

## ARTICLE INFO

Received	03 July 2024
Revised	10 December 2024
Accepted	11 December 2024
Published	30 December 2024

## DESIGN E GASTROFISICA

Innovazione e sostenibilità  
dei sistemi alimentari multisensoriali

## DESIGN AND GASTROPHYSICS

Innovation and sustainability  
of multisensory food systems

Carla Langella, Dario Russo, Francesca Scalisi

## ABSTRACT

Negli ultimi anni il Design ha assunto un ruolo sempre più rilevante nel settore dei sistemi alimentari, intervenendo attraverso la formulazione di strategie e approcci, ma anche con la progettazione di artefatti e soluzioni innovative. Questa integrazione si riflette nelle declinazioni più avanzate della cultura alimentare, come la Cucina Molecolare, la Nutraceutica e lo Sci-Fi Food, che applicano strumenti e principi scientifici del Design nei processi di produzione e consumo del cibo. In tale ottica il contributo esplora la prospettiva scientifica emergente della Gastrofisica, interpretandola non solo come strumento analitico, ma anche progettuale, al fine di promuovere innovazioni sostenibili nel settore del Food Design. Il contributo inoltre riporta lo stato dell'arte sui sistemi alimentari sostenibili, con particolare attenzione a recenti sperimentazioni e progetti che, attraverso le sinergie tra Gastrofisica e Design della Comunicazione, Service Design, Innovazione Tecnologica e Design Medicale, possono aprire nuove prospettive in chiave olistica e sistemica per campi di ricerca capaci di sviluppare sinergie tra i diversi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

In recent years, Design has assumed an increasingly significant role in the field of food systems, contributing through the formulation of strategies and approaches as well as the creation of innovative artefacts and solutions. This integration is evident in the most advanced iterations of food culture, such as Molecular Cuisine, nutraceuticals, and Sci-Fi Food, which apply scientific tools and principles of Design to food production and consumption processes. From this perspective, the paper explores the emerging scientific field of Gastrophysics, interpreting it not only as an analytical tool but also as a design methodology to foster sustainable innovations in Food Design. The contribution also provides an overview of the state of the art of sustainable food systems, with a focus on recent experiments and projects that, through the synergies between Gastrophysics and Communication Design, Service Design, Technological Innovation, and Medical Design, can open up new holistic and systemic perspectives for research fields that can develop synergies between the different Sustainable Development Goals.

## KEYWORDS

sistemi alimentari, gastrofisica, design del cibo, obiettivi di sviluppo sostenibile, transdisciplinarietà

food systems, gastrophysics, food design, sustainable development goals, transdisciplinarity

**Carla Langella** is an Associate Professor of Industrial Design at the 'Federico II' University of Naples (Italy). She founded and has been coordinating the Hybrid Design Lab since 2006, a laboratory dedicated to the reciprocal relations between design and biosciences, with particular interest in biomimetics, design-driven materials, design for health, and design of cultural experiences mediated by digital technologies. E-mail: carla.langella@unina.it

**Dario Russo**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Industrial Design at the Department of Architecture, University of Palermo (Italy). He has published several design and visual communication essays, including 'Free Graphics' and 'Il Design dei Nostri Tempi'. E-mail: dario.russo18@unipa.it

**Francesca Scalisi**, Architect and PhD, is a Researcher in Industrial Design at the Department 'Culture e Società', University of Palermo (Italy). She conducts research on environmental sustainability, with particular attention to the life cycle of materials, ecological communication, and strategies, pathways, measures, and actions for climate change mitigation. E-mail: francesca.scalisi@unipa.it



L'interesse internazionale verso il settore alimentare come area strategica per il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) dell'Agenda 2030 (UN, 2015) si concretizza con l'aumento negli ultimi dieci anni delle attività di ricerca, delle sperimentazioni, delle pubblicazioni scientifiche e degli eventi dedicati. Tra questi ultimi significativi sono certamente l'Expo 2015 a Milano, incentrato sul tema *Feeding the Planet – Energy for Life*, l'apertura nel 2017 di FICO Eataly World a Bologna, l'iniziativa *Edible Futures – The Travelling* promossa dal Dutch Institute of Food & Design, presentata dall'Ambasciata del Regno dei Paesi Bassi in Canada nel 2020, e infine il *Foodture Barcelona*, evento annuale iniziato nel 2019 sul tema *Summit of Innovation in Food Design, Food Tech & Sustainability*. All'interno di questo contesto il Design ha assunto un ruolo crescente, intervenendo attraverso diverse modalità operative che vanno dalla progettazione di utensili destinati al settore alimentare, dall'ideazione di ambienti concepiti per la produzione e il consumo di alimenti sino alla comunicazione di valori intrinseci dei prodotti alimentari e allo sviluppo di alimenti innovativi, ricchi di nutrienti e sani.

Attraverso approcci transdisciplinari il Design può integrarsi con discipline di carattere scientifico come la Gastrofisica, la Gastronomia, le Biotecnologie, le Scienze Alimentari, la Neurologia e la Psicologia per sviluppare modelli alimentari inclusivi basati su un approccio sistemico e che abbiano un impatto positivo sul raggiungimento di tutti i 17 SDG. Tale integrazione può avvenire, prima di tutto, mediante una condivisione di obiettivi: progetti accademici di ricerca e didattica transdisciplinari possono coinvolgere ricercatori di design e scienziati per progettare il panorama alimentare del futuro lavorando su obiettivi condivisi di sostenibilità e salute in un'ottica 'one health' che porteranno a scegliere linguaggi tecnici, materiali, approcci e strumenti comuni avviando sperimentazioni ibride su tematiche di interesse reciproco come l'impiego della stampa 3D del cibo, la creazione di nuovi 'superfood' e la costruzione di filiere circolari, sinergiche e simbiotiche (Angari et alii, 2021).

Agendo come catalizzatore di trasformazioni socioculturali, economiche, ambientali, tecnologiche e politiche il Design opererà per dare risposte alle crescenti esigenze di sicurezza alimentare, sostenibilità, economia circolare, innovazione ed empowerment delle comunità, sviluppando metodologie e pratiche in modo critico e responsabile per migliorare il rapporto tra individui, alimenti e ambiente e promuovendo stili di vita salutari. Cruciali a tal fine sono il trasferimento delle conoscenze scientifiche su modelli alimentari sani, tra cui quello della dieta mediterranea, e l'integrazione dei Patrimoni culturali e produttivi ad essi legati per promuovere stili di vita caratterizzati da convivialità, qualità del cibo, gratificazione multisensoriale, attenzione al dettaglio e benessere, capaci al contempo di ridurre l'impatto ambientale attraverso l'uso efficiente delle risorse vegetali e la biodiversità delle colture, di diminuire le emissioni di carbonio e ottimizzare l'utilizzo delle risorse idriche.

L'integrazione del Design con discipline tecnoscientifiche legate all'alimentazione apre anche a nuove prospettive professionali e competenze che possono guidare la valorizzazione della cultura alimentare sana attraverso ambienti, artefatti comunicativi, utensili, packaging e cibi funzionali, incorporandoli nella vita quotidiana come strumenti di cura e

benessere fisico e psicologico. Negli ultimi anni sono stati attivati diversi master e corsi specialistici<sup>1</sup>, promossi da Istituzioni accademiche in Italia e all'estero, per formare designer esperti nel settore food e in grado di progettare prodotti, servizi, spazi e anche alimenti: Food Product Designer, Food Service Designer, Food Brand Manager e Food Innovation Specialist vengono formati con competenze transdisciplinari per essere in grado di operare in diversi ambiti del settore alimentare al fine di proporre nuove prospettive di modelli innovativi produttivi e progettuali orientati a un'alimentazione sostenibile, sana e inclusiva e fondati su un approccio sistemico. Grazie a tali figure e alla sua potenza persuasiva il Design può facilitare azioni e scelte specifiche rendendole più semplici, piacevoli ed emozionanti e, attraverso la comunicazione di conoscenze scientifiche sul rapporto tra cibo e salute, può favorire la consapevolezza degli utenti, aiutandoli a compiere scelte informate.

Alla luce delle superiori premesse il saggio si propone di incentivare il dibattito scientifico sulla centralità dei sistemi alimentari per il raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030, e lo fa con approcci, metodi e strumenti propri della disciplina del Design implementati con quelli di altre discipline scientifiche e in particolare della Gastrofisica. Il fine è fornire agli operatori del settore e ai futuri Food Designer uno stato dell'arte che mette a sistema le innumerevoli potenzialità offerte dalla transdisciplinarietà e dalle tecnologie innovative e digitali per stimolare a individuare e sperimentare, in chiave sistemica e con consapevolezza, nuove prassi e soluzioni sostenibili per il cibo e l'alimentazione sana del futuro.

In particolare il saggio illustra i principi, i metodi, le categorie, i parametri e le norme della Gastrofisica che valorizzano gli aspetti multisensoriali della nutrizione; riporta le prime sperimentazioni a partire dal Futurismo e fino ai nostri giorni; analizza le sinergie e i compromessi, i punti di forza e le barriere che i sistemi alimentari possono determinare nel raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile; traccia le possibili sinergie tra la Gastrofisica e il Design della Comunicazione, il Service Design, l'Innovazione Tecnologica e il Design Medicale nell'abbattere le barriere citate, individuando possibili azioni e campi di ricerca per la sostenibilità dei sistemi alimentari; infine riporta i fattori abilitanti e gli acceleratori di cambiamento che possono contribuire alla sostenibilità dei sistemi alimentari e mette in evidenza la necessità che i Food Designer amplino le proprie conoscenze per essere in grado di affrontare il 'progetto del cibo' con un approccio olistico, transdisciplinare, orientato al futuro e proattivo.

**Metodologia, limiti e originalità dello studio** | Lo studio è stato condotto con il metodo della Scoping Review (Arksey and O'Malley, 2005), una metodologia di ricerca che consente di creare una 'mappatura' della letteratura scientifica disponibile su un tema, e nel caso specifico sulle potenzialità dei sistemi alimentari per il raggiungimento degli SDG e sulle possibili interazioni tra Gastrofisica e Design della Comunicazione, Service Design, Innovazione Tecnologica e Design Medicale evidenziandone punti di forza, limiti e criticità. Per analizzare lo stato dell'arte è stato utilizzato il database Scopus tramite il quale sono state selezionate le ricerche pubblicate nel periodo tra il 1° gennaio 2009 e il 30 giugno 2024; l'indagine è stata condotta inserendo stringhe con diverse combinazioni ('Gastrophysics', 'Com-

munication Design', 'Service Design', 'Medical Design', 'Technological Innovation', 'SDGs', 'Sustainable Development Goals', 'Food Systems', 'Project', 'Case Study' e 'Good Practice/s') e selezionando i contributi che rispondevano a tutte e tre le seguenti condizioni: 1) presenza nel titolo, nel sottotitolo o nell'abstract di almeno due parole chiave; 2) analisi critica di almeno un caso di studio coerente con più di due SDG; 3) testo in lingua inglese. Altri casi di studio sono stati selezionati nell'arco temporale 2009-2024 nei portali delle principali Organizzazioni internazionali.

Nonostante la Scoping Review abbia prodotto risultati rilevanti in termini di numero di pubblicazioni e di buone pratiche utilizzando le parole chiave 'Food Systems', 'Technological Innovation', 'Sustainable Development Goals' e 'SDGs', la loro combinazione con 'Gastrophysics', 'Communication Design', 'Service Design' e 'Medical Design' non ha prodotto risultati; in tale ottica il contributo ha il potenziale di fornire un avanzamento delle conoscenze per la disciplina del Design.

Tra i limiti dello studio si segnalano l'utilizzo di un numero di parole chiave limitate, la selezione di testi in sola lingua inglese e la perimetrazione dello studio agli ultimi 15 anni. Tuttavia i criteri di indagine sono stati attentamente valutati e si ritengono giustificati – per le finalità del presente studio – in quanto il database Scopus e la lingua inglese costituiscono un riferimento per la comunità scientifica internazionale, le combinazioni tra le diverse parole chiave consentono di individuare già dal titolo, sottotitolo e abstract i contributi di interesse per il presente studio e il periodo di riferimento è sufficientemente ampio.

**Design e Gastrofisica** | Dalla rivoluzione industriale in poi il consumo alimentare umano è radicalmente cambiato: se per molto tempo si è limitato a ciò che era facilmente disponibile, oggi nel mondo occidentale il cibo è abbondantemente disponibile e la maggior parte degli alimenti viene prodotta e distribuita in massa. Tale disponibilità ha determinato un cambiamento fondamentale nelle logiche che guidano il comportamento alimentare, stimolando la ricerca scientifica a comprendere i fattori che influenzano le scelte alimentari delle persone (May-Wilson et alii, 2022). Piacere e gradimento sono fattori determinanti della scelta alimentare dei consumatori (Clark, 1998) e su questo il Design può contribuire molto più di quanto si pensi con lo sviluppo di nuovi prodotti con caratteristiche sensoriali specificatamente progettate, anche allo scopo di favorire stili alimentari più sani e sostenibili.

Il 'sapore' è definito come 'la combinazione complessa di sensazioni olfattive, gustative e trigeminali percepite durante la degustazione; esso può essere influenzato da effetti tattili, termici, dolorosi e/o cinestetici' (ISO, 2008). Durante il consumo di cibi e bevande viene rilasciata nella bocca una vasta gamma di componenti chimici classificati in 'volatili' e 'non volatili', che sono responsabili di diverse sensazioni legate al gusto e all'olfatto: le molecole volatili vengono liberate dalla matrice alimentare al momento del consumo e attivano il sistema olfattivo, mentre i componenti non volatili irritanti sono rilevati dal sistema gustativo e texturale (Gawel et alii, 2018; Zarzo, 2007).

Gli stimoli che determinano sensazioni tattili, irritanti e termiche hanno origine dall'attivazione dei recettori chemosensoriali e somatosensoriali all'interno della cavità orale (Gawel et alii, 2018; Guinard

Type of Physiological Perception	Quality / Sensory Descriptors	Project Intervention Level
Visual perceptions	size, colour, shape, texture	physical process at the macrometric scale
Olfactory perceptions of odours (nose aroma receptors)	lactic, vegetal, floral, fruity, toasted, animal, spicy, other odour aliphatic acyclic cyclic sesqui aromatic phenolic heterocyclic	chemical process at the molecular scale
Olfactory perceptions of aromas (nose aroma receptors)	lactic, vegetal, floral, fruity, toasted, animal, spicy, other	chemical process at the molecular scale
Tactile perceptions of temperature (tongue and palate receptors)	boiling, hot, warm, cold, icy	physical process at the macrometric scale
Tactile perceptions of humidity (tongue and palate receptors)	dry, floury, moist, wet, watery	
Superficial tactile perceptions (tongue and palate receptors)	powdery, rough, smooth, oily, greasy, fatty, adhesive, slippery, wrinkled	physical process at the macrometric scale
Tactile perceptions of viscoelastic physical macrostructure, consistency (teeth and palate mechanoreceptors)	gaseous, liquid, soft, foamy, solid, hard, thin, dense, compact, elastic, crumbly, expanded, rubbery, pudding-like, gelatinous, viscous, syrupy, light, firm, pasty	chemical-physical process at the millimetric scale
Perceptions of internal structure (tongue, teeth and palate receptors)	homogeneous, fibrous, grainy, succulent, layered, empty, filled	physical process at the macrometric scale
Gustatory perceptions (tongue and palate receptors)	sweet, salty, sour, bitter, umami	chemical process at the molecular scale
Trigeminal and chemiaesthetic perceptions (tongue and palate receptors)	spicy, astringent, warming, pungent, refreshing, persistent, fizzy	chemical process at the molecular scale
Auditory perceptions	crunchy, crackling	physical process at the macrometric scale

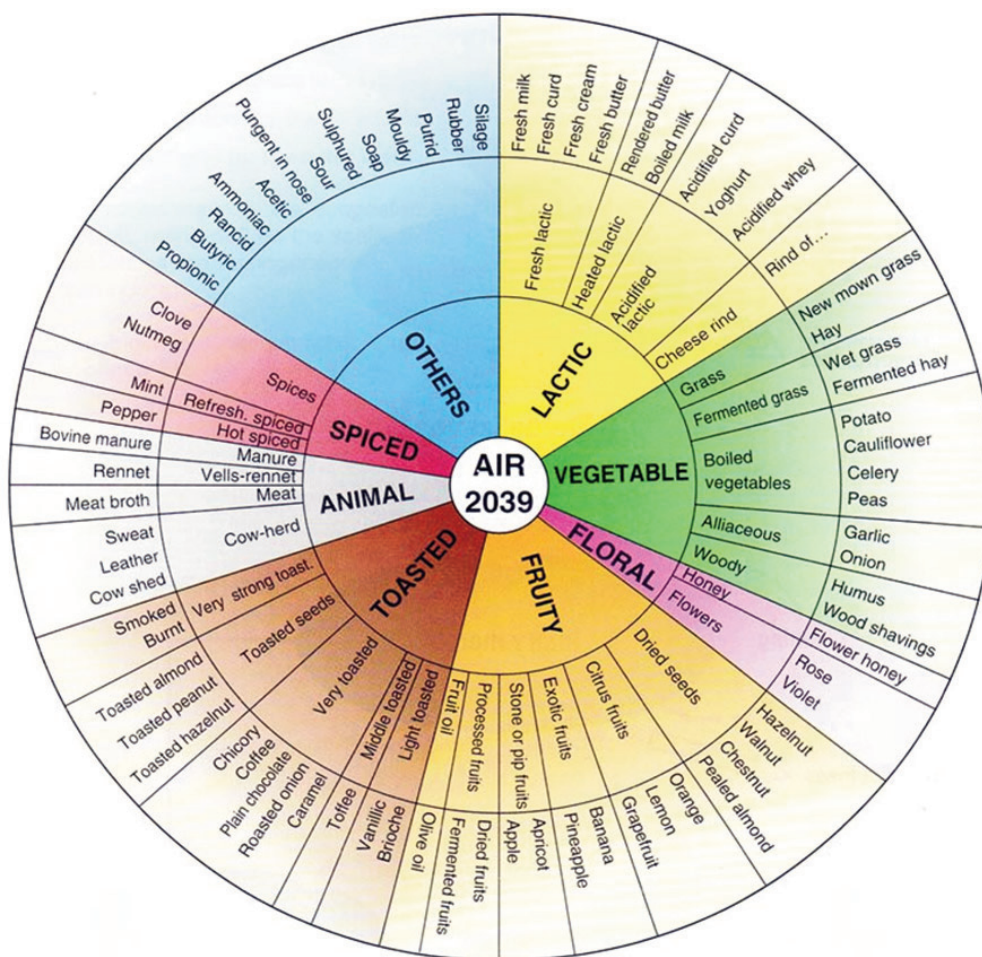
and Mazzucchelli, 1996). A differenza del gusto e dell'aroma, la sensazione in bocca è generalmente associata ai segnali trasmessi dai recettori del trigemino (Hewson et alii, 2009; Reynolds, 2010) ed è considerata un parametro sensoriale cruciale dell'esperienza gustativa (Liu et alii, 2017).

Le forme macroscopiche e le superfici degli alimenti determinano la prima impressione quando il cibo viene portato in bocca, ma solo una serie di processi non visibili determina il piacere complessivo e il sapore dei cibi. Da un punto di vista puramente fisico gli alimenti devono essere trattati come sistemi multiscale (Limbach and Kremer, 2006) e ciò risulta evidente dalle qualità sensoriali del cibo percepite mentre si mangia (Lucas et alii, 2002): mordendo, masticando e deglutendo, gli alimenti vengono sminuzzati e rilasciano gli aromi interagendo con il cavo orale prima di essere deglutiti; in questo breve intervallo di tempo si verifica il processo composito della percezione multisensoriale del gusto (Chen and Engelen, 2012) che coinvolge prevalentemente aspetti inconsci fisiologici e psicologici.

Thomas Vilgis (2013) del Max Planck Institute for Polymer Research ha osservato come il cibo possa essere analizzato e progettato attraverso il filtro della scienza dei materiali: la caratteristica comune della grande varietà di cibi crudi e cotti è che sono costituiti da materiali multicomponenti che possono includere proteine, carboidrati, minerali, grassi e acqua ai quali è riferibile gran parte delle proprietà strutturali e materiche degli alimenti. Data la diversa solubilità di questi componenti nei solventi principali, come acqua e grasso, molte proprietà fisiche, come struttura e consistenza, sono determinate dalle varie tipologie di interazioni tra questi diversi componenti; in particolare il contenuto di acqua e di grassi negli alimenti influenza le proprietà di solubilità dei composti e degli ioni, che hanno un impatto significativo sul rilascio degli aromi e sulla percezione del gusto, poiché si diffondono sulla lingua stimolando le papille gustative e i recettori trigeminali.

La percezione multisensoriale del cibo, che deriva dalle proprietà chimiche, dalla consistenza del cibo e dal modo in cui esso viene trasformato all'interno della bocca, gioca quindi un ruolo rilevante nella nostra alimentazione e la Gastrofisica è la scienza che da oltre 20 anni ne studia le qualità in relazione alle caratteristiche chimico-fisiche degli alimenti e all'influenza dell'ambiente, sia interno che esterno al corpo. La Gastrofisica, che Charles Spence (2017) definisce come 'lo studio scientifico dei fattori che influenzano la percezione multisensoriale durante il consumo di cibi e bevande, unisce principi di gastronomia e psicofisica' e si occupa dello studio scientifico della percezione umana, trattando l'osservatore come un sistema in grado di rispondere sistematicamente a input sensoriali calibrati. I gastrofisici utilizzano metodologie scientifiche precise per valutare obiettivamente le qualità del cibo, mirando a comprendere quali fattori influenzino realmente il comportamento delle persone.

Con la Gastrofisica il Design può accedere all'osservazione degli alimenti a diverse scale attraverso il filtro di diverse discipline: alla scala nanometri-



Tab. 1 | Table of sensory descriptor levels and design intervention (credit: C. Langella, 2024).

Fig. 1 | AIR 2039 – The Wheel of Odour and Aroma Descriptors (credit: F. Bérocier, P. Lavanchy, M. Zannoni, J. Casals, L. Herrero, and C. Adamo).

ca entrano in gioco la chimica del cibo e degli aromi, la chimica quantistica e la biologia molecolare relative alla fisiologia e al funzionamento dei recettori sensoriali e la scienza dei materiali; alla scala micrometrica vengono considerati gli aspetti correlati alla microstruttura del cibo che influenzano fortemente la sua consistenza; alla scala macroscopica sono presenti le tecnologie alimentari, che intervengono sui processi di produzione e lavorazione, e le discipline umanistiche e mediche come l'Antropologia, l'Etnografia, la Psicologia e la Neurologia (Vilgis, 2013). Nella Gastrofisica sono quindi coinvolte molte scale dimensionali e temporali, tutte strettamente interconnesse, poiché nella percezione tutti i livelli e i tempi giocano un ruolo cruciale e possono essere modulati, nella lavorazione degli alimenti, per progettare specifiche proprietà sensoriali.

Le aziende alimentari impiegano panel di esperti addestrati per condurre analisi basate su parametri sensoriali, condivisi e standardizzati secondo norme nazionali e internazionali, i cui risultati vengono impiegati nelle attività di ricerca e sviluppo, nei controlli di qualità richiesti dalle certificazioni di prodotto e dai requisiti di standard volontari e nelle indagini di mercato su target di consumatori specifici o popolazioni generiche di consumatori. Tali analisi, realizzate con rigorosi metodi scientifici, servono principalmente ad assicurare che la percezione del cibo corrisponda alle aspettative e ai gusti del mercato.

Questi strumenti restano tuttavia circoscritti per lo più all'ambito delle tecnologie alimentari, mentre se fossero messi a disposizione dei designer potrebbero risultare utili per sviluppare nuovi concept di cibi più apprezzati dal mercato, ma anche per rendere strategicamente più attraenti i cibi salutari, allineando così gli interessi dei produttori con quelli della salute pubblica, invertendo la tendenza indotta da parte del marketing che negli ultimi decenni ha associato le sensazioni di piacere e desiderio a cibi dannosi (Mouritsen, 2016a, 2016b).

Il superamento delle barriere tra design e tecnoscienze non deve essere interpretato come un processo di omogeneizzazione o una perdita di complessità; al contrario rappresenta un paradigma all'interno del quale i diversi saperi si confrontano, valorizzando e rispettando le reciproche specificità e competenze. Solo attraverso collaborazioni in progetti di ricerca o iniziative imprenditoriali, che coinvolgono tutte le figure sin dall'inizio, attribuendo pari dignità a designer, tecnologi e scienziati, è possibile convergere su linguaggi, tempistiche e metodi condivisi, consapevoli del patrimonio di conoscenze ed esperienze che ogni partner apporta al progetto. Ne scaturisce un approccio che ridefinisce profondamente la cultura progettuale e si arricchisce di una attitudine corale, in cui tutte le voci contribuiscono in modo differente ma sinergico.

Affinché i designer possano impiegare efficacemente tali strumenti è tuttavia essenziale che acquisiscano competenze scientifiche specialistiche, nuove e diverse da quelle che ne hanno caratterizzato la formazione, (Langella, 2019) e tra queste quelle legate alla Gastronomia (che indaga sulle relazioni tra cultura e cibo), alla Chimica e alla Fisica degli Alimenti (che permettono di comprendere come la composizione dei cibi influisce sulla loro percezione), alla Psicologia e alla Neurologia (utili a capire come le persone associano il cibo a ricordi, sensazioni ed emozioni) e ai processi produttivi (per concepire modalità che garantiscano specifiche qualità percettive e permettano di riprodurle a scala industriale).

Nella percezione multisensoriale del cibo entra in gioco anche la Neurogastronomia, disciplina fondata da Gordon Shepherd (2015), il cui campo di indagine riguarda i fattori biologici, emotivi e culturali che influiscono sui meccanismi neuronali indotti dal cibo durante la degustazione, in ragione del fatto che i dati ricevuti attraverso i cinque sensi vengono percepiti dagli organi sensoriali e recepiti nelle parti del cervello deputate. La ricerca sulla relazione tra neurorecettori e formazione dei dati sensoriali è molto attiva: il 'design visivo' dei cibi è molto importante, sia in termini di aspetto dell'alimento sia di iconografia impiegata nella comunicazione mediatica, pertanto con l'utilizzo della realtà virtuale nel campo della Neurogastronomia è possibile simulare diverse modalità di presentazione e raccogliere grandi mole di dati utili al design e al marketing per il food (Tokat and Yilmaz, 2023).

Un ruolo importante a livello neurologico e che condiziona fortemente il design degli alimenti (Agorastos, 2023) è svolto dalla percezione somatosensoriale, le cui vie nervose afferenti sensitive trasmettono gli impulsi della sensibilità tattile, propriocettiva, termica e dolorifica al midollo spinale attraverso le radici dorsali dei nervi spinali. Nell'ambito dell'alimentazione la percezione somatosensoriale si attiva con i recettori tattili della pelle e delle mucose collocati nella cavità orale e nella faringe, che consentono di percepire temperatura, astringenza, untuosità, granulometria o struttura del cibo, e con i recettori muscolari posti nella mascella e alle radici dei denti che intervengono nella masticazione e suzione permettendo di apprezzare le sensazioni cinesetiche basate sulla sensibilità muscolare: toccando o masticando un prodotto si percepiscono delle sensazioni relative alla consistenza, come succulenza e trama, che dipendono dalla reazione della materia alle pressioni esercitate dai muscoli.

