CZU: 581.192:582.998.2:634.55:577.1 **https://doi.org/10.59295/sum1(191)2026_32**

SUBPRODUSELE DIN FLOAREA-SOARELUI ȘI MIGDALE: ANALIZĂ COMPARATIVĂ A COMPOZIȚIEI BIOCHIMICE ȘI A POTENȚIALULUI BIOACTIV

Angela RUDACOVA,
Angela PORT,
Ala CHERDIVARA,

Universitatea de Stat din Moldova

Alexandra GASPAR-PINTILIESCU,
Oana CRACIUNESCU,

Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Științe Biologice, București, România

Subprodusele rezultate în urma procesării semințelor de floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) și migdalelor (*Prunus dulcis*) reprezintă resurse vegetale valoroase cu potențial de aplicare în agricultură, industriile alimentară, nutraceutică, farmaceutică etc. Această lucrare oferă o analiză comparativă a tipurilor de subproduse, a compoziției biochimice și a efectelor biologice asociate. Rezultatele literaturii indică că subprodusele florii-soarelui se caracterizează printr-o compoziție relativ omogenă, cu concentrații moderate de proteine și fibre, iar șrotul și cojile sunt surse valoroase de acizi fenolici, în special acid clorogenic. Comparativ, subprodusele migdalelor prezintă o diversitate biochimică mai mare, tegumentul și coaja verde concentrând polifenoli, flavonoide complexe, triterpenoide și steroli, ceea ce le conferă un spectru biologic polivalent. Factorii biologici, agricoli și tehnologici influențează semnificativ profilul biochimic al subproduselor, iar optimizarea proceselor de extracție și valorificare rămâne esențială pentru dezvoltarea ingredientelor funcționale. Lucrarea subliniază importanța valorificării subproduselor agroindustriale în contextul economiei circulare.

Cuvinte-cheie*: compoziție biochimică, floarea-soarelui, migdale, substanțe bioactive (SBA), valorificare subproduse.*

SUNFLOWER AND ALMOND BY-PRODUCTS: COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOACTIVE POTENTIAL

The by-products resulting from the processing of sunflower seeds (*Helianthus annuus L.)* and almonds (*Prunus dulcis*) represent valuable plant resources with potential applications in agriculture, the food, nutraceutical, and pharmaceutical industries. This study provides a comparative analysis of the types of by-products, their biochemical composition, and associated biological effects. Literature results indicate that sunflower by-products are characterized by a relatively homogeneous composition, with moderate concentrations of proteins and fibers, while cakes and hulls are valuable sources of phenolic acids, particularly chlorogenic acid. In comparison, almond by-products exhibit greater biochemical diversity, with the tegument and green hulls concentrating polyphenols, complex flavonoids, triterpenoids, and sterols, conferring a broad biological spectrum. Biological, agricultural, and technological factors significantly influence the biochemical profile of these by-products, and the optimization of extraction and valorization processes remains essential for the development of functional ingredients. The study emphasizes the importance of valorizing agro-industrial by-products within the framework of a circular economy.

Keywords: *biochemical composition, sunflower, almonds, bioactive compounds, by-product valorization.*

Introducere

Gestionarea eficientă a deșeurilor agroalimentare reprezintă una dintre provocările majore ale contemporaneității, atât din perspectivă economică, cât și ecologică. Conform estimărilor Organizației pentru Alimentație și Agricultură (FAO), aproximativ o treime din alimentele produse la nivel global sunt

irosite de-a lungul lanțului agroalimentar, generând cantități considerabile de reziduuri organice și presiuni suplimentare asupra resurselor naturale și mediului. În contextul creșterii populației mondiale, estimată să atingă aproximativ 9 miliarde de locuitori până în anul 2050 [47], aceste probleme devin din ce în ce mai acute, afectând atât securitatea alimentară, cât și sustenabilitatea sistemelor agricole și industriale.

Sectorul agroindustrial generează anual volume semnificative de subproduse și reziduuri organice, o parte importantă provenind din procesarea semințelor oleaginoase și a culturilor nucifere. În mod tradițional, aceste fluxuri secundare sunt utilizate în principal ca furaje sau sunt eliminate, deși numeroase cercetări evidențiază faptul că ele conțin cantități importante de nutrienți și compuși bioactivi cu valoare funcțională ridicată [28, 40]. În acest context, principiile economiei circulare capătă o importanță tot mai mare în sistemele agroalimentare moderne, promovând transformarea subproduselor în resurse valoroase pentru diverse aplicații industriale. Economia circulară, care reprezintă aproximativ 8,6% din economia globală [12], urmărește optimizarea ciclului de viață al resurselor prin reutilizare, reciclare și valorificare integrală a biomasei [5].

Floarea-soarelui (*Helianthus annuus* L.) reprezintă una dintre cele mai importante culturi oleaginoase la nivel mondial, ocupând locul al patrulea în clasamentul global al culturilor destinate producției de ulei vegetal, după soia, palmierul de ulei și rapița [33]. Semințele acestei plante contribuie cu aproximativ 10% la producția globală de uleiuri vegetale comestibile, iar cererea pentru acest tip de ulei continuă să crească. Se estimează că, în următoarele două decenii, producția și consumul global de uleiuri vegetale vor înregistra creșteri semnificative, inclusiv o majorare de aproximativ 2,2 ori pentru uleiul de floarea-soarelui [36]. Procesarea industrială a semințelor generează însă cantități importante de subproduse, precum șrot, coji și reziduuri lichide. Deși aceste materiale sunt adesea considerate fluxuri secundare cu valoare economică redusă, compoziția lor biochimică evidențiază prezența proteinelor, fibrelor alimentare, compușilor fenolici și altor metaboliți bioactivi cu potențial de valorificare în diferite sectoare industriale [8, 32].

