

WP2. Tecnologie green e sostenibili per lo sviluppo di filiere agroalimentari ad alto valore salutistico

L'obiettivo principale del WP2 è finalizzato all'innovazione di processo e di prodotto attraverso lo sviluppo di **tecnologie innovative** agronomiche, genetiche, chimiche e biochimiche per l'arricchimento e la **biofortificazione** delle produzioni primarie e l'identificazione e la caratterizzazione di **composti bioattivi** da sotto-prodotti/scarti delle filiere agro-alimentari **per lo sviluppo di alimenti funzionali** che possano **contribuire allo stato di benessere e salute del consumatore** e alla prevenzione di patologie legate all'invecchiamento. Ulteriore obiettivo è quello di sviluppare tecnologie innovative per la **produzione di formulazioni di biocomposti** ad elevata attività biologica da includere in alimenti funzionali.


Task 2.1

Sviluppo di tecnologie innovative per l'arricchimento e biofortificazione delle produzioni primarie [M1-12]

Task 2.2

Sviluppo di tecnologie innovative per l'estrazione, caratterizzazione e stabilizzazione di biocomposti da sottoprodotti e scarti [M1-12]



A blue wireframe silhouette of a dinosaur, possibly a T-Rex, is the central focus on the right side of the image. The background is a dark blue gradient. Scattered throughout the scene are various colorful geometric shapes, including triangles, squares, and cubes, some of which are glowing or have a soft aura. The overall aesthetic is futuristic and digital.

Il ventunesimo secolo è stato caratterizzato da continui progressi scientifici in ambito nutrizionale. La scoperta dei principi nutritivi, le linee guida per una sana e corretta alimentazione e il concetto di dieta equilibrata hanno accompagnato e cercato di guidare sempre più l'evoluzione delle dinamiche alimentari. Inizialmente con la prerogativa di debellare la malnutrizione, successivamente nel tentativo di limitare gli eccessi nel consumo di talune sostanze ritenute dannose per la salute.

Nell'ultimo ventennio lo **sviluppo delle biotecnologie** ha permesso il raggiungimento di traguardi inimmaginabili fino a qualche anno fa, fornendo risposte a molteplici esigenze sempre più urgenti della società moderna a livello di salute pubblica, agricoltura, **alimentazione, tutela dell'ambiente**, processi industriali e sviluppo sostenibile.

Nel settore delle **biotecnologie agroalimentari** l'Italia può contare su condizioni assolutamente uniche e competitive, per varietà di microclimi e biodiversità.

Di qui la molteplicità dei filoni di ricerca che spaziano dal

- **miglioramento genetico** di specifiche varietà vegetali,
- al **controllo dell'origine e della qualità** degli alimenti,
- **all'estrazione di sostanze bioattive** limitatamente disponibili in natura.





La maggiore produttività agricola, perseguita per nutrire una sempre crescente popolazione mondiale, è stata accompagnata da un importante impatto antropico-ambientale. Le tecnologie per **costruire un modello di società più responsabile partendo dall'agroalimentare** ci sono e molte sono italiane.

- ❖ La **biofortificazione** delle produzioni primarie
- ❖ l'utilizzo di composti bioattivi da sotto-prodotti/scarti delle filiere agro-alimentari per lo sviluppo di **alimenti funzionali**

la “biofortificazione” ha permesso la diffusione di **300 varietà di cereali** "arricchiti" in più di **35 paesi**. Tra le colture biofortificate più importanti si è rivelato cruciale il **fagiolo dall'occhio nero**, un legume ricco di proteine in grado di crescere in terreni aridi con un ottimo contenuto di ferro e zinco – In **Colombia** è popolare il **mais biofortificato** con lo zinco, con il quale si preparano ottime arepas In **India**, invece, potrebbero presto essere diffusi **patate e riso bianco** arricchiti con più folati.

