BIOSTUDENT, 2026, vol.9 (1), pp. 43-60

PISUM SATIVUM L.: FROM PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIONAL VALUE TO BIOMASS ACCUMULATION, STRESS RESPONSES, AND MINERAL BIOFORTIFICATION

Lorena-Maria TOBOȘARU[*1], Nicoleta IANOVICI[1,2]
[1]Department of Biology, Faculty of Chemistry, Biology, Geography,
West University of Timisoara, Romania
[2]Institute for Advanced Environmental Research, West University of Timisoara, Romania
**Corresponding author e-mail: lorena.tobosaru03@e-uvt.ro*
Received 1 July 2026; accepted 30 July 2026

ABSTRACT
Pea (Pisum sativum L.) is a legume of considerable importance in food, agriculture, and biotechnology, whose value derives from the combination of seed composition, vegetative growth plasticity, and opportunities for improving nutritional quality. This narrative mini-review brings together and integrates information on proteins, starch, dietary fiber, micronutrients, and phytochemical compounds, as well as food processing and experimentally investigated biological activities, with findings on the distribution of root and shoot biomass under water deficit, salinity, high temperature, waterlogging, and soil contamination. Particular attention is given to biofortification with iron, zinc, and selenium, emphasizing the distinction between mineral concentration, total mineral accumulation, and bioavailability following food preparation. Integrating these two perspectives highlights that increased biomass or yield does not necessarily translate into higher nutritional value and that stress responses depend on genotype, phenological stage, and experimental conditions. Future research directions are proposed, focusing on the simultaneous assessment of biomass, mineral translocation to seeds, protein quality, and food safety.
KEYWORDS: *Pisum sativum L.; pea; phytochemical composition; plant proteins; root biomass; abiotic stress; biofortification.*

1. Introducere și relevanța speciei

Interesul pentru leguminoase a crescut pe fondul nevoii de diversificare a surselor proteice și de dezvoltare a unor sisteme agroalimentare mai eficiente în utilizarea resurselor. În acest context, *Pisum sativum* L., specie anuală din familia Fabaceae, ocupă o poziție importantă datorită adaptabilității sale la climate temperate, valorii semințelor și rolului agronomic în rotația culturilor. Prin asocierea simbiotică a rădăcinilor cu bacterii fixatoare de azot, cultura poate contribui la gestionarea fertilității solului, deși amploarea acestui beneficiu depinde de condițiile pedoclimatice și de managementul agricol (Ion, 2010; Tiruneh et al., 2025).

Semințele de mazăre sunt utilizate ca aliment, furaj și materie primă pentru obținerea făinii, a concentratelor și izolatelor proteice, a amidonului și a fibrelor. Interesul industrial este susținut de capacitatea proteinelor de a emulsiona, forma spume și lega apa, dar și de posibilitatea transformării lor în ingrediente pentru băuturi vegetale și alternative la carne (Lu et al., 2019; Wu et al., 2023; Abedini et al., 2026). Totodată, mazărea constituie un model istoric al cercetării genetice, de la experimentele mendeliene la analize genomice moderne (Burstin et al., 2020; Feng et al., 2025).

Scopul acestui articol este integrarea critică a informațiilor cu accent pe relația dintre compoziția semințelor, procesare, proprietăți biologice și aplicații. Lucrarea reprezintă o sinteză narativă, nu o revizuire sistematică a literaturii.

Mazărea (*Pisum sativum* L.) este o leguminoasă anuală utilizată în alimentație și în sistemele de rotație a culturilor. Biomasa ei reflectă balanța dintre fixarea carbonului prin fotosinteză, respirație, absorbția apei și a nutrienților și transferul asimilatelor între organe. Simbioza cu bacteriile fixatoare de azot adaugă o componentă importantă: dezvoltarea nodozităților depinde de carbonul furnizat de plantă și de condițiile din sol (Ion, 2010; Smýkal et al., 2012).

În literatura experimentală, termenul „biomasă” poate desemna masa uscată a întregii plante, doar partea aeriană, biomasa vegetativă fără semințe sau biomasa la recoltare. Aceste măsurători nu sunt interschimbabile. Masa proaspătă include apa țesuturilor și poate scădea rapid în condiții de secetă fără o pierdere proporțională a substanței uscate. Masa uscată este mai adecvată pentru compararea creșterii, dar depinde de vârsta plantelor și de protocolul de uscare. În plus, producția de boabe nu este sinonimă cu biomasa totală. Două tratamente pot genera mase vegetative similare, dar recolte diferite, dacă diferă alocarea asimilatelor către semințe. De aceea, pentru fiecare experiment trebuie precizate organul, momentul prelevării, unitatea de măsură și baza de raportare: g/plantă, g/m² sau t/ha.

2. Particularități biologice și relația dintre mediu și calitatea recoltei

Mazărea prezintă rădăcină pivotantă, cu ramificații laterale și nodozități asociate simbiozei bacteriene. Frunzele sunt compuse, prevăzute cu stipele și cârcei, iar florile au organizarea papilionacee caracteristică familiei Fabaceae. Fructul este o păstaie care conține mai multe semințe, a căror culoare, formă și compoziție variază în funcție de genotip (Ion, 2010). Deși aceste caractere sunt utile identificării botanice, relevanța lor pentru valorificarea alimentară constă mai ales în legătura cu maturarea, acumularea rezervelor și caracteristicile tehnologice.

Disponibilitatea apei, temperatura, fotoperioada și proprietățile solului influențează atât randamentul, cât și compoziția recoltei. Mazărea este adaptată sezonului relativ răcoros, în timp ce temperaturile ridicate din perioada înfloririi pot compromite fecundarea și formarea păstăilor. Deficitul hidric poate reduce conductanța stomatală și eficiența fotosintezei, iar excesul de apă poate provoca hipoxie radiculară și poate afecta nodularea (Behera et al., 2022; Zhang et al., 2025). Aceste observații arată că valoarea nutrițională nu poate fi analizată independent de mediul de cultivare.

Un alt factor este contaminarea cu metale. Expunerea la concentrații ridicate de cadmiu sau cupru a fost asociată cu reducerea creșterii și afectarea aparatului fotosintetic, iar cultivarea pe soluri contaminate ridică inclusiv problema acumulării metalelor în biomasa vegetală (Hattab et al., 2009; Galal et al., 2021). În paralel, deficitul de micronutrienți poate justifica intervenții de fertilizare sau biofortificare. Interpretarea acestor efecte trebuie să țină seama de diferențele dintre experimentele controlate și condițiile reale de câmp.