În mod similar, migdalele (*Prunus dulcis*) reprezintă una dintre cele mai importante culturi nucifere la nivel global, fiind utilizate atât pentru consum direct, cât și ca materie primă pentru numeroase produse alimentare și cosmetice, inclusive uleiuri, produse de patiserie [35]. Creșterea cererii pe piața internațională a determinat o expansiune considerabilă a producției mondiale [10], care a crescut de la aproximativ 2,96 milioane tone în anul 2013 la circa 3,95 milioane tone în 2024, corespunzător unei majorări de aproximativ 33% (FAO). Procesele tehnologice de prelucrare a migdalelor generează, la rândul lor, volume semnificative de subproduse, cu o compoziție bogată în fibre, compuși fenolici, proteine și lipide bioactive, ceea ce le conferă un potențial important pentru dezvoltarea de ingrediente funcționale sau aplicații industriale inovatoare [9].

În Republica Moldova, sectorul nucifer este dominat în principal de cultura nucului comun, însă migdalul începe să fie considerat o specie de perspectivă pentru regiunile cu condiții climatice mai aride, în special în sudul și centrul țării. Conform datelor Biroului Național de Statistică [26], suprafața totală a plantațiilor de nuciferi a crescut semnificativ în perioada 2010–2024, de la aproximativ 9,4 mii ha la aproape 40 mii ha. Cu toate acestea, suprafața cultivată cu migdal rămâne relativ limitată, menținându-se în intervalul 343–373 ha în perioada 2013–2024 (FAO). În paralel cu dezvoltarea producției, procesele de recoltare și prelucrare generează pierderi post-recoltare și fluxuri de subproduse estimate la aproximativ 30–37 t anual, evidențiind necesitatea unor strategii eficiente de valorificare [10].

În acest context, prezentul articol de sinteză își propune să realizeze o analiză comparativă a subproduselor provenite din floarea-soarelui și migdale, cu accent asupra compoziției lor biochimice și potențialului bioactiv, precum și a factoriilor care pot influența profilul biochimic al acestor materiale vegetale.

1.Tipuri de subproduse din floarea-soarelui și migdale: caracteristici generale

Floarea-soarelui reprezintă una dintre principalele surse de ulei vegetal la nivel mondial. Procesarea semințelor implică etape tehnologice precum curățarea, decorticarea, presarea mecanică și/sau extracția cu solvenți, urmate de rafinarea uleiului. Urmare a acestor procese se generează aproximativ 50–60% subproduse raportat la masa materiei prime inițiale, principalele fracții fiind turtele de presare, șrotul, cojile și

reziduurile rezultate din procesele de extracție și rafinare [8, 32, 46]. Turtele de presare (press cake) rezultă în urma extracției mecanice a uleiului și conțin o cantitate reziduală de lipide, de regulă între 8 și 15%. Acestea reprezintă un produs intermediar care poate fi supus ulterior extracției cu solvenți pentru recuperarea suplimentară a uleiului.

Șrotul de floarea-soarelui este principalul subprodus obținut după extracția uleiului și poate reprezenta 40–50% din masa semințelor procesate. Acesta poate proveni din semințe întregi sau decorticate și poate fi obținut prin presare mecanică, extracție cu solvenți sau printr-o combinație a acestor metode. Compoziția sa biochimică depinde în mare măsură de gradul de decorticare al semințelor înainte de procesare.

Cojile de floarea-soarelui sunt generate în procesul de decorticare și constituie una dintre cele mai abundente fracții de reziduuri. Acestea reprezintă, în general, 15–20% din masa semințelor, dar proporția poate ajunge până la 20–30%, în funcție de genotip și de tehnologia de procesare. Cojile au un conținut ridicat de compuși lignocelulozici.

În timpul proceselor de extracție și rafinare a uleiului pot apărea reziduuri tehnologice suplimentare, reprezentate de fracții solide bogate în fosfolipide și alte componente lipidice. Prin urmare, industria uleiului de floarea-soarelui generează volume considerabile de subproduse, în special șrot și coji, care reprezintă principalele fluxuri de reziduuri rezultate din procesarea semințelor acestei culturi agricole.

Similar, industria migdalelor prezintă un rol important în generarea de bioreziduuri și include mai multe etape tehnologice, precum îndepărtarea cojii externe, separarea cojii lemnoase, blancharea miezului și, în unele cazuri, extracția uleiului sau procesarea pentru produse alimentare. Aceste operațiuni generează diverse tipuri de subproduse, inclusiv coaja externă, coaja lemnoasă, tegumentul seminței, turtele rezultate după extracția uleiului și diferite lichide reziduale de procesare [29].

Coaja externă, verde reprezintă cea mai mare fracție de reziduuri generate în procesarea migdalelor, constituind aproximativ 40–60% din masa totală a fructului, pe când coaja lemnoasă constituie aproximativ 20–33% din masa migdalei și este caracterizată printr-un conținut ridicat de lignoceluloză, fiind o fracție structurală rigidă a fructului.Tegumentul seminței este îndepărtat în timpul procesului de blanchare. Deși această fracție reprezintă o proporție relativ mică din masa totală a seminței, constituie un subprodus distinct al procesării migdalelor. Miezul cu tegument brun raportat la masa totală a fructului constituie 15–31%.Turtele de migdale rezultă în urma extracției uleiului din miez și conțin cantități variabile de proteine, fibre și lipide reziduale.

În ansamblu, industria migdalelor generează o proporție ridicată de subproduse, estimată la 70–85% din masa totală a fructului, proporția fiecărei componente variind în funcție de genotip și de condițiile tehnologice [29].

În concluzie, analiza comparativă evidențiază diferențe între cele două procedee tehnologice de prelucrare a semințelor de floarea-soarelui și migdale în ceea ce privește cantitatea și diversitatea subproduselor generate. Procesarea semințelor de floarea-soarelui produce volume mai mari de reziduuri industriale, în principal sub formă de șrot și coji, datorită nivelului ridicat de producție globală și structurii semințelor. În schimb, procesarea migdalelor generează o diversitate mai mare de tipuri de subproduse, incluzând coaja externă, coaja lemnoasă, tegumentul seminței și turtele rezultate după extracția uleiului. Aceste fracții prezintă caracteristici structurale și biochimice distincte, reflectând particularitățile anatomice ale fructului de migdal.