La **biofortificazione rimane però un elemento chiave in un momento in cui continua ad aumentare il contenuto di anidride carbonica** nell'atmosfera, un problema che ha effetto diretto sulle colture abbassando i livelli di proteine, ferro e zinco -

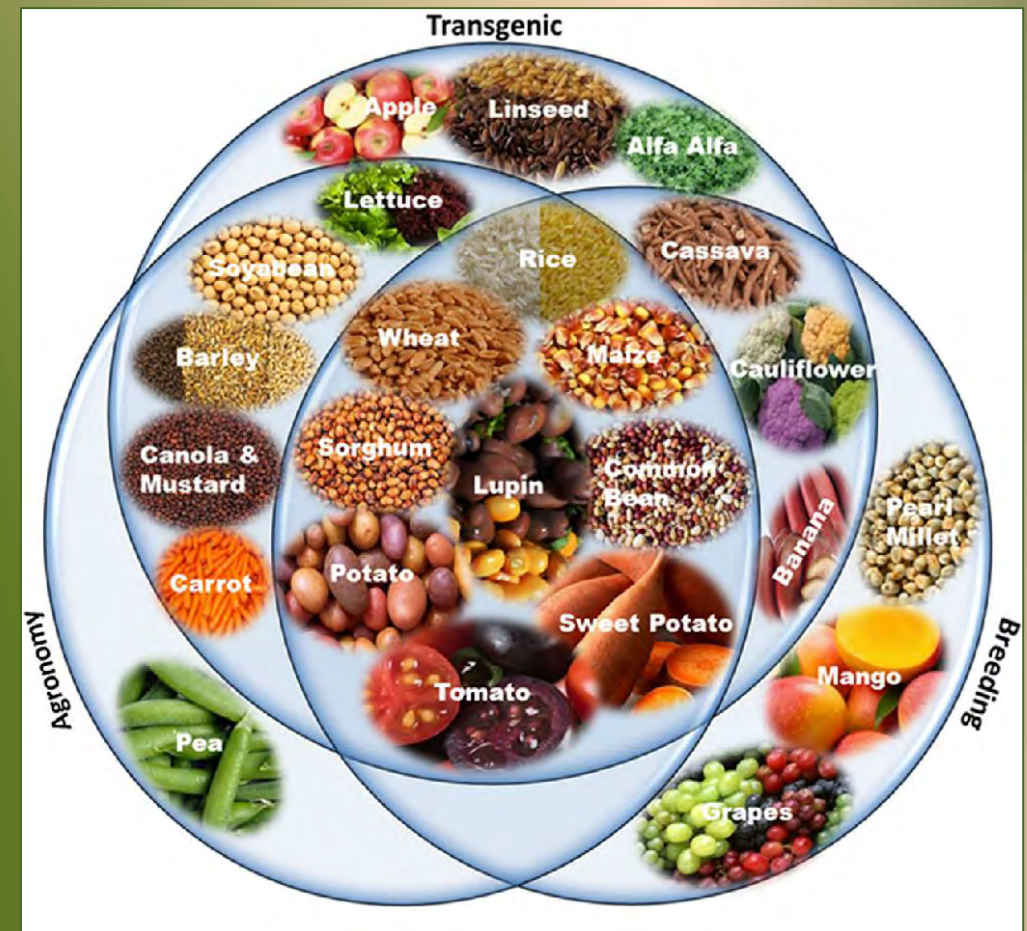


Biofortificazione nelle colture orticole

"Biofortificazione" o "fortificazione biologica" si riferisce a colture alimentari migliorate dal punto di vista nutrizionale con maggiore biodisponibilità per la popolazione umana.



Colture biofortificate ottenute attraverso tre diversi approcci:





Transgenic: tecniche di ingegneria genetica che utilizzano geni per il trasferimento e l'espressione di tratti desiderabili per produrre nuove cultivars

Transgenic Maize



Il livello di **vitamina C (acido l-ascorbico)** nel mais è stato aumentato quasi **100 volte** riciclando l'acido ascorbico ossidato in forma ridotta mediante l'espressione della deidroascorbato reductasi [DHAR].