3. Compoziția nutrițională și fitochimică a semințelor

Proteinele și profilul aminoacidic

Proteinele reprezintă una dintre componentele definitorii ale semințelor de mazăre. Clasificarea după solubilitate include globuline, albumine, prolamine și gluteline, primele două fracții fiind predominante. Globulinele reprezintă aproximativ 55–80% din proteinele totale, în funcție de materialul biologic și de metoda de determinare, și includ legumina 11S, vicilina 7S și convicilina (Lu et al., 2019; Tahir et al., 2024; Tiruneh et al., 2025).

Legumina este o proteină oligomerică ale cărei subunități sunt stabilizate inclusiv prin legături disulfurice, în timp ce vicilina are o organizare structurală diferită și un conținut redus de reziduuri sulfurate. Aceste particularități influențează solubilitatea, gelifierea și comportamentul proteinelor în timpul încălzirii sau al prelucrării. Raportul dintre fracțiile proteice variază în funcție de genotip și poate modifica proprietățile produsului final (Barac et al., 2010; Lu et al., 2019).

Albuminele, solubile în apă, includ proteine cu rol metabolic, enzime și unii inhibitori enzimatici. Deși sunt relevante pentru profilul aminoacidic, separarea industrială poate reduce reprezentarea lor în anumite izolate proteice. Prin urmare, valoarea nutritivă a seminței integrale nu trebuie echivalată automat cu cea a unui izolat comercial (Tiruneh et al., 2025).

Proteinele din mazăre furnizează lizină și alți aminoacizi indispensabili, însă aminoacizii sulfurați sunt relativ slab reprezentați. Identificarea aminoacidului limitativ depinde de categoria de vârstă, de digestibilitatea fracțiilor și de criteriul nutrițional utilizat. Asocierea cu alte surse proteice poate

contribui la obținerea unui aport aminoacidic adecvat (Fischer et al., 2020; Wu et al., 2023). În plus, prezența proteinelor alergene, inclusiv a unor globuline, impune evitarea prezentării mazării ca ingredient lipsit de risc alergic; comparațiile cu soia nu înlocuiesc evaluarea clinică a alergiei individuale (Fischer et al., 2020).

Amidonul și fibrele alimentare

Amidonul constituie o rezervă glucidică majoră și poate reprezenta până la aproximativ jumătate din masa uscată a semințelor, în funcție de varietate. Este alcătuit din amiloză și amilopectină, iar proporția și organizarea acestor polimeri determină gelatinizarea, textura și susceptibilitatea la digestie (Ratnayake et al., 2001; Wang et al., 2011). Variantele cu semințe zbârcite pot prezenta proporții diferite de amidon și zaharuri comparativ cu cele cu semințe netede, reflectând particularități ale biosintezei glucidelor (Robinson et al., 2019).

Amidonul rezistent traversează intestinul subțire fără a fi digerat complet și poate fi fermentat de microbiota colonică. Totuși, cantitatea sa efectivă în aliment depinde de genotip, măcinare, temperatură, hidratare și răcirea după preparare. Astfel, valorile măsurate în semințe crude nu sunt direct transferabile alimentelor gătite (Ratnayake et al., 2001; Wu et al., 2023).

Fibrele alimentare cuprind fracții solubile, în care predomină componente pectice, și insolubile, bogate în structuri de tip celuloză și hemiceluloză. Materialul-sursă indică valori totale de aproximativ 23–30% pentru anumite probe de semințe, dar acestea trebuie raportate la baza de calcul și la metoda analitică. Fibrele influențează textura produselor și pot susține funcția intestinală; efectele fiziologice sunt însă dependente de tipul fibrei și de cantitatea consumată (Dahl et al., 2012; Wu et al., 2023).

Lipide, vitamine și minerale

Mazărea are, în general, un conținut lipidic redus, estimat în materialul analizat la aproximativ 1,5–3% din masa semințelor. Profilul acizilor grași include componente nesaturate, între care acidul linoleic și acidul linolenic, alături de acidul palmitic (Wu et al., 2023; Tiruneh et al., 2025). Prin urmare, avantajul său nutrițional nu derivă dintr-un aport lipidic ridicat, ci din combinația dintre proteine, glucide complexe și micronutrienți.

Dintre minerale, sunt menționate potasiul, fosforul, magneziul, calciul, fierul și zincul. Conținutul total nu reprezintă însă un indicator suficient al aportului biologic disponibil: fierul vegetal este nehemic, iar fitații și alți constituenți ai matricei alimentare pot modifica absorbția sa (Robinson et al., 2019; Guindon et al., 2021). Mazărea conține și vitamine din complexul B, precum și vitamine sau precursori cu rol antioxidant, însă concentrațiile variază

între semințele uscate, mazărea verde și produsele preparate termic (Dahl et al., 2012; Wu et al., 2023).

Compuși fenolici și carotenoizi

Compușii fenolici sunt metaboliți secundari implicați în apărarea și adaptarea plantelor. În mazăre au fost descrise multiple clase de flavonoide și acizi fenolici, inclusiv derivați ai acizilor benzoici și hidroxicinamici. Tegumentul semințelor constituie un compartiment important pentru acumularea lor, iar culoarea semințelor poate reflecta, parțial, diferențe de profil fitochimic (Fahim et al., 2019; Malka et al., 2023).

În cadrul flavonoidelor se regăsesc flavonoli, flavone, flavanone și antocianine, cu distribuție dependentă de varietate și de metodele de extracție. Prezența acestor molecule este asociată frecvent cu activitatea antioxidantă măsurată în teste chimice sau celulare, dar activitatea extractului nu permite estimarea directă a efectului după ingestie, când intervin digestia, absorbția și metabolismul (Fahim et al., 2019; Wu et al., 2023).

Carotenoizii, precum β-carotenul, luteina și zeaxantina, completează spectrul compușilor de interes. Cantitățile raportate variază în funcție de materialul vegetal, maturitate și metodă analitică. Interpretarea lor necesită separarea conținutului din frunze, microplante și semințe, deoarece aceste matrice nu sunt echivalente nutrițional (Wu et al., 2023).

Factorii antinutriționali

Acidul fitic, taninurile, inhibitorii de proteaze și de α-amilază, lectinele, saponinele, oxalații și oligozaharidele din familia rafinozei sunt prezentate drept componente care pot limita utilizarea unor fracții de mazăre. Fitații pot forma complexe cu mineralele, reducând biodisponibilitatea acestora; inhibitorii de protează pot afecta digestia proteinelor, iar taninurile pot interacționa cu enzime și macromolecule alimentare (Shi et al., 2018; Wu et al., 2023).

Rafinoza, stachioza și verbascoza nu sunt hidrolizate eficient de enzimele digestive umane și pot fi fermentate de microbiota intestinală, favorizând formarea gazelor. Totuși, eticheta de „antinutrient” nu trebuie interpretată exclusiv negativ: efectele depind de doză, de procesare și de contextul alimentar, iar fermentabilitatea unor oligozaharide poate avea și implicații fiziologice utile (Gawłowska et al., 2017; Shi et al., 2018). Obiectivul tehnologic rezonabil este controlul compușilor problematici, nu eliminarea nediferențiată a tuturor metaboliților secundari.

