



**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

## **WP3**

# **Alimenti funzionali e innovativi per dietary pattern ad elevato valore salutistico**

(Coordina: DiSBA; partecipano: DSB, DSCTM)





## Scopo del WP3

- sviluppo e formulazione di nuovi alimenti ad alto valore nutrizionale
- caratterizzazione delle loro componenti funzionali, utilizzando tecnologie avanzate di biochimica, biologia molecolare e cellulare, tecnologie analitiche e multi-omiche

Tra i prodotti proposti nei disegni sperimentali sono presenti trasformati ad alta digeribilità, ad alto contenuto di pre-, pro- e post-biotici o arricchiti in metaboliti primari e secondari.

Gli alimenti o i loro estratti sono valutati mediante test *in vitro*, *ex vivo* ed *in vivo* (sistemi cellulari, su tessuti o su modelli animali), per la loro capacità di avere effetti su stati fisiopatologici strettamente correlati alle patologie metaboliche e neurodegenerative dell'invecchiamento.



# Sviluppo di alimenti funzionali e innovativi

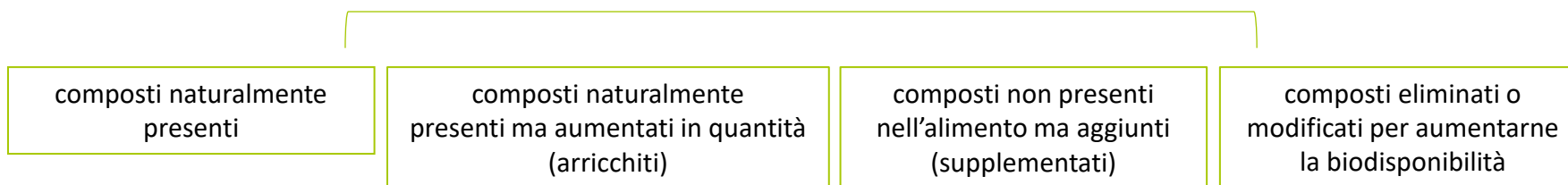


**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

## Alimenti funzionali

se oltre alle proprietà nutrizionali, è scientificamente dimostrato un effetto benefico sulle funzioni biologiche dell'organismo tale da migliorare lo stato di salute o ridurre il rischio di malattia.

Le proprietà sono riconducibili a:



## Novel foods

Alimenti con una struttura molecolare nuova o volutamente modificata che non era utilizzata come alimento o in un alimento prima del 15 maggio 1997



nuovo sviluppo



alimento innovativo



alimento ottenuto da nuove tecnologie e/o processi produttivi



tradizionalmente consumato in Paesi extra-UE



## Task 3.1



### Sviluppo di alimenti funzionali e innovativi

*Subtask 3.1.1. Identificazioni dei target funzionali/salutistici per lo sviluppo di food design e dietary pattern*

*Subtask 3.1.2. Sviluppo di tecnologie innovative di fermentazione per la produzione di nuovi alimenti trasformati ad elevata digeribilità e alto valore nutrizionale*

*Subtask 3.1.3. Sviluppo di nuove tecnologie chimico-fisiche per la produzione di nuovi alimenti trasformati ad elevata digeribilità e alto valore nutrizionale*

*Subtask 3.1.4. Sviluppo di nuovi alimenti ad alto contenuto in pre/pro/post-biotici*

*Subtask 3.1.5. Sviluppo e caratterizzazione di prodotti biofortificati ad alto contenuto in metaboliti primari (proteine, acidi grassi polinsaturi) e secondari (vitamine, micronutrienti, microelementi ad elevata stabilità) ad elevata digeribilità*



## Task 3.2



### Validazione degli alimenti funzionali/innovativi per la prevenzione delle principali patologie dell'invecchiamento su modelli in vitro/in vivo

*Subtask 3.2.1. Valutazione biochimico-molecolare delle attività biologiche di specifici biocomposti estratti da matrici fresche/trasformate/post-digestione mediante modelli in vivo, in vitro, ex vivo, modelli 3D, sistemi integrati di microfluidica, organ-on-chip*

*Subtask 3.2.2. Studio dell'assorbimento di nutrienti e cofattori mediato da SoLute Carrier (SLC) in modelli in silico ed in vitro*

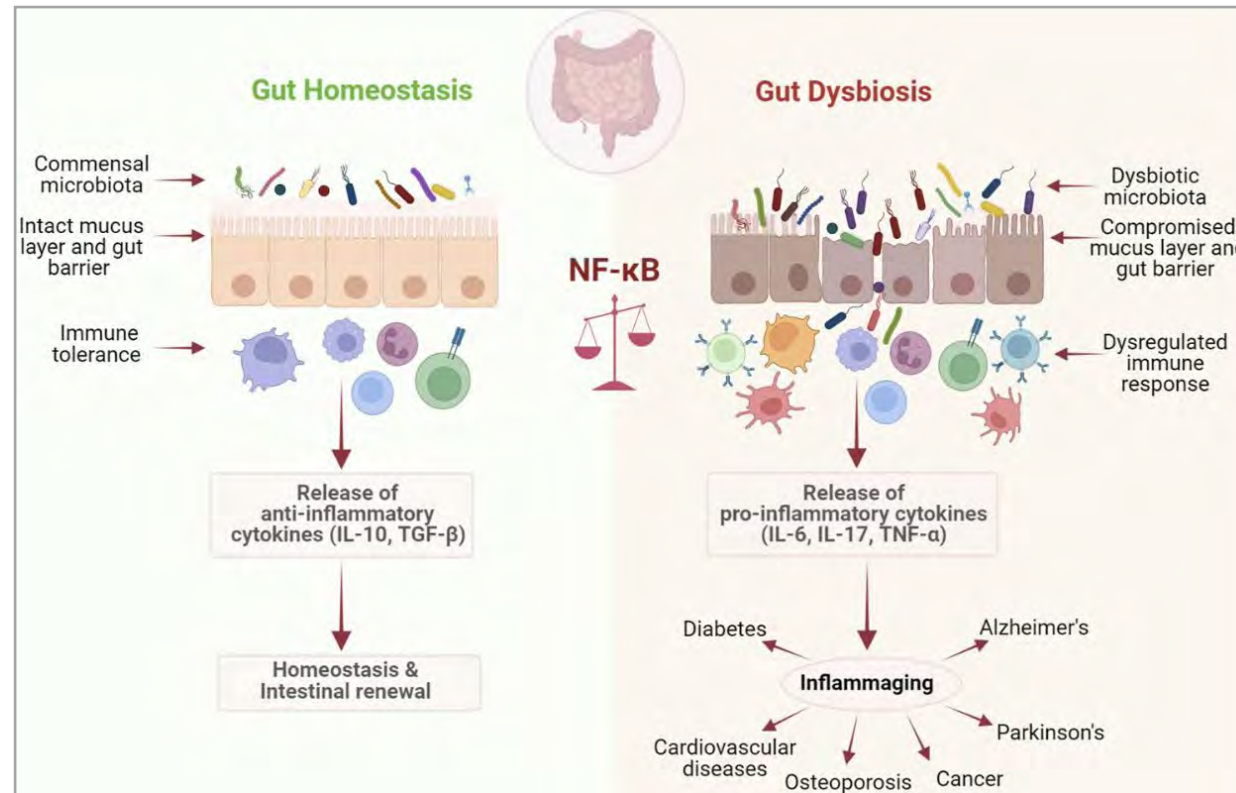
*Subtask 3.2.3. Verifica degli effetti di dietary pattern su modelli murini, valutazione dei principali parametri fisio-patologici, analisi multi-omiche dei principali marker di interesse nutrizionale e/o associati a specifici stati patologici, caratterizzazione delle principali modificazioni epigenetiche associate a condizioni fisio-patologiche*