Il trasferimento nel frutto del pomodoro di **due geni Del/Ros1 che controllano la sintesi degli antociani** determina la sua caratteristica colorazione viola, simile a quella della buccia della melanzana. È stato dimostrato che il consumo di pomodori "viola" nella dieta di topi geneticamente più predisposti allo sviluppo di tumori ne prolunga la vita media"



Breeding: Incrocio di linee parentali ad alto contenuto di nutrienti con linee riceventi con caratteristiche agronomiche desiderabili per produrre nel corso di diverse generazioni piante con le proprietà nutritive e agronomiche desiderate

Potato Breeding

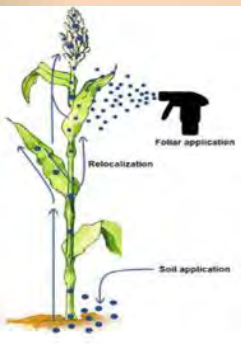


Campioni geneticamente diversificati di **cultivar di patate originarie delle Ande del Sud America** sono stati ottenuti da una raccolta di quasi **1.000 genotipi** e valutati come **fonte di antiossidanti e minerali** (rame, ferro, manganese e zinco)"



L'**Indian Agricultural Institute** ha sviluppato una **varietà migliorata di uva, vale a dire Pusa Navrang**, che contiene una maggiore quantità di **solidi solubili** totali (carboidrati, acidi organici, proteine, grassi e minerali) e antiossidanti

Grape Breeding



Agronomic: applicazione fisica di nutrienti per migliorare temporaneamente lo stato nutrizionale e sanitario delle colture

I **piselli** sono la seconda coltura leguminosa più grande al mondo, noti anche per il loro alto contenuto proteico e il suo **arricchimento di zinco** è stato ottenuto con applicazioni fogliari di zinco da solo o in combinazione con applicazioni di zinco nel terreno.



Le foglie e le radici della carota sono state integrate con Iodio e Selenio mediante l'applicazione di entrambi come fertilizzanti. È stato riferito che il consumo di 100 g di peso fresco di carote fertilizzate con questi micronutrienti può fornire il 100% della razione giornaliera raccomandata



*Il cibo che mangi può essere o la più
sana e potente forma di medicina
o la più lenta forma di
veleno.*

**Siamo ciò
che mangiamo**



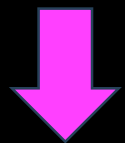
•Di pari passo con la nutraceutica, quello degli **alimenti funzionali** è un ramo di ricerca estremamente **attuale** e altrettanto riconosciuto dalla **comunità scientifica**. **La necessità di approcciare l'alimentazione con una prospettiva medico-scientifica nasce dalla crescente domanda, da parte dei consumatori, di benessere e prevenzione da perseguire attraverso rimedi naturali**. E dalla contemporanea esigenza di conferire alla materia della nutrizione uno **spessore accademico** paragonabile a quello farmacologico.

•D'altronde, **già Ippocrate nel 460 a.C. sosteneva il principio dell'alimentazione come primo alleato della salute.**

“Fa' che il cibo sia la tua medicina e che la medicina sia il tuo cibo”



Già a partire dagli anni '80, il Paese del Sol Levante iniziò a preoccuparsi delle condizioni di salute degli anziani e a guardare al cibo come strumento per prevenire o ridurre eventuali malattie ed elaborare diete specifiche



FOSHU
(Foods for Specified
Health Use)



I FOSHU sono normali prodotti alimentari, non integrati o da supplementi dietetici, e vengono classificati in **cinque categorie**: i cibi che migliorano il sistema immunitario, quelli che aiutano a prevenire specifiche patologie, gli alimenti che riducono il colesterolo, quelli che aiutano la digestione e l'assorbimento di nutrienti ed, infine, quelli che rallentano l'invecchiamento.



Soltanto appartenendo ad una di queste categorie e solo alla presenza di prove scientificamente fondate, l'alimento può ottenere l'identificativo **FOSHU** che viene concesso dal Ministro della Salute e da quello del Welfare del Giappone.

Alimento funzionale



cibo preso nella sua integrità, quindi al “naturale” ossia un alimento che risulta essere funzionale solamente grazie alle sue caratteristiche nutritive.



alimento che mediante trattamento tecnologico o biotecnologico viene modificato





**Il primo alimento funzionale naturale
nella storia dell'uomo?**

Ovviamente il Latte Materno!