2. Subprodusele de floarea-soarelui și migdale: compoziție biochimică și potențial industrial

Principalele subproduse rezultate din procesarea semințelor de florii-soarelui (cojile și șrotul), prezentă o compoziție biochimică specifică. Astfel, compoziția chimică a cojilor semințelor de floarea-soarelui variază, în funcție de genotip, în următoarele intervale: umiditate 8,53–9,8%, proteine 4,33–6,14%, ulei 1,65–2,20% și fibre brute 18,82–20,05% [23] (Tabel 1). Pedrosa și colab., [31] au analizat cinci genotipuri de floarea-soarelui și au constatat că în coji conținutul de polifenoli totali variază între 0,7 și 5,4 g/kg, comparativ cu miezul, care conține aproximativ 98 g/kg polifenoli totali. Într-un alt studiu, [43] a raportat că în coaja de floarea-soarelui conținutul de compuși fenolici, determinat în cinci extracte fenolice, a variat între 0,19% și 0,31%.

Tabelul 1. Compoziția biochimică a subproduselor florii-soarelui și migdalelor

Constituent biochimic (%)	Floarea-soarelui			Migdale		
	Coji [23, 31, 43]	Șrot integral [18, 42, 18,]	Șrot degrețat [49, 50]	Coji verzi [16, 19, 39]	Tegument [4, 14, 19, 34]	Coji lignificate [24, 39]
Umiditate	8,53-9,80	5,80	9,92	6,01-9,80	6,43-18,39	3,30-11,20
Proteine	4,33-6,14	23,60	36,33	1,60-26,50	10,60-12,80	1,40 – 4,70
Lipide	1,65-2,20	11,01	3,00	2,45-2,71	9,50 - 24,20	-
Fibre brute	18,82-20,05	30,18	23,05	10,40-35,77	45,10- 60,25	51,80-62,00
Carbohidrati	-	23,75	52,47	15,90–34,30	4,14 – 5,65	56,10
Compuși fenolici	0,07-0,54	1,0-4,0	0,43-1,30	4,39-16,67	0,76-2,76	1,40 - 6,27
Vitamina E	-	0,70-0,80	0,2-0,30	1,50-1,58	13,0-14,0	-

Cojile de floarea-soarelui reprezintă un reziduu agroindustrial valoros, utilizat ca biocombustibil solid pentru producerea de brichete și peleți, datorită conținutului ridicat de lignoceluloză și a puterii calorice semnificative. În plus, acestea pot servi drept materie primă în industria hidrolitică pentru obținerea de bioetanol, precum și în producția de adsorbenți și materiale biocompozite, astfel fiind oferite oportunități de dezvoltare sustenabilă a lanțului valoric al acestei culturi agricole [28].

Turta (șrotul) integrală de floarea-soarelui conține aproximativ 5,80% umiditate, 23,60% proteine, 11,01% grăsimi brute, 30,18% fibre brute, 5,66% cenușă și 23,75% carbohidrați. Turtele parțial decorticate prezintă o compoziție diferită, cu 5,60% umiditate, 25,28% proteine, 21,38% fibre brute, 6,89% cenușă și 19,34% carbohidrați [42].

Proteinele din floarea-soarelui se caracterizează prin prezența unor aminoacizi esențiali importanți, precum lizina, metionina, cisteina și triptofanul [55]. Șrotul de floarea-soarelui este deosebit de bogat în metionină, însă conține cantități relativ reduse de lizină și treonină. Pe lângă proteinele cu valoare biologică ridicată, subprodusele de floarea-soarelui includ și alți compuși bioactivi valoroși, precum vitamina E și compuși fenolici.

Conținutul de polifenoli din șrotul integral variază între 1 și 4% [18], în timp ce în șrotul degresat acesta se situează între 0,43 și 1,3% [50]. Acidul clorogenic, identificat prin cromatografie lichidă de înaltă performanță (High-Performance Liquid Chromatography, HPLC), reprezintă compusul fenolic predominant, constituind aproximativ 62% din totalul compușilor fenolici [1].

Cantitatea de vitamina E depinde în mare măsură de conținutul de lipide al produsului analizat. Astfel, în șrotul degresat aceasta se situează între 0,2 și 0,3%, în timp ce în șrotul integral variază între 0,7 și 0,8% [49].

Datorită profilului său nutritiv și biochimic, turtele de presare (șrotul integral) și șrotul degresat de floarea-soarelui pot fi utilizate ca ingrediente în hrana animalelor, ca sursă proteică, contribuind la creșterea performanței productive. De asemena servesc ca materie primă pentru extracția compușilor bioactivi, inclusiv proteine, fibre dietetice și compuși fenolici.

În mod similar, subprodusele rezultate din procesarea migdalelor, precum cojile verzi, cojile lignificate și tegumentul seminței, diferă după compoziție biochimică, fapt ce determină potențial lor de utilizare. Astfel, coaja verde (epicarp, mezocarp) prezintă o grosime și o greutate semnificativ variabile în funcție de soi. La unele soiuri este subțire și uscată, în timp ce la altele este groasă și cărnoasă, reprezentând o proporție mai mare din greutatea fructului [7]. Conform datelor raportate de mai mulți autori, conținutul de carbohidrați din coaja verde a migdalelor variază între 15,90% și 34,30%, cel de proteine între 1,60% și 26,50%, iar conținutul de fibre brute între 10,40% și 35,77%. Cantitatea de aminoacizi esențiali se situează între 0,1% și 0,2% [16, 35] (Tabel 1).

Coaja lemnoasă (endocarp) a migdalelor este alcătuită din agregări compacte de celule lignocelulozice. Așa cum este prezentat în tabelul 1, coaja migdalei conține între 51,80% și 62,00% fibre brute. În plus, aceasta conține polizaharide aproximativ 56,10% și o cantitate redusă de proteine de 1,40–4,70% [40].