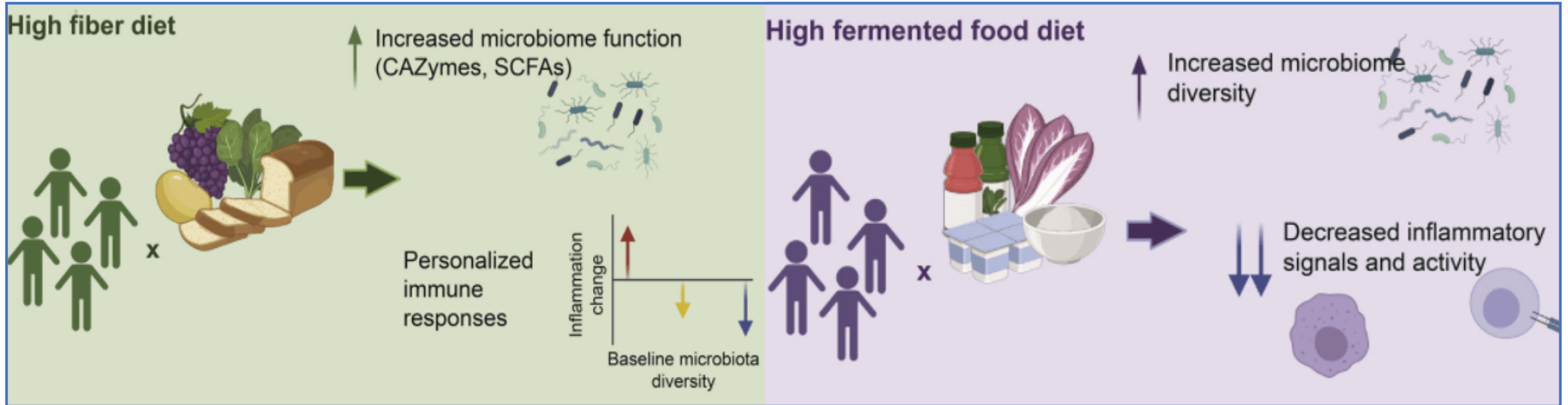




La disbiosi associata all'invecchiamento solitamente innesca le risposte immunitarie dell'ospite che portano ad un'inflammatione sostenuta (inflammaging) strettamente associata al rischio di sviluppare malattie legate all'età.

L'immunosenescenza e l'elevata attivazione costitutiva di NF- $\kappa$ B, conseguenza della disbiosi microbica, si traducono in una alterazione della composizione e della struttura dell'intestino e sono associate alle malattie infiammatorie croniche e a molti tipi di cancro.





La dieta ricca in alimenti fermentati ha indotto un aumento nella diversità del microbiota intestinale ed abbassato i markers di infiammazione; nella dieta ricca di fibre la diversità microbica nell'intestino è rimasta stabile e non si è osservata alcuna riduzione delle proteine infiammatorie.





American Society for Nutrition  
Excellence in Nutrition Research and Practice

# JN THE JOURNAL OF NUTRITION

journal homepage: [www.journals.elsevier.com/the-journal-of-nutrition](http://www.journals.elsevier.com/the-journal-of-nutrition)



Nutritional Epidemiology

## Positive Health Outcomes Associated with Live Microbe Intake from Foods, Including Fermented Foods, Assessed using the NHANES Database

Colin Hill<sup>1,†</sup>, Daniel J. Tancredi<sup>2,†</sup>, Christopher J. Cifelli<sup>3</sup>, Joanne L. Slavin<sup>4</sup>, Jaime Gahche<sup>5</sup>, Maria L. Marco<sup>6</sup>, Robert Hutkins<sup>7</sup>, Victor L. Fulgoni III<sup>8</sup>, Daniel Merenstein<sup>9</sup>, Mary Ellen Sanders<sup>10,\*</sup>

- adult sample of 46,091
- an additional 100g intake of microbe-containing foods and fermented foods was associated with lower:

and a higher level of:




**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



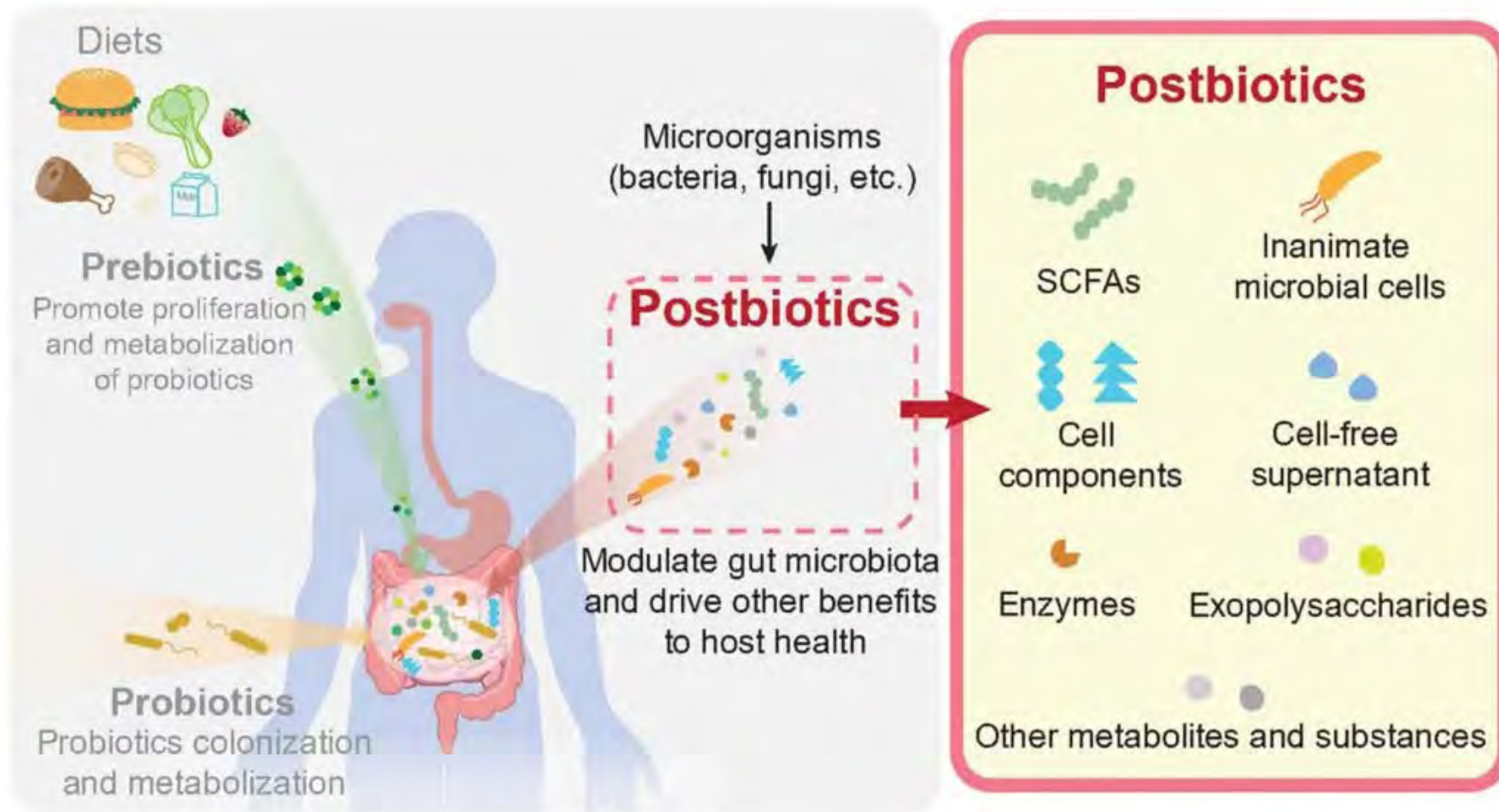
Indigenous Fermented Foods for the Tropics  
2023, Pages 467-481



