

Giornata di studio:

Valorizzazione del potenziale nutrizionale,
salutistico e ambientale dei legumi

26 settembre 2024

Relatori

Francesca Petrocchi, Carlo Hausmann, Lorenzo Donini,
Carlo Giuseppe Rizzello, Alessio Cimini, Anna Maria Giusti, Mattia Spano,
Francesco Pacchera, Michela Piccarozzi, Mauro Moresi

Sintesi

I legumi, grazie al loro alto valore nutrizionale e al ridotto impatto ambientale della loro coltivazione, stanno attirando crescente interesse, specialmente nella formulazione di alimenti senza glutine per celiaci, diabetici e iperlipidemic. Tuttavia, il consumo pro-capite è limitato a 21 g/giorno, probabilmente a causa della lunga preparazione, del sapore poco gradevole, delle proteine difficili da digerire, dei potenziali problemi gastrointestinali e dell'alto contenuto di anti-nutrienti come acido fitico, tannini, inibitori enzimatici e oligosaccaridi. Diverse tecnologie sono state proposte per ridurre gli anti-nutrienti. L'obiettivo di questa giornata di studio è esplorare l'uso dei legumi in cucina, il loro valore nutrizionale, le attuali tendenze del consumo, e le nuove prospettive per l'uso di trattamenti come la fermentazione e il maltaggio per aumentarne le potenzialità di consumo e ridurre l'impatto ambientale complessivo.

FRANCESCA PETROCCHI¹

Voglia di legumi

¹ Università degli Studi della Tuscia

La rilettura di spunti estratti dall'ampia e articolata messe di ricette e consigli gastronomici presenti in libri di cucina e ricettari antichi e moderni conferma la centralità dell'alimentazione a base di legumi nella tradizione gastronomica italiana.

Tradizione anche sorprendentemente eclettica, ricca di accostamenti e confluenze di gusti e ingredienti di vivo interesse anche per il consumatore odierno.

«Craving Legumes». The review of insights extracted from the extensive and varied array of recipes and gastronomic advice in ancient and modern cookbooks confirms the centrality of legume-based cuisine in Italian gastronomic tradition.

This tradition is also surprisingly eclectic, rich in combinations and confluences of tastes and ingredients that are of great interest even to today's consumer.

CARLO HAUSMANN¹

Scenario evolutivo dei legumi dal break salutistico alla ristorazione

¹ Agro Camera Roma

Gli spazi di mercato dei legumi e dei prodotti a base di legumi sono già oggi notevoli, e in prospettiva si annunciano ancora più interessanti. È tuttavia importante riflettere su quale sia la gamma ideale per il mercato del futuro. Questa nuova offerta è molto influenzata degli stili di acquisto dei consumatori, e in particolare della loro grande attenzione per la sostenibilità ambientale e la salute.

In questo ambito, la maltazione si annuncia come una tecnica molto promettente per la sua capacità di aumentare la gradevolezza dei prodotti a base di legumi e di potenziarne le qualità nutrizionali.

Un punto nodale nelle analisi del mercato è rappresentato dal comportamento nell'acquisto del cibo dei giovani, in particolare della cosiddetta generazione Z.

Dalle indagini condotte emergono due linee di comportamento opposte: da un lato c'è un interesse molto alto verso le proteine vegetali, che quindi orienta i giovani verso il consumo di legumi; per contro, esiste però una certa resistenza legata alla difficoltà dei tempi di preparazione del prodotto tal quale, prefigurando quindi uno spazio importante per i prodotti della quarta e della quinta gamma.

Non bisogna inoltre trascurare l'importanza che i legumi stanno assumendo sempre di più come ingrediente qualificante all'interno di vari prodotti come gli spuntini, i pani speciali, i sostituti del pane, i condimenti, le bevande vegetali, e anche i pasti sostitutivi.