Design, Gastrofisica e Neurogastronomia sono ambiti in cui l'approccio transdisciplinare emerge come essenziale: non si tratta semplicemente di combinare o intersecare diverse discipline, ma di andare oltre, generando una sintesi innovativa che supera i confini tradizionali e apre nuove possibilità di esplorazione e comprensione.

Nel Design la transdisciplinarietà si manifesta nell'integrazione di conoscenze e metodologie provenienti da discipline come Architettura, Ingegneria, Psicologia, Semiotica, Scienze Comportamentali e altre. Il designer non solo deve essere specializzato in una particolare area, ad esempio la microtipografia o l'UX/UI design, ma deve anche possedere la capacità di estendersi orizzontalmente, abbracciando competenze diverse, con una versatilità ben rappresentata dalla metafora della lettera T: il segmento verticale simboleggia la specializzazione, mentre il tratto orizzontale rappresenta la capacità di collaborare e integrare saperi diversi. Così il Design agisce come un potente mediatore culturale e tecnologico, facilitando l'interazione tra discipline e promuovendo scambi fruttuosi che portano a innovazioni significative (Zurlo, 2012; Chung, 2020).

La Neurogastronomia e la Gastrofisica, dal canto loro, sono intrinsecamente transdisciplinari: come descritta da Charles Spence (2017), la Gastrofisica combina elementi di Psicologia Sperimentale, Neuroscienza Cognitiva, Scienza Sensoriale, Marketing, Design ed Economia Comportamentale per studiare i fattori che influenzano la nostra percezione multisensoriale del cibo e delle bevande. A

differenza della Cucina Modernista, focalizzata sulla preparazione del cibo, o della scienza sensoriale, che analizza le percezioni in laboratorio, la Gastrofisica esplora come il cervello elabora le informazioni sensoriali e come queste influenzano le nostre esperienze gustative. Questa fusione di Gastronomia e Psicofisica permette di comprendere meglio le esperienze alimentari, integrando diverse prospettive per offrire una visione più completa del gradimento dei cibi e delle loro associazioni (Cocquyt, Lahousse and Langenbick, 2020).

La multisensorialità è quindi un aspetto importante della nutrizione, a cui molte aziende dedicano laboratori interni che si basano su criteri sempre più consolidati. Tuttavia raramente queste strutture includono figure di designer che possano apportare una cultura progettuale allo sviluppo e all'innovazione degli alimenti poiché spesso privilegiano figure tecniche come il tecnologo alimentare, l'esperto di marketing o l'ingegnere, soprattutto quando l'obiettivo è ottimizzare i processi di trasformazione. Questo accade sia perché in passato i percorsi formativi specializzati per designer orientati al settore alimentare erano poco diffusi, sia per la tendenza delle aziende a minimizzare i costi, relegando i designer a ruoli di grafici o progettisti di packaging. La naturale inclinazione del designer al 'pensiero laterale', capace di integrare fattori umani e tecnici con prospettive alternative, consente di affrontare la complessità olistica delle persone e di convertire il paradigma della multisensorialità in soluzioni tecniche non solo efficaci, ma anche innovative e originali (Marti and Recupero, 2021).

Ad esempio molte sensazioni percepite durante il consumo di cibo derivano dalla sua consistenza, una qualità multidimensionale strettamente legata alla componente strutturale dell'alimento. Il nostro apparato sensoriale infatti rileva e connette tali caratteristiche con fattori inconsci ed emozionali legati al vissuto individuale, che spesso influenzano le preferenze alimentari, come accade nel caso dei cosiddetti 'comfort food' (Jones and Long, 2017). La capacità di comprendere queste connessioni complesse e tradurle in forme innovative, come strutture porose, stratificate o alveolari, può aumentare il gradimento degli utenti. Manipolare le proprietà degli ingredienti per ottenere la consistenza desiderata e preservarla fino al consumo rappresenta una sfida che unisce principi chimico-fisici e aspetti percettivo-materici. Quando questa competenza viene utilizzata per orientare le preferenze verso cibi più sani, spesso trascurati rispetto a opzioni meno salutari ma più appetibili, il Design può trasformarsi in uno strumento di valore per la società e le aziende produttrici.

### L'analisi sensoriale degli alimenti: categorie, parametri e norme

L'atto del nutrirsi coinvolge molteplici sfere della percezione sensoriale e della neuropsicologia umana. I caratteri chimico-fisici del cibo inducono risposte fisiologiche legate a come i nutrienti si relazionano con i neurotrasmettitori e come i cibi interagiscono con i recettori sensoriali, ma hanno anche profonde e complesse ricadute sui processi cognitivi ed emotivi; nel momento in cui il cibo viene portato in bocca si attivano processi che determinano l'esperienza complessiva della degustazione. L'analisi sensoriale nel settore alimentare è una metodologia scientifica di valutazione delle qualità organolettiche dei prodotti (regolata da diverse norme UNI e ISO), le cui proprietà sono l'insieme delle caratteristiche chimico-fisiche percepite



**Fig. 2** | The Ultraviolet restaurant by Paul Pairet in Shanghai: the dishes offer continuous and simultaneous stimuli to all five senses and transform into 'psycho-taste' created to make taste a 360° experience (source: tripadvisor.it; guide.michelin.com).

dagli organi di senso (olfatto, vista, gusto, tatto e udito). In questo ambito le norme prescrivono gli approcci da applicare e i protocolli da seguire per analizzare, misurare, interpretare e comprendere le risposte percettive agli stimoli sensoriali correlati alle proprietà dei prodotti alimentari. La scientificità del processo è legata alla necessità di fornire risultati ripetibili nelle stesse condizioni e affidabili, privati delle componenti di soggettività che in condizioni naturali caratterizzano l'atto del cibarsi.

Le analisi valutano diversi descrittori organolettici, definiti in base ai prodotti specifici esaminati. Per i designer del cibo specializzati in determinate tipologie alimentari è importante conoscere le norme e i descrittori di settore, ma è altrettanto utile che abbiano consapevolezza delle qualità e dei descrittori utilizzati anche per altri alimenti: per introdurre innovazione può essere infatti utile considerare qualità che non sono comunemente valutate nella categoria di alimenti su cui si sta intervenendo. Un esempio è rappresentato dalle tavolette di cioccolato aerato, sviluppato con il supporto dei ricercatori dell'Università di Reading (UK) che hanno sperimentato l'effetto di diversi gas (tra cui ossido d'azoto, azoto, anidride carbonica e argon) sulla struttura del cioccolato, sulle dimensioni delle bolle e sulle proprietà sensoriali: l'impiego dell'ossido d'azoto è risultato il più gradito ai membri del panel test (Haedelt, Beckett and Niranjana, 2007) e ha consentito di distinguere il nuovo prodotto in un mercato tendenzialmente omologato ma caratterizzato da una grande richiesta di innovazione, offrendo una qualità originale che ha contribuito al successo del brand.

I concetti di gusto e sapore sono fattori fondamentali per il Design, non solo in termini di percezioni sensoriali, ma anche di definizione ed espressione di attributi o qualità sensoriali. È importante che i designer siano in grado di distinguere le terminologie e comprendere le differenze tra i diversi tipi di percezione del gusto. Conoscere le svariate qualità organolettiche significa considerare ogni possibile opportunità espressiva per progettare esperienze gustative piacevoli e memorabili più che semplici alimenti. Ad esempio, sebbene i gusti siano soggettivi, studi sulla percezione e sul gradimento dei cibi hanno dimostrato che statisticamente molte persone apprezzano una struttura composita che arricchisce il sapore e trovano interessante la sorpresa di effetti come la rottura di capsule o la fuoriuscita di succhi, fattori che aggiungono una componente esperienziale alla degustazione (van Eck and Stieger, 2020). Una delle principali norme UNI di riferimento per le analisi sensoriali dei cibi è la UNI EN ISO 8586:2014 (Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors), norma fondamentale per valutare in modo oggettivo

i prodotti alimentari, che prevede un campione rappresentativo di consumatori a cui è richiesto di valutare il cibo in condizioni simili al consumo usuale. Uno degli obiettivi più frequenti delle analisi sensoriali è la caratterizzazione di un singolo cibo che viene svolta tramite una descrizione tecnica dettagliata in cui vengono coinvolti circa 8-12 panelist esperti, coordinati da un capo panel, che valutano, ad esempio, la corrispondenza di un campione a uno standard varietale. Nell'addestramento i panelist imparano, da un lato a comprendere cosa percepiscono i nostri sensi, dove tale sensazione viene percepita, con quale intensità e persistenza nel tempo, dall'altro a comunicare quanto percepito; la loro affidabilità e capacità discriminativa, acquisite nella fase di addestramento e attraverso l'esperienza sul campo, li rendono strumenti di misura analitica per individuare e quantificare le caratteristiche di un alimento.

Nelle analisi sensoriali dei cibi vengono valutati diversi parametri o attributi organolettici, che possono essere accorpate in categorie generali, la cui conoscenza può essere di grande aiuto per guidare le scelte strategiche nell'industria alimentare nelle diverse fasi di sviluppo e gestione dei prodotti. Analizzando la letteratura scientifica e intersecando le diverse categorizzazioni di attributi organolettici da impiegare nelle analisi sensoriali del cibo proposte da ricercatori che hanno affrontato specificamente queste tematiche (Vilgis, 2013; Guinard and Mazzucchelli, 1996; Clark, 1998; Di Lorenzo et alii, 2009; Heymann and Lawless, 2010; Gawel et alii, 2018; Aktar, Upadhyay and Chen, 2019; Agorastos et alii, 2020) si è scelto di proporre una categorizzazione originale che possa essere impiegata specificamente come strumento progettuale o nella formazione dei designer del cibo (Tab. 1).

Nel concetto di sapore assume una importanza rilevante il senso dell'olfatto: i composti aromatici volatili, responsabili degli aromi e degli odori, hanno una struttura specifica che viene rilevata selettivamente da recettori specializzati nel bulbo olfattivo; mentre gli odori sono percepiti per via ortonasale, cioè direttamente attraverso il naso, gli aromi vengono rilevati per via retronasale attraverso la mediazione della bocca. Anche per aromi e odori esiste una ampia categorizzazione di parametri percettivi (Fig. 1). Oltre alle qualità organolettiche primarie è importante per i designer analizzare anche le qualità composite, il modo cioè in cui le diverse qualità interagiscono: ad esempio l'irritazione e il dolore causati dalla capsaicina e dalla piperina riducono l'intensità del gusto dolce, amaro e umami, mentre sui gusti acido e salato hanno poco o nessun effetto; e ancora, l'intensità della percezione olfattiva può essere attenuata dall'aumento della viscosità di un alimento (Mouritsen, 2021).

Alle terminologie di base si aggiungono quindi termini composti impiegati nell'industria alimentare:

ad esempio il 'flavour' rappresenta una combinazione di sensazioni olfattive e gustative percepite durante la degustazione, influenzata anche da effetti tattili, termici, dolorifici e cinestetici, mentre il termine 'texture' è inteso come la manifestazione sensoriale del cibo dovuta all'insieme delle proprietà reologiche e strutturali (grana, tessitura e fibrosità) di un prodotto alimentare e alle modalità con cui tali strutture reagiscono alle forze applicate, coinvolgendo i sensi del tatto, della vista e dell'udito (Szczeniak, 2002).

### La Gastrofisica è 'tutto il resto': esperienze del Futurismo e della contemporaneità

Secondo Spence (2017) la Gastrofisica è «[...] everything else [and] The pleasures of the table reside in the mind, not in the mouth». Una volta capito questo, risulta chiaro perché la cucina, non importa quanto ben eseguita, arrivi solo fino a un certo punto. Per determinare cosa rende davvero attraente, stimolante e memorabile un piatto – o un bicchiere – bisogna comprendere il ruolo di 'tutto il resto'. Anche un gesto semplice come mordere un'albicocca fresca e matura si rivela, a un'ispezione più attenta, un'esperienza multisensoriale incredibilmente complessa. Il nostro cervello infatti deve mettere assieme il profumo, il sapore, la consistenza, il colore, il suono della polpa succosa schiacciata dai denti, per non parlare della sensazione pelosa della buccia sulla mano e all'interno della bocca. Tutti questi input sensoriali, uniti ai nostri ricordi, contribuiscono molto più di quanto si pensi al gusto vero e proprio. E tutto questo accade nel cervello.

La Gastrofisica trova le sue origini nel Futurismo italiano degli anni Trenta dello scorso secolo, quando i futuristi, guidati da Filippo Tommaso Marinetti, pionieri nell'esplorare nuove dimensioni della percezione sensoriale durante i pasti, con un approccio radicale e innovativo, che includeva esperimenti tattili, olfattivi e sonori hanno posto le basi per la nuova scienza. Un esempio emblematico è il pranzo olfattivo proposto dai futuristi, in cui alcuni piatti venivano passati sotto il naso dei commensali per stimolare la curiosità e fornire un contrappunto sensoriale (Marinetti and Fillia, 1932), anticipando di decenni le moderne tecniche di cucina esperienziale. Marinetti stesso organizzava pranzi tattili in cui i commensali, oltre a gustare il cibo, dovevano «[...] ininterrottamente nutrire i loro polpastrelli sul pigiama del vicino di tavola» (Marinetti and Fillia, 1932, p. 182).

La pratica di integrare elementi tattili e olfattivi nei pasti ha trovato nuova vita con chef modernisti come Jozef Youssef (Kitchen Theory) che nel 2015 ha presentato un piatto chiamato Marinetti's Vegetable Patch, evidentemente ispirato all'Ortotattile dell'ideologo futurista (Marinetti and Fillia, 1932), con il quale i commensali erano invitati a toccare cubi rivestiti di materiali diversi mentre degustavano il cibo: l'esperimento ha dimostrato che le sensazioni

tattili possono alterare la percezione del gusto, confermando le intuizioni dei futuristi. Gli esperimenti dei futuristi includevano anche l'uso di profumi spruzzati direttamente sui commensali, anticipando tecniche moderne utilizzate in ristoranti di alta cucina. In particolare, Marinetti e Fillia (1932, p. 33) scrivono: «Ogni vivanda deve essere preceduta da un profumo che verrà cancellato dalla tavola mediante ventilatori». Un esempio contemporaneo di questa pratica è rappresentato dallo chef Homaru Cantu del ristorante Moto di Chicago, che utilizza spray al peperoncino per coinvolgere i clienti, inserendo così l'eredità futurista nell'uso innovativo degli aromi (Vettel, 2013; Cantu, 2017).

Il concetto di Gesamtkunstwerk, o opera d'arte totale, introdotto da Richard Wagner (1850), ha profondamente influenzato i futuristi, che hanno cercato di applicare questa visione alla gastronomia, creando esperienze che coinvolgessero tutti i sensi, andando oltre il semplice gusto. Questa idea ha trovato una nuova espressione nella Gastrofisica moderna, dove la fusione di scienza, arte e tecnologia dà vita a esperienze gastronomiche immersive e multisensoriali. Un esempio emblematico è il ristorante Ultraviolet di Paul Pairet a Shanghai (Fig. 2), nel quale si integrano suono, luce, aroma, video e stimolazioni tattili per configurare un'esperienza culinaria unica: ogni piatto del menu degustazione è accompagnato da una coreografia multisensoriale studiata per esaltare i sapori e creare un legame emotivo con il cibo in un ambiente immersivo, con solo 10 coperti, che utilizza proiezioni video, effetti sonori, aromi diffusi e cambiamenti di temperatura per stimolare i sensi (Gogois, 2014). «You can't escape from what I'm trying to convey. Everything will lead you to [develop] a strong focus on the dish», afferma Paul Pairet (cit. in Joe, 2014).

Un altro esempio concreto di come la gastrofisica integri 'tutto il resto' è rappresentato dall'azienda canadese Molecule-R e dal suo Aromafork (Fig. 3), un kit già commercializzato che include quattro forchette in metallo accompagnate da dischi di carta assorbente da inserire nelle forchette e da 20

fialette contenenti aromi diversi, pensati per esaltare il sapore del cibo a ogni boccone. La forchetta Aromafork è un esempio di come le posate possono influenzare l'esperienza gustativa, dimostrando che il tatto e persino l'odore giocano un ruolo cruciale nel modo in cui percepiamo il cibo (Classen, Howes and Synnott, 2005).

Altro progetto esemplare è senz'altro Tableware as Sensorial Stimuli (Fig. 4) del designer Jinhyun Jeon: una linea di posate progettate per stimolare i sensi durante il consumo del cibo e migliorare l'esperienza gastronomica complessiva, influenzando aspetti dell'esperienza gastronomica come la temperatura, la texture, il peso e persino il colore. I materiali utilizzati conducono il calore in modo diverso, creando sensazioni di caldo o freddo, mentre le superfici texturizzate stimolano il senso del tatto: l'obiettivo del progetto è integrare un'esperienza sensoriale completa nel processo gastronomico, considerando come i diversi sensi interagiscono tra loro per formare la percezione del cibo. In questo caso il design innovativo della linea di posate si integra con il design sensoriale, evidenziando l'importanza dell'interazione tra vista, tatto, gusto e udito nel migliorare la percezione alimentare (Welch, Youssef and Spence, 2016). Un altro esempio è il concetto di ventriloquismo emozionale, che illustra come le sensazioni tattili e visive delle confezioni alimentari influenzino le nostre percezioni del cibo; in questa prospettiva Naoto Fukasawa ha progettato confezioni (Fig. 5) che riproducono la superficie di frutti come banane, fragole e kiwi (Ricciardiello, 2015), dando vita a confezioni emozionali che non solo migliorano l'esperienza tattile, ma arricchiscono anche la percezione del gusto dimostrando che la Gastrofisica si occupa di molto più che del semplice sapore del cibo: essa include ogni aspetto dell'esperienza gastronomica, dalle posate che usiamo alle confezioni che tocchiamo, mostrando che 'tutto il resto' è cruciale per comprendere e migliorare le nostre esperienze alimentari.

Oltre alla scelta degli alimenti il contesto sociale in cui avviene il consumo del cibo riveste un'impor-

tanza cruciale. Studi recenti infatti hanno evidenziato che le persone che vivono da sole tendono a sprecare una quantità significativamente maggiore di cibo rispetto a quelle che vivono e mangiano in compagnia, fenomeno esacerbato dalle porzioni standardizzate disponibili nei supermercati, spesso non adeguate per chi conduce una vita solitaria (Genova and Allegretti, 2024). La tecnologia e la frenesia della vita moderna hanno complicato il quadro alimentare, aumentando la frequenza dei pasti distratti in cui gli individui mangiano mentre guardano la televisione o utilizzano dispositivi elettronici, riducendo la consapevolezza e il godimento del pasto, sebbene spesso anche coloro che mangiano fisicamente in compagnia sono distratti dai programmi televisivi o dai telefoni cellulari (Elson, 2015).

D'altro canto, mangiare in compagnia può avere effetti positivi significativi sull'umore e sulla percezione del cibo, migliorando l'esperienza gustativa e facilitando la socializzazione e la cooperazione, come dimostrano studi archeologici sui pranzi comuni risalenti a oltre 12.000 anni fa (Jones, 2008). Una soluzione ingegnosa per contrastare queste distrazioni tecnologiche è stata sperimentata nel 2013 in un bar brasiliano, il Salve Jorge di San Paolo, con l'Offline Glass (Fig. 6), un boccale da birra con la base modificata che si regge in piedi solo appoggiandosi al telefonino del cliente. Questo dispositivo mira a promuovere un atteggiamento più socievole durante l'aperitivo, disconnettendo forzatamente i clienti dai loro dispositivi tecnologici. Una soluzione, questa, forse staticamente un po' traballante, ma socialmente ben più sostenibile dell'uso alienante del telefonino (Spence, 2017).

**Sistemi alimentari e Obiettivi di Sviluppo Sostenibile: sinergie e compromessi** | I sistemi alimentari rappresentano un pilastro essenziale e al contempo una delle sfide prioritarie per il raggiungimento degli SDG dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite (UN, 2015), poiché non solo sono fondamentali per garantire la sicurezza alimentare, ma svolgono un ruolo cruciale nel raggiungimento di tutti gli SDG (Ni-



Fig. 3 | The Aroma R-Evolution Kit, designed by Molecule-R (source: touchofmodern.com).



Fig. 4 | Tableware as Sensorial Stimuli, designed by Jinhyun Jeon (source: designstreet.it).

les et alii, 2018; Fassio, Cionchi and Tondella, 2020; Anderson et alii, 2022; FAO et alii, 2023; IGS, 2023; Fig. 7). Infatti i sistemi alimentari influenzano la povertà, la salute, l'uguaglianza di genere, la cultura e l'istruzione, la produzione e il consumo responsabile, la gestione delle risorse naturali della superficie terrestre e marina e la lotta contro il cambiamento climatico (Fig. 8) poiché numerose buone pratiche internazionali dimostrano come una gestione consapevole della produzione e del consumo di cibo possa generare sinergie positive, dirette e indirette, con diverse aree dello sviluppo globale che hanno il potenziale per realizzare un mondo più sostenibile, equo e sicuro.

L'Empowering Women in Agrifood<sup>2</sup> (EWA) è un Programma di formazione (SDG 4) indirizzato alle donne che mira a promuoverne l'inclusione economica (SDG 8) e l'uguaglianza di genere nei sistemi agroalimentari (SDG 5), contribuendo anche ad altri obiettivi tra cui la riduzione della povertà (SDG 1), la sicurezza alimentare (SDG 2), la salute e il benessere (SDG 3). Il Programma mira a creare delle opportunità per quelle donne che svolgono un ruolo importante nella produzione, lavorazione e distribuzione del cibo (FAO, 2023) e che in molti Paesi in via di sviluppo sono spesso discriminate a causa di fattori socio-culturali che hanno un impatto rilevante anche sulla loro alimentazione e salute (Osabohien and Matthew, 2024). Avviato nel 2020, promosso da EIT Food e cofinanziato dalla Comunità Europea, il Programma fornisce alle donne le competenze e le risorse necessarie per avviare imprese innovative, sostenibili e di successo nel settore agroalimentare, anche con il supporto di una rete di aziende e investitori del settore con cui strutturare accordi di partenariato (SDG 17). Tra il 2020 e il 2023 il Programma EWA ha accolto più di 370 imprenditrici, ha assegnato premi per oltre 560.000 euro alle migliori partecipanti a fine corso ed è riuscito ad attrarre investimenti sulle startup per circa 12 milioni di euro; inoltre ha contribuito alla crescita in termini di clienti, dipendenti o fatturato di oltre 40 startup agroalimentari.

Tuttavia, nonostante le numerose sinergie che emergono tra gli SDG e i sistemi alimentari, esistono anche compromessi significativi che derivano ad esempio dalla difficoltà di conciliare esigenze economiche di breve termine con la necessità di una gestione sostenibile delle risorse naturali nel lungo periodo e di un'equa distribuzione dei benefici sociali.

I sistemi alimentari hanno importanti interconnessioni anche con l'obiettivo 'acqua pulita e servizi igienico-sanitari' in quanto nell'attuale emergenza climatica e in contesti caratterizzati da siccità e precipitazioni irregolari, al fine di evitare che l'acqua potabile sia utilizzata per l'agricoltura, l'attenzione è sempre più rivolta alle risorse idriche 'non convenzionali', a quelle risorse cioè che necessitano di onerosi processi specializzati per essere utilizzate come approvvigionamento idrico, oppure a soluzioni a basso costo e tecnologie che prevedono il recupero e riuso delle acque piovane per finalità diverse. È questo il caso dell'Outer Islands Food and Water Project, progetto sperimentale (2014-2023) finanziato dall'International Fund for Agricultural Development (IFAD, 2024), che ha coinvolto la popolazione di Kiribati, uno Stato insulare dell'Oceania con 33 isole e atolli tra i più vulnerabili del Pianeta per i cambiamenti climatici, a causa della concomitanza di innalzamento del livello del mare, presenza di uragani e periodi prolungati di siccità.

Le isole si caratterizzano anche per la presenza di terreni poco profondi, alcalini e con un contenuto di materia organica molto basso, per le limitate sorgenti d'acqua e falde acquifere soggette a contaminazione di acqua salata e per un'elevata dipendenza dalle importazioni di cibo il cui costo è condizionato da eventi politico-economici internazionali e dalle oscillazioni del prezzo del carburante. Per risolvere tali criticità il progetto sperimentale ha consentito alle popolazioni locali di essere pressoché autosufficienti (Bailey et alii, 2018), valorizzando in modo olistico le risorse naturali e fornendo mezzi e competenze tecniche necessarie per pianificare e attuare gli interventi di sviluppo della comunità (SDG 8 e 11), in particolare nei settori dell'accesso all'acqua pulita (Fig. 9), della produzione alimentare domestica e dell'educazione alimentare. I processi partecipativi messi in atto hanno permesso di realizzare 234 sistemi di raccolta dell'acqua piovana (SDG 6) e 2.135 orti (SDG 1 e 2) i quali, insieme a corsi di formazione (SDG 4) prevalentemente indirizzati a donne (SDG 5) e giovani sulle proprietà nutrizionali di frutta e verdura locali, hanno consentito di migliorare le condizioni di vita e di salute degli abitanti (SDG 3).

Inoltre l'impiego di tecnologie a basso impatto energetico e di fonti di energia rinnovabile, come il solare, ha favorito una produzione alimentare più sostenibile (SDG 7); pratiche agricole finalizzate alla protezione del suolo dall'erosione e all'uso di colture resistenti ai cambiamenti climatici hanno incrementato la resilienza delle comunità agli impatti del cambiamento climatico, cruciali in isole esposte a fenomeni di siccità e all'innalzamento del livello del mare (SDG 13). Anche le risorse marine, essenziali per la dieta locale, sono state gestite in modo sostenibile mediante pratiche di pesca regolamentata (SDG 14), mentre la promozione della coltivazione di specie vegetali locali e la tutela degli ecosistemi hanno contribuito alla conservazione della biodiversità (SDG 15).

Il successo dell'iniziativa ha determinato lo stanziamento di ulteriori fondi per replicarla in altre cinque isole, coinvolgendo 24 villaggi e circa 1.700 famiglie. Nonostante ciò il progetto ha dovuto confrontarsi con compromessi importanti che rappresentano sfide rilevanti per la gestione sostenibile specialmente per questi particolari ecosistemi: nel rapporto tra gli SDG 2 e 14, poiché la necessità di intensificare la pesca per garantire il sostentamento ha comportato il rischio di sovrasfruttamento delle risorse ittiche; nel rapporto tra gli SDG 2 e 6, poiché occorre calibrare la disponibilità d'acqua potabile per gli usi agricolo e domestico nei lunghi periodi di siccità; nel rapporto tra gli SDG 1 e 13, poiché l'introduzione di tecnologie agricole avanzate, cruciali per incrementare la resilienza climatica, comporta costi elevati difficilmente sostenibili senza supporto finanziario per molte famiglie a basso reddito.

Un progetto simile, il Blue Economy nelle Seychelles, ha poi dimostrato come la governance dei sistemi alimentari e la cooperazione internazionale siano essenziali per garantire uno sviluppo equo e sostenibile (Benzaken et alii, 2022): finanziato dal World Food Programme, il progetto si caratterizza per una migliore accessibilità di cibo in aree di conflitto al fine di promuovere pace e stabilità, rafforzando la giustizia sociale e le Istituzioni (SDG 16), avvalendosi di partnership tra governo, ONG e settore privato per il raggiungimento di obiettivi comuni (SDG 17) e valorizzando l'acquacoltura sostenibile (SDG 14) e lo sviluppo economico con il turismo maritti-

mo (SDG 8) il quale, se non regolamentato, può aumentare la pressione sugli ecosistemi, compromettendone la sostenibilità a lungo termine.