## Chapter 28 - Novel food processing techniques and application for fermented foods

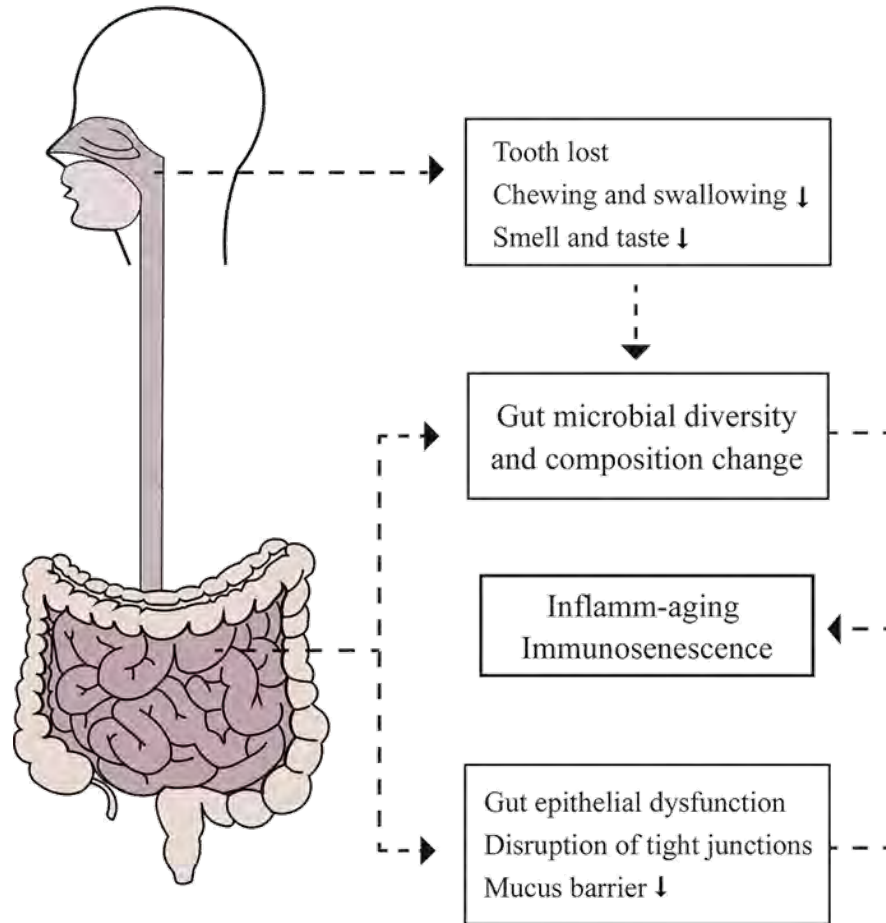
Oladipupo Odunayo Olatunde<sup>1,2</sup> , Nandika Bandara<sup>1,2</sup>, Oluwafemi Jeremiah Coker<sup>3</sup>, Feyisola Fisayo Ajayi<sup>4</sup>, Oluwatayin Motunrayo Ademola<sup>5</sup>, Bisola Omawumi Akinmosin<sup>6</sup>, Abiodun Olajumoke Kupoluyi<sup>6</sup>, Atinuke Motunrayo Olajide<sup>7</sup>, Iyiola Oluwakemi Owolabi<sup>8</sup>, Awanwee Petchkongkaew<sup>8</sup>, Oladapo Oluwaseye Olukomaiya<sup>9</sup>, Gbemisola Jamiu Fadimu<sup>10</sup>







Aging



Tooth lost  
Chewing and swallowing ↓  
Smell and taste ↓

Gut microbial diversity  
and composition change

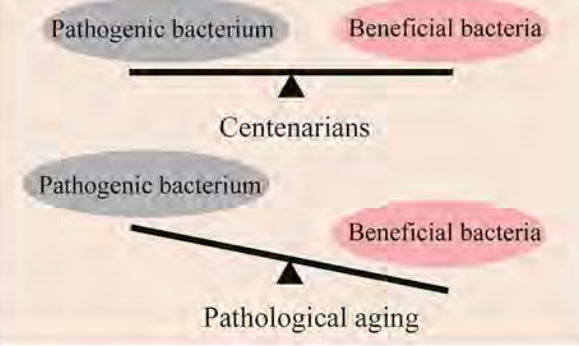
Inflamm-aging  
Immunosenescence

Gut epithelial dysfunction  
Disruption of tight junctions  
Mucus barrier ↓

**Alpha diversity (controversial)**

Previous consensus: Alpha diversity ↓  
New findings: no significant difference  
or centenarians ↑

**Gut microbiota**



**Altered gut microbial metabolites  
in elderly**

- Short chain fatty acids (SCFAs)
- Tryptophan derivatives
- Bile acids
- Polyamines

Questa revisione ha descritto le caratteristiche del microbiota intestinale legate all'invecchiamento con una risoluzione più elevata (a livello di specie e persino di ceppo) ed ha esplorato e proposto potenziali approcci dietetici mirati ai biomarcatori del microbiota associati all'invecchiamento.