La grande sfida per la conquista di questo mercato è già partita: già oggi sono reperibili molti prodotti, eterogenei per composizione, prezzi, caratteristiche nutrizionali, e strategie di comunicazione. Dal punto di vista nutrizionale, è molto importante valutare sia il tenore in sale che la componente grassa del prodotto, in termini di quantità e di qualità.

«The evolution scenario of legumes: from healthy break to catering». The market opportunities for legumes and legume-based products are already substantial today and are expected to become even more promising in the future. However, it is important to reflect on what the ideal range for the future market should be. This new offering is greatly influenced by consumers' purchasing styles, particularly their strong focus on environmental sustainability and health.

In this context, malting emerges as a very promising technique due to its ability to enhance the palatability of legume-based products and boost their nutritional qualities.

A key point in market analysis is the food purchasing behavior of young people, especially the so-called Generation Z. Surveys reveal two opposing behavior trends: on one hand, there is a high interest in plant proteins, which drives young people towards consuming legumes; on the other hand, there is some resistance due to the preparation time required for raw legumes, highlighting a significant market space for fourth and fifth range products.

Additionally, the growing importance of legumes as a qualifying ingredient in various products such as snacks, specialty breads, bread substitutes, seasonings, plant-based beverages, and meal replacements should not be overlooked.

The great challenge to conquer this market has already begun: today, there are many available products, diverse in composition, prices, nutritional characteristics, and communication strategies. From a nutritional perspective, it is crucial to evaluate both the salt content and the fat component of the products, in terms of quantity and quality.

LORENZO DONINI¹

Legumi: aspetti nutrizionali

¹ Sapienza Università di Roma

Cereali e legumi contribuivano alla dieta quotidiana dei primi esseri umani non meno di 60.000-40.000 anni fa. I legumi furono addomesticati durante il Neolitico e sono stati ampiamente coltivati per almeno 4000 anni fino ai giorni nostri (in particolare nelle regioni meridionali e occidentali dell'Europa).

I legumi mostrano buone proprietà di conservazione dopo l'essiccazione e molti vantaggi agronomici, tra cui la fissazione dell'azoto rizomiale. Per il miglioramento del suolo i Romani utilizzavano legumi nei pascoli già dal 37 a.C. Fino alla metà del XIX secolo, in Germania fagioli e lenticchie erano due volte più importanti delle patate e del riso; tuttavia, da allora, come in molti Paesi europei, il loro consumo è diminuito costantemente

I legumi sono ricchi di proteine (albumina, glutenina, globulina...). Nei semi secchi dei legumi (ceci, fagioli, lenticchie, fave, piselli) il contenuto proteico è simile per quantità a quello della carne (20-22%), nella soia è addirittura del 36%. Nei legumi freschi (o conservati in scatola o surgelati) la quota proteica è circa un terzo (5-10%). Il valore biologico delle proteine dei legumi è leggermente inferiore a quello delle carni (deficienti in amminoacidi solforati, ma ricchi in lisina); sono comunque di buona qualità e le migliori tra quelle vegetali. Il contenuto in carboidrati è costituito da amido per il 75-80% con una presenza anche di oligosaccaridi (saccarosio, stachiosio e verbascosio). I legumi sono anche ricchi in fibra alimentare, principalmente fibra solubile (25% nei fagioli e 12% nelle lenticchie). Lipidi: ad eccezione della soia e dell'arachide (dai quali è possibile estrarre un olio), il contenuto negli altri legumi è basso. Tra i micronutrienti troviamo vitamine del gruppo B, la vitamina E (nella soia e nelle arachidi), minerali (ferro e calcio la cui disponibilità può essere ridotta dal contenuto in acido fitico).

Sono presenti anche alcuni fattori anti-nutrizionali [proteine (inibitori tripina, lectine, inibitori amilasi, proteine antigeniche), polifenoli (tannini), glucosidi (glucosinolati), alcaloidi, fitati, ossalati] in grado di: 1) ridurre la digeribilità e l'assorbimento di principi nutritivi quali le proteine; 2) avere una potenziale attività tossica; 3) inibire alcune proteine (emoglobina); 4) danneggiare le cellule dell'orletto a spazzola intestinale.