Anche l'obiettivo della 'energia pulita e accessibile' trova importanti interconnessioni con i sistemi alimentari e assume ulteriore rilevanza laddove le pratiche di produzione riescono a generare molteplici benefici. È il caso ad esempio della Permacultura (Fig. 10), un sistema o meglio una filosofia di produzione volta a riprodurre modelli e strategie degli ecosistemi naturali, ma anche a sviluppare comunità responsabili e autosufficienti nelle quali si promuovono le colture stagionali, il riciclo degli scarti, la riduzione degli sprechi e tecnologie idonee al contesto locale (Vacanti and Leonardi, 2024). La Permacultura ha il potenziale per risolvere la dipendenza dalle fonti energetiche non rinnovabili ad esempio attraverso l'uso di biodigestori domestici che convertono scarti / rifiuti alimentari e deiezioni animali in biogas per la climatizzazione e in fertilizzante liquido per le coltivazioni, oppure sfruttando risorse naturali rinnovabili come sole e vento per generare elettricità.

È facile immaginare che sistemi di produzione alimentare innovativi possano trovare 'fertile sviluppo' nei Paesi più industrializzati (si vedono ad esempio i progetti Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse e Jian Mu Tower; Basso et alii, 2023; Tucci and Carlo Ratti Associati, 2023) e densamente popolati, come nel caso di Singapore dove è nata Sky Greens (Fig. 11, 12), la prima fattoria verticale idraulica a basse emissioni di carbonio (Benke and Tomkins, 2017) e dove la Singapore Food Authority<sup>3</sup>, per compensare la carenza di suolo agricolo rispetto a una crescita demografica costante, ha lanciato l'ambiziosa iniziativa '30 by 30', con l'obiettivo di produrre internamente il 30% del fabbisogno alimentare locale entro il 2030 utilizzando sia vasche high-tech che riciclano l'acqua e le sostanze nutritive per l'allevamento ittico, sia serre verticali per le colture idroponiche che in assenza di terra e grazie all'acqua, nella quale vengono sciolte sostanze nutritive, fanno crescere le piante velocemente e in salute. Tuttavia le pratiche sostenibili più rilevanti sono quelle che possono trovare una maggiore diffusione con investimenti ridotti e coinvolgendo un elevato numero di persone, soprattutto nei Paesi a basso reddito.

Tra le buone pratiche sviluppate nei Paesi in via di sviluppo si segnalano quelle prese in esame dai ricercatori Zahra Didarali e James Gambiza (2019) che hanno messo a confronto le pratiche di coltivazione tradizionali e la permacultura all'interno di tre villaggi rurali in Sudafrica e Zimbabwe, dove le comunità affrontano giornalmente sfide legate all'insicurezza alimentare e al degrado ambientale. Tramite interviste semi-strutturate i due ricercatori hanno appreso che la permacultura ha contribuito per oltre il 40% del reddito totale in tutti e tre i casi di studio (SDG 1 e 2), producendo benefici sulla varietà alimentare e sulla salute (SDG 3) dei soggetti coinvolti, sulla loro capacità di resilienza sociale e ai cambiamenti ambientali (SDG 11 e 13), sulla biodiversità della produzione (SDG 15), sulla gestione delle risorse idriche (SDG 6), sull'utilizzo di energia da fonti rinnovabili (SDG 7) e sulla riduzione dei costi di impresa (SDG 8). Dallo studio sono anche emersi i limiti della Permacultura prevalentemente legati alla necessità di formazione degli operatori e a investimenti iniziali non sempre accessibili per le popolazioni locali, che spesso richiedono il supporto di Organizzazioni internazionali e Istituzioni locali con strategie mirate a promuovere pratiche agricole

ecosostenibili alternative a quelle tradizionali; in questi particolari contesti soltanto attivando un partenariato pubblico / privato è possibile avviare l'auspicato cambio di paradigma da un approccio produttivo lineare a uno olistico e circolare capace di riconoscere il ruolo delle persone non come meri produttori di cibo, ma come gestori di sistemi ecologici che producono servizi ecosistemici.

Altro progetto emblematico è il Fairtrade in Etiopia che nasce con l'obiettivo di migliorare le condizioni economiche, sociali e ambientali dei produttori di caffè, offrendo loro un sistema di commercio più equo e sostenibile<sup>4</sup>. Il caffè è una delle principali risorse di esportazione del Paese e fonte di reddito per milioni di piccoli agricoltori, tuttavia il settore si trova ad affrontare sfide locali significative, come l'instabilità dei prezzi sul mercato globale, gli effetti del cambiamento climatico e i limiti infrastrutturali della regione. Il modello Fairtrade si propone di mitigare queste criticità garantendo un prezzo minimo ai coltivatori e un premio aggiuntivo destinato al miglioramento delle condizioni di vita nelle comunità rurali (SDG 9) e nello specifico delle infrastrutture (SDG 11), delle scuole (SDG 4), dei servizi sanitari (SDG 3) e dell'accesso all'acqua potabile (SDG 6),

rendendo questo modello una soluzione integrata e comunitaria che va oltre la semplice certificazione di prodotto. Il sistema Fairtrade non è solo un sistema economico, ma è anche un meccanismo per rafforzare il ruolo degli agricoltori nella catena di valore, garantendo una maggiore equità e valorizzazione del lavoro: i piccoli produttori acquisiscono una stabilità economica (SDG 1) organizzandosi in cooperative che offrono accesso a beni / servizi fondamentali per la comunità (SDG 2, 3) e conoscenze tecniche (SDG 4) su metodi di produzione agricola più responsabili, sostenibili (riducendo l'uso di pesticidi e fertilizzanti nocivi e ottimizzando la gestione dell'acqua e del suolo), competitivi e resilienti ai cambiamenti climatici (SDG 11, 12, 13 e 15) che parallelamente aumentano la qualità del prodotto e riducono l'impatto ambientale delle colture. Il progetto Fairtrade in Etiopia dimostra anche la possibilità di migliorare la sostenibilità e la trasparenza della catena del valore attraverso tecniche agroforestali che integrano piante e alberi per migliorare la biodiversità e la resilienza climatica.

Nell'ambito degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile il progetto etiopico Fairtrade si connette quindi direttamente a diverse aree chiave, creando impor-

tanti sinergie ma anche compromessi tra obiettivi a volte conflittuali. Ad esempio la crescita del reddito dei produttori permette di diversificare le colture, riducendo la dipendenza esclusiva dal caffè e migliorando la qualità nutrizionale delle famiglie; tuttavia l'aumento della produzione per soddisfare la domanda internazionale può mettere a rischio la produzione agricola locale destinata all'alimentazione e incentivare la deforestazione per espandere le aree di coltivazione, minando il compromesso tra sicurezza alimentare, redditività e lotta al cambiamento climatico. L'organizzazione in cooperative è un altro punto di forza che promuove condizioni di lavoro più giuste e sicure (SDG 8) e una maggiore capacità contrattuale sui mercati internazionali; tuttavia non tutti i produttori possono partecipare al sistema Fairtrade a causa dei costi elevati di certificazione e il sistema stesso può risultare meno competitivo quando i prezzi di mercato superano il prezzo minimo garantito da Fairtrade, compromettendo un corretto equilibrio tra il raggiungimento di una competitività globale e l'equità interna per i produttori locali.

Oltre alla fase di produzione anche quella del fine vita dei prodotti alimentari può determinare numerosi benefici, soprattutto quando lo scarto ha pos-



Fig. 5 | Juicepeel packs textured to resemble specific fruits, designed by Naoto Fukasawa (source: naotofukasawa.com).

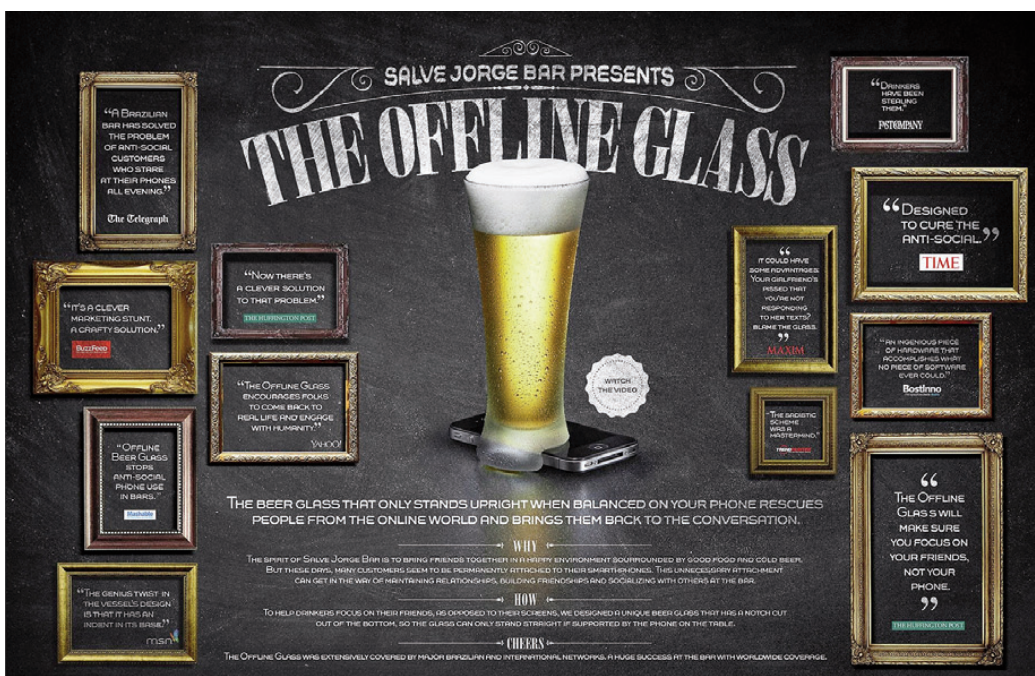


Fig. 6 | Offline Glass packs, designed by Mauricio Perussi, were created by the Agenzia Fischer&Friends, for the Salve Jorge Bar in Sao Paulo (source: lovethework.com).



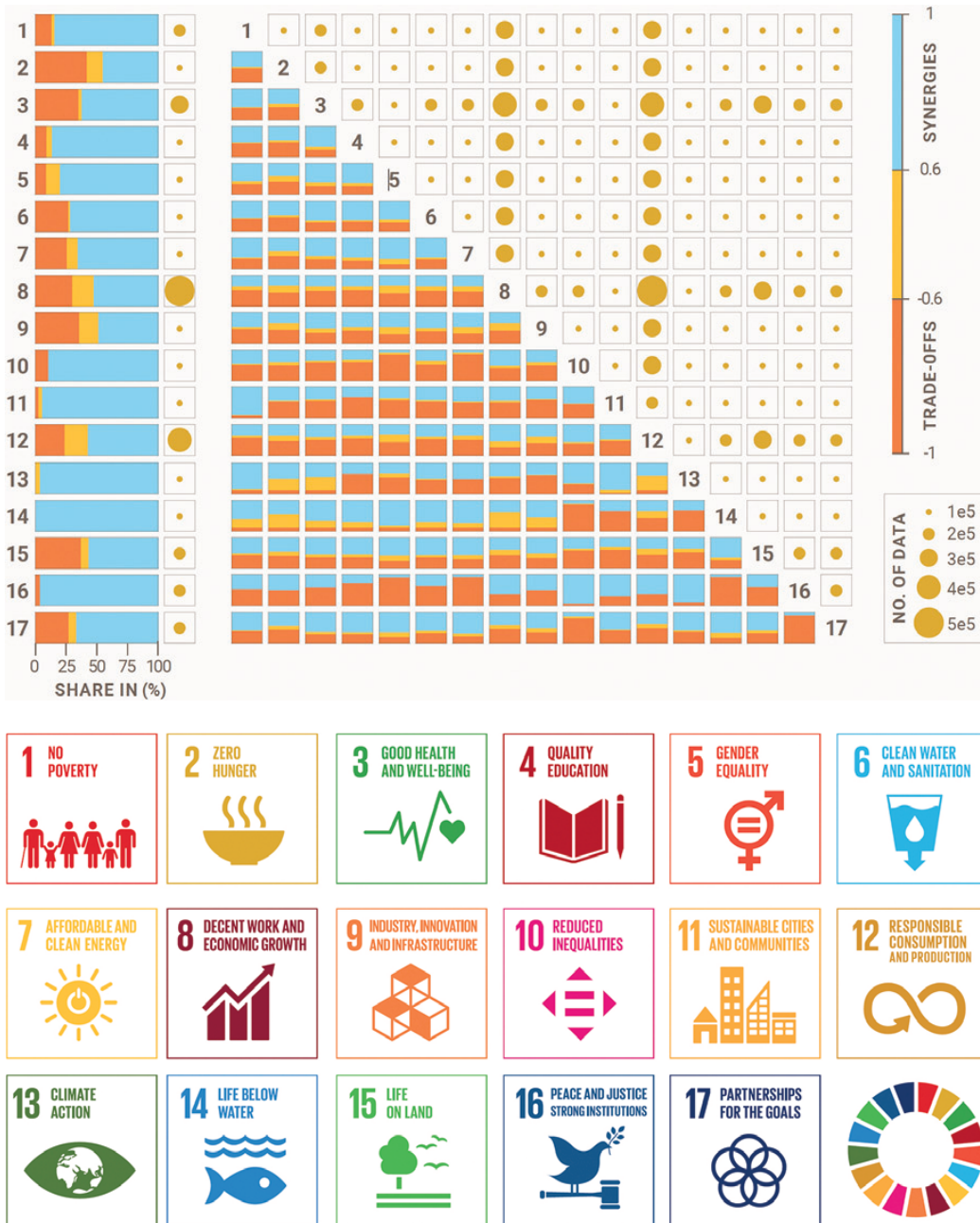


Fig. 7 | Interconnections between the Sustainable Development Goals based on 2018 data from the Department of Economic and Social Affairs – United Nations Statistics Division 2019 (source: Anderson et alii, 2022; IGS, 2023).

sibilità di una seconda vita e viene trattato come materia prima seconda. È il caso della tazzina di caffè (Fig. 13) prodotta da Coffeefrom<sup>5</sup> una cooperativa sociale della provincia di Milano (Italia) che, con l'obiettivo di promuovere i principi dell'Extended Producer Responsibility in ottica circolare, ha avviato la produzione di tazze, bicchieri e packaging certificati per il contatto con il cibo e privi di bisfenolo utilizzando scarti di caffè conferiti da produttori locali. Il processo produttivo è industrializzato con lo stampaggio a iniezione e 3D e prevede una miscela composta da polvere di caffè esausta ed essiccata e da acido polilattico (SDG 9, 11, 12 e 13): il materiale, liscio al tatto e di un colore marrone scuro che ricorda la materia prima di provenienza, ha una buona resistenza meccanica e al calore ed è biodegradabile (Ferrara and Squatrito, 2022). Rilevante è poi l'impatto sociale del prodotto (SDG 8 e 10), poiché l'azienda impiega lavoratori "fragili" nelle fasi di logistica e confezionamento e collabora con diverse imprese sociali del territorio per la realizzazione del packaging.

**Gastrofisica e Obiettivi di Sviluppo Sostenibile: punti di forza e barriere** | Quelle illustrate sono soltanto alcune delle buone pratiche che riflettono l'importanza dei sistemi alimentari per il raggiungimento degli obiettivi dell'Agenda 2030. In tale contesto si inserisce la Gastrofisica che si configura come area di ricerca strategica al supporto degli SDG, concentrandosi sull'interazione tra cibo e sensi e sugli aspetti psicologici e sociali della nutrizione: essa offre infatti contributi significativi che spaziano dall'innovazione alimentare alla promozione di diete sostenibili, supportando la sicurezza alimentare, migliorando la salute pubblica, riducendo lo spreco alimentare e incoraggiando pratiche agricole sostenibili. Ricerche e sperimentazioni che impiegano la Gastrofisica dimostrano come stimoli multisensoriali possano migliorare l'esperienza gustativa e influenzare positivamente la percezione dei sapori, contribuendo alla riduzione della povertà (SDG 1) e delle disuguaglianze (SDG 10), alla salute e al benessere (SDG 3), alla produzione e al consumo responsabile (SDG

12), preservando la biodiversità (SDG 15) e promuovendo l'educazione alimentare (SDG 4).

La Gastrofisica contribuisce anche all'innovazione (SDG 9) del settore alimentare con significativi risultati nella riduzione dei rifiuti e degli impatti con una produzione e un consumo responsabili (SDG 12), sull'azione per il clima (SDG 13) e sulla promozione di lavori dignitosi (SDG 8) e di comunità sostenibili (SDG 11). Iniziative come The Edible Tableware Project (Fig. 14) forniscono ad esempio dati e tecniche per la produzione di stoviglie biodegradabili e commestibili per ridurre i rifiuti in plastica usa e getta, utilizzando ingredienti naturali come fibre vegetali e alghe (Nair, Trafialek and Kolanowski, 2023), mentre altre come il Sustainable Restaurant Lab impiegano la Gastrofisica per ottimizzare l'esperienza culinaria e promuovere un minore impatto del settore della ristorazione, riducendo il consumo di energia, utilizzando materiali biodegradabili e promuovendo pratiche di lavoro più eque (Madanaguli et alii, 2022).

In tale contesto è da segnalare anche la ricerca di Spence e Piqueras-Fiszman (2014) che ha esplorato l'applicazione di stimoli visivi, uditivi e olfattivi per migliorare l'esperienza gustativa: i due studiosi abbinando colori caldi e musica rilassante per accentuare la percezione del dolce, del salato o del grasso senza aumentarne il contenuto nelle pietanze. Stessa strategia ma con modalità diverse è stata proposta da Woods et alii (2011) per rendere più appetibili ingredienti meno ricercati, ma dall'equivalente valore nutrizionale e dal minor costo.

Degni di nota sono poi quei progetti che concorrono a diversificare le fonti alimentari, a preservare la biodiversità, a ridurre la pressione sulle risorse agricole convenzionali e sugli allevamenti di bovini, maiali e polli, individuando nuove fonti proteiche che non incidono sull'impatto ambientale. Tra questi il Flavor Exploration for Plant-Based Diets che ha studiato come rendere più saporite le proteine vegetali attraverso il potenziamento dei profili di gusto e texture, usando ingredienti naturali per migliorare il sapore senza l'aggiunta di grassi o zuccheri (Spence, 2015c) e i Future Foods Sensory Labs che hanno esplorato nuovi alimenti sostenibili, come alghe, piante selvatiche e insetti e utilizzato la Gastrofisica per renderli più attraenti, attraverso tecniche che migliorano la percezione sensoriale, facilitando la transizione a un'alimentazione sostenibile, integrandoli nelle diete (Lisboa et alii, 2024).

Innovativa è in tal senso l'attività sperimentale di ecoLogicStudio (Valenti and Pasquero, 2021) che trova applicazioni con la BIO.tech HUT (Fig. 15), nella quale colture di microalghe giornalmente assorbono CO<sub>2</sub> e producono ossigeno in una quantità equivalente a quella di 32 grandi alberi, consentendo di estrarre sia olio per produrre 1 kg di biocarburante sia la dose giornaliera di proteine per 12 adulti, e con AIReactor (Fig. 16) costituito da un fotobioreattore, un contenitore in vetro con un cepo di spirulina e un terreno di coltura ricco di sostanze nutritive per purificare l'aria in un appartamento e produrre fino a 7 grammi di spirulina al giorno per uso alimentare.

L'utilizzo di parti di alimenti comunemente scartate è una pratica di Gastrofisica che permette di ridurre lo spreco creando nuove esperienze gustative che ne migliorano colore, profumo, sapore e consistenza per sfruttarne al meglio i valori nutrizionali: tramite la stampa 3D (Hooi Chuan Wong et alii, 2022) scarti come foglie e bucce commestibili di-

ventano nuovi ingredienti (Figg. 17, 18) e risorse che riducono la pressione sulla produzione alimentare convenzionale e parallelamente sostengono la sicurezza alimentare. Quest'ultima è promossa da pratiche come il mindful eating e l'educazione sensoriale che supportano salute e benessere ed educazione di qualità, incoraggiando scelte alimentari più consapevoli e sane: ad esempio Kristeller e Woolever (2011) attraverso il progetto Mindful Eating Experiences hanno evidenziato come specifiche ambientazioni e sottofondi musicali possano aiutare a migliorare la percezione del gusto, ridurre la velocità di consumo e migliorare la digestione del cibo.

Parallelamente con gli Educational Flavour Workshops for Kids, Coulthard e Sealy (2017) hanno sperimentato che utilizzando i principi della Gastrofisica è possibile adottare diete nutrienti sin dall'infanzia e insegnare ai bambini a riconoscere e apprezzare sapori diversi, riducendo la dipendenza da zuccheri e migliorando la consapevolezza alimentare; Vermeir e Roose (2020) hanno sperimentato soluzioni di plating per orientare le scelte alimentari verso pietanze vegetali in sostituzione di quelle a base di carne; la percezione della sazietà e la riduzione del consumo di calorie sono invece state indagate da van Kleef, Shimizu e Wansink (2012), attraverso l'utilizzo di piatti più piccoli e posate specifiche, e da Stafford e Welbeck (2011), attraverso i profumi di vaniglia e di lavanda.

In generale i casi studio citati mostrano come la Gastrofisica possa essere considerata area di ricerca dalle elevate potenzialità per supportare diversi SDG, contribuendo a un cambio di paradigma sulle modalità con cui produciamo, consumiamo e gustiamo il cibo. Tuttavia la diffusione delle sue pratiche incontra numerosi ostacoli che ne limitano l'adozione su larga scala, dovendo abbattere barriere di tipo culturale, psicologico, sociale, educativo, tecnico ed economico e legate ad aspetti di natura normativa regolatoria, ciascuna delle quali introduce sfide uniche: comprendere tali criticità è fondamentale per immaginare come rendere la Gastrofisica una pratica quotidiana accessibile e diffusa.

A livello culturale è da segnalare che le abitudini alimentari e la percezione del gusto sono spesso profondamente radicate nelle tradizioni locali tanto che la drastica riduzione di zuccheri, grassi e sale, la sostituzione di ingredienti base o la modifica di un sapore può far percepire il cibo come estraneo o persino 'minaccioso' per l'integrità delle tradizioni culinarie e come un allontanamento dalla propria cultura. Alle barriere di natura culturale si affiancano poi quelle di natura psicologica che derivano da abitudini e percezioni individuali: la maggior parte delle persone tende a resistere ai cambiamenti nelle proprie abitudini alimentari, anche quando è consapevole dei potenziali benefici, limitando l'assunzione di alimenti nuovi e sostenibili, come le proteine alternative vegetali o a di base alghe o di insetti. Molte persone provano un senso di disgusto o ripugnanza nei confronti di questi ultimi ingredienti, soprattutto nel mondo occidentale (Deroy, Reade and Spence, 2015) dove sono percepiti come 'di qualità inferiore' o poco sicuri, eppure sono una fonte eccellente di proteine e grassi sani, oltre a essere più sostenibili dal punto di vista ambientale rispetto alla carne (Jucker et alii, 2021; de Matos, Rasera and de Castro, 2024).

Dal punto di vista sociale alcune pratiche di Gastrofisica vengono spesso stigmatizzate, in particolare quelle che prevedono il riuso degli scarti ali-

mentari come ingredienti perché associati a un cibo di 'seconda qualità' soprattutto nelle fasce sociali più abbienti. Al contempo la scelta di utilizzare piatti e porzioni di dimensioni ridotte, volta a generare senso di sazietà e ridurre consumo eccessivo e spreco, può essere fraintesa come un tentativo di risparmiare sui costi o di marcare il divario tra classi sociali differenti.

Le barriere relative all'educazione rappresentano un'ulteriore sfida significativa, soprattutto perché la Gastrofisica è un concetto relativamente nuovo e poco conosciuto dalla maggior parte dei consumatori, che spesso ne ignorano i benefici in termini di sostenibilità e salute, ma anche dai ristoratori e dagli operatori del settore; inoltre in molte comunità e in alcuni ceti sociali manca un'educazione alimentare di base che promuova una dieta sana e sostenibile, mentre la disinformazione contribuisce a creare scetticismo su pratiche e alimenti 'nuovi'.

Le barriere di natura tecnica rappresentano un ulteriore ostacolo poiché molte pratiche di Gastrofisica richiedono attrezzature specializzate e competenze specifiche, non sempre disponibili nei locali di ristorazione; ad esempio per ottimizzare la percezione degli scarti alimentari il design sensoriale richiede processi di trasformazione avanzati e quindi know-how e tecnologie specifiche tra cui quelle di stampa 3D, mentre la produzione di stoviglie commestibili e biodegradabili, ma anche sicure e durature, richiede una ricerca e uno sviluppo che non tutte le aziende sono in grado di affrontare.

Le barriere economiche costituiscono forse l'ostacolo più grande in quanto molte delle pratiche di Gastrofisica richiedono un investimento iniziale significativo, in termini di attrezzature per la cucina e per la sala e di formazione del personale, ma anche costi da sostenere nella fase di gestione poiché la materia prima nelle diete a base vegetale necessita di alimenti stagionali e di qualità che possono risultare costosi e non sempre alla portata di tutti. Esistono anche barriere legate alla reperibilità locale di ingredienti o materiali biodegradabili per stoviglie, il cui trasporto da luoghi di produzione molto distanti determina emissioni di CO<sub>2</sub> non indifferenti specialmente in aree rurali o in Paesi in via di sviluppo, dove le reti di approvvigionamento e le infrastrutture logistiche possono essere carenti.

La Gastrofisica deve anche confrontarsi con le barriere di natura normativa e regolatoria che possono ostacolare la diffusione di innovazioni alimentari sostenibili: in molti Paesi l'introduzione di nuovi alimenti come gli insetti è vincolata da rigide normative che richiedono approvazioni e certificazioni specifiche, costose e con tempi procedurali lunghi; l'uso di scarti alimentari come ingredienti e di stoviglie commestibili deve rispondere a standard e norme igieniche e di sicurezza che, seppur necessari, possono rendere queste pratiche di difficile adozione; infine contributi e agevolazioni fiscali destinati prevalentemente agli allevatori e produttori di carne e latticini, penalizzano la produzione di proteine vegetali e alternative e disincentivano la diffusione di diete a basso impatto ambientale.

Se quindi il raggiungimento degli SDG è diventato una priorità cruciale per l'umanità appare evidente che essa deve confrontarsi anche e soprattutto con le sfide globali legate ai sistemi alimentari, esplorando e adottando nuove pratiche alimentari ecologicamente sostenibili e socialmente accettabili. In quest'ottica i casi studio illustrati, seppur riferiti ad aree geografiche e contesti diversi e con impie-

go di tecnologie, metodologie e approcci differenti, hanno in comune i caratteri della modularità, della scalarità e della replicabilità che ne consentono l'implementazione per gestire i potenziali compromessi se affrontati in chiave sistemica e valorizzando competenze multidisciplinari, a cui la disciplina del Design, come si illustrerà nei successivi paragrafi, può dare un importante contributo.

### Gastrofisica, Design della Comunicazione e Service Design |

La Gastrofisica non si limita allo studio delle interazioni multisensoriali che influenzano la nostra percezione del cibo e delle bevande; essa include anche il Design della Comunicazione, conferendo un ruolo centrale a ciò che tradizionalmente rientra nella grafica e nel naming, con profonde implicazioni semiotiche (Meyerson, 2021): la dimensione narrativa può infatti giocare un ruolo fondamentale per configurare esperienze culinarie che non solo stimolano i sensi, ma anche la mente e l'immaginazione.