- Fecal microbiota transplantation (FMT)
- Prebiotics
- Probiotics
- Postbiotics
- Dietary patterns



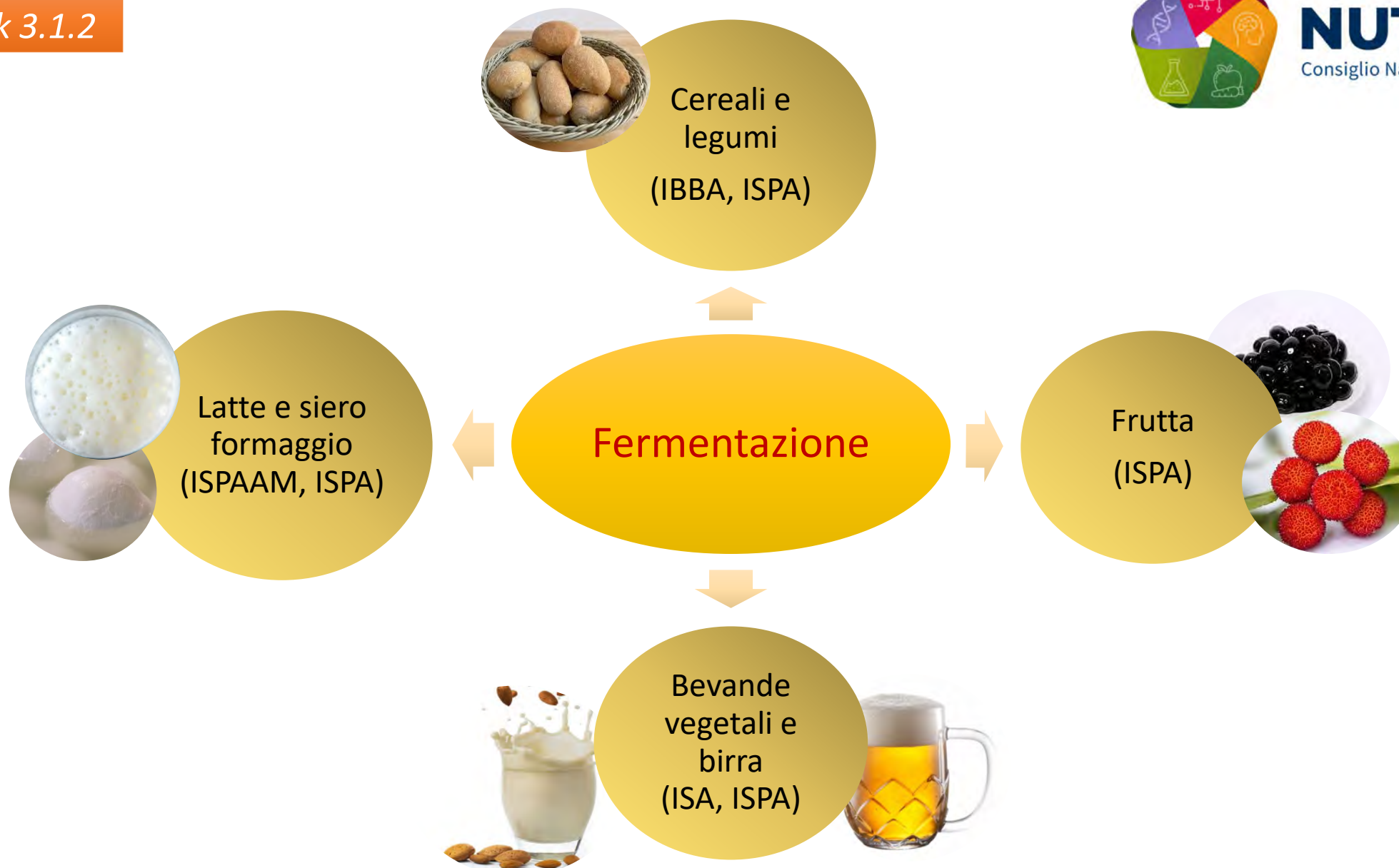
## Task 3.1



## Sviluppo di alimenti funzionali e innovativi

- Alimenti fermentati e ad alto contenuto di pre- pro- e post-biotici (sT3.1.2 e sT3.1.4)
- Prodotti ad alta digeribilità (sT3.1.3 e sT3.1.5)
- Cibi arricchiti in metaboliti primari e secondari (sT3.1.1 e sT3.1.5)





## Subtask 3.1.4

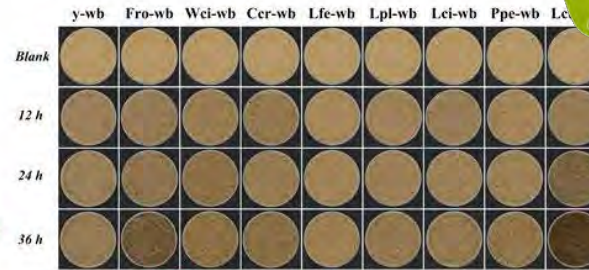
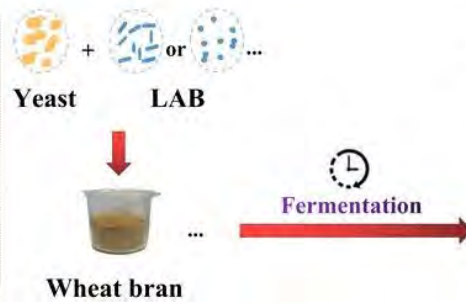


# Subtask 3.1.2

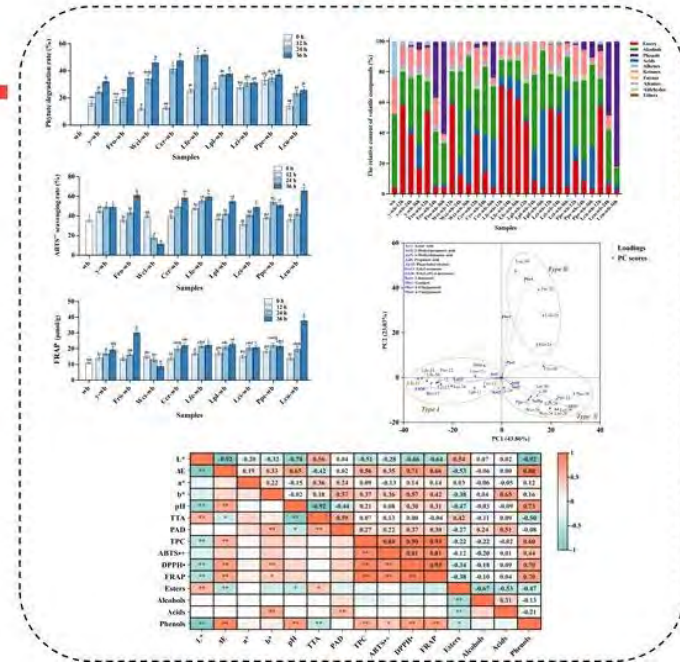
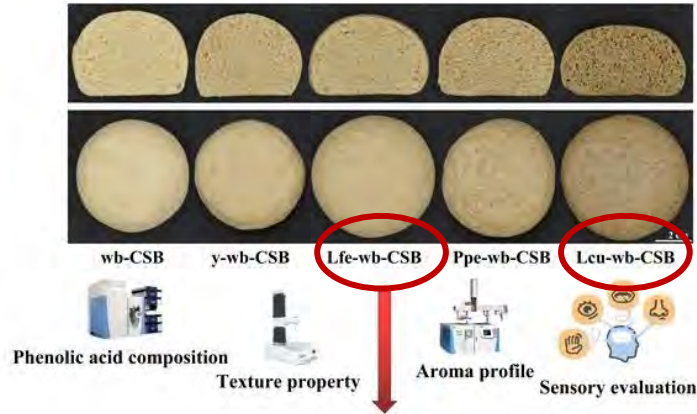
Cereali e legumi (IBBA, ISPA)