Recentemente, una maggiore consapevolezza della necessità di passare a sistemi alimentari sostenibili sta rivitalizzando la produzione e il consumo di legumi in Europa, portando a una serie di politiche e iniziative che mirano a rimettere i legumi alla base di questa transizione.

«Legumes: nutritional aspects». Grains and pulses contributed to the daily diet of early humans not less than 60,000 to 40,000 years ago. Legumes were domesticated during the Neolithic period and have been widely cultivated for at least 4000 years until the present time (in particular in southern and western regions of Europe).

Legumes exhibit good storage properties after drying and many agronomic advantages including rhizobial nitrogen fixation. For soil improvement Romans used legumes in pastures dating 37 B. C. Until the middle of the 19th century, in Germany beans and lentils have been twice as important as potatoes and rice; however, since then and as in many European countries, their consumption has decreased consistently.

Legumes are rich in proteins (albumins, glutenins, globulins, ...). In the dried seeds of legumes (chickpeas, beans, lentils, broad beans, peas) the protein content

is similar in quantity to that of meat (20-22%), in soy it is even 36%. In fresh legumes (or canned or frozen) the protein content is approximately one third (5-10%). The biological value of legume proteins is slightly lower than that of meat (deficient in sulfur amino acids, but rich in lysine). However, they are of good quality and the best among the vegetable ones. The carbohydrate content consists of 75-80% starch with the presence also of oligosaccharides: (sucrose, stachyose and verbascose). Legumes are also rich in dietary fiber, mainly soluble fiber (25% in beans and 12% in lentils). Lipids: with the exception of soy and peanut (from which it is possible to extract an oil), the content in other legumes is low. Among the micronutrients we find group B vitamins, vitamin E (in soya and peanuts), and minerals (iron and calcium whose availability can be reduced by the phytic acid content).

There are also some anti-nutritional factors [proteins (trypsin inhibitors, lectins, amylase inhibitors, antigenic proteins), polyphenols (tannins), glucosides (glucosinolates), alkaloids, phytates, oxalates) capable of: 1) reducing digestibility and absorption nutritional principles such as proteins; 2) have potential toxic activity; 3) inhibit some proteins (hemoglobin); 4) damage the cells of the intestinal brush border.

Recently, increased awareness of the need to move to sustainable food systems is revitalizing legume production and consumption in Europe, leading to a compilation of policies and initiatives that aim to put legumes again as foundations for this transition.

CARLO GIUSEPPE RIZZELLO¹

Processi fermentativi e legumi

¹ Sapienza Università di Roma

I legumi sono una delle più importanti fonti alimentari per l'uomo. Essi includono numerosissime specie e cultivar diffuse in tutto il mondo. Se dal punto di vista alimentare rivestono una grande importanza poiché ricchi in proteine a elevato valore biologico, fibra e composti bioattivi, dal punto di vista della sostenibilità rappresentano una altrettanto importante risorsa: contribuiscono a preservare la fertilità dei suoli e rappresentano una delle più promettenti alternative alle proteine di origine animale. Tuttavia, numerosi sono i fattori che ne limitano l'impiego su larga scala in campo alimentare: le scarse proprietà tecnologiche (es. non contengono glutine) e sensoriali, ma specialmente la presenza di numerosi composti antinutrizionali non termolabili tra cui acido fitico, raffinoso, tannini condensati. Sono stati recentemente proposti

protocolli biotecnologici di fermentazione con microrganismi selezionati in grado di migliorare proprietà nutrizionali (digeribilità delle proteine, indice glicemico), abbattere i fattori antinutrizionali, arricchire in composti funzionali (GABA, peptidi bioattivi, composti antiossidanti) migliorare le proprietà tecnologiche e sensoriali. L'impiego di legumi fermentati ed eventualmente soggetti a trattamenti tecnologici combinati (es. pregelatinizzazione) è stato validato in alimenti convenzionali come pane e pasta ma anche nella produzione di alimenti innovativi come yogurt-like e gelati vegetali.