Alimenti funzionali
naturali

lattoferrina e altre
proteine di trasporto
lisozima ed enzimi
Immunoglobuline (s-IgA)
ormoni
citochine
oligopeptidi e AA liberi
urea, poliamine
nucleotidi e ac.nucleici
oligosaccaridi

MICI
aterosclerosi e dislipidemie
malattia celiaca
diabete
DCA e obesità

I 5 colori del benessere



Effetti positivi su livelli di colesterolo
Riduzione rischio tumori e malattie cardiovascolari

Effetti positivi su tratto urinario e memoria
Riduzione rischio tumori e malattie cardiovascolari

Effetti positivi su sistema immunitario occhi e pelle
Riduzione rischio tumori e malattie cardiovascolari

BIANCO

Quali nutrienti

Composti solforati nella cipolla e nell'aglio, flavonoidi, polifenoli, potassio, selenio (nei funghi) e Vitamina C.

Li trovi in:

aglio, cavolfiore, cipolla, finocchio, funghi, mele, pere, porri, sedano.

ROSSO

Quali nutrienti

Licopene e antocianine.

Li trovi in:

anguria, arance rosse, barbabietole, ciliegie, fragole, peperoni, pomodori, rape, ravanelli.

ARANCIO E GIALLO

Quali nutrienti

Carotenoidi, flavonoidi, Vitamina C.

Li trovi in:

albicocche, arance, carote, limoni, loti, mais, mandarini, melone, nespole, peperoni, pesche, pompelmi, zucca.

5 COLORI PER CRESCERE BENE

5 COLORI PER 5 PORZIONI DI FRUTTA E VERDURA AL GIORNO

Rosso, arancio, verde, blu e bianco: sono i 5 colori del mangiare sano. A ognuno corrispondono dei nutrienti specifici: scopri quelli associati a ogni tonalità, per capire di quali cibi ha bisogno il tuo corpo ogni giorno.

BLU E VIOLA

Quali nutrienti

Antocianine, carotenoidi, magnesio, potassio e Vitamina C.

Li trovi in:

melanzane, radicchio, fichi, frutti di bosco (lamponi, mirtilli, more, ribes), prugne, uva nera.

VERDE

Quali nutrienti

Acido folico, carotenoidi, clorofilla, luteina, magnesio e Vitamina C.

Li trovi in:

asparagi, agretti, basilico, bieta, broccoli, cavoli, carciofi, cetrioli, cicoria, lattuga, rucola, prezzemolo, spinaci, zucchine, uva bianca, kiwi.

Tra gli *alimenti non modificati* da considerare 'funzionali' la maggior parte deriva dal mondo vegetale

Effetti positivi su occhi, ossa e denti
Riduzione rischio tumori

Effetti positivi su tratto urinario, invecchiamento e memoria
Riduzione rischio tumori e malattie cardiovascolari

Ma Estendiamo il concetto di alimento funzionale

Gli alimenti modificati sono quelli in cui è la tecnologia a rendere un alimento funzionale

- ✓ alimento naturale **fortificato** nei quali viene incrementata la concentrazione di un nutriente già normalmente presente (**latte con calcio, succo di frutta ACE**)
- ✓ un alimento **arricchito** di un qualche componente non presente naturalmente in origine (**yogurt probiotici, prebiotici, latte con vitamina D**);
- ✓ un alimento **free form** dal quale si sono eliminati uno o più componenti in modo da sottrarre o diminuire gli effetti avversi sulla salute (**birra analcolica, alimenti senza glutine, latte delattosato**);
- ✓ un alimento nel quale uno o più dei suoi componenti è stato **modificato** chimicamente per migliorare lo stato di salute del consumatore (**idrolizzati proteici addizionati nei preparati per lattanti, per ridurre il rischio allergenico**);

Task 2.1 Sviluppo di tecnologie innovative per l'arricchimento e biofortificazione delle produzioni primarie (DiSBA, DSCTM) [M1-12]

Subtask 2.1.1 Individuazione delle migliori matrici vegetali ad elevato contenuto di micro/macro elementi, composti bioattivi, metaboliti primari ad alto valore salutistico e funzionale per le attività di biofortificazione (DiSBA, DSCTM)

Sono stati avviati studi per l'individuazione di matrici vegetali a più elevato valore nutrizionale-nutraceutico (composti bioattivi, e metaboliti primari) attraverso l'impiego di diverse tecnologie innovative (omiche, molecolari, analitiche). Sono state considerate le seguenti specie/materiali vegetali ed i relativi caratteri: **mais, cima di rapa, finocchio selvatico, basilico, Solanacee, specie arboree e forestali, frutti di melagrano, arancia, melo, uva rossa, abete, castagno, granella di leguminose, capperi, calendula e frumento, lattuga e indivia, olii essenziale e vegetali estratti da specie agrarie, selvatiche e medicinali.**