4. Procesarea și transformarea valorii nutriționale

Procesarea influențează digestibilitatea, stabilitatea componentelor bioactive, textura și acceptabilitatea senzorială. În practică, alegerea metodei

depinde de destinația ingredientului: semințe întregi, făină, băutură vegetală sau izolat proteic (Wu et al., 2023).

Înmuierea facilitează hidratarea și poate reduce prin difuzie o parte dintre compușii solubili. Utilizarea soluțiilor saline sau alcaline poate modifica microstructura și textura, dar efectele asupra profilului nutrițional nu trebuie generalizate între protocoale experimentale diferite (Costa et al., 2025). Fierberea reduce activitatea unor factori antinutriționali și poate îmbunătăți digestibilitatea, concomitent cu pierderi prin levigare ale unor minerale sau compuși solubili. Tratamentul termic modifică și structura amidonului, astfel încât avantajele privind siguranța și palatabilitatea pot coexista cu schimbări ale răspunsului digestiv (Wu et al., 2023).

Uscarea este necesară pentru stabilitatea făinii și a ingredientelor, dar temperatura poate afecta amidonul, proteinele și activitatea antioxidantă. Prin urmare, optimizarea nu se rezumă la reducerea umidității: trebuie urmărite simultan digestibilitatea, funcționalitatea tehnologică și retenția nutrienților (Gonzalez et al., 2020).

Fermentația, în special cu bacterii lactice, este promițătoare pentru reducerea fitaților și pentru modificarea profilului de compuși volatili responsabili de nota aromatică specifică leguminoaselor. Procesele fermentative pot genera peptide și metaboliți cu activitate biologică în sisteme experimentale, dar compoziția produsului depinde de microorganism, substrat și condițiile de fermentare (Zhang et al., 2025). Hidroliza enzimatică permite obținerea unor fracții peptidice cu solubilitate și proprietăți funcționale diferite; totuși, activitatea unui hidrolizat observată in vitro nu garantează aceeași eficacitate după consum.

În ansamblu, procesarea reprezintă un instrument de echilibrare a compromisurilor. O metodă care reduce inhibitorii enzimatici poate diminua simultan compuși fenolici sau vitamine sensibile. Evaluarea produsului finit, și nu doar a materiei prime, este esențială pentru afirmațiile nutriționale.

Forme de comercializare, criterii de calitate și valorificare industrială a mazării

Comercializarea mazării se caracterizează prin diversitatea produselor și a circuitelor de valorificare, de la semințele verzi destinate consumului proaspăt până la semințele mature uscate utilizate în industria alimentară și furajeră. Mazărea verde este comercializată sub formă proaspătă, congelată sau conservată, în timp ce mazărea uscată poate fi distribuită ca produs integral, decorticat ori transformat în făină și ingrediente fracționate. Această diversificare reflectă diferențele de maturitate fiziologică, compoziție chimică și comportament tehnologic ale materiei prime (Wu et al., 2023).

Tabel 1. Principalele forme de comercializare

Formă comercială	**Destinație și caracteristici**
Mazăre verde proaspătă	Comercializată în păstăi sau ca boabe decorticate; necesită manipulare rapidă și păstrare la temperaturi scăzute.
Mazăre verde congelată	Boabe recoltate la maturitate tehnologică, de regulă blanșate și congelate rapid; comercializate în ambalaje pentru consumatori și industria alimentară.
Mazăre conservată	Boabe ambalate în recipiente ermetice și tratate termic, pentru distribuție la temperatura ambiantă.
Mazăre uscată	Semințe mature, întregi, despicate sau decorticate; destinate consumului, morăritului și comerțului cu leguminoase uscate.
Făină și fracții de mazăre	Materii prime pentru panificație, paste, gustări și produse alimentare formulate.
Concentrate și izolate proteice	Ingrediente pentru alternative vegetale la carne, băuturi, produse extrudate și alte alimente cu aport proteic ridicat.
Mazăre furajeră	Semințe și, în anumite sisteme, biomasă vegetală utilizate în hrana animalelor.

Valorificarea industrială a mazării a dobândit o importanță deosebită datorită utilizării proteinelor vegetale în formularea alimentelor. Concentratele și izolatele proteice sunt obținute prin procedee de fracționare uscată sau umedă, iar proprietățile lor funcționale influențează domeniile de utilizare. Solubilitatea, capacitatea de reținere a apei, emulsifierea și gelifierea sunt relevante pentru fabricarea băuturilor vegetale, a produselor extrudate și a alternativelor la carne. Totuși, performanțele tehnologice și caracteristicile senzoriale pot constitui limitări pentru anumite aplicații (Ge et al., 2020; Shanthakumar et al., 2022).

Din perspectiva comercializării, calitatea recoltei trebuie apreciată în raport cu destinația finală. Pentru mazărea proaspătă sunt importante aspectul, integritatea și uniformitatea produsului, în timp ce pentru mazărea destinată procesării contează suplimentar caracteristicile fizico-chimice și comportamentul tehnologic. Standardul UNECE FFV-27 oferă un cadru specific pentru controlul calității comerciale a mazării proaspete (UNECE, 2025). În consecință, selecția genotipurilor și optimizarea tehnologiilor de cultivare ar trebui corelate nu doar cu productivitatea, ci și cu cerințele pieței și ale procesatorilor.

Materialul semincer de mazăre: comercializare, certificare și tratamente aplicate semințelor

Comercializarea materialului semincer de *Pisum sativum* L. reprezintă o componentă distinctă a valorificării economice a speciei, întrucât semințele destinate înființării culturilor trebuie să îndeplinească cerințe specifice de identitate varietală, puritate, germinație și calitate fitosanitară. În cadrul Uniunii Europene, sistemele de certificare și control urmăresc trasabilitatea loturilor și conformitatea materialului semincer cu standardele de comercializare

(European Commission, Council of the European Union, 2002). Înainte de distribuție, semințele pot fi supuse unor operațiuni de condiționare și tratament. Acoperirea lor cu pelicule colorate poate indica aplicarea unor produse de protecție fitosanitară, a unor inoculanți microbiologici sau a unor formulări tehnologice destinate manipulării și însămânțării. Prezența pigmentului permite recunoașterea vizuală a semințelor tratate, dar nu constituie, în sine, o dovadă a compoziției tratamentului. Din această perspectivă, etichetarea corectă este esențială pentru utilizarea sigură a materialului semincer și pentru diferențierea sa de semințele destinate consumului.