«Bioprocessing and pulses». Pulses are one of the most important food sources for humans. They include several species and cultivars spread throughout the world. From a nutritional point of view, pulses are of great importance since rich in proteins of high biological value, fiber and bioactive compounds; from a sustainability point of view, they represent an equally important resource by contributing to the soil fertility and representing one of the most promising alternatives to proteins of animal origin. However, there are numerous factors that limit their large-scale use in the food sector: the poor technological properties (e.g. gluten absence) and sensorial properties, but especially the presence of non-thermolabile anti-nutritional compounds such as phytic acid, raffinose, condensed tannins. Biotechnological fermentation protocols have recently been proposed. Selected microorganisms showed to be capable of improving nutritional properties (protein digestibility, glycemic index), breaking down anti-nutritional factors, enriching in functional compounds (GABA, bioactive peptides, antioxidant compounds) improving technological and sensorial properties. The use of legumes subjected to guided fermented and possibly to combined technological treatments (e.g. pregelatinization) has been validated in conventional foods such as bread and pasta but also in the production of innovative foods such as yogurt-like and vegetable ice creams.

ALESSIO CIMINI¹

Processo di maltaggio di legumi dell'Alto Lazio

¹ Università degli Studi della Tuscia

Nonostante siano ricchi di proteine, fibre alimentari e micronutrienti, i legumi hanno un consumo pro capite limitato a causa del lungo tempo di cottura, del sapore sgradevole, delle proteine poco digeribili e dei problemi gastrointestinali. Questo studio si è proposto di valutare l'efficacia del processo di maltaggio su tre varietà di legumi della regione Lazio (ceci Solco Dritto, SDC;

fagioli del Purgatorio di Gradoli, GPB; lenticchie di Onano, OL) per ridurre il contenuto di anti-nutrienti e valutarne l'idoneità come ingredienti nella preparazione di pasta fresca senza glutine all'uovo.

Le condizioni ottimali per il processo di maltaggio sono state determinate nella scala di laboratorio e, successivamente, trasferite in un impianto pilota con una capacità di 100 kg per ciclo. La prima (bagnatura) e la seconda (germinazione) fase sono state condotte a 25 °C. Dopo un ammollo di 5 h e una germinazione di quasi 24 h a 25 °C, oltre il 95% delle sementi era germogliato. Estendendo la germinazione a 72 h, il contenuto di raffinose è stato ridotto rispettivamente al 43±3%, 37±4%, e 21±2% rispetto ai livelli originali, e l'acido fitico al 68% nei ceci e fagioli, e al 73±2% nelle lenticchie. La terza fase (essiccazione) ha comportato il trattamento con aria secca a 75 °C per 7 h. Il recupero ciclonico dei cotiledoni dei semi maltati è stato seguito dalla macinatura. Le farine ottenute sono state caratterizzate chimicamente e fisicamente, poi utilizzate per preparare pasta fresca all'uovo senza oligosaccaridi flatulenti e con basso contenuto di fitati (0,6-0,80 g/100 g di sostanza secca, ss), un contenuto approssimativo di proteine grezze di 20 g/100 g ss, e un indice glicemico in vitro compreso tra il 28% e il 38%. È da notare che la pasta realizzata con farina di GPB maltati presentava un indice glicemico significativamente inferiore (28%±3%) e un rapporto fra amido resistente e amido totale molto superiore al valore limite del 14% specificato dal Regolamento 432/2012 della Commissione Europea, che consente il claim salutistico relativo al miglioramento del metabolismo glucidico postprandiale.