**Yeast:**  
*Saccharomycopsis fibuligera*  
**LAB:**  
*Furfurilactobacillus rossiae*  
*Weissella cibaria*  
*Companilactobacillus crustorum*  
*Limosilactobacillus fermentum*  
*Lactiplantibacillus plantarum*  
*Leuconostoc citreum*  
*Pediococcus pentosaceus*  
*Latilactobacillus curvatus*



Phytate degradation capacity  
Antioxidant activity  
Aroma profile

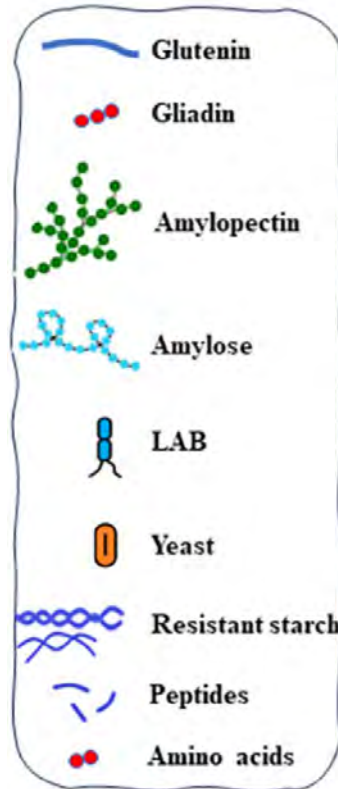


Co-culture fermentation with *S. fibuligera* and seven different LAB species, including *F. rossiae*, *C. crustorum*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *L. citreum*, *P. pentosaceus*, and *L. curvatu*, promoted phytate degradation, enhanced antioxidant activities, and modified the aroma profile of wheat bran.

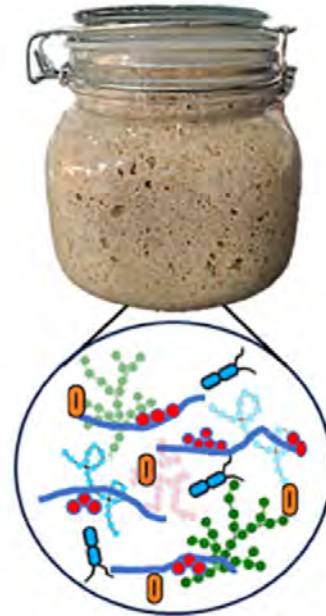


## Subtask 3.1.2

Cereali e legumi (IBBA, ISPA)

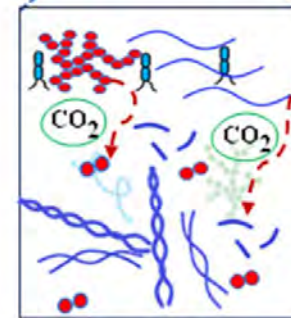


LAB = lactic acid bacteria



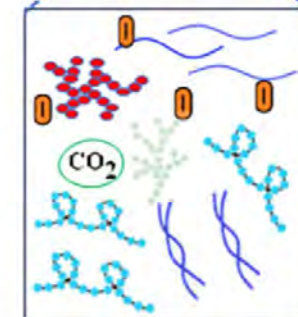
Use of sourdough improves bread quality

Fermentation (8h)  
Sourdough bread



- + ↑ Proteolysis
- + ↑ Resistant starch
- ↓ Rapidly digestible starch

Fermentation (1.5h)  
Yeast bread



- + ↑ Rapidly digestible starch
- ↓ Poor mechanical characteristics
- ↓ Proteolysis

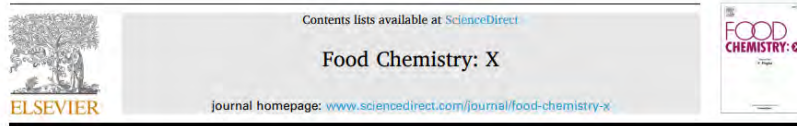


**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



## Subtask 3.1.2

Cereali e legumi (IBBA, ISPA)



Nutritional composition, *in vitro* carbohydrates digestibility, textural and sensory characteristics of bread as affected by ancient wheat flour type and sourdough fermentation time

*A high number of studies claimed that sourdough fermentation reduces the bakery products' glycaemic response (development of resistant starch).*

*...the ancient wheat species are richer in proteins than common wheat, while between the carbohydrates and lipids contents only slighter differences were recorded*



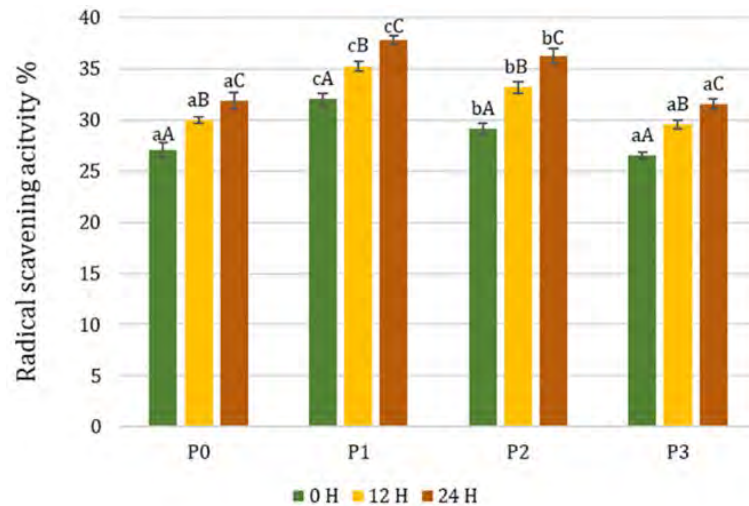
**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



Spelt (*Triticum aestivum* L. subsp. *spelta*)  
Einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*)  
Emmer (*Triticum turgidum* L. subsp. *dicoccum*)  
Khorasan wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *turanicum*)