În studiul realizat de Sfahlan [39] a fost determinat conținutul total de compuși fenolici în extractele metanolice obținute din coaja verde și coaja lemnoasă a 18 genotipuri diferite de *Amygdalus communis* L. În coaja verde, conținutul de fenoli a variat între 43,9 și 166,7 mg GAE (echivalent acid galic) per gram de extract, în timp ce în coaja lemnoasă acesta a fost semnificativ mai scăzut, situându-se între 18,5 și 62,7 mg GAE/g extract. În alt studiu, [24] a raportat un conținut în fenoli de 1,4–2,2 g GAE/100 g extract din coaja lemnoasă.

Tegumentul seminței de migdal acoperă miezul, având rol de barieră protectoare împotriva oxidării și contaminării microbiene [13]. Compoziția chimică a tegumentului include fibre totale în proporție de 45,10–60,25% [14], lipide (9,50–24,20%), proteine (10,30–12,80%) și zaharuri (4,14–5,65%). Tegumentul seminței este bogat în vitamina E (13–14%) [19]. Potrivit lui Bolling [4], conținutul total de fenoli din tegumentul migdalelor este de 27,6 mg GAE/g. Într-un alt studiu efectuat de Prgomet [34] a fost determinat că, după blanșare, conținutul de polifenoli din tegument variază între 7,62 și 25,17 mg GAE/g.

Subprodusele industriei migdalelor, precum coaja verde, coaja lemnificată și tegumentul semințelor, sunt de regulă subutilizate, fiind folosite în principal ca furaje sau așternut pentru animale. Reieșind din compoziția chimică, coaja lemnoasă poate fi utilizată și pentru producerea de combustibili solizi, materiale compozite, cărbune activ sau adsorbanți industriali. Totuși, aceste subproduse reprezintă o resursă valoroasă datorită conținutului ridicat de substanțe biologic active (compuși fenolici, flavonoide și antioxidanți), fiind intens studiate pentru aplicații nutraceutice și farmaceutice și valorificare în industriile cosmetică, farmaceutică, alimentară și agricolă.

În **concluzie**, analiza diferitor tipuri de subproduse din floarea-soarelui și migdale evidențiază diferențe clare în compoziția biochimică și, implicit, în potențialul lor de valorificare industrială. Cojile de floarea-soarelui se disting printr-un un conținut relativ constant de umiditate (≈8,5–9,8%), cantități reduse de proteine (≈4,3–6,1%) și moderate de fibre brute (≈18,8–20%), fiind potrivite în principal pentru utilizări energetice sau materiale biocompozite. Șrotul integral este mult mai bogat în proteine (≈23,6%) și conține cantități importante de lipide (≈11%), fibre brute (≈30%) și carbohidrați (≈23,8%), ceea ce îl face valoros ca sursă proteică în nutriția animalelor. Șrotul degresat prezintă o compoziție similară, cu conținut ridicat de fibre brute (≈23%) și un conținut scăzut de lipide (≈3%), păstrând o proporție semnificativă de proteine (≈36%).

În contrast, subprodusele migdalelor prezintă un profil biochimic mai eterogen. Cojile verzi (mezocarpul) au un conținut variabil de umiditate (≈6–9,8%), proteine (≈1,6–26,5%), fibre brute (≈10–36%) și carbohidrați (≈16–34%), în timp ce tegumentul seminței este bogat în proteine (≈10,6–12,8%), fibre (≈45–60%) și lipide (≈9,5–24%), evidențiind un potențial nutritiv și biochimic ridicat. Cojile lignificate prezintă cel mai mare conținut de fibre brute (≈52–62%) și carbohidrați (≈56%), dar un conținut redus de proteine (≈1,4–4,7%), fiind mai potrivite pentru utilizări energetice sau ca materie primă în industrii biotehnologice.

Astfel, din punct de vedere comparativ, subprodusele migdalelor se remarcă printr-o variabilitate cantitativă mai mare a compușilor principali: proteine, lipide, fibre și carbohidrați, în diferite fracțiuni, în timp ce compoziția chimică a subprodusele floarei-soarelui este mai omogenă, cu concentrații moderate de fibre și proteine și mai reduse de lipide. Această diferențiere justifică utilizări specifice pentru:

- *floarea-soarelui*: biocombustibili, brichete, peleți, materie primă pentru hidroliză sau materiale biocompozite; șrotul ca sursă proteică pentru hrana animalelor.
- *migdale*: ingrediente proteice și lipidice în industria alimentară, extracte cu rol în cosmetologie și farmaceutică, utilizări agricole, iar cojile lignificate pot fi valorificate pentru energie sau materiale biocompozite.

3. Compuși bioactivi și efecte biologice ale subproduselor florii-soarelui și migdalelor.

Compușii fenolici reprezintă una dintre cele mai importante clase de metaboliți secundari ai plantelor, incluzând flavonoide și acizi fenolici. Printre aceștia se regăsesc derivați ai acidului benzoic, precum acidul galic și derivați ai acidului cinamic. Acidul cafeic este un compus fenolic larg răspândit în regnul vegetal și apare frecvent sub formă esterificată cu acidul chinic, formând acidul clorogenic [6]. Acidul clorogenic este recunoscut pentru proprietățile sale biologice complexe, fiind utilizat atât ca nutraceutic, cât și ca aditiv

alimentar. Studiile biochimice pe modele biologice au demonstrat că acest compus manifestă activități antioxidante, antiinflamatoare, antidiabetice și antihipertensive, contribuind la prevenirea și profilaxia sindromului metabolic și a afecțiunilor asociate. Acidul clorogenic prezintă activitate antimicrobiană asupra unui spectru larg de microorganisme, inhibă procesele de oxidare lipidică, stabilizează alți compuși bioactivi și poate acționa ca prebiotic, astfel fiind considerat un compus de perspectivă pentru dezvoltarea suplimentelor biotice și a alimentelor funcționale [38].

Alexandrino și colab. [1] au investigat extractele brute obținute din șrotul degresat de floarea-soarelui, determinând un conținut total de compuși fenolici de 4,00 g echivalent acid clorogenic/100 g substanță uscată. Totodată, acidul clorogenic a constituit aproximativ 62% din totalul compușilor fenolici identificați, iar extractele au demonstrat activitate antioxidantă, antimicrobiană și efect protector asupra acizilor nucleici.