«Malting process of legumes from Alto Lazio». Despite being rich in proteins, dietary fibers, and micronutrients, legumes have limited average per capita consumption due to their long cooking time, unpleasant flavor, low-digestible proteins, and gastrointestinal issues. This study aimed to evaluate the efficacy of the malting process on three typical pulse seeds from the Latium region (Gradoli Purgatory beans, GPB; Onano lentils, OL; Solco Dritto chickpeas, SDC) to reduce their anti-nutrient content and assess their suitability as ingredients in gluten-free fresh egg pasta preparation.

The optimal conditions for the malting process were determined using a bench-top plant and subsequently applied to a pilot maltster with a capacity of 100 kg per cycle. The first (water steeping) and second (germination) steps were conducted at 25 °C. After 5-h steeping and nearly 24-h germination at 25 °C, over 95% of the seeds sprouted. Extending germination to 72 h reduced raffinose content to 43±3%, 37±4%, and 21±2% of their original levels, and phytic acid to 68% in chickpeas and beans, and to 73±2% in lentils. The third step (kilning) involved drying

under fluent dry air at 75 °C for 7 h. Cyclonic recovery of the resulting malted seed cotyledons was followed by milling. All flours were chemically and physically characterized. They were used to prepare fresh egg pasta with no flatulence-inducing oligosaccharides and low phytate content (0.6-0.80 g/100 g dry matter), approximately 20 g/100 g crude protein content, and in vitro glycemic index ranging from 28% to 38%. Notably, pasta made with malted GPB flour exhibited a significantly lower glycemic index (28%±3%) and a resistant starch–total starch ratio well above the 14% threshold specified by European Commission Regulation 432/2012, which allows health claims for foods that improve postprandial glucose metabolism.

ANNA MARIA GIUSTI¹, MATTIA SPANO¹

Analisi NMR per monitorare il profilo chimico dei legumi maltati

¹ Sapienza Università di Roma

Ad oggi sono stati condotti pochi studi riguardanti la maltazione dei legumi, in cui ci si è concentrati principalmente sull'analisi del contenuto di alcuni composti quali proteine, acido fitico e oligosaccaridi. Sulla base di questi studi, l'approccio della maltazione ha dimostrato essere una potente strategia per migliorare le proprietà nutrizionali dei legumi. Tuttavia, per migliorare ulteriormente la conoscenza sugli effetti della maltazione su queste matrici, può essere utile un monitoraggio dell'intero profilo di metaboliti.

In questo contesto, la metabolomica basata sull'NMR ha ampiamente dimostrato di essere un potente strumento per questo scopo, dando la possibilità di identificare e quantificare, con un singolo esperimento e senza alcuna fase di separazione, metaboliti appartenenti a diverse classi chimiche.

Nel presente studio, il profilo metabolomico di legumi (tal quali e maltati) tipici della regione Lazio, quali fagioli del Purgatorio (*Phaseolus vulgaris*), ceci Solco Dritto (*Cicer arietinum*) e lenticchie di Onano (*Lens culinaris*), è stato analizzato mediante spettroscopia NMR untargeted. Inoltre, è stato applicato un approccio basato su ³¹P NMR per l'analisi mirata dell'acido fitico. I risultati ottenuti hanno evidenziato interessanti cambiamenti nel profilo chimico dei campioni analizzati, ovvero la riduzione dell'acido fitico e degli oligosaccaridi della famiglia del raffinoso, nonché un miglioramento del contenuto di aminoacidi liberi.

«Nmr analysis to monitor the chemical profile of malted legumes». Up to now, few studies on legume seed malting have been conducted, mainly focusing on the

analysis of compounds such as proteins, phytic acid, and oligosaccharides. Based on these studies, the malting approach has proven to be a powerful strategy for improving the nutritional properties of legume seeds. However, to further enhance our understanding of the effects of malting on these matrices, monitoring the entire metabolite profile can be beneficial.