Culoarea artificială poate proveni din mai multe tipuri de tratament:

- Tratament fungicid: aplicat pentru protecția împotriva anumitor agenți patogeni transmiși prin semințe sau prezenți în sol.
- Inoculare microbiologică: aplicarea unor microorganisme benefice, inclusiv bacterii simbiotice din grupul Rhizobium leguminosarum sv. viciae, asociate cu formarea nodozităților și fixarea biologică a azotului.
- Acoperire cu polimeri sau peliculizare (film coating): utilizată pentru fixarea uniformă a substanțelor pe sămânță, reducerea desprinderii particulelor și îmbunătățirea manipulării.
- Alte formulări autorizate: pot include nutrienți sau biostimulatori, în funcție de produs și de reglementările aplicabile.

5. Activități biologice și limitele interpretării datelor

Potențial antioxidant și antimicrobian

Extractele de mazăre, în special cele bogate în fenoli, au demonstrat activitate antioxidantă în modele de laborator. Diferențele dintre semințele cu tegument pigmentat și cele deschise la culoare sugerează o contribuție a profilului fenolic la capacitatea de neutralizare a speciilor reactive (Fahim et al., 2019; Hadrich et al., 2014). Totuși, un rezultat pozitiv într-un test antioxidant nu demonstrează prevenirea bolilor cronice la om; sunt necesare studii care să urmărească biodisponibilitatea și indicatori clinici relevanți.

Unele extracte fenolice au prezentat activitate inhibitorie față de microorganisme, inclusiv Helicobacter pylori, în condiții experimentale (Ho et al., 2006). Aceste constatări justifică investigarea mecanismelor și a utilizărilor tehnologice, dar nu susțin recomandarea extractelor de mazăre ca tratament antimicrobian.

Activitate antiinflamatoare

Studii pe culturi celulare au evaluat influența compușilor fenolici și a hidrolizatelor proteice asupra unor mediatori precum oxidul nitric, TNF-α și IL-6. Reducerea eliberării acestor markeri în sisteme stimulate experimental sugerează un potențial de modulare a răspunsului inflamator (Juárez-Chairez

et al., 2022; Wu et al., 2023). Interpretarea trebuie însă limitată la modelele utilizate: concentrațiile aplicate direct celulelor, digestia și metabolismul intestinal nu sunt comparabile cu expunerea obținută prin consum alimentar obișnuit.

Metabolism glucidic, lipidic și sănătate intestinală

Fibrele și amidonul rezistent pot influența digestia glucidelor, fermentația colonică și tranzitul intestinal. Literatura analizată descrie rezultate privind modificări ale răspunsului postprandial și îmbunătățirea frecvenței tranzitului în anumite intervenții cu fibre de mazăre (Dahl et al., 2012). Efectele nu sunt însă uniforme și depind de forma ingredientului, doză, durata intervenției și caracteristicile participanților.

Hidrolizatele proteice au fost investigate pentru inhibarea unor enzime implicate în reglarea tensiunii arteriale și pentru efecte asupra metabolismului glucozei, predominant în modele preclinice (Wu et al., 2023). Astfel de rezultate sunt relevante pentru dezvoltarea ingredientelor funcționale, dar nu pot fi transformate direct în afirmații potrivit cărora consumul de mazăre normalizează colesterolul, glicemia sau tensiunea arterială. Pentru asemenea concluzii sunt necesare intervenții clinice controlate și o evaluare a efectului în raport cu dieta globală.

Potențial anticancerigen și limitele dovezilor

Anumite extracte, lectine, saponine și molecule fenolice asociate mazării au fost investigate în modele celulare pentru efecte antiproliferative, citotoxice sau proapoptotice (Rungruangmaitree & Jiraungkoorskul, 2017; Wu et al., 2023). Aceste rezultate sunt ipoteze mecanistice, nu dovezi că mazărea previne sau tratează cancerul la oameni. Mai mult, efectele unor compuși purificați nu trebuie atribuite automat seminței întregi, deoarece concentrațiile și biodisponibilitatea pot diferi substanțial.

Prin urmare, cea mai solidă interpretare a beneficiilor actuale este una nutrițională: mazărea poate contribui la diversitatea alimentației și la aportul de proteine și fibre. Proprietățile farmacologice ale extractelor necesită cercetare separată, cu caracterizare chimică, studii de siguranță și validare clinică.

6. Biomasa mazării în condiții de mediu contrastante

Biomasa totală uscată (BT) poate fi exprimată prin suma biomasei radiculare (BR) și a biomasei aeriene (BA): BT = BR + BA. Dacă studiul include nodozitățile sau semințele separat, definiția trebuie ajustată și consemnată explicit.

Raportul rădăcină/parte aeriană este R/S = BR / BA. Fracția radiculară din biomasa totală este RMF = BR / (BR + BA), iar fracția aeriană este SMF =

BA / (BR + BA). În mod ideal, aceste rapoarte sunt calculate pentru fiecare repetiție biologică, apoi analizate statistic.

Un raport R/S crescut nu dovedește că rădăcinile au crescut. Exemplu ilustrativ, nu date experimentale: dacă martorul are BR = 2 g și BA = 8 g, R/S = 0,25. Dacă sub stres BR scade la 1,5 g, iar BA la 4 g, R/S crește la 0,375, deși ambele compartimente au pierdut biomasă.

Pentru comparația tratamentelor se poate calcula variația relativă: ΔB (%) = [(Btratament − Bmartor) / Bmartor] × 100. Este util să se raporteze și intervalele de variație, erorile standard și semnificația statistică, deoarece diferențele mici între genotipuri pot fi influențate de variabilitatea biologică (Voisin et al, 2003; Poorter & Sack, 2012; Gottlieb & Gruntman. 2024).

Deficitul hidric: efecte asupra rădăcinilor și părții aeriene

Deficitul hidric reduce potențialul hidric al țesuturilor, limitează expansiunea celulară și determină închiderea parțială a stomatelor. Prin reducerea schimburilor gazoase, planta fixează mai puțin carbon și acumulează mai puțină substanță uscată. În paralel, transportul nutrienților și fixarea biologică a azotului pot fi afectate, mai ales în etapele reproductive.

În fazele timpurii, unele genotipuri își pot menține relativ creșterea rădăcinilor, în timp ce expansiunea frunzelor este puternic limitată. În seceta prelungită, însă, și rădăcinile pot pierde biomasă. Răspunsul depinde de severitatea stresului, durata sa, stadiul de dezvoltare și volumul de sol disponibil. Prin urmare, nu există un sens universal al variației raportului R/S.

Pe lângă masa uscată, studiile asupra secetei ar trebui să înregistreze lungimea rădăcinii principale, densitatea rădăcinilor laterale, suprafața foliară, conținutul relativ de apă și numărul de nodozități. Lungimea crescută a rădăcinilor nu presupune automat o biomasă radiculară mai mare: rădăcinile pot deveni mai lungi și mai subțiri.