Un esempio emblematico del potere del nome nel contesto gastronomico è l'esperienza di un piatto denominato Nototenide della Patagonia, un pesce inizialmente respinto dai clienti a causa del suo nome poco appetitoso che ha visto decuplicare le sue vendite dopo essere stato rinominato Moro Oceanico. Il cambiamento di nome, semplice ma efficace, dimostra come le etichette e le descrizioni influenzino profondamente le scelte dei consumatori, manipolandone aspettative e percezioni: le associazioni mentali create da un nome possono trasformare un alimento ordinario in una prelibatezza desiderata. Questo fenomeno può essere considerato un esempio di 'nudge', 'spinta gentile' (Thaler and Sunstein, 2012): piccoli cambiamenti nel contesto decisionale possono influenzare significativamente i comportamenti dei consumatori, ecco perché nel Design della Comunicazione l'elaborazione del nome, che in gergo anglosassone è 'naming' (processo), è parte fondamentale del progetto.

Allo stesso modo i suoni legati alla preparazione e al consumo del cibo giocano un ruolo cruciale nell'esperienza culinaria. Suoni come il 'ding' del microonde, ad esempio, possono sminuire la percezione di un piatto, mentre quelli sfrigolanti, gorgoglianti e trituriati possono aumentare l'appetito e la soddisfazione. Questa è l'intuizione del compositore svedese Per Samuelsson: registrare i suoni della cucina per trasformarli in composizioni musicali che esaltano l'esperienza del pasto dando luogo ad ambienti multisensoriali immersivi (Spence, 2015a, 2015b). Altri esempi emblematici del potere gastronomico del suono sono poi il Conchiglia Krug, un dispositivo acustico che amplifica il suono delle bollicine e migliora l'esperienza sensoriale dei consumatori, e la 'sonic chip' (Spence, 2017), uno studio che è valso a Charles Spence e Max Zampini il premio IgNobel 2008 per la nutrizione: manipolando i suoni del morso delle patatine Pringles, i due gastrofisici sono riusciti a modificare la percezione della croccantezza e della freschezza, dimostrando che quello che ascoltiamo influenza realmente quello che gustiamo. Questo progetto ha aperto nuove frontiere nel Design dell'esperienza alimentare, ribadendo come i suoni possano essere utilizzati per migliorare la percezione del cibo (Zampini and Spence, 2004).

Il Design della Comunicazione può giocare un ruolo fondamentale nel superare le diverse barriere psicologiche, culturali, educative, sociali e di soste-

nibilità legate all'adozione di pratiche alimentari sostenibili. In particolare il Design della Comunicazione può impiegare lo storytelling per normalizzare ingredienti alternativi o scarti alimentari, facendoli apparire come una scelta consapevole e positiva, supportando campagne di promozione con immagini di persone reali e familiari che consumano questi prodotti, trasmettendo un senso di appartenenza e legittimità; può creare contenuti educativi tramite infografiche, visual storytelling, video brevi e contenuti per i social media che illustrano in modo semplice e diretto i benefici della Gastrofisica, delle diete sostenibili e dell'uso di ingredienti alternativi tramite visualizzazioni dei dati e contenuti visivi finalizzati all'educazione alimentare e alla consapevolezza degli impatti ambientali e nutrizionali conseguenti alle scelte dei consumatori.

E ancora, può utilizzare il packaging tramite grafici, testi ed etichette dai colori caldi e rassicuranti che possono comunicare informazioni chiare e accessibili sui benefici del prodotto, sul suo impatto ambientale e su valori positivi, come l'etica e il rispetto per l'ambiente, trasformandoli in simboli di uno stile di vita moderno e responsabile, ma anche sensazioni rassicuranti e associazioni positive capaci di influenzare la percezione del gusto, migliorare l'esperienza complessiva e ridurre il pregiudizio verso prodotti considerati 'insoliti'.

Nell'ambito della Gastrofisica la narrazione progettata si nutre quindi di tutto ciò che coinvolge i nostri sensi per stimolare ricordi e associazioni mentali positive; ecco perché la Gastrofisica ha una vocazione narrativa: per configurare esperienze culinarie che vanno oltre il semplice gusto del cibo. Attraverso il naming e il Design della Comunicazione in generale, la Gastrofisica sfrutta il potere del mito e delle associazioni mentali per arricchire l'esperienza del commensale, dimostrando che tutto il resto è cruciale per comprendere e migliorare le nostre esperienze alimentari.

Un'altra contaminazione interessante è quella tra Gastrofisica e Service Design in quanto la prima punta a realizzare esperienze culinarie coinvolgenti, proprio come il secondo si occupa di progettare esperienze memorabili e coinvolgenti. Non a caso la 'user journey', strumento tipico del Service Design che evidenzia per tappe significative il viaggio che il fruitore compie attraverso l'esperienza progettata, guida la configurazione di esperienze gastronomiche (Stickdorn et alii, 2018). In tal senso anche il Service Design può essere un valido strumento per superare le barriere alla diffusione delle pratiche di Gastrofisica e per l'adozione di abitudini alimentari sostenibili: concentrandosi sulla progettazione di esperienze e di servizi centrati sulla persona, può essere particolarmente efficace nel creare interazioni informative e coinvolgenti tra i consumatori e i nuovi sistemi alimentari e nel ridurre la resistenza psicologica verso nuovi alimenti e pratiche sostenibili, rendendoli più familiari e accettabili.

Possibili sviluppi futuri per le sinergie tra Gastrofisica e Service Design possono riguardare la creazione di servizi di degustazione per abituare gradualmente i consumatori a sapori e consistenze nuove, attraverso sessioni guidate per imparare a riconoscere e apprezzare ad esempio i sapori insoliti delle proteine alternative o degli scarti riutilizzati, magari all'interno di ambienti accoglienti e rilassanti, in cui i consumatori si sentano a proprio agio nel provare qualcosa di nuovo; può creare Laboratori e Workshop Interattivi in cui i partecipanti

possano cucinare e sperimentare nuovi ingredienti per ridurre la neofobia alimentare e i pregiudizi attraverso la guida di chef o di esperti che illustrano le caratteristiche nutrizionali e di sostenibilità degli ingredienti utilizzati; può integrare elementi di gioco in servizi educativi, ad esempio per incentivare i bambini a esplorare nuovi sapori progettando attività ludiche che trasformino l'assaggio di nuovi cibi in un gioco o per indirizzare le abitudini degli adulti attraverso programmi fedeltà o sfide di degustazione che premiano la curiosità e l'apertura verso nuovi alimenti.

Il Service Design può creare servizi di consulenza su normative, sicurezza e gestione dei rifiuti alimentari o di formazione per gli operatori del settore; può creare piattaforme sia per la messa in rete di produttori, venditori, ristoratori e consumatori, al fine di facilitare l'accesso a risorse locali e sostenibili e migliorare la gestione logistica per ridurre le emissioni di carbonio, sia per la condivisione delle risorse e delle buone pratiche con l'obiettivo di scambiare conoscenze per superare le numerose barriere citate; può creare anche applicazioni digitali con informazioni, ricette, suggerimenti nutrizionali e percorsi educativi interattivi per aumentare la consapevolezza dei consumatori sui benefici della Gastrofisica e delle pratiche alimentari sostenibili; può sviluppare sistemi di informazione direttamente nelle scuole, ma anche nei punti di vendita di supermercati e ristoranti per informare i consumatori sui benefici nutrizionali mentre decidono acquisti, utilizzando pannelli informativi, display interattivi, video e QR code.

Il Service Design può inoltre facilitare l'integrazione di pratiche innovative nel rispetto delle sensibilità culturali e sociali, facendo leva su un approccio inclusivo e rispettoso delle tradizioni; in particolare può coinvolgere le comunità locali nella organizzazione di focus group e sessioni di co-creazione per definire menù e pratiche che integrino nuovi ingredienti senza alienare identità e tradizioni culturali, ma può anche personalizzare servizi per rispondere alle esigenze di specifici gruppi sociali e culturali, ad esempio in contesti in cui la carne è simbolo di ospitalità elaborando alternative a base vegetale che abbiano aspetto e gusto simile alla carne per ridurre il divario percettivo ed esaltarne i sapori.

Un concetto chiave nella gestione delle esperienze gastronomiche è lo 'sticktion', che indica gli indizi speciali all'interno di un'esperienza culinaria, significativi al punto da essere ricordati senza risultare eccessivi o invasivi. Questi elementi emergono senza dominare la scena e, se progettati con attenzione, possono radicare ricordi avvincenti legati all'esperienza stessa (LaTour and Carbone, 2014). In tale contesto la diffusione dei menù degustazione a più portate offre opportunità uniche per creare interazioni coinvolgenti, trasformando ogni portata in un momento di scoperta. Al contrario, offrire una porzione abbondante di un unico cibo potrebbe risultare meno efficace, poiché l'effetto di 'duration neglect' suggerisce che i commensali ricordano soprattutto i primi e ultimi bocconi, rendendo cruciale la qualità di antipasti e dessert.

Studi hanno rivelato che i ricordi legati ai ristoranti spesso dipendono più dall'atmosfera e dal servizio che dal cibo stesso: un'indagine su clienti di Pizza Hut ha mostrato come il ricordo più vivido fosse l'entusiasmo del personale, piuttosto che il cibo (Spence, 2017). Comprendere gli aspetti che restano impressi nella memoria dei clienti è fonda-

mentale per migliorare l'offerta e il servizio, ovvero configurare esperienze davvero memorabili: i momenti che richiedono una riflessione più profonda tendono a rimanere impressi più a lungo, effetto noto come 'depth of processing', cruciale per chi progetta esperienze gastronomiche. Inoltre il modo in cui un pasto si conclude, il cosiddetto 'end effect', può influenzare significativamente il ricordo dell'intera esperienza: un classico esperimento con i biscotti ha dimostrato che il ricordo dell'ultimo biscotto al cioccolato può migliorare l'impressione generale, rispetto a una conclusione con un biscotto meno gradito.

La progettazione di esperienze multisensoriali esplora i collegamenti tra i sensi, creando sinestisie che sorprendono e affascinano: eventi come il Colour Lab, che combinano musica e colori per alterare il gusto del vino, dimostrano infatti come le esperienze multisensoriali possano essere progettate per esaltare specifici aspetti del gusto (Spence, Velasco and Knoeferle, 2014; Campo, Reinoso-Carvalho and Rosato, 2021).

**Gastrofisica e Innovazione Tecnologica** | Anche la sinergia tra Tecnologia e Design è cruciale per affrontare in modo strategico e integrato le diverse barriere che ostacolano l'adozione delle pratiche di Gastrofisica. Unendo l'Innovazione Tecnologica alla progettazione centrata sulla persona è possibile risolvere problemi complessi, migliorare l'accettazione sociale e culturale e l'accessibilità: la Tecnologia crea le piattaforme e i mezzi per sperimentare nuovi alimenti in un contesto virtuale o interattivo, mentre il Design li rende accessibili e appetibili attraverso presentazioni esteticamente curate e un'esperienza rassicurante.

Attraverso applicazioni di Realtà Aumentata (RA) e Realtà Virtuale (RV) è possibile ad esempio creare esperienze immersive e ridurre il senso di estraneità o disgusto verso nuovi alimenti rendendoli più familiari e gourmet sovrapponendo immagini accattivanti, simulando il loro utilizzo in ricette tradizionali all'interno di spazi sensoriali che utilizzano suoni, luci e profumi adatti allo scopo (Figg. 19, 20). Per rispettare le sensibilità culturali e normalizzare nuovi ingredienti o pratiche attraverso approcci inclusivi le piattaforme digitali di storytelling interattivo possono mostrare come alimenti innovativi si integrano con tradizioni locali, mentre i big data e l'analisi delle preferenze culturali possono aiutare a personalizzare i messaggi e le esperienze per particolari gruppi sociali o singoli utenti.

In tal senso sono già stati fatti degli studi e tra questi quello condotto da Crofton, Murray e Botinestean (2021) nel quale si è esplorato, attraverso la RV, l'impatto che diversi contesti ambientali hanno sulla risposta sensoriale ai prodotti alimentari e sulle valutazioni edonistiche dei partecipanti riguardo a bistecche di manzo e cioccolato al latte, per migliorare il contesto. I risultati hanno mostrato che la RV aveva un effetto significativo sulle risposte edonistiche dei partecipanti ai prodotti alimentari: il manzo è stato valutato significativamente più alto in termini di gradimento in un ristorante RV, mentre per il cioccolato il contesto della campagna RV ha generato punteggi edonistici più alti rispetto alla cabina sensoriale tradizionale.

Allo stesso modo Han et alii (2022) hanno esplorato le potenzialità della RA nelle esperienze culinarie attraverso narrazioni immersive e interattive per stimolare comportamenti alimentari sostenibili:

utilizzando metodi di design partecipativo lo studio ha sviluppato storyboard con i consumatori e valutato vari approcci con sviluppatori di applicazioni RA. I risultati della sperimentazione propongono un quadro concettuale su come le narrazioni immersive possano essere progettate e validate per contenuti narrativi AR impattanti, al fine di stimolare un comportamento alimentare sostenibile.

Esistono poi esempi pionieristici che impiegano l'Innovazione Tecnologica per personalizzare l'atmosfera in base ai commensali, come ad esempio il Goji Kitchen & Bar del Marriott Bund Hotel di Shanghai, dove l'arredamento cambia a seconda dell'ora del giorno configurando atmosfere diverse anche grazie all'utilizzo di altoparlanti direzionali che crea

no paesaggi sonori specifici per ciascun tavolo (Spence, 2022;), l'Eleven Madison Park a New York che utilizza la Tecnologia per raccogliere informazioni sui clienti, garantendo un'accoglienza calorosa e su misura per ogni cliente grazie a database dettagliati (Meyer, 2010), oppure Pizza Hut che, attraverso menù digitali e sistemi di tracciamento oculare, riesce a leggere le preferenze dei clienti (Lin et alii, 2023) e a trasformare il modo in cui ordiniamo e consumiamo il cibo.

La combinazione di Tecnologia e Design può aumentare la fiducia dei consumatori, rendere più sostenibili i processi di produzione e consumo alimentare e ridurre l'impatto ambientale: la Tecnologia fornisce strumenti, dati e soluzioni operative per

migliorare la sostenibilità, mentre il design implementa questi strumenti in modo pratico e intuitivo.

Possibili sviluppi futuri per le sinergie tra Gastrofisica e Innovazione Tecnologica possono riguardare l'uso delle blockchain, ad esempio, per garantire la tracciabilità degli ingredienti e la trasparenza nella filiera alimentare, facilitando anche la conformità alle normative, mentre i sensori IoT possono monitorare in tempo reale la qualità e la sicurezza di alimenti, scarti riutilizzati o stoviglie biodegradabili, riducendo il rischio di non conformità; l'intelligenza artificiale e i sistemi di ottimizzazione logistica possono migliorare l'efficienza delle filiere alimentari, riducendo gli sprechi e il consumo di risorse, mentre i sensori IoT possono monitorare in tempo rea-



Fig. 8 | Food system components, processes, activities, and actors (source: Niles et alii, 2018).

Fig. 9 | The Outer Islands Food and Water Project, characterised by a participatory and inclusive approach led by the community, was also involved in installing and modernising rainwater collection systems (source: gccasupa.org).

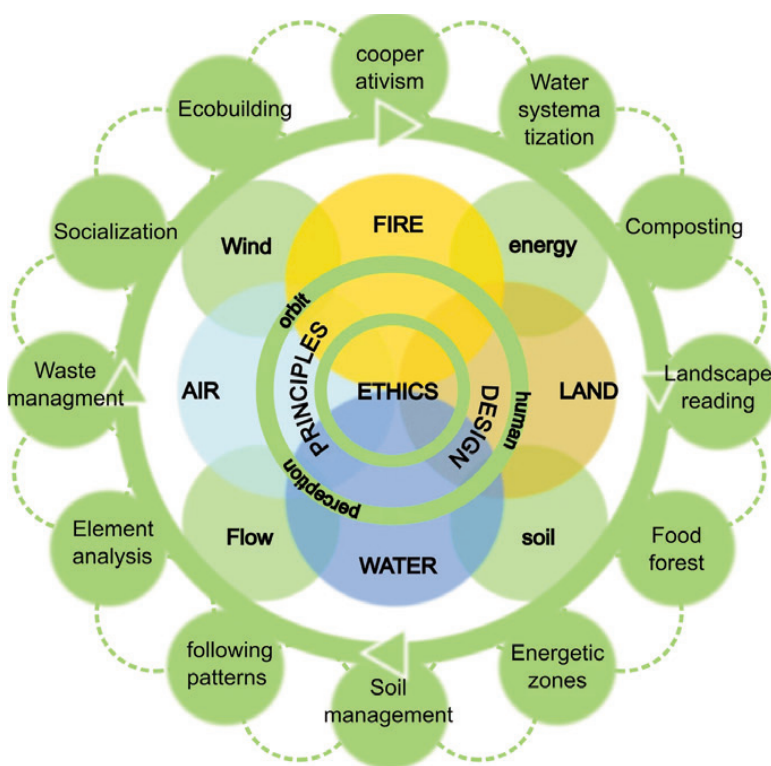


Fig. 10 | Permaculture is based on 12 key principles or 'tools' to promote human health and happiness, soil monitoring, water conservation, biodiversity, and renewable energy production (source: permaculturedesign.org).

le il consumo di energia e acqua, ottimizzando i processi nelle cucine professionali e nei ristoranti; infine il design di packaging sostenibile, realizzato con materiali biodegradabili e facilmente riciclabili o biodegradabili, può ridurre l'impatto ambientale: anche i sistemi di gestione dei rifiuti, progettati in modo funzionale e intuitivo, possono facilitare il riutilizzo degli scarti alimentari e migliorare l'efficienza.

Tecnologia e Design possono mettere in campo sinergie nei sistemi alimentari anche per abbattere i costi di produzione e distribuzione, rendendo l'Innovazione accessibile a un pubblico più ampio e adattabile a diverse disponibilità economiche. Ad esempio la stampa digitale, l'automazione e la robotica possono ridurre i costi di produzione di alimenti e packaging, mentre le piattaforme di crowdfunding, di e-commerce o comunitarie possono rendere i prodotti alimentari alternativi più accessibili, collegando produttori e consumatori senza intermediari; con lo stesso fine la progettazione di sistemi scalabili e modulari, come impianti di compostaggio o macchine per il riciclo degli scarti, può permettere alle piccole imprese di adottare pratiche sostenibili senza grandi investimenti iniziali, mentre il design di prodotti indirizzati a comunità a basso reddito, che utilizzano materiali locali o processi semplificati, può aumentare l'accessibilità.

La combinazione di Tecnologie avanzate, Design e Gastrofisica può quindi certamente incidere sul panorama culinario, offrendo esperienze multisensoriali personalizzate che migliorano la qualità e la percezione del cibo; queste innovazioni non solo possono rendere i pasti più piacevoli, ma possono offrire anche soluzioni pratiche per migliorare la salute e il benessere dei commensali. Il futuro della gastronomia è quindi strettamente legato all'evoluzione tecnologica e alla capacità di sfruttare questi strumenti per offrire esperienze culinarie indimenticabili.

**Gastrofisica e Design Medicale** | Le interazioni tra Gastrofisica e Design offrono interessanti applicazioni nel campo della cura di pazienti, attraverso esperienze personalizzate che ne migliorano il benessere, favorendone la fase di guarigione e limitando le barriere imposte dalle condizioni di salute. Una delle aree di ricerca più promettenti riguarda l'uso del suono per alterare la percezione del gusto, un campo in cui la Gastrofisica ha già ottenuto risultati significativi; ad esempio diversi Istituti sanitari hanno creato playlist sonore per aiutare pazienti diabetici a percepire il cibo come più dolce di quanto non sia realmente, riducendo così la necessità di zuccheri aggiunti: questa innovazione potrebbe migliorare significativamente la qualità della vita di chi deve seguire diete restrittive, dimostrando come la Gastrofisica possa passare dal laboratorio alla pratica clinica per raggiungere il pubblico di massa (Spence, 2017).

Un altro aspetto affascinante della Gastrofisica è senz'altro l'associazione tra colori e gusti poiché diverse ricerche hanno dimostrato come i primi arrivino a influenzare la percezione dei secondi (Wan et alii, 2014); una interessante applicazione è l'amuse bouche di Jozef Youssef con sferificazioni di gusti diversi (Fig. 21), ciascuna associata a un colore specifico, dimostrando che la maggior parte delle persone tende ad associare determinati gusti a colori specifici, come il rosso per il dolce e il verde per l'aspro. Ciò ha evidentemente possibili e utili applicazioni nel Design Medicale, dove la manipolazione dei colori dei cibi può migliorare l'esperienza

gastronomica di pazienti con restrizioni dietetiche, rendendo i piatti più appetitosi e soddisfacenti senza l'uso di additivi chimici (Velasco et alii, 2016).

Anche il design delle stoviglie e dei contenitori alimentari è area in cui Gastrofisica e Design Medicale possono sviluppare sinergie tramite colore e forma dei piatti per influenzare la percezione del gusto e la quantità di cibo consumato. Emblematico è il Eatwell Plate System (Fig. 22), sviluppato in collaborazione tra designer medicali e specialisti di Gastrofisica e pensato per i pazienti anziani con disfagia o per chi ha problemi di obesità e deve seguire una dieta terapeutica: un piatto con compartimenti consente di calibrare la giusta porzione di nutrienti e di stimolare percezioni del cibo (colore, texture, temperatura) utili a incentivarne il consumo e la masticazione e a migliorare la capacità del paziente di mangiare in modo consapevole e soddisfacente.

Altri studi hanno mostrato che le mousse di fragole sembrano più dolci e gustose se servite su piatti bianchi anziché neri, che piatti rotondi tendono a essere percepiti come più dolci rispetto a quelli spigolosi e che l'uso di piatti più piccoli e con bordi stretti può ridurre la quantità di cibo consumato, un aspetto cruciale per la gestione delle diete nei pazienti (Piqueras-Fiszman et alii, 2012; Piqueras-Fiszman, Giboreau and Spence, 2013; Stewart and Goss, 2013). Esistono poi numerose sperimentazioni che mirano a creare cibi con texture e consistenze personalizzate per pazienti che hanno difficoltà di deglutizione e con i quali, attraverso stampanti 3D alimentari, vengono prodotti pasti che mantengano un aspetto appetitoso e sono facili da ingerire (Raheem et alii, 2021).

Possibili sviluppi futuri per le sinergie tra Gastrofisica e Design Medicale possono riguardare azioni di cura e prevenzione per la salute degli utenti, attraverso metodi, strumenti e pratiche della cultura del progetto, nel migliorare la qualità del rapporto tra persone e cibo riservando particolare attenzione alla possibilità di indurre e facilitare comportamenti e stili di vita sani, fondati sui valori della cultura agroalimentare mediterranea.

Di particolare interesse saranno sicuramente i nuovi cibi nutraceutici e gli alimenti-integratori facili da trasportare e da consumare, ma anche strumenti domestici che ne facilitino e ne rendano più veloce la preparazione a casa. Molti piani terapeutici per patologie croniche, degenerative o tumorali impongono nella vita dei pazienti, già difficile, regimi alimentari molto rigidi che prevedono la prevalenza di vegetali e cibi integrali e spesso anche specifiche modalità di preparazione, conservazione e consumo, tutti aspetti che richiedono attenzione a problematiche di tipo psicologico, culturale, economico, sociale e antropologico. L'impiego degli strumenti progettuali del design consente di rendere più facilmente accettabili e adottabili le prescrizioni mediche per le persone per le quali sono di vitale importanza.

Il design del cibo può fornire un contributo anche in termini di 'design for all' rispondendo a esigenze come l'assimilare nutrienti antiossidanti o ridurre l'apporto di grassi e di zuccheri che intervengono sia in situazioni patologiche che in situazioni borderline (stress, depressione ed età avanzata) allo scopo di riequilibrare la consapevolezza del corpo, la capacità di percepire, sentire e modulare gli stimoli esterni sensoriali e multisensoriali sulla base delle più recenti mappature neuro-fisiologiche.

Potranno quindi essere concepiti snack funzionali nutraceutici con caratteristiche inconsuete per

il mondo del food come schiume, gel, sfoglie multistrato e spray, oppure alimenti con una identità fortemente caratterizzata da Scienza e Innovazione Tecnologica, con elevati contenuti esperienziali, gradevolezza e adattabilità a stili di vita frenetici e dinamici in sostituzione degli integratori in pillole che, nell'aspetto e nella modalità di assunzione, sono troppo simili ai farmaci, o ancora cibi 'aumentati' di potere nutritivo e nutraceutico, intensi ed estesi in termini di gratificazione del palato, ma a basso contenuto calorico grazie a proprietà di leggerezza e ridotta densità ottenute impiegando processi innovativi come il foaming, la gelificazione, la stratificazione e la struttura composita, oppure concepiti in modo da non richiedere l'uso di accessori tradizionali come posate o carta per essere consumati: nuove tecnologie e conoscenze scientifiche avanzate potranno essere applicate al campo del progetto degli alimenti per correlare il benessere con il senso del piacere del cibo.

### Conclusioni: fattori abilitanti e acceleratori per la sostenibilità dei sistemi alimentari

Il design per il food è un tema centrale nell'Agenda 2030 e di cogente attualità che, attraverso il filtro interpretativo delle scienze contemporanee, come le neuroscienze e la medicina personalizzata, e delle sperimentazioni transdisciplinari, può fornire l'opportunità di riflettere sugli scenari futuri dell'alimentazione e sulle adeguate soluzioni alle sempre più stringenti esigenze di benessere, salute e sostenibilità non soltanto per l'uomo ma anche per l'intero ecosistema.

La rilevanza del tema è testimoniata da due importanti documenti che riconoscono il ruolo fondamentale dei sistemi agroalimentari per il nostro futuro: il Global Sustainable Development Report 2019 (UN, 2019), che ha identificato la costruzione di sistemi alimentari sostenibili e di modelli di nutrizione sani come uno dei sei 'punti chiave' che con un'azione mirata e collaborativa può accelerare i progressi degli SDG, e il recente Strategic Framework 2022-2031 (FAO, 2021, p. 2) elaborato nel contesto delle principali sfide globali a sostegno di una trasformazione dei sistemi alimentari più «[...] efficient, inclusive, resilient and sustainable, agri-food systems for better production, better nutrition, a better environment, and a better life, leaving no one behind», che promuove una narrativa per il raggiungimento degli obiettivi improntata sui 'quattro betters' (migliore produzione, migliore nutrizione, migliore ambiente e migliore vita) a dimostrazione di come la FAO sostenga il raggiungimento degli SDG abbracciando le dimensioni economiche, sociali e ambientali dei sistemi agroalimentari e incoraggiando un approccio strategico e orientato ai sistemi.