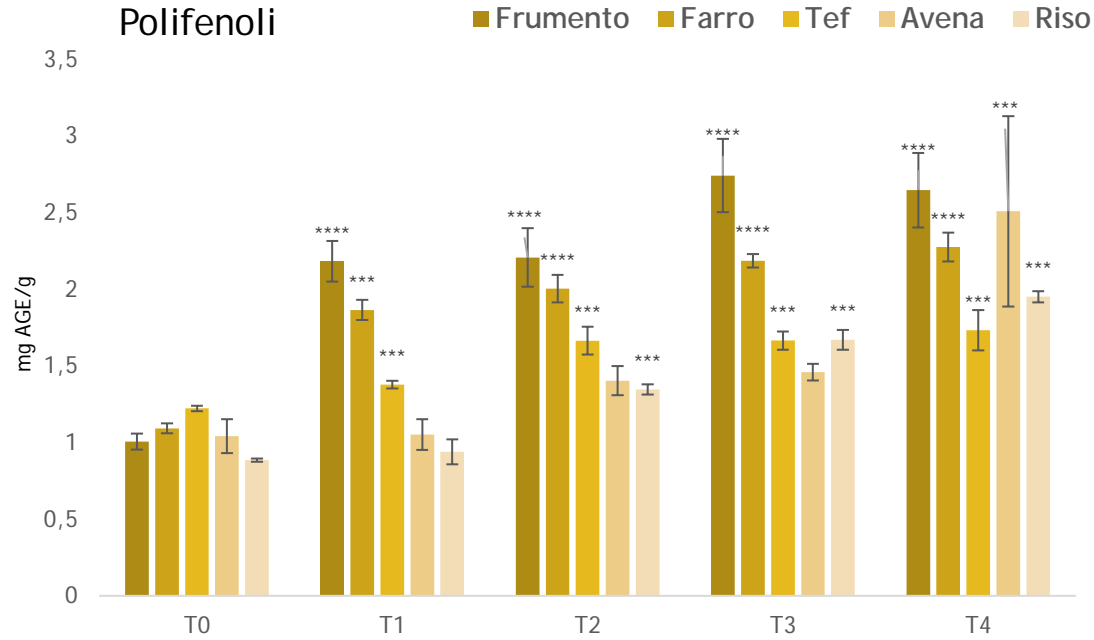
Dr. Morena Gabriele, IBBA

### Assessment of Sourdough Fermentation Impact on the Antioxidant and Anti-Inflammatory Potential of Pearl Millet from Burkina Faso

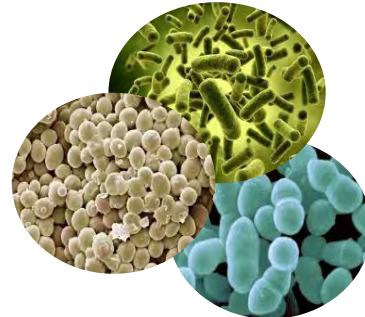
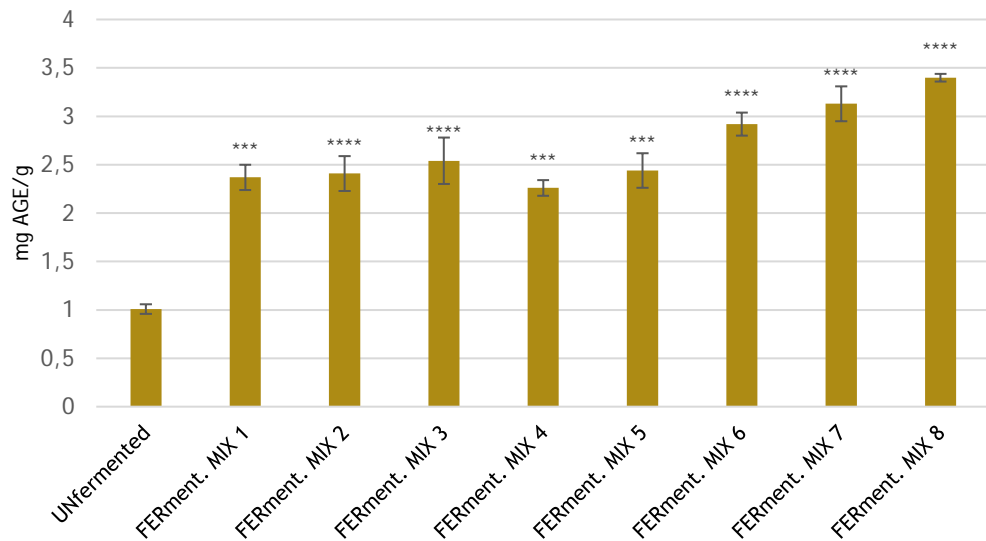


# Subtask 3.1.2 - Valutazione di colture multistarter per ottimizzare la fermentazione dei cereali da utilizzare in prodotti ad alto contenuto di composti bioattivi antiossidanti (IBBA, ISPA)

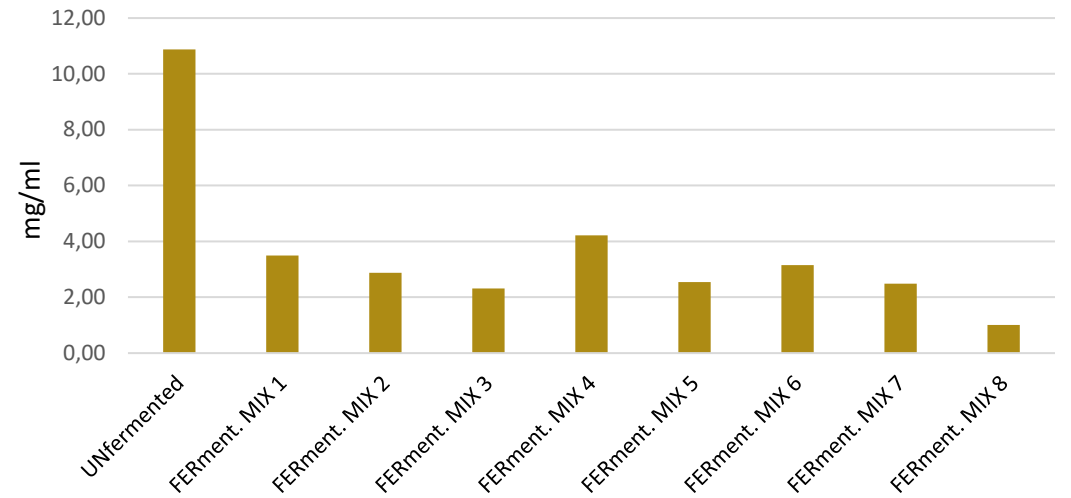
Cereali e legumi (IBBA, ISPA)