Rezultate similare au fost raportate de Wanjari [51], care a obținut extracte din șrotul de floarea-soarelui cu concentrații variabile de compuși fenolici prin modificarea condițiilor de extracție. Analiza biochimică realizată prin LC-MS (Liquid Chromatography–Mass Spectrometry) a evidențiat acidul clorogenic drept compus fenolic predominant, împreună cu acidul cafeic. Toate extractele analizate au demonstrat o capacitate ridicată de a acționa ca donori de hidrogen, evidențiind o activitate antioxidantă semnificativă.

Studii similar au fost efectuate și de Ivanova și colab. [15], care au investigat valorificarea șrotului industrial de floarea-soarelui printr-un proces de extracție în patru etape, utilizând o soluție apoasă de etanol 75%. După concentrarea extractelor, a fost obținut un produs denumit SEWS, caracterizat printr-un conținut ridicat de acid clorogenic (85,41%). Evaluarea activității biologice a demonstrat o capacitate antioxidantă semnificativă, evidențiată prin creșterea activității de neutralizare a radicalilor DPPH odată cu creșterea concentrației extractului. În plus, produsul a manifestat activitate inhibitorie împotriva bacteriei Gram-pozitive *Curtobacterium flaccumfaciens* și a ciupercii fitopatogene *Fusarium moniliforme*.

Activitatea biologică a extractelor fenolice obținute din coji de floarea-soarelui a fost analizată și de Taha și colab. [43], care au evidențiat o corelație directă între conținutul de compuși fenolici și activitatea antioxidantă și antiradicalică a extractelor. De asemenea, toate extractele au prezentat activitate antimicrobiană împotriva unor bacterii patogene, iar două dintre ele au demonstrat efecte anticancerigene. Un alt grup de cercetători, Martinez și colab. [20] au demonstrat că acidul clorogenic inhibă dezvoltarea unor ciuperci fitopatogene importante, precum *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium solani* și *Botrytis cinerea*. Autorii au concluzionat că mecanismul de acțiune implică creșterea permeabilității membranelor celulare ale sporilor, conducând la liza acestora și la inhibarea creșterii miceliului. Aceste rezultate subliniază potențialul utilizării subproduselor bogate în acid clorogenic ca biofungicide în agricultură și horticultură.

Studiile *in vitro* realizate de Yagazaki [54] au evidențiat, de asemenea, efectul inhibitor al acidului clorogenic asupra proliferării și invaziei celulelor de hepatom la șobolan, raportând o reducere a invaziei celulare de aproximativ 68%. Aceste date indică potențialul acidului clorogenic în inhibarea proceselor implicate în progresia tumorală.

Subprodusele rezultate în urma procesării migdalelor reprezintă o sursă importantă de compuși bioactivi, similari ca rol cu cei din subprodusele florii-soarelui, dar cu o distribuție și tipologie chimică distinctă. Spre deosebire de șrotul de floarea-soarelui, care este bogat în acid clorogenic și compuși fenolici hidroxicinamici, subprodusele migdalelor, în special tegumentul și coaja verde, conțin un spectru mai diversificat de compuși bioactivi, incluzând fenoli, triterpenoide și steroli, ceea ce le conferă proprietăți antioxidante, antimicrobiene și anticancerigene variate [2, 45, 53].

Mai multe studii au evidențiat faptul că aceste subproduse conțin cantități semnificative de compuși fenolici, responsabili pentru activitatea antioxidantă și antiradicalică a extractelor obținute. Totuși, valorile raportate pentru conținutul de compuși fenolici și pentru capacitatea antioxidantă variază considerabil între studii [4, 17, 39], diferențele fiind influențate în principal de tipul solventului, concentrația extractelor și metoda de extracție aplicată.

Tegumentul migdalei este considerat una dintre cele mai importante surse de compuși bioactivi. Takeoka și Dao [44] au extras compuși fenolici din această matrice vegetală și, utilizând cromatografia HPLC în fază inversă, au identificat trei acizi hidroxicinamici principali: acidul clorogenic, criptoclorogenic și neoclorogenic, acidul clorogenic fiind predominant. A fost identificat potențialul extractelor de a inhiba

oxidarea metillinoleatului la temperatura de 40°C și o activitate antioxidantă superioară β-tocoferolului la concentrații ridicate. Analiza GC-MS (Gas Chromatography–Mass Spectrometry) a evidențiat, de asemenea, prezența sterolilor stigmasterol și β-sitosterol. Într-un studiu anterior, Takeoka și colab. [45] au izolat din extractele dietilice ale cojilor migdalei triterpenoide precum acizii betulinic, oleanolic și ursolic, care reprezintă aproximativ 1% din masa totală a cojii. Acești compuși sunt cunoscuți pentru proprietățile lor antiinflamatoare, antivirale și anticancerigene.

Fabroni și colab. [9] au dezvoltat un extract hidroalcoolic inovator din cojile migdalei, bogat în compuși fenolici și triterpenoide, pentru utilizare în industria alimentară, farmaceutică și cosmetică. Studiul a fost efectuat pe trei soiuri italiene de migdale, cele mai bune rezultate fiind obținute pentru soiurile siciliene, în special pentru soiul *Romana*, care a prezentat un randament ridicat de triterpenoide (până la 73,13%) și acizi hidroxicinamici (până la 89%). Extractele obținute au demonstrat activitate antioxidantă și antimicrobiană semnificativă *in vitro*.

Optimizări ale extracției compușilor fenolici din cojile verzi de migdale a fost realizată de Khan [17] prin extracție asistată de ultrasunete. Extractul obținut a prezentat activitate antimicrobiană împotriva bacteriilor *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* și *Salmonella typhimurium*, iar analiza compozițională a evidențiat β-sitosterolul ca principal fitocomponent (44%).

Amico și colab. [2] s-au concentrat asupra triterpenoidelor extrase din coaja migdalelor siciliene (*Prunus dulcis*), identificând acidul betulinic, acidul oleanolic și acidul ursolic ca principale componente. Aceste triterpenoide, împreună cu aldehidele înrudite, au demonstrat o activitate citotoxică semnificativă împotriva celulelor de cancer mamar uman MCF-7, evidențiind potențialul acestor subproduse în terapii antiproliferative.