In this context, NMR-based metabolomics has proven to be a powerful tool, enabling the identification and quantification of metabolites from different chemical classes in a single experiment without any separation steps.

*In the present study, the metabolomic profile of legume seeds (both raw and malted) typical of the Latium region, namely Purgatory beans (*Phaseolus vulgaris*), Solco Dritto chickpeas (*Cicer arietinum*), and Onano lentils (*Lens culinaris*), was analyzed using untargeted NMR spectroscopy. Additionally, a ^{31}P NMR-based approach was applied for the targeted analysis of phytic acid. The results highlighted significant changes in the chemical profile of the analyzed samples, including a reduction in phytic acid and raffinose-family oligosaccharides, as well as an increase in free amino acid content.*

FRANCESCO PACCHERA¹, MICHELA PICCAROZZI¹

Legumi maltati: costi di produzione e consumer test

¹ Università degli Studi della Tuscia

Il lavoro di ricerca si è posto l'obiettivo di analizzare il settore dei legumi e avviare una prima analisi sul consumatore in relazione al nuovo prodotto maltato (fagioli, ceci, lenticchie). Dopo un primo studio della letteratura e della dinamica e caratteristiche del settore e del consumatore, l'analisi è stata basata sull'intervista diretta del potenziale consumatore al fine di valutare l'interesse alla nuova e innovativa tipologia di prodotto nonché la possibile propensione all'acquisto. Attraverso la degustazione del prodotto (tal quale ed elaborato) è stata inoltre valutata l'impressione del consumatore sulle caratteristiche qualitative dello stesso. La conduzione di un focus group e l'elaborazione dei relativi risultati hanno permesso di implementare le considerazioni e le valutazioni emerse dai questionari somministrati.

A seguito dell'analisi sul consumatore è stata poi valutata la fattibilità economico/finanziaria del prodotto (fagioli, ceci, lenticchie) nei suoi costi di produzione e commercializzazione. Tale analisi, basata sull'applicazione del metodo del full cost pricing, ha permesso di calcolare i costi principali aggregandoli nei vari passaggi fino a pervenire al costo pieno e alla stima del possibile prezzo di mercato, in diversi formati di confezionamento.

La resa dei prodotti nel processo produttivo è stata determinante per la valutazione del prezzo.

Il prezzo è stato infine confrontato in ottica di benchmarking con quelli già praticati sul mercato per prodotti considerati simili e/o confrontabili.

In conclusione, l'analisi dei risultati dei questionari uniti alla definizione del prezzo di vendita stimato ha permesso la formulazione di alcune prime ipotesi di marketing operativo per il lancio sul mercato dei legumi maltati.

«Malted legumes: production costs and consumer tests». The research aimed to analyze the legume sector and conduct an initial consumer analysis of novel malted products (beans, chickpeas, lentils). After reviewing the literature and understanding the sector dynamics and consumer characteristics, the analysis involved directly interviewing potential consumers to gauge their interest in these innovative products and their likelihood of purchasing them.

Consumers also tasted the products, both in their original form and processed, to assess their qualitative characteristics.

A focus group was conducted, and its results were analyzed to enhance the insights gained from the administered questionnaires.

Following the consumer analysis, the economic and financial feasibility of producing and marketing the products (beans, chickpeas, lentils) was evaluated. Using the full cost pricing method, the analysis aggregated the main costs through various steps to arrive at the total cost and estimate possible market prices in different packaging formats. The production process performance was crucial in determining the price.

Finally, the estimated prices were compared with those of similar or comparable products already on the market.

In conclusion, the questionnaire analysis and estimated sales price definition led to the formulation of initial operational marketing hypotheses for launching malted legumes in the market.