**Polifenoli**



**DPPH (EC<sub>50</sub>)**

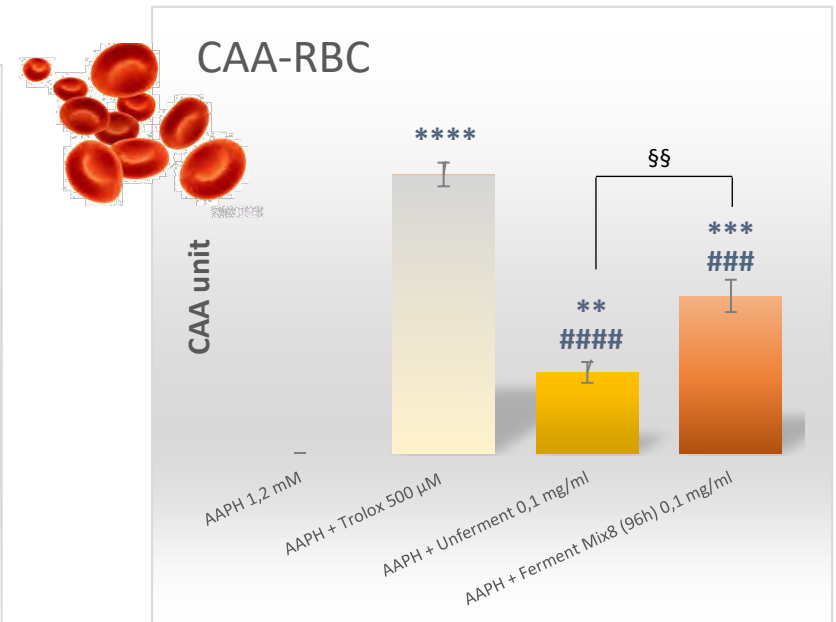
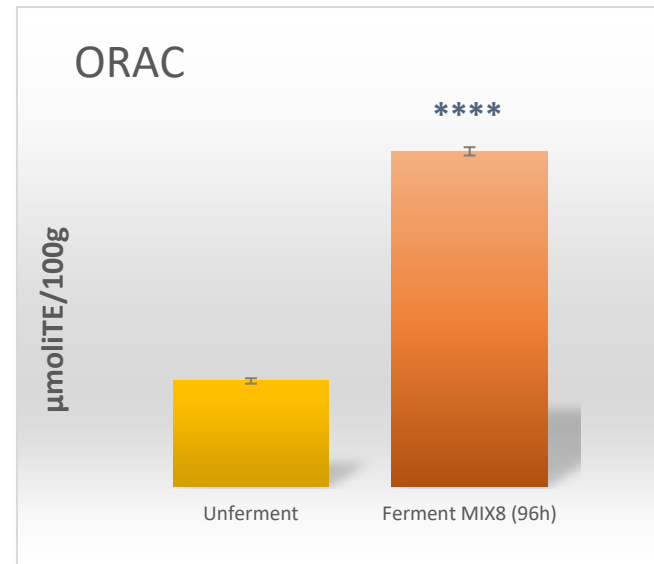
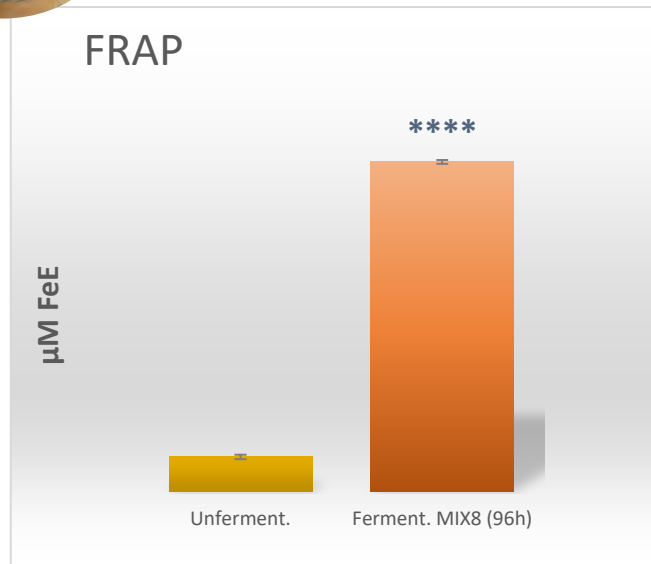


## Subtask 3.1.2

Cereali e legumi  
(IBBA, ISPA)



Frumento, MIX 8, 96h



## Subtask 3.1.2

Cereali e legumi (IBBA, ISPA)



**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

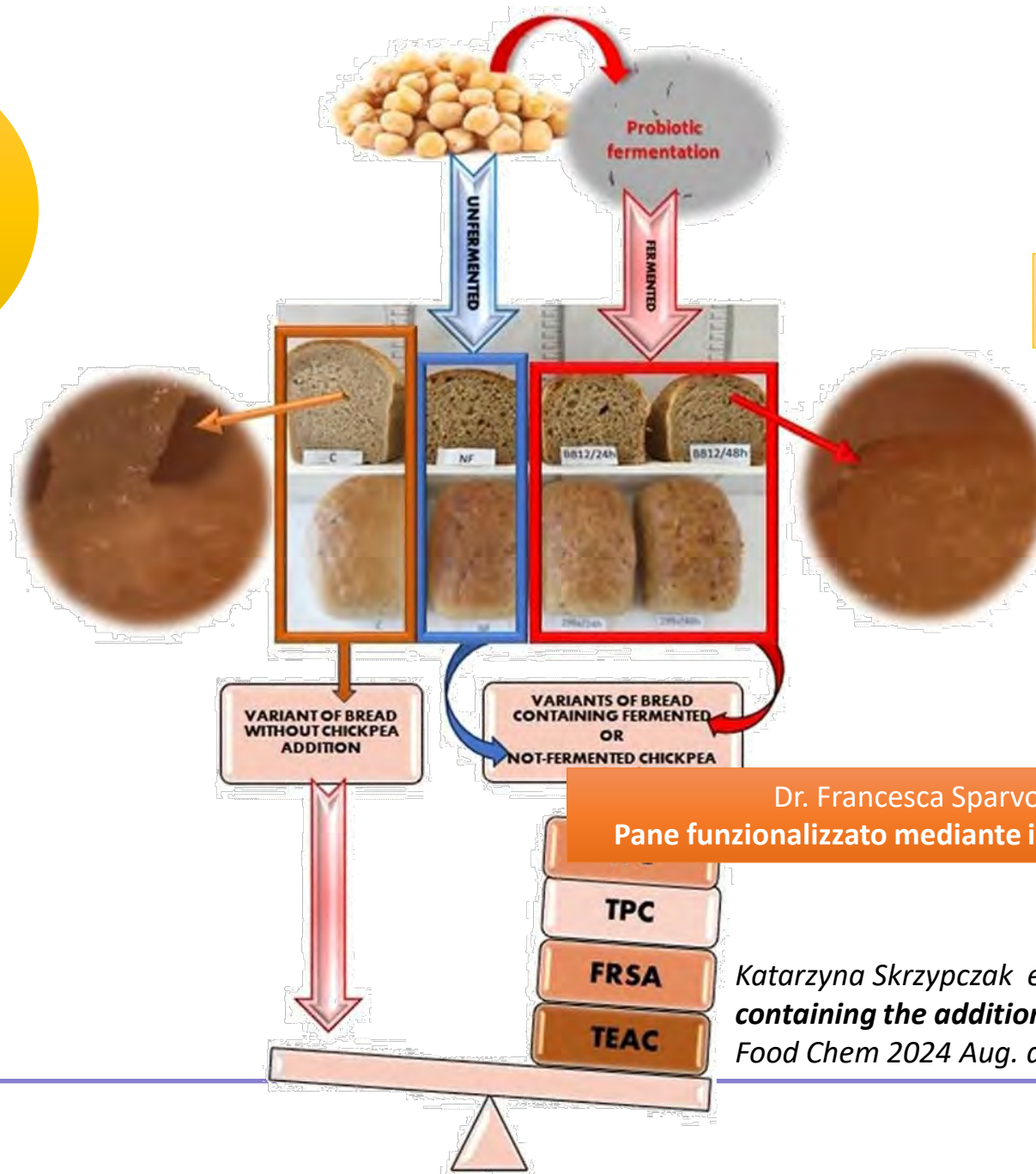
Pane arricchito in ceci fermentati con probiotico