Importanța tegumentului migdalei ca sursă de compuși fenolici este deosebit de relevantă. Deși aceasta reprezintă doar aproximativ 4% din masa totală a nucii, conține între 60% și 80% din totalul compușilor fenolici ai migdalelor [22]. Acești compuși sunt responsabili în mare măsură pentru capacitatea ridicată de neutralizare a radicalilor liberi [37] conferind tegumentului un potențial antioxidant superior semințelor integrale.

Wijeratne și colab. [53] au confirmat această observație, demonstrând că extractele degresate din tegument și coji conțin de 9-10 ori mai mulți compuși fenolici decât semințele integrale. Extractele au inhibat eficient oxidarea lipoproteinelor cu densitate joasă (Low-Density Lipoprotein, LDL), au prevenit deteriorarea ADN-ului și au prezentat capacitate ridicată de chelatare a ionilor metalici, iar analiza HPLC a evidențiat flavonoide precum derivați ai quercetinei și kaempferolului.

Rezultate similare au fost raportate de Siriwardhana și colab. [41], care au arătat că extractele etanolice din tegumentul brun și învelișul verde ale migdalei au o activitate antioxidantă semnificativ mai mare decât extractele din semințele integrale, cu o capacitate remarcabilă de neutralizare a radicalilor superoxid. Această activitate antioxidantă se corelează direct cu conținutul de compuși fenolici, confirmând rolul tegumentului și al învelișului în protecția celulară.

Pe lângă activitatea antioxidantă, subprodusele migdalelor prezintă proprietăți antimicrobiene relevante. Astfel, Mandalari și colab. [19] au demonstrat că fracțiile bogate în flavonoide din tegumentul migdalei prezintă activitate împotriva bacteriilor Gram-pozitive și Gram-negative, inclusiv *Salmonella enterica*. În acest context se încadrează și cercetările efectuate de Musarra-Pizzo [25] care a evidențiat activitatea antimicrobiană a unui amestec de polifenoli din tegument împotriva *Staphylococcus aureus*, precum și activitate antivirală împotriva virusului herpes simplex tip 1 (HSV-1). Catechina și epicatechina au fost identificate ca fiind cei mai activi agenți antimicrobieni din extract.

Valdez și colab. [48] au utilizat extracția asistată de microunde pentru izolarea compușilor fenolici din reziduurile de tegument provenit de la șapte genotipuri de migdale diferite. Analiza a evidențiat flavan-3-oli (catechină și epicatechină) și compuși glicozidici precum quercetin-3-O-rutinozid, kaempferol-3-O-rutinozid, naringenin-7-O-glucozid, izoramnetin-3-O-rutinozid și izoramnetin-3-O-glucozid. Extractele au demonstrat o activitate antioxidantă pronunțată, evaluată prin metode spectrofotometrice standard precum DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) și FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), frecvent utilizate pentru determinarea capacității antioxidante a extractelor vegetale.

În **concluzie**, subprodusele rezultate în urma procesării florii-soarelui și migdalelor reprezintă surse valoroase de compuși bioactivi, însă diferențele privind tipologia chimică, distribuția și concentrația acestor compuși evidențiază particularități relevante pentru utilizarea lor în industria alimentară, farmaceutică și cosmetică. În cazul floarei-soarelui, șrotul și cojile sunt bogate în acizi fenolici**,** în special acidul clorogenic și acidul cafeic, compuși care conferă activitate antioxidantă, antimicrobiană, antifungică și antiproliferativă. Studiile indică o corelație clară între conținutul de compuși fenolici și efectele biologice observate, iar extractele obținute pot fi utilizate atât pentru prevenirea stresului oxidativ, cât și pentru dezvoltarea de biofungicide sau produse nutraceutice. Particularitatea specifică subproduselor florii-soarelui constă în concentrația foarte ridicată de acid clorogenic, care poate reprezenta până la 62–85% din totalul compușilor fenolici, precum și în capacitatea lor de a acționa ca donori de hidrogen în reacțiile antioxidante.

În contrast, subprodusele migdalelor, în special tegumentul și coaja verde, prezintă un spectru biochimic mai diversificat. Pe lângă acidul clorogenic și alți fenoli, acestea conțin triterpenoide (acid betulinic, oleanolic, ursolic), steroli (β-sitosterol, stigmasterol) și flavonoide complexe, precum quercetina, kaempferolul și izoramnetina, ceea ce le conferă un potențial antioxidant, antimicrobian, antiviral și anticancerigen mai extins, polivalent. Tegumentul migdalei, deși reprezintă aproximativ 4% din masa migdalei, concentrează între 60–80% din totalul compușilor fenolici, evidențiind rolul său esențial în protecția împotriva radicalilor liberi și în prevenirea oxidării LDL. Extractele din tegument și coaja verde inhibă eficient proliferarea celulară, dezvoltarea unor microorganisme patogene și stresul oxidativ.

4. Factorii care afectează profilul biochimic al SBA din subprodusele vegetale

Numeroase studii evidențiază faptul că profilul biochimic cantitativ și calitativ al subproduselor vegetale variază considerabil în funcție de mai mulți factori biologici, agricoli și tehnologici. Această variabilitate este observată și în cazul subproduselor provenite din procesarea migdalelor și a florii-soarelui în special la nivelul metabolitilor secundari inclusiv a compușilor fenolici.

De exemplu, compoziția și spectrul compușilor fenolici sunt corelate cu caracteristicile morfologice ale subproduselor, precum grosimea și greutatea cojilor de migdale. Analizele efectuate asupra unor varietăți de migdale au evidențiat diferențe importante în profilul fenolic, fiind identificați compuși dominanți precum acidul clorogenic, catechina și acidul protocatechuic. În unele cazuri au fost detectați până la 16 flavonoizi și 2 acizi fenolici în tegumentul migdalelor prin tehnici cromatografice avansate [3]. Tegumentul și coaja migdalelor pot conține cantități de compuși fenolici de până la 9-10 ori mai mari decât semințele întregi, ceea ce explică activitatea antioxidantă ridicată observată în aceste subproduse [11]. De asemenea, distribuția compușilor fenolici variază considerabil între diferitele părți ale seminței de floarea-soarelui [52].