Per il raggiungimento degli obiettivi primari ('riduzione della povertà', 'sicurezza alimentare', 'gestione e utilizzo sostenibile delle risorse naturali') e di tutti gli altri SDG il documento strategico della FAO (Fig. 23) individua quattro fattori abilitanti di cambiamento, identificandoli in 'Istituzioni e governance', 'distribuzione del reddito e della ricchezza', 'consapevolezza dei consumatori' e 'tecnologie e approcci innovativi', e quattro acceleratori, 'tecnologia', 'innovazione', 'dati' e 'complementi' (governance, capitale umano e istituzioni), che sinergicamente hanno il potenziale di garantire una nutrizione 'sostenibile' a quasi 10 miliardi di persone entro il 2050 (Weinberger, 2022): alcuni di essi risultano rilevanti per il presente saggio. Il fattore abilitante 'consapevolezza dei consumatori' mette in luce

la necessità di avviare azioni di formazione / educazione / informazione su tipo, quantità e qualità di alimenti da consumare, nonché di riduzione degli sprechi alimentari e di altri impatti più ampi dipendenti dalle scelte di consumo, in quanto i consumatori hanno la possibilità di influenzare direttamente le traiettorie future dei sistemi agroalimentari e, tramite effetti di retroazione, anche gli altri fattori abilitanti. Le giovani generazioni sono quelle più propense al cambiamento, sensibilizzate ad esempio dal cambiamento climatico che può mettere a rischio il loro futuro.

Altro fattore abilitante sono le 'tecnologie e gli approcci innovativi' su cui si fa grande affidamento per produrre di più con meno (acqua, degrado del suolo, perdita di biodiversità, costo di produzione, ecc.) e con maggiore qualità, soprattutto in termini di nutrienti. La 'digitalizzazione' e le 'nuove tecnologie' abbracciano tutti gli approcci, i sistemi, gli strumenti e le innovazioni disponibili: ad esempio i progressi della ricerca in campo alimentare e medico nell'area della genomica, del trattamento degli alimenti e della progettazione / formulazione di farmaci possono portare sempre più ad 'alimenti personalizzati' per affrontare specifiche condizioni di salute in un campo in rapida evoluzione che richiede tuttavia una guida e una supervisione normativa. Sebbene in generale l'impiego di tecnologie può determinare un divario tecnologico penalizzando gli operatori che non sono in grado di sopportare l'investimento iniziale, tuttavia un impiego strategico della Tecnologia e dell'Innovazione ha il potenziale per risolvere e minimizzare i compromessi tra gli SDG.

Oltre a essere fattori abilitanti, 'tecnologie e innovazione' sono anche 'acceleratori' degli interventi programmatici capaci di ridurre al minimo i compromessi tra i diversi SDG. Tecnologie emergenti come l'agricoltura digitale, le biotecnologie, l'agricoltura di precisione, l'agroecologia, l'IoT, l'IA e la stampa 3D, oppure scienze come la Gastrofisica stanno già cambiando il settore agroalimentare, ma la maggior parte degli attori dei sistemi agroalimentari non hanno ancora sfruttato il loro formidabile potenziale per aumentare la produzione alimentare e valorizzare i nutrienti nel rispetto dell'ambiente.

L'Innovazione nei sistemi alimentari è un altro acceleratore fondamentale per raggiungere un mon-

do libero dalla fame e dalla malnutrizione, soprattutto se abbraccia i campi del sociale, delle politiche, delle istituzioni, dell'economia e delle tecnologie basandosi su scienza ed evidenza; a livello globale alimentazione e agricoltura possono trarre grandi benefici dalla quarta rivoluzione industriale, guidata in gran parte da big data e dalle tecnologie digitali, per ottimizzare processi e migliorare i prodotti, aumentando l'efficacia, la competitività e la resilienza dei modelli d'impresa.

In tale ottica sono quindi da leggersi le sperimentazioni e i casi studio citati nel saggio poiché dimostrano come l'Innovazione nei sistemi alimentari, spinta da un approccio sistemico, olistico e multidimensionale, sia in grado di promuovere sinergie tra i diversi SDG e limitarne i compromessi; in particolare la disciplina del Design può assumere un ruolo centrale per creare un sistema alimentare più sostenibile, equo e rispettoso dell'ambiente e delle tradizioni culturali, contribuendo a trasformare la Gastrofisica in una pratica quotidiana accessibile e diffusa, capace di promuovere una relazione più sana e sostenibile con il cibo, valorizzando i benefici della dieta mediterranea, le cui proprietà antiossidanti, antinfiammatorie e lenitive, nonché la presenza di vitamine, sali minerali e fibre, costituiscono un patrimonio prezioso da tradurre in stili di vita contemporanei sani, in quanto favoriscono la prevenzione e riduzione di diverse patologie. Questo importante bagaglio di conoscenze scientifiche apre nuovi e inesplorati campi di sperimentazione progettuale per la disciplina del Design che è in grado di veicolare i valori e i potenziali benefici della cultura alimentare mediterranea, mediante il progetto di artefatti che si innestano nella freneticità e frugalità del quotidiano per divenire stile di vita e strumento di cura del benessere psico-fisico (Langella, Pontillo and Angari, 2021). Il Design ha una grande potenzialità persuasiva capace di indurre le persone a compiere specifiche azioni e scelte, rendendo tali azioni più semplici, piacevoli, divertenti, emozionanti, persistenti e continue. A tale potenzialità si aggiunge l'attitudine del Design per la Comunicazione di veicolare le più recenti conoscenze scientifiche sul rapporto tra cibo e salute rendendole accessibili e più facilmente memorizzabili per rendere le persone più consapevoli e in grado di compiere le loro scelte supportate dalla conoscenza scientifica.

Le questioni progettuali del futuro, che costituiscono possibili campi di ricerca per la disciplina del Design, sono state riportate seppur sinteticamente nei paragrafi precedenti come possibile contributo del Design della Comunicazione, del Service Design, del Design Medico e delle Tecnologie Innovative in sinergia con la Gastrofisica ai sistemi alimentari sostenibili per abbattere le numerose barriere di tipo culturale, psicologico, sociale, educativo, tecnico, economico e normativo-regolatorio che possono frenare il raggiungimento dei 17 SDG.

Alla luce delle suddette prospettive ancora più rilevante sarà la figura del Food Designer. Nell'ultimo secolo il settore alimentare non si è basato su principi e qualità semplici e intuitive, ma si è costantemente evoluto attraverso processi complessi che incorporano molteplici variabili tutte correlate tra loro; in relazione alle sfide future tale complessità tenderà ad aumentare in modo esponenziale, richiedendo l'intervento di designer specializzati capaci di interpretare gusti e attitudini dei consumatori interagendo con le nuove opportunità offerte da scienze e tecnologie attraverso un approccio olistico, transdisciplinare, orientato al futuro e proattivo.

I progettisti alimentari dovranno capitalizzare le loro competenze e integrarle con le nuove conoscenze legate alla produzione agricola, al confezionamento e alla vendita al dettaglio di prodotti alimentari, alla salute e alla nutrizione, alla Gastronomia, alla Neurogastronomia, alla Gastrofisica e ad altri aspetti tecnico-scientifici, individuando nuovi elementi di innovazione specifici del cibo (Schifferstein, 2017). Ai Food Designer sarà richiesta inoltre una profonda consapevolezza su temi come la natura viva e altamente deperibile degli alimenti, il rapporto con le risorse naturali e l'ecosistema, il livello di gratificazione sensoriale che riflette il grado in cui gli alimenti sono radicati nelle tradizioni culturali locali, tenendo sempre a mente le implicazioni etiche e politiche derivanti da una produzione e distribuzione di cibo sufficiente e sicuro per l'intera popolazione del Pianeta (Bordewijk and Schifferstein, 2020) e i diversi Obiettivi di Sviluppo Sostenibile.

Mediante la traduzione di principi e conoscenze tratti dai settori scientifici più avanzati e l'impiego di tecnologie innovative digitali, i Food Designers del futuro potranno giungere alla realizzazione di soluzioni orientate a conferire un valore terapeutico e



Fig. 11, 12 | Sky Greens in Singapore, the world's first low-carbon hydraulic vertical farm (source: independent.co.uk).

preventivo al cibo, nonché alla valorizzazione della cultura alimentare e gastronomica mediterranea, della biodiversità dei passaggi produttivi, della multisensorialità e della convivialità, traducendoli in esperienza sinestetica, salute, benessere e piacere.

The international interest in the food systems as a strategic area for achieving the Sustainable Development Goals (SDGs) outlined in the 2030 Agenda (UN, 2015) is reflected in the growing number of research activities, experiments, scientific publications, and dedicated events over the past decade. Notable examples include Expo 2015 in Milan, centred on the theme Feeding the Planet – Energy for Life, the opening of FICO Eataly World in Bologna in 2017; the Edible Futures – The Travelling initiative promoted by the Dutch Institute of Food & Design and presented by the Netherlands Embassy in Canada in 2020; and Foodture Barcelona, an annual event launched in 2019 focusing on the Summit of Innovation in Food Design, Food Tech & Sustainability. Within this context, Design has taken on a growing role through various operational modalities, ranging from the development of tools for the food sector and the design of environments for food production and consumption to the communication of the intrinsic values of food products and the creation of innovative, nutrient-rich, and healthful foods.

Through transdisciplinary approaches, Design can integrate with scientific disciplines such as Gastrophysics, Gastronomy, Biotechnology, Food Science, Neurology, and Psychology to develop inclusive food models based on a systemic approach, positively impacting the achievement of all 17 SDGs. This integration can occur primarily through a shared goal-setting process: transdisciplinary academic research and teaching projects can involve design researchers and scientists in designing the future food landscape by working toward shared sustainability and health objectives within a 'one health' perspective. This collaboration will lead to the adoption of common technical languages, materials, approaches, and tools, enabling hybrid experiments on mutual areas of interest, such as the use of 3D food printing, the creation of new 'superfoods', and the establishment of circular, synergistic, and symbiotic supply chains (Angari et alii, 2021).

By acting as a catalyst for socio-cultural, economic, environmental, technological, and political transformations, Design will address the growing demands for food security, sustainability, circular economy, innovation, and community empowerment. It will develop methodologies and practices critically and responsibly to improve the relationship between individuals, food, and the environment while promoting healthy lifestyles.

Central to this effort is the transfer of scientific knowledge about healthy dietary models, including the Mediterranean diet, and the integration of related cultural and productive heritage. This fosters contemporary lifestyles characterised by conviviality, food quality, multisensory gratification, attention to detail, and well-being. At the same time, it seeks to reduce environmental impact by efficiently utilising plant-based resources, preserving crop biodiversity, lowering carbon emissions, and optimising water use.

Integrating Design with techno-scientific disciplines related to food opens up new professional perspectives and skills that can promote the value of

healthy food culture through environments, communicative artefacts, utensils, packaging, and functional foods. These elements can be incorporated into daily life as physical and psychological care and well-being tools.

In recent years, several master's programs and specialised courses<sup>1</sup> have been launched, both in Italy and abroad, by academic Institutions to train designers with expertise in the food sector. These programs prepare professionals capable of designing products, services, spaces, and even food itself. Roles such as Food Product Designer, Food Service Designer, Food Brand Manager, and Food Innovation Specialist are developed with transdisciplinary skills, enabling them to operate across various domains of the food sector. They aim to propose innovative models for production and design, oriented toward sustainable, healthy, and inclusive nutrition and grounded in a systemic approach. Thanks to these new professional roles, the Design persuasive power can facilitate specific actions and choices, making them simpler, more enjoyable, and emotionally engaging. By effectively communicating scientific knowledge about the relationship between food and health, Design can increase user awareness and help them make informed choices.

Given these premises, this paper aims to 'nourish' the scientific debate on the centrality of food systems in achieving the goals of the 2030 Agenda. It does so by employing Design's approaches, methods, and tools, integrated with those from other scientific disciplines, particularly Gastrophysics. The goal is to provide industry professionals and future Food Designers with a state-of-the-art overview that systematises the vast potential offered by transdisciplinary and innovative digital technologies. This framework encourages the identification and experimentation of systemic, sustainable practices and solutions for future food and nutrition systems.

Specifically, the paper outlines the principles, methods, categories, parameters, and norms of Gastrophysics that emphasise the multisensory aspects of nutrition. It highlights early experiments, from Futurism to the present day, and examines the synergies and compromises, strengths, and barriers that food systems may present in achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). It explores potential synergies between Gastrophysics and Communication Design, Service Design, Technological Innovation, and Medical Design to overcome identified barriers, identifying possible actions and research issues for the sustainability of food systems. Finally, the paper identifies the enabling factors and accelerators of change that can contribute to the sustainability of food systems. It underscores the need for Food Designers to expand their knowledge to approach food design holistically, transdisciplinarily, future-oriented, and proactively.

#### Methods, limitation, and originality of the study |

The study was conducted using the Scoping Review method (Arksey and O'Malley, 2005), a research methodology that allows for the creation of a 'mapping' of the available scientific literature on a topic, and in this specific case on the potential of food systems to achieve the SDGs and on the possible interactions between Gastrophysics and Communication Design, Service Design, Technological Innovation and Medical Design, highlighting their strengths, limitations and criticalities. The Scopus database was used to analyse the state-of-the-art, through

which research published between 1 January 2009 and 30 June 2024 was selected; the survey was carried out by entering strings with different combinations ('Gastrophysics', 'Communication Design', 'Service Design', 'Technological Innovation', 'Medical Design', 'SDGs', 'Sustainable Development Goals', 'Food Systems', 'Project', 'Case Study', and 'Good Practice/s') and selecting the contributions that met all the following conditions: 1) presence of at least two keywords in the title, subtitle, or abstract; 2) critical analysis of at least one case study consistent with more than two SDGs; 3) text in English. Other case studies were selected from the 2009-2024 timeframe in the portals of major international organisations.

Although the Scoping Review produced relevant results in terms of the number of publications and good practices using the keywords 'Food Systems', 'Technological Innovation', 'Sustainable Development Goals', and 'SDGs', their combination with 'Gastrophysics', 'Communication Design', 'Service Design', and 'Medical Design' did not produce any results; therefore, the contribution has the potential to advance knowledge in the discipline of Design. The study's limitations include the use of a limited number of keywords, the selection of English-only texts and the perimeter of the study over the last 15 years. However, the survey criteria were carefully assessed and considered justified – for the purposes of this study – as the Scopus database and the English language are a reference for the international scientific community, the combinations of the various keywords make it possible to identify – already from the title, subtitle, and abstract – the papers of interest for the present study, and the reference period is sufficiently large.

**Design and Gastrophysics** | Since the Industrial Revolution, human food consumption has radically changed. While historically constrained by what was readily available, food in the Western world is now abundantly accessible, with most products mass-produced and distributed. This availability has fundamentally altered the logic governing eating behaviours, prompting scientific research to understand the factors influencing food choices (May-Wilson et alii, 2022). Pleasure and enjoyment are decisive factors in consumer food choices (Clark, 1998) and Design can contribute significantly by developing new products with specifically engineered sensory characteristics. Such designs aim to promote healthier and more sustainable eating habits.

The term 'flavour' is 'the complex combination of olfactory, gustatory, and trigeminal sensations perceived during tasting'; it may be influenced by tactile, thermal, painful, and kinesthetic effects (ISO, 2008). When consuming food and beverages, a wide range of chemical components are released into the mouth, classified as 'volatile' and 'non-volatile'. These components are responsible for various taste- and smell-related sensations. Volatile molecules are released from the food matrix during consumption, activating the olfactory system, while irritating non-volatile components are detected by the gustatory and textural systems (Gawel et alii, 2018; Zarzo, 2007). This interdisciplinary approach positions Design as a transformative tool, capable of addressing the challenges of modern food systems while fostering innovation, sustainability, and the promotion of healthy lifestyles.

The stimuli that trigger tactile, irritant, and thermal sensations originate from the activation of chemosensory and somatosensory receptors within the

oral cavity (Gawel et alii, 2018; Guinard and Mazzuchelli, 1996). Unlike taste and aroma, mouthfeel is generally associated with signals transmitted by the trigeminal receptors (Hewson et alii, 2009; Reynolds, 2010) and is considered a crucial sensory parameter in the gustatory experience (Liu et alii, 2017).

The macroscopic shapes and surfaces of food provide the first impression when food is brought to the mouth. However, the overall pleasure and flavour of food are determined by a series of non-visible processes. From a purely physical perspective, food must be treated as a multiscale system (Limbach and Kremer, 2006), a fact that becomes evident in the sensory qualities perceived during eating (Lucas, et alii, 2002): as food is bitten, chewed, and swallowed, it is broken down and releases aromas, interacting with the oral cavity before ingestion. During this brief interval, the composite process of multisensory taste perception occurs (Chen and Engelen, 2012), primarily involving unconscious physiological and psychological aspects.

Thomas Vilgis (2013) from the Max Planck Institute for Polymer Research observed that food can be analysed and designed through the lens of material science. A common characteristic of the wide variety of raw and cooked foods is that they consist of multicomponent materials, including proteins, carbohydrates, minerals, fats, and water, which account for most of their structural and textural properties. Due to the varying solubility of these components in primary solvents like water and fat, many physical properties, such as structure and texture, are determined by the interactions between these components. Specifically, the water and fat content in foods influences the solubility of compounds and ions, significantly affecting aroma release and taste perception. These compounds diffuse across the tongue, stimulating taste buds and trigeminal receptors.

The multisensory perception of food, which arises from its chemical properties, texture, and the way it is processed in the mouth, plays a significant role in nutrition. Gastrophysics is the science that, for over 20 years, has studied these qualities relating to the physicochemical characteristics of food and the influence of internal and external environments. Char-

les Spence (2017) defines Gastrophysics as 'the scientific study of the factors influencing multisensory perception during the consumption of food and drink, combining principles of gastronomy and psychophysics'. This discipline scientifically examines human perception, treating individuals as systems that systematically respond to calibrated sensory inputs. Gastrophysicists employ precise scientific methodologies to objectively evaluate food qualities, aiming to understand the factors that truly influence human behaviour.

Through Gastrophysics, Design gains access to the study of food at various scales, viewed through the lens of multiple disciplines: Nanometric scale focuses on food chemistry, aroma chemistry, quantum chemistry, and molecular biology related to sensory receptor physiology and functioning, as well as material science; Micrometric scale examines the microstructure of food, which strongly influences its texture; Macroscopic scale considers food technologies involved in production and processing and incorporates insights from humanities and medical sciences, such as Anthropology, Ethnography, Psychology, and Neurology (Vilgis, 2013). Gastrophysics thus involves multiple dimensional and temporal scales, all intricately interconnected. At the perceptual level, each scale and time frame plays a crucial role and can be modulated during food processing to design specific sensory properties.

Food companies employ expert panels to conduct analyses based on shared and standardised sensory parameters established by national and international norms. The results of these analyses are used for research and development activities, quality control for product certifications and voluntary standards, and market research targeting specific consumer groups or general populations. Conducted with rigorous scientific methods, these analyses primarily ensure that food perception aligns with market expectations and preferences.

However, these tools are largely confined to food technologies. If made accessible to designers, they could be instrumental in developing new food concepts that appeal to the market while strategically making healthier foods more attractive. This would

align producers' interests with public health objectives, reversing the trend fostered by marketing over recent decades that has associated pleasure and desire with unhealthy foods (Mouritsen, 2016a, 2016b).

The overcoming of barriers between design and techno-sciences should not be interpreted as a process of homogenisation or a loss of complexity. On the contrary, it represents a paradigm in which diverse forms of knowledge engage in dialogue, valuing and respecting their unique specificities and expertise. Only through collaborations in research projects or entrepreneurial initiatives, involving all stakeholders from the outset and granting equal status to designers, technologists, and scientists, can a shared convergence of languages, timelines, and methods be achieved. This approach acknowledges the wealth of knowledge and experiences each partner brings to the project. What emerges is an approach that profoundly redefines the culture of design, enriched by a collective attitude where all voices contribute differently but synergistically.

To effectively use such tools, designers need to acquire new, specialised scientific competencies beyond their traditional training (Langella, 2019). These include Gastronomy, which explores the relationships between culture and food; Food Chemistry and Physics, which explain how food composition affects perception; Psychology and Neurology, which help understand how people associate food with memories, sensations, and emotions; Production Processes to devise methods that ensure specific sensory qualities can be reproduced on an industrial scale.

Neurogastronomy, a discipline founded by Gordon Shepherd (2015), also plays a role in the multisensory perception of food. It investigates the biological, emotional, and cultural factors influencing the neural mechanisms triggered by food during tasting. Sensory data received through the five senses are processed by sensory organs and interpreted in dedicated brain regions. Research on the relationship between neuroreceptors and sensory data formation is highly active. For instance, the 'visual design' of foods, including their appearance and the iconography used in media communication, is critical. Virtual reality applications in Neurogastronomy can sim-



**Fig. 13** | The cup produced by Coffeefrom with 3D printing and a blend made from coffee grounds (source: coffeefrom.it).

**Fig. 14** | Narayana Peesapaty's Edible cutlery is made from dough made from wheat, jowar, and rice powder: the spoons are crunchy and come in three different flavours (sweet, salty, and plain); spices like rock salt, cumin seeds, and black pepper are mixed with the dough to make them flavourful; soybeans, barley, ragi, and millet are used to make them gluten-free (source: flavorfulz.com).





**Fig. 15** | The BIO.tech HUT by ecoLogicStudio is a prototype of future housing that explores the anthropological relationship between humans and the natural environment, tests scenarios, and promotes a new narrative of food and energy (source: archello.com).



**Fig. 16** | AIReactor by ecoLogicStudio is an indoor photobioreactor capable of absorbing carbon dioxide and pollutants, oxygenating the air, and producing spirulina for food use (source: designdiffusion.com).

ulate different food presentations and collect large datasets beneficial for food design and marketing (Tokat and Yilmaz, 2023).

Somatosensory perception strongly influences food design (Agorastos, 2023) and plays a significant neurological role. Sensory nerve pathways transmit tactile, proprioceptive, thermal, and pain impulses to the spinal cord via the dorsal roots of spinal nerves. In eating, somatosensory perception is activated by tactile receptors in the skin and mucous membranes of the oral cavity and pharynx, enabling the detection of temperature, astringency, oiliness, and granularity or structure. Muscle receptors in the jaw and at the roots of teeth contribute to chewing and sucking, allowing for the appreciation of kinesthetic sensations based on muscular sensitivity. Touching or chewing food reveals textural sensations like succulence and grain, which depend on the material's reaction to pressure.

A transdisciplinary approach is essential in these fields. This approach does not merely combine or intersect disciplines but synthesises them into innovative frameworks that transcend traditional boundaries, opening new avenues for exploration and understanding. In Design, transdisciplinarity integrates knowledge and methodologies from diverse fields, such as architecture, engineering, psychology, semiotics, and behavioural sciences. Designers must specialise in particular areas, such as micro-typography or UX/UI design, while also possessing the versatility to collaborate across disciplines. This versatility, often symbolised by the 'T-shaped professional', represents deep specialisation (the vertical line) and broad interdisciplinary integration (the horizontal line). Design thus acts as a cultural and technological mediator, fostering meaningful exchanges that drive innovation (Zurlo, 2012; Chung, 2020).

Gastrophysics and Neurogastronomy are inherently transdisciplinary. As Charles Spence (2017) describes, Gastrophysics combines elements of experimental psychology, cognitive neuroscience, sensory science, marketing, design, and behavioural economics to study the factors influencing our multisensory perception of food and beverages. Unlike modernist cuisine, which focuses on food preparation, or sensory science, which analyses perceptions in laboratory settings, Gastrophysics examines how the brain processes sensory information and how this shapes taste experiences. This blend of Gastronomy and Psychophysics provides a deeper understanding of food experiences by integrating multiple perspectives to offer a more comprehensive view of food enjoyment and its associations (Coucquyt, Lahousse and Langenbick, 2020).

Multisensoriality is, therefore, an important aspect of nutrition, to which many companies dedicate in-house laboratories based on increasingly established criteria. However, these facilities rarely include designers who can bring a design culture to food development and innovation. Instead, they often prioritise technical roles such as food technologists, marketing experts, or engineers, especially when the goal is to optimise transformation processes. This occurs partly because specialised educational pathways for designers oriented toward the food sector were historically uncommon, and partly due to companies' tendency to minimise costs by relegating designers to roles as graphic designers or packaging developers. The designer's natural inclination toward 'lateral thinking', which integrates human and technical factors with alternative perspectives, makes it possi-

ble to address the holistic complexity of individuals and translate the paradigm of multisensoriality into technical solutions that are not only effective but also innovative and original (Marti and Recupero, 2021).

For example, many sensations experienced during food consumption derive from its texture, a multidimensional quality closely tied to the structural composition of the food. Our sensory system detects and connects these characteristics with unconscious and emotional factors rooted in individual experiences, which often influence food preferences, as is the case with so-called 'comfort foods' (Jones and Long, 2017). The ability to understand these complex connections and translate them into innovative forms, such as porous, layered, or honeycomb structures, can enhance user satisfaction. Manipulating the properties of ingredients to achieve the desired texture and preserve it until consumption represents a challenge that bridges chemical-physical principles with perceptual-material aspects. When this expertise is leveraged to guide preferences toward healthier foods – often overlooked in favour of less nutritious but more appealing options – Design can become a valuable tool for both society and food manufacturers.

**Sensory analysis in food: categories, parameters, and standards** | Eating involves multiple sensory and neuropsychological domains. The physicochemical properties of food elicit physiological responses linked to nutrient-neurotransmitter interactions and sensory receptor activity. However, these properties also have profound cognitive and emotional implications. When food enters the mouth, processes are activated that shape the overall tasting experience.

Sensory analysis in the food sector is a scientific methodology used to evaluate the organoleptic qualities of products, regulated by various UNI and ISO standards. These qualities encompass the chemical-physical characteristics perceived by the senses (smell, sight, taste, touch, and hearing). Standards in this field prescribe the approaches to apply and the protocols to follow in analysing, measuring, interpreting, and understanding human perceptual responses to sensory stimuli associated with food properties. The scientific rigour of this process ensures repeatable and reliable results under identical conditions, removing the subjectivity that typically characterises eating in natural settings.

These analyses evaluate a variety of organoleptic descriptors tailored to the specific products being examined. For Food Designers specialising in certain food categories, understanding industry standards and descriptors is crucial. However, it is equally valuable for them to be aware of qualities and descriptors used for other foods. Considering uncommon qualities within a specific food category can foster innovation. For example, aerated chocolate bars were developed with the support of researchers from the University of Reading (UK), who tested the effects of various gases (e.g., nitrous oxide, nitrogen, carbon dioxide, and argon) on the chocolate's structure, bubble size, and sensory properties. Nitrous oxide proved most appealing to test panel members (Haedelt, Beckett and Niranjani, 2007), enabling the new product to stand out in a market characterised by high demand for innovation. This unique quality contributed to the brand's success.

The concepts of taste and flavour are fundamental in Design, not only as sensory perceptions but also in defining and expressing sensory attributes or

qualities. Designers must distinguish between terminologies and understand the differences among various types of taste perception. Familiarity with diverse organoleptic qualities allows for creative opportunities to design pleasurable and memorable gustatory experiences rather than merely functional foods. For instance, while taste preferences are subjective, studies on food perception and enjoyment have shown that many people statistically favour composite textures that enrich flavour and appreciate surprises like the breaking of capsules or the release of juices. These elements add an experiential dimension to tasting (van Eck and Stieger, 2020).

One key UNI standard for sensory analysis of foods is UNI EN ISO 8586:2014 (Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors). This standard provides an objective framework for evaluating food, requiring a representative sample of consumers to assess products under conditions similar to typical consumption. A common goal of sensory analyses is the detailed characterisation of a single food product. This process involves 8-12 expert panellists, coordinated by a panel leader, who evaluate, for example, whether a sample conforms to a varietal standard. Panellists are trained to understand what their senses perceive, where these sensations occur, with what intensity, and for how long. They also learn to communicate their perceptions effectively. Their reliability and discriminatory ability, honed through training and field experience, transform them into analytical instruments capable of identifying and quantifying a food's characteristics.