- Probiotically fermented chickpeas increase the content of polyphenols in bread.
- The fermented chickpea additive enhanced the antioxidant activity of bread.
- Chickpea supplement leads to an increase in riboflavin content.
- Fermented chickpeas significantly increase the nutritional value of bread.
- Fermented chickpeas improved bread texture during storage.

Dr. Francesca Sparvoli, IBBA e Dr. Milena Brasca, ISPA

Pane funzionalizzato mediante integrazione con farina di fagiolo fermentata

Katarzyna Skrzypczak et al. *Quality and functional properties of bread containing the addition of probiotically fermented Cicer arietinum* Food Chem 2024 Aug. doi: 10.1016/j.foodchem.2024.139117



## Task 3.2

**CNR** | Dipartimento Scienze  
Bio-Agroalimentari

**CNR** | Dipartimento  
Scienze Biomediche



**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

### Validazione degli alimenti funzionali/innovativi per la prevenzione delle principali patologie dell'invecchiamento su modelli in vitro/in vivo

*Subtask 3.2.1. Valutazione biochimico-molecolare delle attività biologiche di specifici biocomposti estratti da matrici fresche/trasformate/post-digestione mediante modelli in vivo, in vitro, ex vivo, modelli 3D, sistemi integrati di microfluidica, organ-on-chip*

*Subtask 3.2.2. Studio dell'assorbimento di nutrienti e cofattori mediato da SoLute Carrier (SLC) in modelli in silico ed in vitro*

*Subtask 3.2.3. Verifica degli effetti di dietary pattern su modelli murini, valutazione dei principali parametri fisiopatologici, analisi multi-omiche dei principali marker di interesse nutrizionale e/o associati a specifici stati patologici, caratterizzazione delle principali modificazioni epigenetiche associate a condizioni fisiopatologiche*



# Test *in vitro*, *ex vivo* ed *in vivo*

## *In vitro*, sistemi di colture cellulari di:

- macrofagi murini (RAW 264.7)
- cheratinociti umani (HaCaT)
- cellule intestinali umane (Caco.2 e HT-29)
- cellule mononucleate del sangue periferico (PBMCs)
- macrofagi monocito-derivati
- cellule di neuroblastoma (IMR-32)
- cellule di endotelio cerebrale (hCMEC/D3)
- cellule HeLa
- cellule gliali olfattive (OECs)
- fibroblasti fetali
- cellule polmonari (A549)
- cellule di lievito
- organoindi intestinali (iHO)



**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche



## *Ex vivo*

Eritrociti umani, CAA-RBC



## *In vivo*

*Caenorhabditis elegans*  
Modello murino



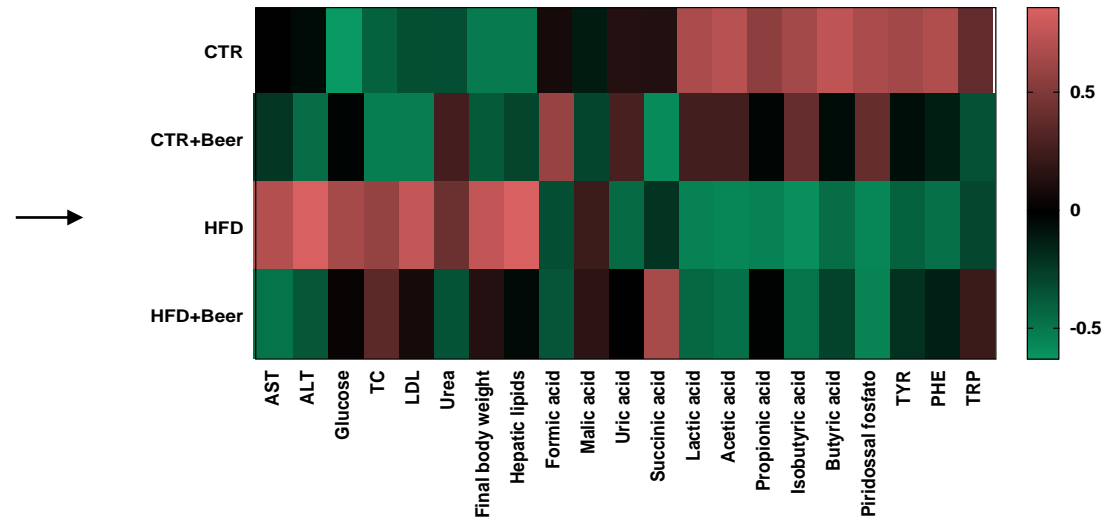
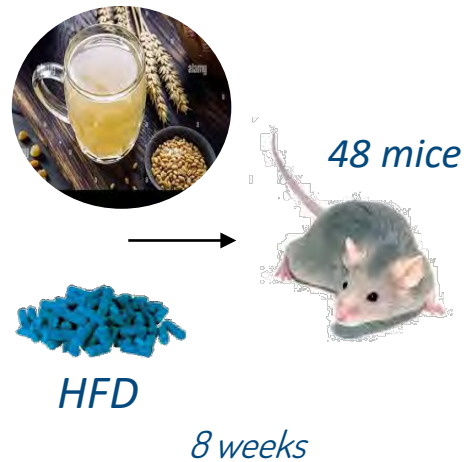
### Subtask 3.2.3



Valutazione della risposta fisiologica e molecolare in topi trattati con una dieta iperlipidica e in presenza o assenza di un consumo di birra.

La risposta a livello metabolico, tramite valutazioni di parametri biochimici ematici e di stress ossidativo, infiammazione ed accumulo lipidico a livello epatico.

Valutazione della fertilità mediante l'analisi della qualità del materiale seminale e attraverso una caratterizzazione epigenetica.





**NUTRAGE**  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

**WP3**

# **Alimenti funzionali e innovativi per dietary pattern ad elevato valore salutistico**

**Grazie!**