Analizele efectuate asupra mai multor genotipuri de migdal (de exemplu *Nonpareil*, *Carmel*, *Mission* sau *Monterey*) au evidențiat variații semnificative în conținutul total de polifenoli și în profilul flavonoidelor, demonstrând influența genotipului asupra compoziției bioactive a subproduselor [4].

În mod similar, în cazul florii-soarelui, studiile asupra a 5 genotipuri (Tesoro, Marko, Clip, Vyp-70 și Nanta) au arătat variații cantitative în principalii compuși fenolici (acidul clorogenic, acidul cafeic și derivații cafeoilchinici) prezenți în semințe, șrot și în coji [31]. Rezultate similare au fost raportate și în alte studii comparative la floarea-soarelui, care au arătat variații semnificative ale conținutului total de compuși fenolici, flavonoide între diferite genotipuri [30].

Condițiile agricole și practicile de cultivare (variațiile sezoniere, tipul de sol, regimul de irigare, fertilizare, precum și momentul și modul de recoltare) influențează în mod semnificativ acumularea metaboliților secundari în plante și, implicit, profilul biochimic al subproduselor vegetale. De exemplu, studiile comparative realizate asupra diferitelor genotipuri de migdal și condiții de cultivare au arătat că nivelurile metaboliților secundari pot varia în funcție de regiunea geografică, condițiile climatice și practicile agricole aplicate [40]. Condițiile de stres abiotic, precum deficitul de apă sau temperaturile ridicate stimulează biosinteza metaboliților secundari, inclusiv flavonoide și acizi fenolici, ca mecanism de adaptare și protecție al plantei. Aceste variații se reflectă ulterior și în compoziția biochimică a subproduselor rezultate din procesarea semințelor, precum șrotul sau cojile [30, 40, 52].

Variații metodologice (solventul, conentrația, parametrii de extracție, precum temperatura, durata procesului, pH-ul mediului, metoda de extractie) reprezintă o cauză semnificativă a diferențelor în profilul compușilor bioactivi extrași din matricile vegetale [21, 27, 40]. Extracția convențională cu solvent reprezintă una dintre cele mai utilizate metode pentru recuperarea compușilor bioactivi din subprodusele vegetale. Solvenți organici precum etanolul, metanolul sau acetona sunt frecvent utilizați în studiile privind extracția compușilor bioactivi din țesuturi vegetale. De exemplu, în cazul subproduselor de migdale, extractele obținute prin utilizarea amestecurilor hidroetanolice au demonstrat un conținut ridicat de polifenoli și o activitate antioxidantă semnificativă, în special în cazul tegumentului și cojilor [21, 40]. Cu toate acestea, metodele convenționale pot implica utilizarea unor volume mari de solvenți și timpi lungi de extracție, ceea ce ridică probleme legate de eficiență și sustenabilitate.

În plus, selecția solventului are un rol esențial în eficiența procesului de extracție. Solvenții apo-organici, precum etanolul sau metanolul, sunt frecvent utilizați datorită capacității lor de a solubiliza compușii fenolici. În contextul dezvoltării tehnologiilor sustenabile, sunt investigate și soluții alternative mai ecologice, cum ar fi lichidele ionice (ionic liquids, IL), solvenții eutectici profunzi (deep eutectic solvents, DES) sau solvenții eutectici profunzi naturali (natural deep eutectic solvents, NADES), care pot oferi avantaje în ceea ce privește selectivitatea și impactul redus asupra mediului [27].

În ultimii ani, au fost dezvoltate tehnici noi de extracție care permit creșterea eficienței procesului și reducerea consumului de solvent. Printre acestea se numără extracția asistată de ultrasunete (ultrasound-assisted extraction, UAE), extracția asistată de microunde (microwave-assisted extraction, MAE) și extracția cu fluide supercritice (supercritical fluid extraction, SFE). De exemplu, în cazul subproduselor de floarea-soarelui, extracția asistată de microunde a demonstrat o eficiență ridicată în recuperarea acidului clorogenic și a altor compuși fenolici din turtele rezultate din procesarea semințelor [27]. Aceste metode facilitează distrugerea pereților celulari și extragerea compușilor cu un grad înalt de puritate, condiție importanta pentru menținerea activității biologice a extractelor.

În concluzie, cunoașterea și optimizarea factorilor (biologici, agricoli, tehnologici etc.) cu incidență în modificarea profilului biochimic cantitativ și calitativ al plantelor și respectiv al subproduselor procesarii industriale, este esențială pentru valorificarea eficientă a acestor resurse. Cu toate acestea, domeniul valorificării reziduurilor vegetale se confruntă cu multiple provocări. Una dintre principalele probleme este lipsa standardizării metodologiilor de extracție și a modului de exprimare a concentrațiilor compușilor bioactivi, ceea ce îngreunează compararea rezultatelor între diferite studii. În plus, majoritatea cercetărilor axate pe studiul efectelor biologice se concentrează pe evaluări *in vitro*, în timp ce datele *in vivo* și studiile clinice sunt încă limitate. Drept urmare, mecanismele moleculare prin care acești compuși exercită efecte biologice benefice nu sunt pe deplin elucidate. Un alt aspect insuficient explorat este potențialul efectelor sinergice dintre compușii bioactivi prezenți în extractele vegetale, deoarece majoritatea studiilor analizează compuși izolați. De asemenea, există informații limitate privind toxicitatea, dozajul optim și siguranța pe termen lung, aspecte esențiale pentru dezvoltarea acestor extracte cu potențial nutraceutic sau farmaceutic.