Sensory analysis evaluates various parameters or organoleptic attributes grouped into broad categories. Familiarity with these categories is highly beneficial for strategic decision-making in the food industry during different stages of product development and management. By analysing scientific literature and synthesising the various categorisations of organoleptic attributes proposed by researchers specialising in this field (Vilgis, 2013; Guinard and Mazzucchelli, 1996; Clark, 1998; Di Lorenzo et alii, 2009; Heymann and Lawless, 2010; Gawel et alii, 2018; Aktar, Upadhyay and Chen, 2019; Agorastos et alii, 2020) an original categorisation has been developed. This categorisation is specifically designed as a tool for food design or as part of the training of Food Designers (Tab. 1).

The sense of smell plays a crucial role in the concept of flavour. Volatile aromatic compounds, responsible for aromas and odours, have specific structures selectively detected by specialised receptors in the olfactory bulb. While odours are perceived orthonasally, directly through the nose, aromas are detected retronasally, mediated through the mouth. Both aromas and odours are categorised into a wide range of perceptual parameters (Fig. 1).

Beyond primary organoleptic qualities, designers must also analyse composite qualities and the interaction between sensory attributes. For instance, the irritation and pain caused by capsaicin and piperine reduce the intensity of sweet, bitter, and umami tastes but have little or no effect on sour and salty tastes. Similarly, increased food viscosity can dampen olfactory perception intensity (Mouritsen, 2021).

Basic terminologies are complemented by composite terms used in the food industry. For example, flavour represents a combination of olfactory and gustatory sensations experienced during the tast-

ing, influenced by tactile, thermal, painful, and kinesthetic effects. Meanwhile, texture is understood as the sensory manifestation of food based on its rheological and structural properties (e.g., grain, fibrosity, and smoothness) and how these structures react to applied forces, engaging the senses of touch, sight, and hearing (Szczesniak, 2002).

### Gastrophysics is 'everything else': experiences from Futurism and the contemporary

According to Spence (2017) Gastrophysics is «[...] everything else [and] the pleasures of the table reside in the mind, not in the mouth». This perspective highlights why even the best-executed cuisine reaches its limits without considering factors beyond taste. To understand what truly makes a dish or drink appealing, stimulating, and memorable, one must explore the role of 'everything else'. Even a simple act like biting into a fresh, ripe apricot is, upon closer inspection, an incredibly complex multisensory experience. The brain integrates the aroma, flavour, texture, colour, and sound of the juicy flesh crushed by the teeth, along with the tactile sensation of the fuzzy skin in the hand and mouth. These sensory inputs and memories significantly contribute to the overall perception of taste, all of which occur in the brain.

Gastrophysics traces its roots to Italian Futurism in the 1930s when pioneers like Filippo Tommaso Marinetti explored new dimensions of sensory perception during meals. Their radical and innovative approach included tactile, olfactory, and auditory experiments that laid the groundwork for this modern science. One iconic example is the olfactory meal proposed by the Futurists, where dishes were passed under diners' noses to stimulate curiosity and provide sensory counterpoints (Marinetti and Fillia, 1932), a precursor to today's experiential cooking techniques. Marinetti also organised tactile dinners, where diners were required to continually feed their fingertips on the pyjamas of their table neighbours (Marinetti and Fillia, 1932). This practice of integrating tactile and olfactory elements into meals has been revitalised by modernist chefs such as Jozef Youssef (Kitchen Theory), who, in 2015, presented a dish called Marinetti's Vegetable Patch. Inspired by the Futurist Ortotattile (Marinetti and Fillia, 1932), diners were invited to touch cubes covered in different materials while tasting the food. The experiment demonstrated that tactile sensations can alter taste perception, validating the Futurists' insights. The Futurists also experimented with spraying perfumes directly on diners, a technique echoed in high-end restaurants today. Marinetti and Fillia (1932) wrote that 'each dish must be preceded by a fragrance that will be cleared from the table using fans'. A contemporary example is chef Homaru Cantu of Moto restaurant in Chicago, who uses chilli sprays to engage customers, reflecting the Futurists' innovative legacy in using aromas (Vettel, 2013; Cantu, 2017).

The concept of Gesamtkunstwerk, or total work of art, introduced by Richard Wagner (1850), profoundly influenced the Futurists, who sought to apply this vision to gastronomy. They aimed to create experiences engaging all the senses beyond simple taste. This idea has found new life in modern Gastrophysics, where the fusion of science, art, and technology generates immersive, multisensory gastronomic experiences. A prime example is chef Paul Pairet's Ultraviolet restaurant in Shanghai (Fig. 2), which integrates sound, light, aroma, video, and tactile stimuli to create a unique culinary journey. Each

dish in the tasting menu is accompanied by a carefully choreographed multisensory performance designed to enhance flavours and foster an emotional connection to the food. The intimate setting, with only ten seats, uses video projections, sound effects, dispersed aromas, and temperature changes to stimulate the senses (Gogois, 2014). «You can't escape from what I'm trying to convey. Everything will lead you to [develop] a strong focus on the dish», explains Paul Pairet (cit. in Joe, 2014).

A tangible example of how Gastrophysics integrates 'everything else' is the Canadian company Molecule-R and its Aromafork (Fig. 3). This commercially available kit includes four metal forks equipped with absorbent paper discs and 20 vials of various aromas designed to enhance the flavour of food with each bite. The Aromafork exemplifies how utensils can influence the taste experience, demonstrating that touch and even smell play crucial roles in food perception (Classen, Howes and Synnott, 2005).

Another noteworthy project is Tableware as Sensorial Stimuli (Fig. 4) by designer Jinyun Jeon, a line of utensils designed to stimulate the senses during food consumption and enhance the overall gastronomic experience. The design influences temperature, texture, weight, and even colour. Materials with varying thermal conductivity create sensations of warmth or coolness, while textured surfaces engage the sense of touch. The project aims to integrate a complete sensory experience into the culinary process, considering how different senses interact to shape food perception. This innovative tableware design merges sensory and aesthetic considerations, highlighting the interplay between sight, touch, taste, and hearing in enhancing food perception (Welch, Youssef and Spence, 2016). Another fascinating concept is emotional ventriloquism, which illustrates how the tactile and visual sensations of food packaging influence our perceptions of food. Designer Naoto Fukasawa created packaging (Fig. 5) that mimics the surface of fruits such as bananas, strawberries, and kiwis (Ricciardiello, 2015). These emotional packaging designs not only improve the tactile experience but also enrich flavour perception, demonstrating that Gastrophysics extends beyond taste to encompass every aspect of the culinary experience, from the utensils we use to the packaging we touch, emphasising that 'everything else' is vital to understanding and enhancing food experiences.

In addition to food choice, the social context in which food is consumed plays a critical role. Recent studies reveal that people living alone waste significantly more food than those living and eating in groups. This issue is exacerbated by standardised portion sizes available in supermarkets, which are often unsuitable for individuals leading solitary lives (Genova and Allegretti, 2024). Modern technology and the fast-paced lifestyle have further complicated eating habits, increasing the prevalence of distracted meals where individuals eat while watching television or using electronic devices. Such distractions reduce mindfulness and enjoyment of meals, even when individuals physically eat in company, as they may still be engrossed in screens (Elliott, 2015).

Conversely, eating in the company of others can have significant positive effects on mood and food perception, enhancing the taste experience and fostering socialisation and cooperation. Archaeological studies even show evidence of communal meals dating back over 12,000 years (Jones, 2008). An ingenious solution to counteract technological distractions was tested in 2013 at the Salve Jorge bar in São Paulo, Brazil, with the Offline Glass (Fig. 6). This beer mug features a modified base that can only stand upright when balanced on a customer's phone, promoting a more sociable attitude during gatherings by forcing customers to disconnect from their devices. Though somewhat wobbly as a design, it represents a socially sustainable approach to combat the isolating effects of smartphones (Spence, 2017).

#### Food systems and Sustainable Development Goals: synergies and trade-offs

Food systems are both a cornerstone and a critical challenge for achieving the United Nations' 2030 Agenda for SDGs (UN, 2015). These systems are not only fundamental to ensuring food security but also play a pivotal role in addressing all SDGs (Niles et alii, 2018; Fassio, Cionchi and Tondella, 2020; Anderson et alii, 2022; FAO et alii, 2023; IGS, 2023; Fig. 7). Food systems impact poverty, health, gender equality, culture and education, responsible production and consumption, natural resource management on land and at sea, and the fight against climate change (Fig. 8). Numerous international best practices demonstrate how mindful management of food production and consumption can generate positive synergies across various areas of global development. These

efforts can potentially create a more sustainable, equitable, and secure world.

The Empowering Women in Agrifood<sup>2</sup> (EWA) is a training program (SDG 4) aimed at women, designed to promote their economic inclusion (SDG 8) and gender equality in agri-food systems (SDG 5). It also contributes to other objectives, including poverty reduction (SDG 1), food security (SDG 2), and health and well-being (SDG 3). The program seeks to create opportunities for women who, on the one hand, play a significant role in food production, processing, and distribution (FAO, 2023), and, on the other hand, are often discriminated against in many developing countries due to sociocultural factors that also significantly impact their nutrition and health (Osabohien and Matthew, 2024). Launched in 2020, promoted by EIT Food, and co-funded by the European Community, the program provides women with the skills and resources to establish innovative, sustainable, and successful businesses in the agri-food sector. It also offers the support of a network of companies and investors in the field to structure partnership agreements (SDG 17). Between 2020 and 2023, the EWA program welcomed over 370 female entrepreneurs, awarded more than €560,000 in prizes to top participants upon course completion, and succeeded in attracting approximately €12 million in startup investments. Furthermore, it contributed to the growth in clients, employees, or revenue of over 40 agri-food startups.

Despite the numerous synergies between the Sustainable Development Goals (SDGs) and food systems, significant trade-offs also exist. These often stem from the difficulty of reconciling short-term economic demands with the long-term need for sustainable natural resource management and equitable distribution of social benefits.

Food systems have significant interconnections with the goal of 'clean water and sanitation', especially in the current climate emergency and regions affected by drought and irregular precipitation. To avoid the use of potable water for agriculture, attention is increasingly being directed toward 'non-conventional' water resources, those requiring costly specialised processes for utilisation or low-cost solutions and technologies for the collection and reuse of rainwater for various purposes. This is exemplified by the Outer Islands Food and Water Project, an experimental initiative (2014-2023) funded by the International Fund for Agricultural Development (IFAD,



Figg. 17, 18 | Printing waste ingredients and gourmet dishes (source: it.mashable.com)



Fig. 19 | Immersive dinners by Immersive Show Dinner (source: 10wattlocation.com).

2024). The project targeted the population of Kiribati, a Pacific island nation comprising 33 islands and atolls, among the most climate-vulnerable areas on the planet due to a combination of rising sea levels, hurricanes, and prolonged droughts.

Kiribati's islands are characterised by shallow, alkaline soils with low organic content, limited freshwater sources prone to saltwater contamination, and a high dependency on imported food, the cost of which is influenced by international political-economic events and fuel price fluctuations. To address these challenges, the project enabled local populations to achieve near self-sufficiency (Bailey et alii, 2018), by holistically valuing natural resources and providing the technical means and skills necessary to plan and implement community development interventions (SDGs 8 and 11). These efforts focused on access to clean water (Fig. 9), domestic food production, and nutritional education. Participatory processes led to the construction of 234 rainwater harvesting systems (SDG 6) and 2,135 gardens (SDGs 1 and 2). These were complemented by training courses (SDG 4), primarily aimed at women (SDG 5) and young people, on the nutritional properties of local fruits and vegetables, significantly improving the inhabitants' living and health conditions (SDG 3).

Moreover, using low-energy technologies and renewable energy sources, such as solar power, facilitated more sustainable food production (SDG 7). Agricultural practices aimed at preventing soil erosion and promoting climate-resilient crops enhanced community resilience to climate impacts, critical for islands facing drought and rising sea levels (SDG 13). Marine resources, essential to the local diet, were sustainably managed through regulated fishing practices (SDG 14), while the promotion of native plant cultivation and ecosystem preservation contributed to biodiversity conservation (SDG 15).

The initiative's success resulted in additional funding to replicate the model on five other islands, involving 24 villages and approximately 1,700 families. However, the project faced significant trade-offs, posing challenges to sustainable management in such fragile ecosystems: SDG 2 and SDG 14: The need to intensify fishing to ensure sustenance risked overexploitation of marine resources; SDG 2 and SDG 6: Balancing potable water availability for agricultural and domestic use during prolonged droughts proved difficult; SDG 1 and SDG 13. Introducing advanced agricultural technologies, critical for climate

resilience, incurred high costs, often unsustainable for low-income families without financial support.

A similar initiative, the Blue Economy Project in Seychelles, has demonstrated the essential role of food system governance and international cooperation in achieving equitable and sustainable development (Benzaken et alii, 2022). Funded by the World Food Programme, the project focuses on improving food accessibility in conflict areas to promote peace and stability, strengthening social justice and institutional frameworks (SDG 16). It leverages partnerships among governments, NGOs, and the private sector to achieve common goals (SDG 17) while emphasising sustainable aquaculture (SDG 14) and economic development through maritime tourism (SDG 8). However, if unregulated, maritime tourism can increase pressure on ecosystems, compromising long-term sustainability.

The goal of 'clean and affordable energy' also has important connections with food systems, particularly when production practices yield multiple benefits. One example is Permaculture (Fig. 10), a system, or rather, a philosophy of production that replicates natural ecosystem models and strategies while fostering responsible, self-sufficient communities. Permaculture promotes seasonal crops, waste recycling, reduced food waste, and the adoption of locally appropriate technologies (Vacanti and Leonardi, 2024). Its potential includes reducing dependency on non-renewable energy sources through domestic biodigesters, which convert food scraps and animal waste into biogas for heating and liquid fertiliser for crops. Additionally, renewable natural resources like solar and wind energy generate electricity.

Innovative food production systems are likely to find fertile ground in highly industrialized and densely populated countries. Examples include Skyfarm, Farmscraper, Farmhouse, and Jian Mu Tower (Basso et alii, 2023; Tucci and Carlo Ratti Associati, 2023). In Singapore, for instance, Sky Greens (Fig. 11, 12), became the first low-carbon hydraulic vertical farm (Benke and Tomkins, 2017). To address the shortage of arable land amid continuous population growth, Singapore's Food Authority<sup>3</sup> launched the ambitious '30 by 30' initiative, aiming to produce 30% of the country's food needs domestically by 2030. This involves high-tech fish farming tanks that recycle water and nutrients and vertical hydroponic greenhouses that grow plants efficiently using nutrient-enriched water rather than soil. However, the

most impactful sustainable practices are those requiring lower investments and involving larger populations, particularly in low-income countries.

In developing nations, noteworthy practices include those studied by Zahra Didarali and James Gambiza (2019), who compared traditional farming practices with Permaculture in three rural villages in South Africa and Zimbabwe. These communities face daily challenges related to food insecurity and environmental degradation. Semi-structured interviews revealed that Permaculture contributed over 40% of the total income in all three case studies (SDG 1 and 2), improving dietary variety and health (SDG 3), social resilience to environmental changes (SDGs 11 and 13), biodiversity (SDG 15), water resource management (SDG 6), renewable energy use (SDG 7), and reducing business costs (SDG 8).

However, the study also highlighted Permaculture's limitations, primarily the need for operator training and initial investments often inaccessible to local populations. International organisations and local institutions must provide targeted strategies to promote eco-sustainable agricultural practices as alternatives to traditional methods. In such contexts, only through public / private partnerships can a paradigm shift occur, from a linear production approach to a holistic and circular one, recognising individuals not merely as food producers but as stewards of ecological systems that provide ecosystem services.

Another emblematic project is Fairtrade in Ethiopia, which aims to improve the economic, social, and environmental conditions of coffee producers by offering a more equitable and sustainable trade system<sup>4</sup>. Coffee, one of Ethiopia's primary export resources, is a crucial income source for millions of smallholder farmers. However, the sector faces significant challenges, such as global market price instability, climate change effects, and regional infrastructure limitations. The Fairtrade model addresses these issues by guaranteeing a minimum price for growers and an additional premium for improving living conditions in rural communities (SDG 9). These improvements include infrastructure (SDG 11), schools (SDG 4), healthcare services (SDG 3), and access to clean water (SDG 6), making this approach an integrated community-based solution that goes beyond mere product certification.

The Fairtrade system is not merely an economic framework but also a mechanism for empowering farmers within the value chain, ensuring greater eq-

uity and recognition of their labour. Small-scale producers achieve economic stability (SDG 1) by organising into cooperatives, which provide access to essential goods and services for the community (SDGs 2 and 3) and technical knowledge (SDG 4) on more responsible and sustainable agricultural practices. These practices include reducing harmful pesticides and fertilisers, optimising water and soil management, and fostering methods that are competitive and resilient to climate change (SDGs 11, 12, 13, and 15). Such efforts simultaneously enhance product quality and minimise the environmental impact of crops. The Fairtrade project in Ethiopia also demonstrates the potential for improving the sustainability and transparency of the value chain through agroforestry techniques that integrate plants and trees to enhance biodiversity and climate resilience.

In alignment with the Sustainable Development Goals (SDGs), the Ethiopian Fairtrade project connects to multiple key areas, fostering significant synergies while highlighting trade-offs between occasionally conflicting objectives. For example, increased producer income enables crop diversification, reducing reliance on coffee and improving family nutritional quality. However, scaling up production to meet international demand risks compromising local agricultural production for food and incentivising deforestation to expand cultivation areas, creating trade-offs between food security, economic profitability, and climate change mitigation.

Another strength is the organisation of producers into cooperatives, which promote fairer and safer working conditions (SDG 8) and enhance bargaining power in international markets. However, due

to high certification costs, not all producers can participate in the Fairtrade system, and the system may become less competitive when market prices exceed Fairtrade's minimum guaranteed price. This creates a tension between achieving global competitiveness and ensuring internal equity for local producers.

Beyond the production phase, the end-of-life stage of food products can offer numerous benefits, especially when waste is treated as a secondary raw material and given a second life. A notable example is the coffee cup (Fig. 13) produced by Coffeefrom<sup>5</sup>, a social cooperative in Milan (Italy). To promote the principles of Extended Producer Responsibility in a circular economy context, the cooperative has launched the production of cups, glasses, and food-contact-safe, BPA-free packaging made from coffee waste supplied by local producers.

The production process involves industrialised injection moulding and 3D printing, using a blend of dried, spent coffee grounds and polylactic acid (SDGs 9, 11, 12, and 13). The resulting material, smooth to the touch and dark brown in colour, reflects its coffee origins while being mechanically durable, heat-resistant, and biodegradable (Ferrara and Squatrito, 2022). Additionally, the product has a significant social impact (SDGs 8 and 10), as the company employs vulnerable workers in logistics and packaging and collaborates with various local social enterprises for packaging production.

**Gastrophysics and Sustainable Development Goals: strengths and barriers** | The practices illustrated are just a few examples that highlight the importance of food systems for the objectives of the

2030 Agenda. In this context, Gastrophysics emerges as a strategic research area to support the SDGs, focusing on the interaction between food and the senses, as well as the psychological and social aspects of nutrition. It offers significant contributions ranging from food innovation to the promotion of sustainable diets, supporting food security, improving public health, reducing food waste, and encouraging sustainable agricultural practices.

Research and experiments using Gastrophysics demonstrate how multisensory stimuli can enhance taste experiences and positively influence flavor perception, contributing to the reduction of poverty (SDG 1) and inequalities (SDG 10), improving health and well-being (SDG 3), fostering responsible production and consumption (SDG 12), preserving biodiversity (SDG 15), and promoting food education (SDG 4).

Gastrophysics also contributes to innovation (SDG 9) in the food sector with significant results in reducing waste and impacts through responsible production and consumption (SDG 12), addressing climate action (SDG 13), and promoting decent work (SDG 8) and sustainable communities (SDG 11). Initiatives like The Edible Tableware Project (Fig. 14), for example, provide data and techniques for producing biodegradable and edible tableware to reduce single-use plastic waste, using natural ingredients such as plant fibres and algae (Nair, Trafialek and Kolanowski, 2023). Similarly, projects like the Sustainable Restaurant Lab utilise Gastrophysics to optimise the culinary experience and promote a lower impact in the restaurant sector by reducing energy consumption, using biodegradable materials, and encouraging fairer work practices (Madanaguli et alii, 2022).

In this context, the research by Spence and Piqueras-Fiszman (2014) is noteworthy, exploring the application of visual, auditory, and olfactory stimuli to enhance the taste experience. These researchers paired warm colours and relaxing music to accentuate the perception of sweetness, saltiness, or richness without increasing the dishes' content. Though implemented differently, a similar strategy was proposed by Woods et alii (2011) to make less desirable ingredients more appealing while maintaining equivalent nutritional value and lower costs.

Noteworthy are the projects aimed at diversifying food sources, preserving biodiversity, and reducing pressure on conventional agricultural resources and livestock farming like cattle, pigs, and poultry by identifying new protein sources with minimal environmental impact. Among these is the Flavor Exploration for Plant-Based Diets, which studied how to enhance the taste of plant-based proteins by improving flavour and texture profiles using natural ingredients to boost taste without adding fats or sugars (Spence, 2015c). Similarly, the Future Foods Sensory Labs explored new sustainable foods such as algae, wild plants, and insects, applying Gastrophysics to make them more appealing through techniques that enhance sensory perception, thus facilitating the transition to sustainable diets and integrating them into everyday nutrition (Lisboa et alii, 2024).

Innovative in this regard is the experimental activity of ecoLogicStudio (Valenti and Pasquero, 2021), which finds applications in the BIO.tech HUT (Fig. 15). In this project, microalgae cultures absorb CO<sub>2</sub>



**Fig. 20** | Baptiste & Bottle's VR cocktail (credit: N. Burger; source: [chicago.eat-er.com](http://chicago.eat-er.com)).

daily and produce oxygen equivalent to 32 large trees. The system allows for oil extraction to produce 1 kg of biofuel and the daily protein requirement for 12 adults. Another application is the AIReactor (Fig. 16), consisting of a photobioreactor, a glass container holding a strain of spirulina and a nutrient-rich culture medium designed to purify the air in an apartment while producing up to 7 grams of spirulina per day for dietary use.

Using commonly discarded food parts is a Gastrophysics practice that helps reduce waste by creating new taste experiences that enhance these ingredients' colour, aroma, flavour, and texture, maximising their nutritional value. For example, through 3D printing (Hooi Chuan Wong et alii, 2022), waste materials like edible leaves and peels are transformed into new ingredients (Figg. 17, 18) and resources that reduce pressure on conventional food production while supporting food security. Food security is also promoted by mindful eating and sensory education, which support health, well-being, and quality education by encouraging more conscious and healthier food choices. For instance, Kristeller and Wolever (2011), through the Mindful Eating Experiences project, highlighted how specific settings and musical backgrounds can improve taste perception, slow consumption, and enhance digestion.

In parallel with the Educational Flavour Workshops for Kids, Coulthard and Sealy (2017) experimented with how the principles of Gastrophysics can help adopt nutritious diets from childhood and teach children to recognise and appreciate diverse flavours, reducing dependency on sugar and improving food awareness. Vermeir and Roose (2020) tested plating solutions to guide food choices toward plant-based dishes as an alternative to meat-based ones. Satiety perception and calorie intake reduction have been investigated by van Kleef, Shimizu, and Wansink (2012), using smaller plates and specific cutlery, and by Stafford and Welbeck (2011), using vanilla and lavender scents.

In general, the case studies cited show how Gastrophysics can be considered a research area with high potential to support various SDGs, contributing to a paradigm shift in how we produce, consume, and enjoy food. However, the widespread adoption of its practices faces numerous barriers that limit large-scale implementation, including cultural, psychological, social, educational, technical, and economic challenges, as well as regulatory issues, each introducing unique difficulties. Understanding these criticalities is fundamental to imagining how to make Gastrophysics an accessible and widely practised daily approach.

From a cultural perspective, it should be noted that eating habits and taste perception are often deeply rooted in local traditions, such that the drastic reduction of sugar, fats, and salt, the substitution of basic ingredients, or the alteration of flavours may make food feel unfamiliar or even 'threatening' to the integrity of culinary traditions and alienation from one's culture. Alongside cultural barriers are psychological ones, stemming from individual habits and perceptions: most people tend to resist changes in their eating habits, even when aware of the potential benefits, limiting the acceptance of new and sustainable foods, such as plant-based or algae- and insect-based alternative proteins. Many people experience feelings of disgust or repulsion toward these latter ingredients, particularly in the Western world (Deroy, Reade and Spence, 2015), where they are



Fig. 21 | Yozeff Youssef's 'multisensory gastronomy' with the help of psychologists (credit: P. Wolmuth).

perceived as 'lower quality' or unsafe. Yet, they are an excellent source of proteins and healthy fats and are more environmentally sustainable than meat (Jucker et alii, 2021; de Matos, Rasera and de Castro, 2024). From a social perspective, some Gastrophysics practices are often stigmatised, especially those involving the reuse of food waste as ingredients, which are associated with 'second-class' food, particularly among the wealthier social classes. At the same time, the choice to use smaller plates and portions – aimed at creating a sense of satiety and reducing excessive consumption and waste – can be misinterpreted as an attempt to cut costs or highlight disparities between different social classes.

Educational barriers represent another significant challenge, particularly because Gastrophysics is a relatively new concept and little known to most consumers, who often remain unaware of its sustainability and health benefits, as well as to restaurateurs and industry operators. Furthermore, in many communities and among certain social groups, there is a lack of basic food education promoting a healthy and sustainable diet, while misinformation fosters scepticism toward 'new' practices and foods.

Technical barriers represent an additional challenge because many Gastrophysics practices require specialised equipment and specific expertise, which are not always available in restaurants. For example, optimising the perception of food waste through sensory design involves advanced transformation processes, requiring specific know-how and technologies, including 3D printing. Similarly, producing edible and biodegradable tableware, which is also safe and durable, demands research and development capabilities that not all companies can afford.

Economic barriers are perhaps the most significant obstacle, as many Gastrophysics practices require substantial initial investments. These include equipment for kitchens and dining areas, staff training, and ongoing operational costs. Plant-based diets, for instance, often rely on high-quality, seasonal ingredients, which can be expensive and not always

accessible. There are also challenges related to the local availability of ingredients or biodegradable materials for tableware. Transporting these materials from distant production locations results in significant CO<sub>2</sub> emissions, especially in rural areas or developing countries where supply chains and logistical infrastructure may be inadequate.

Gastrophysics must also address regulatory and normative barriers that can hinder the adoption of sustainable food innovations. In many countries, the introduction of new foods, such as insects, is subject to strict regulations that require specific approvals and certifications, which can be costly and involve lengthy procedures. The use of food waste as ingredients and edible tableware must comply with hygiene and safety standards that, while necessary, make these practices challenging to adopt. Finally, subsidies and tax incentives often favour meat and dairy farmers and producers, penalising the production of plant-based and alternative proteins and discouraging the spread of low-impact diets.

If achieving the Sustainable Development Goals has become a critical priority for humanity, it is clear that this effort must also address global challenges related to food systems by exploring and adopting new, ecologically sustainable, and socially acceptable food practices. In this perspective, the case studies presented, though referencing different geographical areas and contexts and employing varied technologies, methodologies, and approaches, share the characteristics of modularity, scalability, and replicability. These features allow their implementation to manage potential trade-offs when approached systematically and by leveraging multidisciplinary expertise, an area where the discipline of Design, as discussed in the following paragraphs, can provide significant contributions.