MAURO MORESI¹

Impatto ambientale dei legumi maltati

¹ Accademia dei Georgofili; Università degli Studi della Toscana

Lo studio ha condotto un'analisi del ciclo di vita (LCA) business-to-consumer per tre legumi tradizionalmente coltivati nel Lazio: ceci Solco Dritto, fagioli del Purgatorio di Gradoli e lenticchie di Onano. Questi legumi, distribuiti

secchi, potrebbero essere utilizzati come alimenti funzionali maltati con qualità nutrizionali migliorate e proprietà che riducono la flatulenza. Il maltaggio mira a ridurre il contenuto di anti-nutrienti come acido fitico e oligosaccaridi, con l'obiettivo di incrementare l'attuale consumo pro capite.

L'analisi LCA ha rivelato un'impronta di carbonio di 2,8 a 3,0 kg CO_{2e} per kg per legumi maltati e decorticati. Gli indici di sostenibilità complessiva (OWSS), conformi al metodo dell'impronta ambientale di prodotto, variavano, rispettivamente, da 298 ± 30 a 410 ± 40 o 731 ± 113 μPt/kg, mostrando un aumento del 13% al 17% rispetto ai semi non trattati. L'impatto dell'uso del suolo ha dominato, contribuendo dal 31% al 42% dell'OWSS per ceci e lenticchie, mentre l'uso dell'acqua ha significativamente influenzato i fagioli (52% dell'OWSS). Questo evidenzia il ruolo della fase agricola nell'impatto ambientale, con l'impatto del cambiamento climatico al secondo posto, tra il 22% e il 28% per i ceci e le lenticchie, o al terzo, al 12%, per i fagioli.

Le misure di mitigazione dovrebbero concentrarsi sull'ottimizzazione dell'uso del suolo e dell'acqua e sulla selezione di varietà resistenti alla siccità. Ridurre l'impatto climatico comporta l'ottimizzazione del consumo di elettricità durante il maltaggio, il passaggio all'energia fotovoltaica, l'aggiornamento dei mezzi di trasporto conformemente ai nuovi obiettivi di emissione e l'uso di fornelli casalinghi più efficienti dal punto di vista energetico. Questi sforzi, in linea con gli obiettivi di sostenibilità, potrebbero promuovere l'adozione di legumi maltati e decorticati in diete specializzate per pazienti celiaci, diabetici e iperlipidemici, affrontando le preoccupazioni ambientali e migliorando le scelte alimentari.

«Environmental impact of malted pulses». The study conducted a business-to-consumer life cycle assessment (LCA) for three pulses traditionally cultivated in Latium: Solco Dritto chickpeas, Gradoli Purgatory beans, and Onano lentils. These pulses, distributed dry, have potential as malted functional foods with improved nutritional qualities and reduced flatulence-inducing properties. Malting was aimed to lower anti-nutrient content like phytic acid and oligosaccharides, addressing low per capita consumption.

The LCA revealed carbon footprints of 2.8 to 3.0 kg CO_{2e} per kg for malted and decorticated pulses. Overall Weighted Sustainability scores (OWSS) complying with the Product Environmental Footprint method ranged from 298 ± 30 to 410 ± 40 or 731 ± 113 μPt/kg, showing a 13% to 17% increase over untreated seeds. Land use impact dominated, contributing 31% to 42% of the OWSS for chickpeas and lentils, while water use significantly impacted beans (52% of OWSS). This highlights the agricultural phase's role in environmental impact,

with climate change impact ranking second, at 22% to 28%, or third, at 12%, for chickpeas and lentils or beans, respectively.

Mitigation should focus on optimizing land and water use and selecting drought-tolerant varieties. Reducing climate impact involves optimizing electricity use during malting, shifting to photovoltaic energy, upgrading transportation vehicles in accordance with new emission targets, and using energy-efficient cooking appliances. These efforts, aligned with sustainability goals, could promote malted and decorticated pulses in specialized diets for celiac, diabetic, and hyperlipidemic patients, addressing environmental concerns and enhancing dietary choices.