribusiness Marketing**, v. 35, n. 3, p. 283–304, 27 maio 2023.

WERDERITS SILVA, D. E.; DA SILVA CÉSAR, A.; CONEJERO, M. A. Prevention of food waste and alternative destinations for unused food in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 318, p. 128545, 10 out. 2021.

WHITMARSH, L.; POORTINGA, W.; CAPSTICK, S. Behaviour change to address climate change. **Current Opinion in Psychology**, Psychology of Climate Change (2021). v. 42, p. 76–81, 1 dez. 2021.


**World Bank Group - International Development, Poverty, & Sustainability**. Text/HTML. Disponível em: <<https://www.worldbank.org/en/home>>. Acesso em: 7 out. 2023.

YAN, F. et al. Advances in xylooligosaccharides from grain byproducts: Extraction and prebiotic effects. **Grain & Oil Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 98–106, 1 jun. 2022.

YE, H. Emerging Trends in Sustainable Marketing: A Review of Upcycled Food Research and Opportunities for Growth. **Journal of Sustainable Marketing**, p. 1–17, 21 jun. 2023.

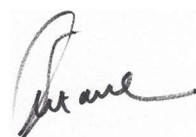
YI, S. et al. Upcycling strategies for waste electronic and electrical equipment based on material flow analysis. **Environmental Engineering Research**, v. 24, n. 1, p. 74–81, 2019.

YILMAZ, E.; KAHVECI, D. Consumers' purchase intention for upcycled foods: Insights from Turkey. **Future Foods**, v. 6, p. 100172, 1 dez. 2022.

  
19/10/2023

---

Data e assinatura do aluno

  
17/10/2023

---

Data e assinatura da orientadora