În perioada înfloririi și a umplerii semințelor, restricția apei poate reduce numărul de păstăi și transferul asimilatelor spre boabe. Astfel, o scădere a recoltei poate depăși scăderea biomasei vegetative. Pentru interpretare trebuie separate producția biologică totală și indicele de recoltă (masa semințelor / biomasa aeriană totală la recoltare). Literatura de sinteză privind fiziologia mazării evidențiază importanța adaptării genetice și a condițiilor de cultură (Smýkal et al., 2012; Zhang et al., 2025).

Salinitatea: stres osmotic, stres ionic și alocarea resurselor

Salinitatea afectează mazărea inițial prin reducerea disponibilității fiziologice a apei, apoi prin acumularea ionilor în țesuturi și perturbarea raporturilor dintre sodiu, potasiu și calciu. Rezultatul este încetinirea creșterii, reducerea suprafeței foliare și, la intensități ridicate, afectarea aparatului fotosintetic.

La germinare și la stadiul de plantulă, masa proaspătă poate fi deosebit de sensibilă la salinitate. Masa uscată trebuie analizată separat, deoarece un conținut de apă redus poate amplifica aparent diferențele de masă proaspătă. În experimentele în ghivece, concentrația NaCl, conductivitatea electrică a substratului și durata expunerii trebuie raportate pentru a permite comparații.

Raportul R/S sub salinitate nu evoluează uniform: rădăcinile sunt expuse direct la mediul salin, dar partea aeriană poate suferi prin diminuarea asimilării carbonului. Diferențele dintre genotipuri trebuie analizate pe baza maselor uscate absolute ale ambelor compartimente. Nu este corect să se generalizeze o singură direcție a modificării raportului R/S pentru toate soiurile de mazăre.

Un cadru experimental util ar compara martorul cu două-trei niveluri de salinitate, înregistrând la aceleași momente masa uscată, numărul de frunze, suprafața foliară, clorofila și conținutul de Na și K. Corelarea acestor date permite separarea stresului osmotic de efectele nutriționale și ionice.

Temperatura, excesul de apă și alte condiții de mediu

Temperaturile ridicate pot scurta perioada de creștere vegetativă, pot accelera senescența și pot reduce formarea semințelor. Efectul asupra biomasei depinde de momentul apariției stresului: în faza vegetativă poate fi afectată suprafața foliară, iar în faza reproductivă poate fi afectată în primul rând repartizarea carbonului către păstăi și boabe. Mazărea este în general adaptată condițiilor relativ răcoroase, însă pragurile exacte de sensibilitate variază între genotipuri (Ion, 2010; Zhang et al., 2025).

Excesul de apă provoacă reducerea oxigenării solului și poate limita respirația rădăcinilor, absorbția mineralelor și funcționarea nodozităților. Într-un astfel de experiment, reducerea masei radiculare poate preceda modificările vizibile ale masei aeriene. Pentru interpretare sunt necesare informații privind durata inundării, drenajul și refacerea ulterioară.

În condiții de lumină insuficientă, plantele pot aloca diferit biomasa între tulpini și frunze, în timp ce o densitate mare a culturii modifică competiția pentru lumină și resurse. Din acest motiv, datele provenite din ghivece și cele provenite din câmp trebuie comparate prudent.

Metale grele și contaminarea solului

Metalele grele pot afecta biomasa prin stres oxidativ, inhibarea activității enzimatice, perturbarea fotosintezei și modificarea arhitecturii radiculare. Concentrația totală a unui metal în sol nu descrie integral expunerea plantei: pH-ul, materia organică și proprietățile mineralogice controlează biodisponibilitatea.

Galal și colaboratorii (2021) au investigat absorbția metalelor grele de către Pisum sativum cultivată pe soluri contaminate și au evidențiat importanța

evaluării transferului contaminanților către organele vegetale. Studiul este relevant pentru analiza siguranței recoltei, dar nu trebuie folosit pentru a atribui reduceri procentuale precise de biomasă fără consultarea tabelelor experimentale originale.

În interpretarea acestor experimente trebuie distinse trei fenomene: reducerea masei uscate, acumularea metalului în țesuturi și modificarea concentrației metalului prin efect de diluție. O plantă cu biomasă redusă poate avea o concentrație tisulară mai mare, chiar dacă a acumulat o cantitate totală mai mică de contaminant.

În contextul biofortificării, este esențială diferențierea dintre micronutrienții necesari în doze mici, precum zincul și fierul, și contaminanții toxici. O creștere a biomasei în prezența unui amendament nu garantează că semințele obținute sunt sigure pentru consum (Galal et al., 2021).

7. Nutriția minerală, nodozitățile și fixarea biologică a azotului

Mazărea poate beneficia de azotul fixat simbiotic, însă funcționarea nodozităților depinde de fosfor, apă și aportul de carbon. Fosforul susține procesele energetice, iar potasiul contribuie la reglarea osmotică. Deficiențele nutriționale pot reduce atât biomasa radiculară, cât și pe cea aeriană, dar răspunsul la fertilizare depinde de rezervele solului.

Inocularea cu bacterii rizobiene poate fi utilă atunci când populațiile eficiente sunt insuficiente, dar nu garantează un spor de biomasă în orice sol. În plus, dozele ridicate de azot mineral pot reduce stimulentul fiziologic pentru fixarea simbiotică. Evaluarea fertilizării trebuie să includă biomasa nodozităților și producția de semințe, nu doar înălțimea plantei.

Biofortificarea minerală urmărește un obiectiv diferit de fertilizarea pentru producție: creșterea concentrației sau biodisponibilității unor nutrienți în partea comestibilă. Cele două obiective se pot suprapune, dar nu trebuie confundate (Guindon et al., 2021; Krishna et al., 2024).

8. Biofortificarea minerală a mazării

Biofortificarea reprezintă îmbunătățirea valorii nutriționale a culturilor prin creșterea concentrației sau biodisponibilității unor nutrienți în organele consumate. Ea poate fi realizată prin selecție genetică, fertilizare agronomică, inoculanți sau combinații între aceste metode. Spre deosebire de fortificarea alimentelor după recoltare, biofortificarea intervine în etapa de producție agricolă.

Mazărea este un candidat interesant datorită consumului semințelor și aportului de proteine, fier și zinc. Totuși, un conținut mineral mai mare nu se traduce automat într-o absorbție intestinală mai mare. Acidul fitic și alte

componente ale matricei alimentare pot modifica biodisponibilitatea, iar prepararea termică poate modifica concentrațiile prin pierderi sau schimbări ale masei produsului (Wu et al., 2023; Guindon et al., 2021).

Fierul: acumulare și biodisponibilitate

Fierul participă la procesele redox și la funcționarea aparatului fotosintetic. În semințe, concentrația sa este determinată de absorbția radiculară, transportul intern și remobilizarea în timpul umplerii boabelor. Selecția genotipurilor cu acumulare eficientă poate fi combinată cu evaluarea condițiilor de sol (Guindon et al., 2021).