Subtask 2.1.2. Sviluppo di nuove tecnologie agronomiche e agricoltura di precisione per la biofortificazione dei prodotti freschi (DiSBA)

Studio dell'impatto di trattamenti a base di **elementi minerali, biostimolanti di natura microbica e non o di stress abiotici**, in sistemi sperimentali tradizionali (terreno) o fuori suolo, sulla biofortificazione e sul miglioramento della qualità nutrizionale e nutraceutica di **ortaggi da consumo fresco e cereali**. Protocolli sperimentali sono anche stati predisposti sulla base di analisi di piante modello. In particolare, sono state considerate le seguenti specie:

- **ravanello, pisello, rucola e bietola, lattuga, cima di rapa, pomodoro, cicoria, frumento, Arabidopsis thaliana, Cynara cardunculus.**

Subtask 2.1.3. Utilizzo di tecnologie tradizionali, innovative (genome editing) e non invasive (es. spray-induced gene silencing, SIGS) di miglioramento genetico per l'ottenimento di prodotti alimentari ad alto valore nutrizionale (DiSBA)

Attraverso l'impiego di diverse tecnologie di miglioramento genetico sono stati avviati studi per l'ottenimento di prodotti alimentari a più elevato valore nutrizionale. Sono state considerate le seguenti specie ed i relativi caratteri:

- **Soia, Fagiolo, Frumento duro e mais, Vite, Patata, Lattuga (iceberg e romana), indivia e scarola, Cima di rapa, Mais**

Task 2.2 Sviluppo di tecnologie innovative per l'estrazione, caratterizzazione e stabilizzazione di biocomposti da sottoprodotti e scarti (DiSBA, DSB, DSCTM) [M1-12]

Subtask 2.2.1. Individuazione degli scarti/sotto-prodotti a più alto contenuto di biocomposti e dei migliori processi di recupero secondo i criteri di sostenibilità economica ed ambientale (DiSBA)

Selezione di **scarti** di origine casearia ad alto contenuto proteico ed agro-alimentari (**agrumi, cipolla, melograno carciofo, topinambur, brassicacee, castagno, conifere, scarti derivanti produzione della birra, scarti di produzione di distillati di frutta, olivo**) per il recupero di sostanze bioattive ad alto valore aggiunto di interesse alimentare e/o cosmetico (**frutto-oligosaccaridi, inulina, glucosinolati, polifenoli, proteine, peptidi**), anche dopo pretrattamento microbico. Il recupero di questi composti altamente bioattivi riveste un'importanza strategica sia per ridurre i costi di smaltimento di uno scarto inquinante sia per lo sviluppo di prodotti/integratori di interesse alimentare e/o cosmetico

Subtask 2.2.3. Sviluppo e ottimizzazione di tecnologie di estrazione e purificazione per il recupero e valorizzazione di molecole bioattive (metaboliti secondari, carboidrati, proteine) da sotto-prodotti delle filiere agro-alimentari (DSCTM, DiSBA)

Sviluppo, ottimizzazione e applicazione di **processi di estrazione** di composti bioattivi da sottoprodotti e scarti delle filiere agro-alimentari, forestali, casearie e ittiche e da piante officinali ed aromatiche mediante le seguenti tecnologie: estrazione **multi step con CO₂ supercritica e H₂O subcritica, distillazione in corrente di vapore, utilizzo di solventi green, estrazione mediata da microonde, ultrasuoni e membrane funzionalizzate, sistemi di ultrafiltrazione a membrana** (micro-, ultra-, nano-filtrazione e osmosi inversa), **biotrasformazione mediante enzimi estremofili** o cocktail enzimatici, cavitazione idrodinamica

Subtask 2.2.2. Sviluppo di tecnologie di stabilizzazione e di sistemi per la gestione integrata di sottoprodotti/scarti delle lavorazioni agro-industriali (DSCTM)

Sviluppo di metodologie in grado di garantire **la corretta conservazione degli scarti/sottoprodotti derivanti dalla produzione agro-industriale fino al momento del loro utilizzo nell'ambito della filiera produttiva** (**disidratazione, temperatura, atmosfera modificata**), mediante l'impiego di tecnologie integrate e tecnologie green atte a massimizzare il recupero e la stabilizzazione di sottoprodotti minimizzandone le variazioni strutturali e valorizzandone le potenzialità applicative (estrazione di biopolimeri, molecole bioattive, fibre strutturali o funzionali).