**Gastrophysics, Communication Design, and Service Design** | Gastrophysics is not limited to the study of multisensory interactions that influence our perception of food and beverages. It also encompasses Communication Design, focusing on tradi-

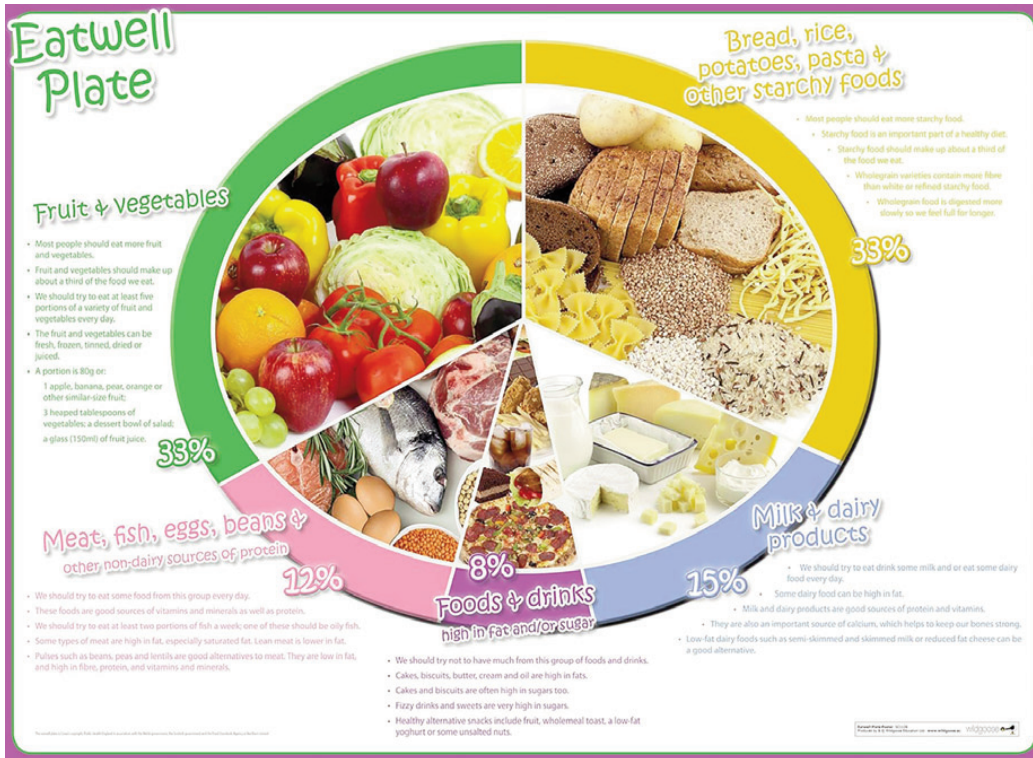


Fig. 22 | The Eatwell Plat System shows a healthy diet; the plate is divided into sections for easy portion control for a balanced and sustainable diet (source: wildgoose.education; amazon.co.uk).

tionally graphic and naming elements with profound semiotic implications (Meyerson, 2021). The narrative dimension, for instance, can play a fundamental role in shaping culinary experiences that stimulate the senses, mind, and imagination.

A striking example of the power of naming in the gastronomic context is the experience of a dish called Patagonian Toothfish, a type of fish initially rejected by customers due to its unappealing name. After being renamed Chilean Sea Bass, its sales increased tenfold. This simple yet effective name change demonstrates how labels and descriptions influence consumer choices by shaping expectations and perceptions. The mental associations created by a name can transform an ordinary food item into a desired delicacy. This phenomenon can be seen as an example of a 'nudge' or 'gentle push' (Thaler and Sunstein, 2012): small changes in the decision-making context can significantly influence consumer behaviour. This is why, in Communication Design, name creation, known as the 'naming process' in English, is a fundamental part of the project.

Similarly, the sounds associated with food preparation and consumption play a crucial role in the culinary experience. Sounds like the 'ding' of a microwave can diminish a dish's appeal, while sizzling, bubbling, and crunching sounds can enhance appetite and satisfaction. This is the insight of Swedish composer Per Samuelsson, who recorded kitchen sounds and transformed them into musical compositions to enhance the dining experience, creating immersive multisensory environments (Spence, 2015a, 2015b). Other noteworthy examples of the gastronomic power of sound include the Krug Shell, an acoustic device that amplifies the sound of bubbles to elevate the sensory experience of sparkling wine, and the 'sonic chip' (Spence, 2017). This study earned Charles Spence and Max Zampini the Ig Nobel Prize for Nutrition in 2008: by manipulating the crunching sounds of Pringles chips, the two gastrophysicists altered perceptions of crispness and freshness, demonstrating that what we hear truly influences what

we taste. This project opened new frontiers in food experience design, reaffirming how sound can enhance food perception (Zampini and Spence, 2004).

The Communication Design can be crucial in overcoming psychological, cultural, educational, social, and sustainability-related barriers to adopting sustainable food practices. Specifically, Communication Design can use storytelling to normalise alternative ingredients or food waste, presenting them as conscious and positive choices. It can support promotional campaigns with images of real and relatable people consuming these products, creating a sense of belonging and legitimacy. Additionally, it can create educational content through infographics, visual storytelling, short videos, and social media materials that simplify and effectively communicate the benefits of Gastrophysics, sustainable diets, and alternative ingredients. These materials use data visualisation and visual content to educate about food impacts on the environment and nutrition.

Furthermore, packaging design can incorporate graphics, text, and warm, reassuring labels to provide clear, accessible information about a product's benefits, environmental impact, and positive values like ethics and environmental respect. These elements can transform products into symbols of a modern, responsible lifestyle, providing comforting sensations and positive associations influencing taste perception, enhancing the overall experience, and reducing biases against 'unusual' products.

In Gastrophysics, the narrative design draws upon all sensory elements to evoke memories and positive mental associations. This connection gives Gastrophysics its storytelling potential, enabling the creation of culinary experiences that transcend mere taste. Through naming and Communication Design, Gastrophysics exploits the power of myth and mental associations to enrich the diner's experience, demonstrating that everything else is crucial to understanding and improving our food experiences.

A compelling intersection emerges between Gastrophysics and Service Design. While Gastrophysics

aims to create engaging culinary experiences, Service Design focuses on crafting memorable and immersive experiences. For example, the 'user journey', a typical Service Design tool that highlights key steps in the user's experience, can guide the design of gastronomic experiences (Stickdom et alii, 2018). Service Design can also effectively address barriers to the adoption of Gastrophysics practices and sustainable food habits by designing user-centred services. It fosters informative and engaging interactions between consumers and new food systems, reducing psychological resistance to novel foods and practices, making them more familiar and acceptable.

Possible future developments regarding the synergies between Gastrophysics and Service Design may concern the creation of tasting services to gradually familiarise consumers with new flavours and textures through guided sessions that help them appreciate the unique tastes of alternative proteins or reused scraps. These sessions might take place in welcoming, relaxing environments where consumers feel comfortable trying something new. Additionally, interactive workshops and cooking labs can allow participants to experiment with new ingredients, reducing food neophobia and prejudice. Under the guidance of chefs or experts, participants can learn about the nutritional and sustainability aspects of the ingredients. Game elements can also be integrated into educational services, encouraging children to explore new flavours through playful activities or guiding adults' habits with loyalty programs or tasting challenges that reward curiosity and openness to new foods.

Service Design can provide consultation services on regulations, safety, and food waste management or training for industry professionals. It can also create platforms to connect producers, vendors, restaurateurs, and consumers, improving access to local and sustainable resources while optimising logistics to reduce carbon emissions. Other potential innovations include resource-sharing plat-

forms and apps offering information, recipes, nutritional tips, and interactive educational paths to raise consumer awareness about Gastrophysics and sustainable food practices. Information systems could also be implemented in schools, supermarkets, and restaurants through educational panels, interactive displays, videos, and QR codes to inform consumers about nutritional benefits as they make purchasing decisions.

Service Design can support the integration of innovative practices while respecting cultural and social sensitivities. This approach might include organising focus groups and co-creation sessions with local communities to design menus and practices that incorporate new ingredients without alienating cultural identities and traditions. Services can also be tailored to specific social and cultural groups, such as creating plant-based alternatives resembling meat for cultures where meat symbolises status or hospitality, thus reducing perceptual gaps and enhancing flavours.

A key concept in gastronomic experience management is 'sticktion', referring to unique, subtle elements within a culinary experience that are memorable without overwhelming. These elements stand out without dominating and, if thoughtfully designed, can leave compelling memories tied to the experience (LaTour and Carbone, 2014). Tasting menus with multiple courses offer unique opportunities for engaging interactions, where each course becomes a moment of discovery. In contrast, serving a single large portion may be less effective. The 'duration neglect' effect suggests that diners remember the first and last bites most vividly, emphasising the importance of high-quality appetisers and desserts.

Studies have shown that memories of restaurants often depend more on the atmosphere and service than on the food itself. For example, a study on Pizza Hut customers revealed that the most vivid memory was the staff's enthusiasm rather than the food (Spence, 2017). Understanding what resonates in customers' memories is critical to enhancing offerings and services, creating truly memorable experiences. Moments requiring deeper reflection tend to linger in memory longer, a phenomenon known as the 'depth of processing', which is crucial for designing gastronomic experiences. Additionally, the way a meal ends, known as the 'end effect', can significantly influence the overall memory of the experience. A classic experiment demonstrated that the memory of the last chocolate cookie in a tasting session can improve the overall impression, compared to ending with a less appreciated cookie.

The design of multisensory experiences explores connections between the senses, creating surprising and fascinating synesthetic effects. Events like the Colour Lab, which combine music and colours to alter wine taste perception, illustrate how multisensory experiences can be designed to enhance specific flavour aspects (Spence, Velasco and Knoefler, 2014; Campo, Reinoso-Carvalho and Rosato, 2021).

### Gastrophysics and Technological Innovation |

The synergy between technology and design plays a crucial role in strategically and comprehensively addressing barriers to the adoption of Gastrophysics practices. By combining technological innovation with human-centred design, complex problems can be resolved, improving social and cultural acceptance as well as accessibility. Technology provides

platforms and tools to experiment with new foods in virtual or interactive settings, while design enhances their appeal and accessibility by focusing on aesthetics and creating a reassuring experience.

For instance, Augmented Reality (AR) and Virtual Reality (VR) applications can immerse users in environments that make unfamiliar foods feel more approachable. These technologies can overlay enticing visuals, simulate their integration into traditional recipes, and create sensory-rich spaces with sound, lighting, and scents tailored to the context (Figg, 19, 20). Interactive digital storytelling platforms can also respect cultural sensitivities and normalise new ingredients or practices by demonstrating their compatibility with local traditions. Tools like big data and cultural preference analysis further personalize these messages and experiences for specific social groups or individuals.

In this context, several studies have already been conducted, including the one by Crofton, Murray, and Botinestean (2021), which explored, through VR, the impact of various environmental settings on sensory responses to food products and participants' hedonic evaluations of beef steaks and milk chocolate. The aim was to enhance the experience's context. The findings demonstrated that VR significantly influenced participants' hedonic responses to the food products: beef was rated significantly higher in enjoyment in a VR restaurant, while milk chocolate received higher hedonic ratings in a VR countryside setting compared to a traditional sensory booth.

Similarly, Han et alii (2022) investigated the potential of AR in culinary experiences through immersive and interactive storytelling aimed at promoting sustainable eating behaviours. Using participatory design methods, the study developed storyboards with consumers and evaluated various approaches with AR application developers. The results presented a conceptual framework for designing and validating impactful AR narratives to encourage sustainable eating habits.

There are also pioneering examples where Technological Innovation is used to personalise the ambience according to diners, enhancing the culinary experience. For instance, at the Goji Kitchen & Bar in the Marriott Bund Hotel in Shanghai, the décor changes throughout the day, creating distinct atmospheres with the help of directional speakers that produce unique soundscapes for each table (Spence, 2022). Similarly, Eleven Madison Park in New York employs technology to gather customer information, ensuring a warm and tailored welcome for every guest via detailed databases (Meyer, 2010). Pizza Hut, through digital menus and eye-tracking systems, identifies customer preferences (Lin et alii, 2023), transforming the way food is ordered and consumed.

Combining Technology and Design can enhance consumer trust, make food production and consumption processes more sustainable, and reduce environmental impact. Technology provides tools, data, and operational solutions to improve sustainability, while design ensures these tools are implemented practically and intuitively.

Possible future developments regarding the synergies between Gastrophysics and Technological Innovation may include blockchain technology that can guarantee ingredient traceability and supply chain transparency, facilitating regulatory compliance. IoT sensors can monitor real-time food quality and

safety, reused waste, or biodegradable tableware, reducing non-compliance risks. Artificial intelligence and logistics optimisation systems can improve supply chain efficiency, reducing waste and resource consumption. IoT sensors can also track real-time energy and water usage, optimising processes in professional kitchens and restaurants. Furthermore, sustainable packaging design, using easily recyclable or biodegradable materials, can lower environmental impact, while functionally and intuitively designed waste management systems can facilitate the reuse of food waste and enhance efficiency.

Technology and Design can create synergies within food systems to lower production and distribution costs, making innovation more accessible to a broader audience and adaptable to various economic situations. For instance, digital printing, automation, and robotics can reduce food and packaging costs, while crowdfunding, e-commerce platforms, and community networks can make alternative food products more accessible by connecting producers and consumers without intermediaries. Similarly, the design of scalable and modular systems, such as composting plants or food waste recycling machines, can enable small businesses to adopt sustainable practices without substantial initial investments. Additionally, designing products for low-income communities using local materials or simplified processes can enhance accessibility.

The combination of Advanced Technologies, Design, and Gastrophysics can significantly transform the culinary landscape, offering personalised, multisensory experiences that enhance the quality and perception of food. These innovations not only make meals more enjoyable but also provide practical solutions to improve diners' health and well-being. The future of gastronomy is deeply intertwined with technological evolution and the ability to harness these tools to deliver unforgettable culinary experiences.

### Gastrophysics and Medical Design |

The interaction between Gastrophysics and design presents intriguing applications in patient care, offering personalised experiences that enhance well-being, support healing processes, and address health-related limitations. One promising area of research focuses on using sound to alter taste perception, a field where Gastrophysics has already achieved notable success. For example, various healthcare institutions have created soundtrack playlists to help diabetic patients perceive food as sweeter than it is, thus reducing the need for added sugars. This innovation has the potential to significantly improve the quality of life for those on restrictive diets, demonstrating how Gastrophysics can transition from the lab to clinical practice to benefit the general public (Spence, 2017).

Another fascinating aspect of Gastrophysics is the connection between colours and flavours. Research has shown that colours can significantly influence how flavours are perceived (Wan et alii, 2014). A compelling example is Jozef Youssef's amuse-bouche with flavour spheres (Fig. 21), each linked to a specific colour. It demonstrates that most people associate particular flavours with specific colours, such as red with sweetness and green with sourness. This finding has potential applications in Medical Design, where manipulating food colours could enhance the dining experience for patients with dietary restrictions, making meals more appealing and enjoyable without chemical additives (Velasco et alii, 2016).



Figure 5: FAO strategic results framework



Fig. 23 | FAO Strategic results framework (source: FAO, 2021).

Tableware and food container design is another area where Gastrophysics and Medical Design can create synergies, using the colours and shapes of plates to influence taste perception and control portion sizes. A noteworthy example is the Eatwell Plate System (Fig. 22), developed collaboratively by designers and Gastrophysics specialists. Designed for elderly patients with dysphagia or individuals managing obesity through therapeutic diets, this compartmentalised plate helps balance nutrient portions while stimulating perceptions of food (e.g., colour, texture, temperature) to encourage consumption, proper chewing, and mindful eating.

Other studies have revealed that strawberry mousses taste sweeter and more flavourful when served on white plates rather than black ones. Similarly, round plates are perceived as sweeter than angular ones, and smaller plates with narrow edges can reduce food intake, a critical factor in dietary management for patients (Piqueras-Fiszman et alii, 2012; Piqueras-Fiszman, Giboreau and Spence, 2013; Stewart and Goss, 2013). Additionally, experiments aim to create personalised food textures for patients with swallowing difficulties, using 3D food printers to produce meals that are both visually appealing and easy to consume (Raheem et alii, 2021).

Possible future developments regarding the synergies between Gastrophysics and Medical Design may concern health through care and prevention. By leveraging project-based methods, tools, and practices, they can enhance the relationship between people and food, focusing on fostering healthy behaviours and lifestyles rooted in Mediterranean agri-food culture values.

Innovations in functional foods and nutraceuticals are promising, including portable, convenient options and household tools that simplify preparation. Many therapeutic diets for chronic, degenerative, or cancer-related conditions require strict adherence to predominantly plant-based, whole-food regimens, often with specific preparation, storage, and consumption methods. These constraints intersect with psychological, cultural, economic, social, and anthropological challenges; they can become more manageable through design tools that

make medical prescriptions more acceptable and accessible for those who rely on them.

Food design can also contribute to 'design for all', addressing needs such as increasing antioxidant intake or reducing fats and sugars. These approaches are relevant in pathological cases and borderline conditions (stress, depression, and ageing) to restore bodily awareness and the ability to perceive, feel, and modulate sensory and multisensory stimuli based on the latest neurophysiological research.

This could lead to the development of nutraceutical snacks with unconventional characteristics for the food sector, such as foams, gels, multilayered sheets, and sprays, or foods with a strong identity driven by Science and Technological Innovation. These would offer high experiential value, palatability, and adaptability to fast-paced, dynamic lifestyles, serving as alternatives to pill-based supplements, which often resemble medications in appearance and usage. Furthermore, 'augmented' foods with enhanced nutritional and nutraceutical properties could provide intense and satisfying taste experiences with low-calorie content, achieved through innovative processes like foaming, gelling, layering, and composite structuring. Such foods could even be designed to eliminate the need for traditional utensils or packaging, thanks to new technologies and advanced scientific knowledge applied to food design, bridging well-being with the pleasure of eating.

**Conclusions: enabling and accelerating factors for sustainable food systems**

Food design is a central theme in the 2030 Agenda, addressing contemporary issues. Through the interpretive lens of modern sciences like neuroscience and personalised medicine, alongside transdisciplinary experimentation, it provides an opportunity to explore future food scenarios and develop solutions to the pressing demands for well-being, health, and sustainability, not only for humans but for the entire ecosystem.

The significance of this topic is underscored by two key documents that highlight the crucial role of agri-food systems in our future. The Global Sustainable Development Report 2019 (UN, 2019) identifies the creation of sustainable food systems and

healthy nutrition models as one of six 'entry points' that, through targeted and collaborative action, can accelerate progress toward the SDGs. Similarly, the Strategic Framework 2022-2031 (FAO, 2021) outlines the main global challenges in supporting the transformation of agri-food systems into 'efficient, inclusive, resilient, and sustainable systems for better production, better nutrition, a better environment, and a better life, leaving no one behind'. This framework promotes the 'four betters' (better production, better nutrition, better environment, and better life) as a pathway to achieving the SDGs by embracing the interconnected economic, social, and environmental dimensions of agri-food systems. It advocates a strategic, systems-oriented approach.

To achieve primary objectives such as 'reducing poverty', 'ensuring food security', and 'promoting the sustainable management and use of natural resources', as well as advancing all other SDGs, the FAO's strategic document (Fig. 23) identifies four enablers of change, identifying them as 'institutions and governance', 'income and wealth distribution', 'consumer awareness' and 'innovative technologies and approaches', and 'four accelerators', i.e. 'technology', 'innovation', 'data', and 'complements' (governance, human capital, and institutions), which synergistically have the potential to ensure 'sustainable' nutrition for nearly 10 billion people by 2050 (Weinberger, 2022), some of which are relevant to this essay.

The enabling factor 'consumer awareness' underscores the importance of initiating training / education / information actions on the type, quantity and quality of food to be consumed, as well as the reduction of food waste and other broader dependent impacts of consumption choices, as consumers can directly influence the future trajectories of agri-food systems and, through feedback effects, the other enabling factors as well. Younger generations, for instance, are particularly open to change, driven by concerns such as climate change, which threatens their future.

Another enabling factor is 'technologies and innovative approaches', which are heavily relied upon to achieve more with less (less water, soil degradation, biodiversity loss, production costs, etc.) and to ensure higher quality, especially in terms of nutrients. Digitalisation and new technologies encompass all available approaches, systems, tools, and innovations. For instance, advancements in food and medical research in areas like genomics, food processing, and drug design / formulation are increasingly enabling the creation of personalised foods to address specific health conditions. However, this rapidly evolving field requires regulatory guidance and oversight. Although the use of technology may create a technological divide, disadvantaging those unable to afford the initial investment, strategic use of technology and innovation holds the potential to resolve and minimise trade-offs among the SDGs.

Beyond being enabling factors, 'technology and innovation' are also 'accelerators' for programmatic interventions that reduce compromises between different SDGs. Emerging technologies such as digital agriculture, biotechnology, precision farming, agroecology, IoT, AI, and 3D printing, or disciplines like Gastrophysics, are already transforming the agri-food sector. However, most actors in the agri-food systems have yet to fully leverage their immense potential to enhance food production and improve nutrient value while respecting the environment.

Innovation in food systems is another critical accelerator for achieving a world free from hunger and malnutrition, particularly when it encompasses social, policy, institutional, economic, and technological dimensions, grounded in science and evidence. Globally, food and agriculture can greatly benefit from the Fourth Industrial Revolution, mainly driven by big data and digital technologies, to optimise processes, improve products, and boost the effectiveness, competitiveness, and resilience of business models.

In this context, the experiments and case studies mentioned in this paper demonstrate how innovation in food systems, guided by a systemic, holistic, and multidimensional approach, can foster synergies among various SDGs while minimising trade-offs. In particular, the discipline of Design can play a central role in creating a more sustainable, equitable food system that respects the environment and cultural traditions. It can help transform Gastrophysics into an accessible, everyday practice, promoting a healthier and more sustainable relationship with food. This approach also highlights the benefits of the Mediterranean diet, with its antioxidant, anti-inflammatory, and soothing properties, as well as its rich vitamins, minerals, and fibre content. This valuable heritage can be translated into contemporary healthy lifestyles, aiding in the prevention and reduction of various diseases.

This significant body of scientific knowledge opens up new and unexplored fields of experimental design. The design discipline can convey the values and potential benefits of Mediterranean food culture through the creation of artefacts that integrate seamlessly into the fast-paced and frugal nature of daily life, making them a lifestyle and a tool for

fostering physical and mental well-being (Langella, Pontillo and Angari, 2021). Design possesses a powerful persuasive potential, capable of encouraging people to make specific actions and choices, making those actions simpler, more enjoyable, fun, emotional, persistent, and continuous. Additionally, the communication-oriented aspect of design can translate the latest scientific knowledge about the relationship between food and health into accessible, memorable formats, aiming to make people more aware and better equipped to make informed decisions based on scientific understanding.

The challenges of the future, which represent potential fields of research for the discipline of Design, have been summarised in the previous paragraphs as possible contributions of Communication Design, Service Design, Medical Design, and Innovative technologies in synergy with Gastrophysics to create sustainable food systems. These efforts aim to break down the numerous cultural, psychological, social, educational, technical, economic, and regulatory barriers that may hinder the achievement of the 17 SDGs.

In light of these perspectives, the role of the Food Designer will become even more critical. Over the last century, the food sector has not relied on simple, intuitive principles and qualities but has continually evolved through complex processes that incorporate multiple interconnected variables. With regard to future challenges, this complexity is expected to grow exponentially, necessitating the involvement of specialised designers capable of interpreting consumer preferences and attitudes while integrating them with new opportunities offered by science and technology. This approach must be holistic, trans-

disciplinary, forward-looking, and proactive. Food Designers will need to capitalise on their expertise and integrate it with new knowledge related to agricultural production, food packaging, retail, health and nutrition, Gastronomy, Neurogastronomy, Gastrophysics, and other technical-scientific areas, identifying new food-specific elements of innovation (Schifferstein, 2017). Moreover, Food Designers must possess a deep awareness of issues such as the living and highly perishable nature of food, its relationship with natural resources and ecosystems, the level of sensory satisfaction reflecting the extent to which food is rooted in local cultural traditions, and the ethical and political implications of ensuring the sufficient and safe production and distribution of food for the entire global population (Bordewijk and Schifferstein, 2020), alongside the Sustainable Development Goals.

By translating principles and insights from the most advanced scientific fields and employing innovative digital technologies, the Food Designers of the future will be able to develop solutions that imbue food with therapeutic and preventive value while celebrating the Mediterranean food culture and gastronomy, the biodiversity of production processes, multisensoriality, and conviviality. These elements can be transformed into synesthetic experiences, promoting health, well-being, and pleasure.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a collective reflection by the Authors. However, the paragraphs ‘Design and Gastrophysics’ and ‘Sensory analysis in food: categories, parameters, and standards’ are attributed to C. Langella, the paragraphs ‘Gastrophysics is “everything else”: experiences from Futurism and the contemporary’ and ‘Gastrophysics, Communication Design, and Service Design’ to D. Russo, the paragraphs ‘Food systems and Sustainable Development Goals: synergies and trade-offs’ and ‘Gastrophysics and Sustainable Development Goals: strengths and barriers’ to F. Scalisi (corresponding author), while all other sections, including the introduction, ‘Methods, limitation, and originality of the study’, ‘Gastrophysics and Technological Innovation’, ‘Gastrophysics and Medical Design’, and ‘Conclusions: enabling and accelerating factors for sustainable food systems’ are attributed equally to all three Authors.

## Notes

1) The Masters in ‘Design for Food’ at the Politecnico di Milano (IT), the ‘Federico II’ University of Napoli (IT) and the University of Gastronomic Sciences of Pollenzo (IT), as well as the Master in ‘Food Design and Innovation’ at the Basque Culinary Center in Donostia-San Sebastián (Spain) and the ‘Santa Chiara Lab’ at the University of Siena (IT), are some examples that demonstrate this trend.

2) For more information, see the webpage: ifood.eu [Accessed 29 September 2024].

3) For more information, see the webpage: fhafnb.com/blog/30-by-30-singapore/ [Accessed 29 September 2024].

4) For more information, see the webpage: fairtrade.net [Accessed 29 September 2024].

5) For more information, see the webpage: coffeefrom.it [Accessed 29 September 2024].

## References

- Agorastos, G. (2023), *Unraveling mouthfeel – A novel approach to understand taste*, Doctoral Thesis, Doctor of Philosophy, Supervisor Prof. dr. Bast, A., Co-supervisor dr. Klosse, P. R., Maastricht University, Netherlands. [Online] Available at: doi.org/10.26481/dis.20230713ga [Accessed 29 September 2024].
- Agorastos, G., van Halsema, E., Bast, A. and Klosse, P. (2020) “Review of Mouthfeel Classification – A New Perspective of Food Perception”, in *Journal of Food Science & Nutrition*, pp. 1-10. [Online] Available at: researchgate.net/profile/Emo-Van-Halsema/publication/344016341\_Journal\_of\_Food\_Science\_Nutrition\_Review\_of\_Mouthfeel\_Classification\_A\_New\_Perspective\_of\_Food\_Perception/links/5f4e2c9a92851c6cfd1de132/Journal-of-Food-Science-Nutrition-Review-of-Mouthfeel-Classification-A-New-Perspective-of-Food-Perception.pdf [Accessed 29 September 2024].
- Aktar, T., Upadhyay, R. and Chen, J. (2019), “Sensory and Oral Processing of Semisolid Foods”, in Joyner, H. (ed.), *Rheology of semisolid Foods*, Springer, Cham, pp. 231-247. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-27134-3\_8 [Accessed 29 September 2024].
- Anderson, C. C., Denich, M., Warchold, A., Kropp, J. P. and Pradhan, P. (2022), “A systems model of target influence of the Goals on the 2030 Agenda for Sustainable Development”, in *Sustainability Science*, vol. 17, pp. 1459-1472. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-030-27134-3\_8 [Accessed 29 September 2024].
- Angari, R., Pontillo, G., Langella, C. and Piscitelli, D. (2021), “Transition RS – The design component for the communication

of medical research”, in *Infodesign | Revista Brasileira de Design da Informação – Brazilian Journal of Information Design*, vol. 18, issue 2, pp. 68-83. [Online] Available at: doi.org/10.51358/id.v18i2.930 [Accessed 10 December 2024].