Concentrația totală de fier, exprimată în mg/kg substanță uscată, nu este suficientă pentru aprecierea calității nutriționale. Este utilă și determinarea fitaților, deoarece aceștia pot reduce disponibilitatea fierului nehemic. Într-un studiu de biofortificare ar trebui raportate atât concentrația de fier, cât și masa totală a semințelor și raportul fitat/fier, atunci când există date.

Zincul: nutriție vegetală și biofortificare

Zincul este implicat în numeroase procese enzimatice și în reglarea creșterii. Deficiența sa poate limita producția, iar aplicarea la sol sau foliară poate crește concentrația de zinc din țesuturi. Eficiența depinde de pH-ul solului, forma îngrășământului, doza aplicată și stadiul fenologic.

Pentru evaluarea tratamentelor foliare trebuie diferențiate: (a) sporul de producție, (b) concentrația zincului în semințe și (c) cantitatea totală de zinc exportată prin recoltă. O concentrație ridicată în semințe poate apărea chiar fără creșterea biomasei; invers, sporul de producție poate dilua concentrația minerală. Lucrările de sinteză despre biofortificarea mazării subliniază necesitatea corelării genotipului cu mediul și managementul culturii (Guindon et al., 2021; Krishna et al., 2024).

Seleniul și biofortificarea multiminerală

Seleniul este relevant pentru nutriția umană, dar nu este considerat universal esențial pentru toate plantele superioare. Aplicarea sa agronomică necesită precauție deoarece intervalul dintre dozele utile și cele excesive poate fi restrâns. Fără analize chimice ale semințelor nu se poate deduce siguranța produsului din aspectul sau biomasa plantei.

Formulările multiminerale urmăresc îmbunătățirea simultană a aportului de fier, zinc și alte elemente. Krishna și colaboratorii (2024) discută biofortificarea mazării de grădină, însă rezultatele diferitelor tratamente trebuie raportate în condițiile specifice studiului și nu transformate în doze universale de fertilizare.

Este important ca biofortificarea să fie evaluată alături de riscul acumulării contaminanților. Strategiile care favorizează absorbția mineralelor

pot modifica și transferul unor elemente nedorite, în funcție de compoziția solului.

Cum se evaluează corect succesul biofortificării

Concentrația elementului într-un organ se exprimă, de regulă, în mg/kg substanță uscată. Cantitatea acumulată se calculează astfel: A (mg/plantă) = C (mg/kg) × B (kg/plantă). Formula evită confundarea concentrației cu absorbția totală.

Exemplu ilustrativ: un martor cu 0,010 kg semințe/plantă și 40 mg Zn/kg acumulează 0,40 mg Zn/plantă. Un tratament cu 0,012 kg semințe/plantă și 50 mg Zn/kg acumulează 0,60 mg Zn/plantă. Sporul concentrației este de 25%, dar sporul cantității totale de zinc este de 50%. Aceste cifre sunt un exemplu de calcul, nu rezultate dintr-un experiment publicat.

Într-un experiment complet se recomandă analiza separată a concentrației în rădăcini, tulpini, frunze și semințe, a biomasei uscate a fiecărui organ, a producției și a unor indicatori de biodisponibilitate. Rezultatele trebuie însoțite de martor, repetiții și analiză statistică.

9. Genomică, ameliorare și aplicații biotehnologice

Pisum sativum este un model clasic pentru studiul eredității. Cercetările moderne au extins înțelegerea bazei moleculare a caracterelor descrise de Mendel, inclusiv a unor trăsături privind forma și culoarea păstăilor sau poziția florilor (Reid & Ross, 2011; Feng et al., 2025). Genomul relativ mare și cariotipul cu 2n = 14 cromozomi oferă atât oportunități, cât și dificultăți pentru cartarea genetică și ameliorare (Smýkal et al., 2012; Burstin et al., 2020).

Selecția genetică poate viza creșterea randamentului, toleranța la stres și modificarea profilului de proteine, amidon sau compuși antinutriționali. Biofortificarea urmărește îmbunătățirea concentrației unor micronutrienți în partea comestibilă a plantei, dar succesul său trebuie evaluat nu doar prin concentrația totală, ci și prin biodisponibilitate și stabilitatea după procesare (Guindon et al., 2021; Krishna et al., 2024). Strategiile genomice și editarea genică pot facilita identificarea sau modificarea unor caractere relevante, însă aplicațiile comerciale presupun validare agronomică, evaluarea siguranței și respectarea cadrului de reglementare.

În industria alimentară, izolatele proteice din mazăre sunt folosite pentru proprietățile de emulsionare, reținere a apei și formare a structurilor. Băuturile vegetale, produsele fermentate și analogii de carne reprezintă direcții importante, deși aroma specifică, textura și echilibrul aminoacidic rămân provocări (Craig et al., 2021; Wu et al., 2023; Abedini et al., 2026). Utilizarea făinii în panificație poate îmbunătăți anumite caracteristici nutriționale, dar

substituția făinii de grâu necesită adaptarea rețetei pentru menținerea calității senzoriale (Rasskazova & Kirse-Ozolina, 2020).

Dincolo de alimente, proteinele și amidonul pot fi investigate ca materiale pentru filme și acoperiri sau ca matrice de încapsulare a ingredientelor sensibile (Wu et al., 2023). Aceste aplicații indică posibilitatea valorificării integrate a semințelor și a fracțiilor secundare, dar performanța tehnologică și sustenabilitatea trebuie demonstrate pentru fiecare produs și proces.

10. Integrarea rezultatelor și implicații pentru cercetare

Considerate împreună, cele două direcții de documentare arată că performanța mazării trebuie descrisă pe mai multe niveluri: creșterea organelor vegetative, formarea semințelor, compoziția acestora și accesibilitatea nutrienților după procesare. Biomasa radiculară și cea aeriană oferă informații despre răspunsul plantei la mediu, însă nu substituie determinarea producției și a compoziției semințelor. În același timp, biofortificarea poate modifica concentrațiile minerale fără a produce neapărat un spor proporțional de biomasă. Aceste relații impun raportarea simultană a masei uscate, producției, concentrației minerale și cantității totale de element exportate prin recoltă (Guindon et al., 2021; Krishna et al., 2024).

Prima provocare este variabilitatea materiei prime. Compoziția semințelor diferă în funcție de soi, mediu și tehnologia agricolă, ceea ce limitează comparația directă a studiilor care nu precizează originea probelor sau baza de exprimare a rezultatelor (Tiruneh et al., 2025). Sunt necesare protocoale analitice comparabile, care să distingă între semințe mature uscate, semințe verzi, făinuri și izolate.