Subtask 2.2.5. Sviluppo e valutazione di tecnologie innovative per l'incapsulamento, la stabilizzazione e la modulazione del rilascio di biocomposti (DSCTM, DiSBA)

Messa a punto e sviluppo di sistemi avanzati di nanoincapsulamento a base biopolisaccaridica e biopolimerica,, mediante l'utilizzo di diverse tecniche (coacervazione, nanoemulsione, emulsione-evaporazione del solvente, spray-dry). I micro- e nano-carrier, liposomi, matrici sol-gel e organo-gel a differente porosità/idrofilicità, e (nano)emulsioni saranno impiegati per il delivery ed il rilascio controllato di molecole attive ad alto valore nutrizionale.

Subtask 2.2.6. Studio della stabilità, dell'attività biologica e della cinetica di rilascio di biocomposti incapsulati e di formulazioni innovative (DSCTM, DiSBA, DSB)

- Studio della stabilità, cinetica di rilascio e dell'attività biologica (antiossidante, antibatterica e antitumorale) di biocomposti (polifenoli, fenoli, microelementi, miRNA, peptidi);
- Studio dell'effetto dell'incapsulamento in liposomi sull'attività antibatterica di composti polifenolici estratti da matrici di scarto della filiera olivicola olearia;
- Analisi dell'efficacia di nanoparticelle anfifiliche biodegradabili caricate con silibinina, un polifenolo di origine naturale con attività antitumorale;
- Studio dell'utilizzo di nanocarriers ecosostenibili per il rilascio controllato di double-stranded RNAs (dsRNAs); messa a punto di metodiche di incapsulamento, valutazione della stabilizzazione e della cinetica di rilascio *in vitro* e/o in pianta;
- incapsulati in liposomi e nanoparticelle polimeriche termo-responsive, su modelli *in vitro* ed *ex-vivo* (es. cellule epiteliali intestinali) riproducenti condizioni fisio/patologiche e su modelli cellulari e batterici patogeni per l'uomo
- Studi *in vitro* dell'effetto citoprotettivo di nanoparticelle di chitosano polimerico capaci di attraversare la barriera ematoencefalica caricate con agenti protettivi da stress ossidativo e testate su cellule umane stimolate (SH-SY5Y, Fibroblasti, LCLs). Verranno quindi eseguiti test cellulari antiossidativi (DCFH-DA, GSH) e di funzionalità mitocondriale



Subtask 2.2.4. Sviluppo di tecnologie avanzate per la caratterizzazione e l'analisi quali/quantitativa di biocomposti, molecole volatili bioattive, peptidi/proteine da matrici fresche/trasformate/post-digestione simulata (DSCTM, DiSBA)

Utilizzo delle metodologie spettroscopiche (NMR, UV, IR, EPR) e spettrometriche (LC-MS, GC-MS) per l'analisi e l'identificazione di molecole e metaboliti bioattivi (polifenoli/tannini) su matrici agroalimentari, scarti di lavorazione agroindustriale e da biomasse di terza generazione, per la determinazione dell'attività antiossidante di estratti fenolici e della stabilità ossidativa di olii vegetali, e per l'analisi della frazione proteica ottenuta per estrazione da matrici agroalimentari e di acidi idrossicinnamici ottenuti da matrici enologiche.



Subtask 2.2.7. Sviluppo di nuove formulazioni ad elevata purezza ed attività biologica e loro re-introduzione nelle filiere food e feed (DiSBA)

Verranno prese in considerazione le seguenti formulazioni/matrici:

- sottoprodotti della filiera vitivinicola da utilizzarsi nella filiera feed
- fitocomplessi stabili pectina-flavonoidi (“IntegroPectin”) ad elevata e diversificata attività biologica per la bio-fortificazione di prodotti food e feed
- nuove formulazioni ad elevata purezza ed attività biologica e loro re-introduzione nelle filiere alimentari per il miglioramento della qualità di alimenti e mangimi