Arskey, H. and O’Malley, L. (2005), “Scoping studies – Towards a methodological framework”, in *International Journal of Social Research Methodology*, vol. 8, issue 1, pp. 19-32. [Online] Available at: doi.org/10.1080/136455703200119616 [Accessed 7 December 2024].

Bailey, R. T., Beikmann, A., Kottermair, M., Taboroš, D. and Jenson, J. W. (2018), “Sustainability of rainwater catchment systems for small island communities”, in *Journal of Hydrology*, vol. 557, pp. 137-146. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.12.016 [Accessed 29 September 2024].

Basso, S., Bisiani, T., Martorana, P. and Venudo, A. (2023), “Vertical farm – Dalle forme dell’agricoltura nuove architetture e città | Vertical farm – New architectures and cities from the forms of agriculture”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 141-152. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13122023 [Accessed 29 September 2024].

Benke, K. and Tomkins, B. (2017), “Future food-production systems – Vertical farming and controlled-environment agriculture”, in *Sustainability Science Practice and Policy*, vol. 13, issue 1, pp. 13-26. [Online] Available at: doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054 [Accessed 29 September 2024].

Benzaken, D., Voyer, M., Poupponeau, A. and Hanich, Q. (2022), “Good governance for sustainable blue economy in small islands – Lessons learned from the Seychelles experience”, in *Frontiers in Political Science*, vol. 4, article 1040318, pp. 1-23. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fpos.2022.1040318 [Accessed 29 September 2024].

Bordewijk, M. and Schifferstein, H. N. J. (2020), “The specifics of food design – Insights from professional design

- practice”, in *International Journal of Food Design*, vol. 4, issue 2, pp. 101-138. [Online] Available at: doi.org/10.1386/ijfd\_00001\_1 [Accessed 29 September 2024].
- Campo, R., Reinoso-Carvalho, F. and Rosato, P. (2021), “Wine Experiences – A Review from a Multisensory Perspective”, in *Applied Sciences*, vol. 11, issue 10, article 4488, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/app11104488 [Accessed 29 September 2024].
- Cantu, H. (2017), *MOTO – The Cookbook*, Hachette UK, London.
- Chen, J. and Engelen, L. (eds) (2012), *Food oral processing – Fundamentals of eating and sensory perception*, Blackwell Publishing, Hoboken. [Online] Available at: doi.org/10.1002/9781444360943 [Accessed 29 September 2024].
- Chung, K. (2020), *I, X, and T-Shaped Designers – What’s the Difference?*. [Online] Available at: uxbeginner.com/i-x-and-t-shaped-designers/ [Accessed 29 September 2024].
- Clark, J. E. (1998), “Taste and flavour – Their importance in food choice and acceptance”, in *Proceedings of the Nutrition Society*, vol. 57, issue 4, pp. 639-643. [Online] Available at: doi.org/10.1079/PNS19980093 [Accessed 29 September 2024].
- Classen, C., Howes, D. and Synnott, A. (2005), “Artificial flavours”, in Korsmeyer, C. (ed.), *The Taste Culture Reader – Experiencing Food and Drink*, Berg, Oxford, pp. 337-342.
- Coucqy, P., Lahousse, B. and Langenbick, J. (eds) (2020), *The Art & Science of Foodpairing*, Mitchell Beazley, London.
- Coulthard, H. and Sealy, A. (2017), “Food Neophobia and Perception of Novel Flavors in Children – An Educational Intervention”, in *Appetite*, vol. 113, pp. 84-90. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.appet.2017.02.003 [Accessed 29 September 2024].
- Crofton, E., Murray, N. and Botinestean, C. (2021), “Exploring the Effects of Immersive Virtual Reality Environments on Sensory Perception of Beef Steaks and Chocolate”, in *Foods*, vol. 10, issue 6, article 1154, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.3390/foods10061154 [Accessed 29 September 2024].
- de Matos, F. M., Rasera, G. B. and de Castro, R. J. S. (2024), “Insects as a sustainable source of emerging proteins and their processing to obtain bioactive compounds – An updated review”, in *Sustainable Food Technology*, vol. 2, pp. 19-31. [Online] Available at: doi.org/10.1039/d3fb00097d [Accessed 29 September 2024].
- Deroy, O., Reade, B. and Spence, C. (2015), “The insectivore’s dilemma, and how to take the West out of it”, in *Food Quality & Preference*, vol. 44, pp. 44-55. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.02.007 [Accessed 29 September 2024].
- Di Lorenzo, P. M., Chen, J.-Y., Rosen, A. M. and Roussin, A. T. (2009), “Tastant”, in Binder, M. D., Hirokawa, N. and Windhorst, U. (eds), *Encyclopedia of Neuroscience*, Springer, Berlin, pp. 4014-4019. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2\_5888 [Accessed 29 September 2024].
- Didarali, Z. and Gambiza, J. (2019), “Permaculture – Challenges and Benefits in Improving Rural Livelihoods in South Africa and Zimbabwe”, in *Sustainability*, vol. 11, issue 8, article 2219, pp. 1-19. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su11082219 [Accessed 29 September 2024].
- Ellson, A. (2015), “Food wasted as dinner for one becomes norm”, in *The Times*, newspaper online, 01/07/2015. [Online] Available at: thetimes.com/article/food-wasted-as-dinner-for-one-becomes-norm-20nw2cfcgvb [Accessed 29 September 2024].
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023), *The Status of Women in Agrifood Systems*. [Online] Available at: openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc5343en [Accessed 29 September 2024].
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2021), *Strategic Framework 2022-2031*. [Online] Available at: fao.org/strategic-framework/en [Accessed 29 September 2024].
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2023), *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023*. [Online] Available at: openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc3017en [Accessed 29 September 2024].
- Fassio, F., Cionchi, E. and Tondella, A. (2020), “La circular economy for food nelle città del futuro – Buone pratiche per la definizione di Smart Food | The circular economy for food in future cities – Good practices that define Smart Food”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 8, pp. 244-253. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8232020 [Accessed 29 September 2024].
- Ferrara, M. and Squatrito, A. (2022), “L’innovazione design-driven dei materiali circolari a base biologica – Strategie e competenze per la progettazione | Design-driven innovation of bio-based circular materials – Design strategies and skills”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 11, pp. 288-299. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11262022 [Accessed 29 September 2024].
- Gawel, R., Smith, P. A., Cicerale, S. and Keast, R. (2018), “The mouthfeel of white wine”, in *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 58, issue 17, pp. 2939-2956. [Online] Available at: doi.org/10.1080/10408398.2017.1346584 [Accessed 29 September 2024].
- Genova, C. and Allegretti, V. (2024), “Sustainable Food Consumption – Social Representations of Definitions, Drivers, and Obstacles”, in *Sustainability*, vol. 16, issue 4, article 1415, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su16041415 [Accessed 29 September 2024].
- Gogois, L. (2014), “Paul Pairet, le nouveau vatel”, in *Yam | Le magazine des chefs*, vol. 18, pp. 20-27.
- Guinard, J.-X. and Mazzucchi, R. (1996), “The sensory perception of texture and mouthfeel”, in *Trends in Food Science & Technology*, vol. 7, issue 7, pp. 213-219. [Online] Available at: doi.org/10.1016/0924-2244(96)10025-X [Accessed 29 September 2024].
- Haedelt, J., Beckett, S. T. and Niranjani, K. (2007), “Bubble-included chocolate – Relating structure with sensory response”, in *Journal of Food Science*, vol. 72, issue 3, pp. E138-E142. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00313.x [Accessed 29 September 2024].
- Han, D.-I. D., Abreu e Silva, S. G., Schröder, K., Melissen, F. and Haggis-Burridge, M. (2022), “Designing Immersive Sustainable Food Experiences in Augmented Reality – A Consumer Participatory Co-Creation Approach”, in *Foods*, vol. 11, issue 22, article 3646, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/foods11223646 [Accessed 29 September 2024].
- Hewson, L., Hollowood, T., Chandra, S. and Hort, J. (2009), “Gustatory, Olfactory and Trigeminal Interactions in a Model Carbonated Beverage”, in *Chemosensory Perception*, vol. 2, pp. 94-107. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s12078-009-9043-7 [Accessed 29 September 2024].
- Heymann, H. and Lawless, H. T. (2010), *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices*, Springer, New York. [Online] Available at: doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5 [Accessed 29 September 2024].
- Hooi Chuan Wong, G., Pant, A., Zhang, Y., Kai Chua, C., Hashimoto, M., Huei Leo, C. and U-Xuan Tan, U.-X. (2022), “3D food printing-sustainability through food waste upcycling”, in *Materials Today – Proceedings*, vol. 70, pp. 627-630. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.565 [Accessed 29 September 2024].
- IFAD – International Fund for Agricultural Development (2024), *Kiribati – Outer Islands Food and Water Project – Project Completion Report*. [Online] Available at: ifad.org/documents/48415603/49457717/KIR\_1100001708\_COMPLETION\_REPORT\_0010-51-387.pdf/407b45b2-b833-f19e-84ee-3183a3fd28f?e=1726604572721 [Accessed 29 September 2024].
- IGS – Independent Group of Scientists appointed by the Secretary-General (2023), *Global Sustainable Development Report 2023 – Times of crisis, times of change – Science for accelerating transformations to sustainable development*. [Online] Available at: sdgs.un.org/sites/default/files/2023-09/FINAL%20GSDR%202023-Digital%20-110923\_1.pdf [Accessed 29 September 2024].
- ISO – International Organization for Standardization (2008), *ISO 5492:2008 – Sensory analysis – Vocabulary*. [Online] Available at: iso.org/standard/38051.html [Accessed 29 September 2024].
- Joe, M. (2014), “Chefs are offering diners a multisensory experience”, in *South China Morning Post*, newspaper online, 09/01/2014. [Online] Available at: scmp.com/magazines/style/article/1393915/dishing-it-out-chefs-are-offering-diners-multisensory-experience [Accessed 29 September 2024].
- Jones, M. (2008), *Feast – Why Humans Share Food*, Oxford University Press, Oxford.
- Jones, M. O. and Long, L. M. (eds) (2017), *Comfort food – Meanings and memories*, Jackson University Press of Mississippi.
- Jucker, C., Lupi, D., De Milato, S., Crippa, R., Leonardi, M. G. and Savoldelli, S. (2021), “Gli insetti come fonte proteica alternativa”, in *Entomata*, vol. 14, pp. 40-44. [Online] Available at: air.unimi.it/retrieve/dfa8b9a7-329b-748b-e053-3a05fe0a3a96/Entomata\_n\_14\_Jucker.pdf [Accessed 29 September 2024].
- Kristeller, J. L. and Wolever, R. Q. (2011), “Mindfulness-Based Eating Awareness Training for Treating Binge Eating Disorder – The Conceptual Foundation”, in *Eating Disorders*, vol. 19, issue 1, pp. 49-61. [Online] Available at: doi.org/10.1080/10640266.2011.533605 [Accessed 29 September 2024].
- Langella, C. (2019), *Design e Scienza*, ListLab, Trento and Barcelona.
- Langella, C., Pontillo, G. and Angari, R. (2021), “Intersections between Design and Science in the Mediterranean Food Landscape”, in *PAD | Pages on Arts and Design*, vol. 21, pp. 22-45. [Online] Available at: flore.unifi.it/retrieve/dd8b1190-7480-4392-8c2e-ad96ba8983dd/PAD\_%202021\_%20Langella\_%20Pontillo\_%20Angari.pdf [Accessed 29 September 2024].
- LaTour, K. A. and Carbone, L. P. (2014), “Sticktion – Assessing memory for the customer experience”, in *Cornell Hospitality Quarterly*, vol. 55, issue 4, pp. 342-353. [Online] Available at: doi.org/10.1177/1938965514521689 [Accessed 29 September 2024].
- Limbach, H. J. and Kremer, K. (2006), “Multi-scale modelling of polymers – Perspectives for food materials”, in *Trends in Food Science & Technology*, vol. 17, issue 5, pp. 215-219. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.tifs.2005.11.001 [Accessed 29 September 2024].
- Lin, P. M. C., Peng, K.-L., Au, W. C. W., Qiu, H. and Deng, C. D. (2023), “Digital menu innovation diffusion and transformation process of consumer behavior”, in *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, vol. 14, issue 5, pp. 732-761. [Online] Available at: doi.org/10.1108/JHTT-07-2021-0217 [Accessed 29 September 2024].
- Lisboa, H. M., Nascimento, A., Arruda, A., Sarinho, A., Lima, J., Batista, L., Dantas, M. F. and Andrade, R. (2024), “Unlocking the Potential of Insect-Based Proteins – Sustainable Solutions for Global Food Security and Nutrition”, in *Foods*, vol. 13, issue 12, article 1846, pp. 1-30. [Online] Available at: doi.org/10.3390/foods13121846 [Accessed 29 September 2024].
- Liu, D., Deng, Y., Sha, L., Hashem, A. and Gai, S. (2017), “Impact of oral processing on texture attributes and taste perception”, in *Journal of Food Science and Technology*, vol. 54, issue 8, pp. 2585-2593. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s13197-017-2661-1 [Accessed 29 September 2024].
- Lucas, P. W., Prinz, J. F., Agrawal, K. R. and Bruce, I. C. (2002), “Food physics and oral physiology”, in *Food Quality and Preference*, vol. 13, issue 4, pp. 203-213. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S0950-3293(00)00036-7 [Accessed 29 September 2024].
- Madanaguli, A., Dhir, A., Kaur, P., Srivastava, S. and Singh, G. (2022), “Environmental sustainability in restaurants – A systematic review and future research agenda on restaurant adoption of green practices”, in *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, vol. 22, issue 4-5, pp. 303-330. [Online] Available at: doi.org/10.1080/15022250.2022.2134203 [Accessed 29 September 2024].
- Marinetti, F. T. and Fillia, C. L. E. (1932), *La cucina futurista*, Casa Editrice Sonzogno, Milano.
- Marti, P. and Recupero, A. (2021), “Enriching the food experience – A design journey through innovative technologies for creating, experimenting, consuming, socializing, and playing with food”, in *Transdisciplinary Case Studies on Design for Food and Sustainability*, pp. 131-147, Woodhead Publishing. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-817821-8.00009-6 [Accessed 10 December 2024].
- May-Wilson, S., Matoba, N., Wade, K. H., Hottenga, J.-J., Concas, M. P., Mangino, M., Grzeszkowiak, E. J., Menni, C., Gasparini, P., Timpson, N. J., Veldhuizen, M. G., de

- Geus, E., Wilson, J. F. and Pirastu, N. (2022) “Large-scale GWAS of food liking reveals genetic determinants and genetic correlations with distinct neurophysiological traits”, in *Nature Communications*, vol. 13, article 2743, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41467-022-30187-w [Accessed 29 September 2024].
- Meyer, D. (2010), *Setting the Table – Lessons and Inspirations from One of the World’s Leading Entrepreneurs*, Marshall Cavendish International, Singapore.
- Meyerson, R. (2021), *Brand Naming – The Complete Guide to Creating a Name for Your Company, Product, or Service*, Business Expert Press.
- Mouritsen, O. G. (2021), “Texture – How Texture Makes Flavour”, in Burke, R. M., Kelly, A. L., Lavelle, C. and This vo Kientza, H. (eds), *Handbook of Molecular Gastronomy – Scientific Foundations, Educational practices, and Culinary Applications*, CRC Press, Boca Raton, pp. 585-592. [Online] Available at: doi.org/10.1201/9780429168703 [Accessed 29 September 2024].
- Mouritsen, O. G. (2016a), “Gastrophysics of the oral cavity”, in *Current Pharmaceutical Design*, vol. 22, issue 15, pp. 2195-2203. [Online] Available at: doi.org/10.2174/1381612822666160219120940 [Accessed 29 September 2024].
- Mouritsen, O. G. (2016b), “Deliciousness of food and a proper balance in fatty acid composition as means to improve human health and regulate food intake”, in *Flavour*, vol. 5, article 1, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s13411-016-0048-2 [Accessed 29 September 2024].
- Nair, S. S., Trafialek, J. and Kolanowski, W. (2023), “Edible Packaging – A Technological Update for the Sustainable Future of the Food Industry”, in *Applied Science*, vol. 13, article 8234, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.20944/preprints202306.0827.v1 [Accessed 29 September 2024].
- Niles, M. T., Ahuja, R., Esquivel, M. J., Mango, N., Duncan, M., Heller, M. and Tirado, C. (2017), *Climate change and food systems – Assessing impacts and opportunities*, Meridian Institute. [Online] Available at: scholarworks.uvm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=calsfac [Accessed 29 September 2024].
- Osabohien, R. and Matthew, O. (2024), “Editorial – Nutrition and sustainable development goal 5 – Gender equality”, in *Frontiers in Nutrition*, vol. 11, article 1384066, pp. 1-3. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fnut.2024.1384066 [Accessed 29 September 2024].
- Piqueras-Fiszman, B., Alcaide, J., Roura, E. and Spence, C. (2012), “Is it the plate or is it the food? Assessing the influence of the color (black or white) and shape of the plate on the perception of the food placed on it”, in *Food Quality and Preference*, vol. 24, issue 1, pp. 205-208. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.08.011 [Accessed 29 September 2024].
- Piqueras-Fiszman, B., Giboreau, A. and Spence, C. (2013), “Assessing the influence of the colour of the plate on the perception of the food in a restaurant setting”, in *Flavour*, vol. 2, article 24, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1186/2044-7248-2-24 [Accessed 29 September 2024].
- Raheem, D., Carrascosa, C., Ramos, F., Saraiva, A. and Raposo, A. (2021), “Texture-Modified Food for Dysphagic Patients – A Comprehensive Review”, in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, issue 10, article 5125, pp. 1-24. [Online] Available at: doi.org/10.3390/ijerph18105125 [Accessed 29 September 2024].
- Reynolds, A. G. (2010), *Managing wine quality – Viticulture and wine quality*, Woodhead Publishing, Cambridge. [Online] Available at: sciencedirect.com/book/9781845694845/managing-wine-quality#book-info [Accessed 29 September 2024].
- Ricciardiello, T. (2015), “Fukasawa’s Juice Skin – Delightfully honest”, in *Poetic Design*, newspaper online, 12/05/2015. [Online] Available at: poeticdesignstudio.wordpress.com/2015/05/12/fukasawas-juice-skin-delightfully-honest/ [Accessed 29 September 2024].
- Schiffstein, H. N. J. (2017), “Differentiating consumption contexts as a basis for diversity in food design education – Eating in or eating out?”, in *International Journal of Food Design*, vol. 2, issue 1, pp. 83-101. [Online] Available at: doi.org/10.1386/ijfd.2.1.83\_1 [Accessed 29 September 2024].
- Shepherd, G. M. (2015), *Neurogastronomy – How the Brain Creates Flavor and Why it Matters*, Columbia University Press, New York.
- Spence, C. (2022), “Sensehacking the guest’s multisensory hotel experience”, in *Frontiers in Psychology*, vol. 13, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1014818 [Accessed 29 September 2024].
- Spence, C. (2017), *Gastrophysics – The New Science of Eating*, Penguin, London.
- Spence, C. (2015a), “Eating with our ears – Assessing the importance of the sounds of consumption to our perception and enjoyment of multisensory flavour experiences”, in *Flavour*, vol. 4, article 3, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1186/2044-7248-4-3 [Accessed 29 September 2024].
- Spence, C. (2015b), “Music from the kitchen”, in *Flavour*, vol. 4, article 25, pp. 1-7. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s13411-015-0035-z [Accessed 29 September 2024].
- Spence, C. (2015c), “Multisensory Flavor Perception”, in *Cell*, vol. 161, issue 1, pp. 24-35. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007 [Accessed 29 September 2024].
- Spence, C. and Piqueras-Fiszman, B. (2014), *The Perfect Meal – The Multisensory Science of Food and Dining*, Wiley-Blackwell, Oxford (UK).
- Spence, C., Velasco, C. and Knoefler, K. (2014), “A large sample study on the influence of the multisensory environment on the wine drinking experience”, in *Flavour*, vol. 3, article 8, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1186/2044-7248-3-8 [Accessed 29 September 2024].
- Stafford, L. D. and Welbeck, K. (2011), “High hunger state increases olfactory sensitivity to neutral but not food odors”, in *Chemical Senses*, vol. 36, issue 2, pp. 189-198. [Online] Available at: doi.org/10.1093/chemse/bjq114 [Accessed 29 September 2024].
- Stewart, P. C. and Goss, E. (2013), “Plate shape and colour interact to influence taste and quality judgments”, in *Flavour*, vol. 2, article 27, pp. 1-9. [Online] Available at: doi.org/10.1186/2044-7248-2-27 [Accessed 29 September 2024].
- Stickdorn, M., Lawrence, A., Hormess, M. E. and Schneider, J. (2018), *This is Service Design Doing – Applying Service Design Thinking in the Real World – A practitioners’ handbook*, O’Reilly Media, Sebastopol (CA).
- Szczesniak, A. S. (2002), “Texture is a sensory property”, in *Food Quality and Preference*, vol. 13, issue 4, pp. 215-225. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8 [Accessed 29 September 2024].
- Thaler, R. H. and Sunstein, C. R. (2012), *Nudge – Improving Decisions About Health, Wealth and Happiness*, Penguin, London.
- Tokat, P. and Yilmaz, I. (2023), “Neurogastronomy – Factors Affecting the Taste Perception of Food”, in *International Journal of Gastronomy Research*, vol. 2, issue 1, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.56479/ayed.2022.10261 [Accessed 29 September 2024].
- Tucci, G. and Carlo Ratti Associati (2023), “La tecnologia come abilitatore di un nuovo ecosistema urbano responsivo – Intervista a Carlo Ratti (CRA Studio) | Technology as an enabler of a new ecosystem responsive urbanism – Interview with Carlo Ratti (CRA Studio)”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 12, pp. 190-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/12172022 [Accessed 29 September 2024].
- UN – United Nations (2019), *Global Sustainable Development Report 2019 – The Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/content/documents/24797GSDR\_report\_2019.pdf [Accessed 29 September 2024].
- UN – United Nations (2015), *Transforming our world – The 2030 Agenda for Sustainable Development*, document A/RES/70/1. [Online] Available at: documents.un.org/doc/un-doc/gen/n15/291/89/pdf/n1529189.pdf [Accessed 29 September 2024].
- UNI EN ISO 8586:2014 (2014), *Sensory analysis – General guidelines for the selection, training and monitoring of selected assessors and expert sensory assessors*. [Online] Available at: conto.uni.com/en/uni-en-iso-8586-2014 [Accessed 29 September 2024].
- Vacanti, A. and Leonardi, C. (2024), “Tecnologia, energia e tempo – Percorsi sperimentali per il design di tecnologie appropriate | Technology, energy, and time – Experimental paths for the design of appropriate technology”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 15, pp. 316-323. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/15262024 [Accessed 29 September 2024].
- Valenti, A. and Pasquero, C. (2021), “La seconda vita dei micro organismi – Il design bi-digitale per una nuova ecologia dello spazio e del comportamento | The second life of micro-organisms – Bio-digital design for a new ecology of space and behaviour”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 9, pp. 42-53. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/942021 [Accessed 29 September 2024].
- van Eck, A. and Stieger, M. (2020), “Oral processing behavior, sensory perception and intake of composite foods”, in *Trends in Food Science & Technology*, vol. 106, pp. 219-231. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.008 [Accessed 29 September 2024].
- van Kleef, E., Shimizu, M. and Wansink, B. (2012), “Serving Bowl Selection Biases the Amount of Food Served”, in *Journal of Nutrition Education and Behavior*, vol. 44, issue 1, pp. 66-70. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jneb.2011.03.001 [Accessed 29 September 2024].
- Velasco, C., Michel, C., Youssef, J., Gamez, X., Cheok, A. D. and Spence, C. (2016), “Colour-taste correspondences – Designing food experiences in meet expectations or to surprise”, in *International Journal of Food Design*, vol. 1, issue 2, pp. 83-102. [Online] Available at: doi.org/10.1386/ijfd.1.2.83\_1 [Accessed 29 September 2024].
- Vermeir, I. and Roose, G. (2020), “Visual Design Cues Impacting Food Choice – A Review and Future Research Agenda”, in *Foods*, vol. 9, article 1495, pp. 1-60. [Online] Available at: doi.org/10.3390/foods9101495 [Accessed 29 September 2024].
- Vettel, P. (2013), *Good Eating’s Fine Dining in Chicago*, Agate Publishing, Chicago.
- Vilgis, T. A. (2013), “Texture, taste and aroma – Multi-scale materials and the Gastrophysics of food”, in *Flavour*, vol. 2, article 12, pp. 1-5. [Online] Available at: doi.org/10.1186/2044-7248-2-12 [Accessed 29 September 2024].
- Wagner, R. (1850), *Das Kunstwerk Der Zukunft*, Otto Wigand, Leipzig.
- Wan, X., Woods A. T., van den Bosch, J. J. F., McKenzie, K. J., Velasco, C. and Spence, C. (2014), “Cross-cultural differences in crossmodal correspondences between tastes and visual features”, in *Frontiers in Psychology*, vol. 5, article 1365, pp. 1-13. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01365 [Accessed 29 September 2024].
- Weinberger, B. (2022), “New United Nations Population Estimates and Projections”, in *populationconnection.org*, 19/09/2022. [Online] Available at: populationconnection.org/article/new-united-nations-population-estimates-and-projections/ [Accessed 29 September 2024].
- Welch, W., Youssef, J. and Spence, C. (2016), “Neuro-cutlery – The next frontier in cutlery design”, in *Supper Magazine*, vol. 4, pp. 128-129.
- Woods, A. T., Poliakov, E., Lloyd, D. M., Kuenzel, J., Hodson, R., Gonda, H., Batchelor, J., Dijksterhuis, G. B. and Thomas, A. (2011), “Effect of background noise on food perception”, in *Food Quality and Preference*, vol. 22, issue 1, pp. 42-47. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.07.003 [Accessed 29 September 2024].
- Zampini, M. and Spence, C. (2004), “The role of auditory cues in modulating the perceived crispness and staleness of potato chips”, in *Journal of Sensory Studies*, vol. 19, issue 5, pp. 347-363. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1745-459x.2004.080403.x [Accessed 29 September 2024].
- Zarzo, M. (2007), “The sense of smell – Molecular basis of odorant recognition”, in *Biological Reviews*, vol. 82, issue 3, pp. 455-479. [Online] Available at: doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00019.x [Accessed 29 September 2024].
- Zurlo, F. (2012), *Le strategie del design – Disegnare il valore oltre il prodotto*, Libraccio Editore, Milano.