A doua provocare privește compromisul dintre valoarea nutrițională și proprietățile tehnologice. Reducerea fitaților sau a aromelor nedorite poate fi benefică, dar unele tratamente pot modifica și compușii de interes. Cercetarea ar trebui să urmărească concomitent digestibilitatea aminoacizilor, disponibilitatea mineralelor, proprietățile funcționale și acceptabilitatea senzorială (Shi et al., 2018; Wu et al., 2023).

A treia provocare este calitatea dovezilor biologice. O parte semnificativă a afirmațiilor despre efectele antiinflamatoare, antimicrobiene sau anticancerigene provine din experimente in vitro ori preclinice. Prioritare sunt studiile clinice bine controlate, care să specifice doza, forma alimentară, durata intervenției și biomarkerii urmăriți. Este importantă și investigarea alergenicității, în special în contextul utilizării tot mai largi a izolatelor proteice (Fischer et al., 2020).

În fine, biofortificarea și ameliorarea genetică ar trebui corelate cu reziliența agronomică și cu cerințele industriei. Un genotip cu nivel ridicat al unui micronutrient sau cu un profil proteic favorabil nu este neapărat superior dacă prezintă randament scăzut, sensibilitate la stres sau comportament tehnologic necorespunzător (Guindon et al., 2021; Feng et al., 2025).

O direcție experimentală integratoare ar consta în compararea mai multor genotipuri în condiții de aprovizionare hidrică contrastante, cu și fără fertilizare cu zinc sau fier. Măsurarea succesivă a biomasei radiculare, a biomasei aeriene, a nodozităților și a producției de semințe ar putea fi corelată cu analiza micronutrienților, a fitaților și a fracțiilor proteice. Acesta este un cadru de cercetare propus pe baza lacunelor identificate în cele două materiale, nu un rezultat experimental deja demonstrat.

Concluzii

Mazărea reprezintă o sursă importantă de proteine vegetale, amidon, fibre și compuși fitochimici, cu aplicații ce depășesc consumul tradițional al semințelor. Profilul său nutrițional este influențat de genotip, condițiile de cultivare și procesare, iar factorii antinutriționali trebuie evaluați în relație cu biodisponibilitatea și produsul final. Fermentația, tratamentele termice și hidroliza enzimatică oferă instrumente pentru îmbunătățirea funcționalității, fără a elimina necesitatea evaluării pierderilor nutritive. Activitățile biologice descrise în literatura de specialitate sunt promițătoare, dar dovezile preclinice nu justifică atribuirea unor efecte terapeutice certe consumului de mazăre. Integrarea genomicii, biofortificării și tehnologiilor alimentare poate susține dezvoltarea unor produse mai nutritive și mai acceptabile senzorial. Cercetările viitoare trebuie să acorde prioritate standardizării analizelor, evaluării biodisponibilității și studiilor clinice care să distingă beneficiile alimentului integral de cele ale extractelor și ingredientelor concentrate.

Din perspectiva fiziologiei culturii, variațiile raportului rădăcină/parte aeriană trebuie interpretate împreună cu valorile absolute ale biomasei, deoarece o creștere a raportului poate reflecta reducerea mai accentuată a părții aeriene, nu dezvoltarea rădăcinilor. Din perspectiva biofortificării, indicatorul decisiv nu este numai concentrația minerală din semințe, ci și producția, cantitatea totală acumulată, biodisponibilitatea și siguranța alimentară. O abordare integrată, care leagă adaptarea la stres de calitatea recoltei, reprezintă o direcție coerentă pentru cercetările viitoare asupra mazării (Smýkal et al., 2012; Guindon et al., 2021; Wu et al., 2023).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Abedini, A., Ghahremani, Y., Alizadeh Sani, M., Aryan, S., Shahbazpour, N., & Nayebzadeh, K. 2026. Advancing meat analogues with pea proteins: a comprehensive and systematic review of applications,

3D-printing and digestive properties. Future Foods 13: 100868. https://doi.org/10.1016/j.fufo.2025.100868

- Barac, M., Cabrilo, S., Pesic, M., Stanojevic, S., Zilic, S., Macej, O., & Ristic, N. 2010. Profile and Functional Properties of Seed Proteins from Six Pea (Pisum sativum) Genotypes. International Journal of Molecular Sciences 11(12): 4973–4990. https://doi.org/10.3390/ijms11124973
- Behera, S., Jyotirmayee, B., Mandal, U., Mishra, A., Mohanty, P., & Mahalik, G. 2022. Effect of organic fertilizer on growth, yield and quality of Pisum sativum L.: A review. Eco. Env. & Cons. 28. https://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i02s.039
- Burstin, J., Kreplak, J., Macas, J., & Lichtenzveig, J. 2020. Pisum sativum (pea). Trends in Genetics 36(4): 312–313. https://doi.org/10.1016/j.tig.2020.01.007
- Costa, R., Di Gregorio, G., Alves, A., Noronha, J., & Rababah, T. 2025. Influence of dry pea soaking in various sodium salts solutions on the microstructure and sensory quality of fried peas. Applied Food Research 5(1): 101026. https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101026
- Council of the European Union. (2002). Council Directive 2002/55/EC of 13 June 2002 on the marketing of vegetable seed
- Craig, W. J., Brothers, C. J., Mangels, R. 2021. Nutritional Content and Health Profile of Single-Serve Non-Dairy Plant-Based Beverages. Nutrients 14(1): 162. https://doi.org/10.3390/nu14010162
- Dahl, W.J., Foster, L.M., Tyler, R.T. 2012. Review of the health benefits of peas. British Journal of Nutrition, 108(S1): S3–S10. https://doi.org/10.1017/S0007114512000852
- Fahim, J.R., Attia, E.Z., Kamel, M.S. 2019. The phenolic profile of pea (Pisum sativum): a phytochemical and pharmacological overview. Phytochemistry Reviews, 18: 173–198. https://doi.org/10.1007/s11101-018-9586-9
- Feng, C., Chen, B., Hofer, J., Zhang, et al. 2025. Genomic and genetic insights into Mendel's pea genes. Nature, 642: 980–989. https://doi.org/10.1038/s41586-025-08891-6
- Fischer, E., Cachon, R., Cayot, N. 2020. Pisum sativum vs Glycine max. Trends in Food Science & Technology, 95: 196–204. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.021
- Galal, T.M., Hassan, L.M., Ahmed, D.A., Alamri, S.A.M., Alrumman, S.A., Eid, E.M. 2021. Heavy metals uptake by Pisum sativum L. grown in contaminated soils. PLOS ONE, 16(6): e0252229. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252229
- Gawłowska, M., Święcicki, W., Lahuta, L., et al. 2017. Raffinose family oligosaccharides in seeds of Pisum sativum. Genetic Resources and Crop Evolution, 64: 569–578. https://doi.org/10.1007/s10722-016-0384-1
- Ge, J., Sun, C.-X., Corke, H., Gul, K., Gan, R.-Y., & Fang, Y. (2020). The health benefits, functional properties, modifications, and applications of pea (Pisum sativum L.) protein: Current status, challenges, and perspectives.Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 19(4), 1835–1876.DOI: 10.1111/1541-4337.12573
- Gonzalez, M., Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E.J., Reyes, I., Alvarez-Poblano, L. 2020. Effect of drying temperature on pea flour. Starch, 72: 1900228. https://doi.org/10.1002/star.201900228
- Gottlieb R, Gruntman M. Belowground plant competition: uncoupling root response strategies of peas. Proc Biol Sci. 2024 Jul;291(2027):20240673. doi: 10.1098/rspb.2024.0673. Epub 2024 Jul 31. PMID: 39079667; PMCID: PMC11288680.
- Guindon, M. F., Cazzola, F., Palacios, T., et al. (2021). Biofortification of pea. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101, 3551–3563. https://doi.org/10.1002/jsfa.11059
- Guindon, M.F., Cazzola, F., Palacios, T., De Ron, A., Hanson, J., Hofer, J., Smykal, P., Alercia, A., Cerutti, A.L., Lopez, F. 2021. Biofortification of pea. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101: 3551–3563. https://doi.org/10.1002/jsfa.11059
- Hadrich, F., Arbi, M.E., Boukhris, M., et al. 2014. Antioxidant activity of pea peel. Journal of Oleo Science, 63(11): 1177–1183. https://doi.org/10.5650/jos.ess14107
- Hattab, S., Dridi, B., Chouba, L., Ben Kheder, M., Bousetta, H. 2009. Photosynthesis and growth responses of pea under heavy metals stress. Journal of Environmental Sciences, 21(6): 817–822.
- Ho, C.Y., Lin, Y.T., Labbe, R.G., Shetty, K. 2006. Inhibition of Helicobacter pylori by phenolic extracts of sprouted peas. Journal of Food Science, 30(1): 21–34. https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2005.00032.x
- Ion, V. 2010. Fitotehnie. Universitatea de Științe Agronomice și Medicină Veterinară din București.

- Juárez-Chairez, M.F., Meza-Márquez, O.G., Márquez-Flores, Y.K., Jiménez-Martínez, C. 2022. Potential anti-inflammatory effects of legumes. British Journal of Nutrition, 128(11): 2158–2169. https://doi.org/10.1017/S0007114522000137
- Krishna, H., Kumar, R., Yadava, R.B., Sharma, S., Verma, R.K., Singh, M.K., Tiwari, S.K., Bahadur, A. 2024. Biofortification in garden peas. Scientia Horticulturae, 337: 113602. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113602
- Lu, Z.X., He, J.F., Zhang, Y.C., Bing, D.J. 2019. Composition and functional properties of pea protein. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.165124
- Malka, M., Du Laing, G., Kurešová, G., Hegedüsová, A., Bohn, T. 2023. Phenolic accumulation in pea seeds. Frontiers in Nutrition, 10: 1083253. https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1083253
- Poorter H, Sack L. Pitfalls and possibilities in the analysis of biomass allocation patterns in plants. Front Plant Sci. 2012 Dec 5;3:259. doi: 10.3389/fpls.2012.00259
- Rasskazova, I., Kirse-Ozolina, A. 2020. Field pea Pisum sativum L. as a perspective ingredient for vegan foods. In: RRD, pp. 125–131.
- Ratnayake, W.J., Hoover, R., Shahidi, F., Perera, C., Jane, J. 2001. Starch properties of field pea cultivars. Food Chemistry, 74(2): 189–202. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00124-8
- Reid, J.B., Ross, J.J. 2011. Mendel's genes. Genetics, 189(1): 3–10. https://doi.org/10.1534/genetics.111.132118
- Robinson, G.H.J., Balk, J., Domoney, C. 2019. Improving pulse crops. Nutrition Bulletin, 44(3): 202–215. https://doi.org/10.1111/nbu.12399
- Rungruangmaitree, R., Jiraungkoorskul, W. 2017. Anticancer activity of pea. Pharmacognosy Reviews, 11(21): 39–42. https://doi.org/10.4103/phrev.phrev_57_16
- S. VOISIN, C. SALON, C. JEUDY, F. R. WAREMBOURG, Seasonal Patterns of ^{13}C Partitioning Between Shoots and Nodulated Roots of N_2- or Nitrate-fed *Pisum sativum* L., *Annals of Botany*, Volume 91, Issue 5, April 2003, Pages 539–546, https://doi.org/10.1093/aob/mcg055
- Shanthakumar, P., Klepacka, J., Bains, A., Chawla, P., Dhull, S. B., & Najda, A. (2022).The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry.Molecules, 27(16), 5354.DOI: 10.3390/molecules27165354
- Shi, L., Arntfield, S.D., Nickerson, M. 2018. Anti-nutrients in pulses. Food Research International, 107: 660–668. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.056
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., Coyne, C.J., Ellis, N.T.H., Flavell, A.J., Ford, R., Hýbl, M., Macas, J., Neumann, P., McPhee, K.E., Redden, R.J., Rubiales, D., Weller, J.L., Warkentin, T.D. 2012. Pea in the genomic era. Agronomy, 2(2): 74–115. https://doi.org/10.3390/agronomy2020074
- Smýkal, P., Aubert, G., Burstin, J., et al. (2012). Pea in the genomic era. Agronomy, 2(2), 74–115. https://doi.org/10.3390/agronomy2020074
- Tahir, A.B., Jiang, B., Ali, K. 2024. Pea protein fractions. Food Research International, 198: 115332. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115332
- Tiruneh, A., Ptaszek, P., Żmudziński, D., Tarko, T. 2025. Peas as source of quality plant proteins. Molecules, 30(9): 2009. https://doi.org/10.3390/molecules30092009
- United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). (2025). UNECE Standard FFV-27 concerning the marketing and commercial quality control of peas. Standardul oficial FFV-27
- Wang, S., Sharp, P., Copeland, L. 2011. Structural and functional properties of pea starches. Food Chemistry, 126(4): 1546–1552. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.015
- Wu, D.-T., Li, W.-X., Wan, J.-J., Hu, Y.-C., Gan, R.-Y., & Zou, L. (2023). A Comprehensive Review of Pea (Pisum sativum L.): Chemical Composition, Processing, Health Benefits, and Food Applications.Foods, 12(13), 2527.DOI: 10.3390/foods12132527
- Wu, D.T., Li, W.X., Wan, J.J., Hu, Y.C., Gan, R.Y., Zou, L. 2023. Comprehensive review of pea. Foods, 12(13): 2527. https://doi.org/10.3390/foods12132527
- Zhang, H., Sun, H., Tang, Z., Wang, G. 2025. Integrated agronomy of pea. Frontiers in Plant Science, 16: 1670445. https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1670445