Concluzii

- Analiza comparativă a subproduselor florii-soarelui și migdalelor evidențiază diferențe semnificative atât în ponderea cantitativă și diversitatea subproduselor, cât și în compoziția biochimică și potențialul bioactiv. Subprodusele florii-soarelui sunt mai omogene și se pretează în principal la utilizări energetice, materiale biocompozite și surse proteice pentru nutriția animalelor, datorită conținutului moderat de proteine, fibre și lipide. În schimb, subprodusele migdalelor se caracterizează printr-o diversitate structurală și biochimică mai mare, tegumentul și coaja verde concentrând polifenoli, flavonoide complexe, steroli și triterpenoide, cu aplicații multiple în industria alimentară, cosmetică, farmaceutică și agricolă.

- Subprodusele ambelor culturi sunt surse valoroase de compuși bioactivi, în special acizi fenolici, flavonoide și alți metaboliți secundari. Diferențele în profilul biochimic și distribuția compușilor explică utilizările specifice pentru fiecare tip de subprodus și subliniază importanța unei valorificări direcționate și eficiente.

- Factorii biologici (genotip, organul vegetal), agricoli (condiții de cultivare, stres abiotic/biotic, variații sezoniere) și tehnologici (metoda de extracție si analiză, tipul de solvent, parametrii procesului) influențează semnificativ conținutul, compoziția biochimică și potențialul bioactiv al subproduselor.

- Optimizarea proceselor de procesare și extracție, precum și standardizarea metodologiilor și a studiilor biologice, sunt esențiale pentru valorificarea eficientă a subproduselor vegetale, inclusiv cele de floarea-soarelui și migdale, contribuind la implementarea principiilor economiei circulare și la reducerea deșeurilor agroindustriale

Bibliografie:

1. ALEXANDRINO, T. D., DA SILVA, M. G., FERRARI, R. A., RUIZ, A. L. T. G., DUARTE, R. M. T., SIMABUCO, F. M., BEZERRA, R. M. N., PACHECO, M. T. B. Evaluation of some *in vitro* bioactivities of sunflower phenolic compounds. // *Curr. Res. Nutr. Food Sci.,*2021, v. 4, p.662–669. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.09.007.
2. AMICO, V., BARRESI, V., CONDORELLI, D., SPATAFORA, C., TRINGALI, C. Antiproliferative terpenoids from almond hulls (*Prunus dulcis*): Identification and structure-activity relationships. // *J. Agric. Food Chem*., 2006, v. 54, p. 810–814. https://doi.org/10.1021/jf052812q
3. BOLLING BW, DOLNIKOWSKI G, BLUMBERG JB, OLIVER CHEN CY. Quantification of almond skin polyphenols by liquid chromatography-mass spectrometry. // *J Food Sci*., 2009, 74(4), p. 326-332. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01133.x.
4. BOLLING BW, DOLNIKOWSKI G, BLUMBERG JB, CHEN CO. Polyphenol content and antioxidant activity of California almonds depend on cultivar and harvest year. // Food Chem., 2010, Oct 1;122(3):819-825. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.068.
5. CHIARALUCE G, BENTIVOGLIO D, FINCO A. Circular Economy for a Sustainable Agri-Food Supply Chain: A Review for Current Trends and Future Pathways. // *Sustainability*. 2021; 13(16):9294. https://doi.org/10.3390/su13169294
6. D'ARCHIVIO, M., FILESI, C., DI BENEDETTO, R., GARGIULO, R., GIOVANNINI, C. et al. Polyphenols, dietary sources and bioavailability. // *Ann. Ist. Super Sanita,* 2007, v. 43(4), p. 348. PMID: 18209268
7. DEPETERS, E.J., SWANSON, K.L., BILL, H.M., ASMUS, J., HEGUY, J.M. Nutritional composition of almond hulls. // *Appl. Anim. Sci*., 2020, v.36, p.761–770. https://doi.org/10.15232/aas.2020-02035
8. DUCA, M., STRATAN, A., DUCA, Gh., CLAPCO, S., CRACIUNESCU, O., OPRIŢA, E. Agroecological Management of Sunflower in the Circular Economy. Berlin: Laboratorul Paul Painlevé (LPP), 2025, pp. 1450-1470. ISSN 23674512. https://doi.org/10.1007/978-981-95-10. 1595-0_102
9. FABRONI, S., TROVATO, A., BALLISTRERI, G., TORTORELLI, S. A., FOTI, P., ROMEO, F. V., RAPISARDA, P. Almond [*Prunus dulcis (Mill.)* DA Webb] processing residual hull as a new source of bioactive compounds: Phytochemical composition, radical scavenging and antimicrobial activities of extracts from Italian cultivars ('Tuono', 'Pizzuta', 'Romana'). // *Molecules,*2023, v. 28, p.605. https://doi.org/10.3390/molecules28020605.
10. FAO, *FAOSTAT Statistical Database*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/ (accessed January 2026).
11. GARRIDO I, MONAGAS M, GÓMEZ-CORDOVÉS C, BARTOLOMÉ B. Polyphenols and antioxidant properties of almond skins: influence of industrial processing. // *J Food Sci*., 2008 73(2), p. 106-115. https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00637.x.
12. HAMAM M, CHINNICI G, DI VITA G, PAPPALARDO G, PECORINO B, MAESANO G, D'AMICO M. Circular Economy Models in Agro-Food Systems: A Review. // *Sustainability*. 2021; 13(6):3453. https://doi.org/10.3390/su13063453
13. ESFAHLAN, A. J., JAMEI, R., ESFAHLAN, R.J. The importance of almond (*Prunus amygdalus L.)* and its by-products. // *Food Chem*., 2010, v. 120, p. 349–360.
14. INGEGNERI, M., SMERIGLIO, A., RANDO, R., GERVASI, T., TAMBURELLO, M. P., GINESTRA, G., LA CAMERA, E., PENNISI, R., SCIORTINO, M.T., MANDALARI, G. et al. Composition and biological properties of blanched skin and blanch water belonging to three sicilian almond cultivars. // *Nutrients*, 2023, v. 15, p. 1545. https://doi.org/10.3390/nu15061545

15. IVANOVA, P., IVANOV, I. G., TUMBARSKI, Y., KALAYDZHIEV, H., DINCHEVA, I. N., CHALOVA, V.I.Bioactivity Potential of Industrial Sunflower Meal Ethanol-Wash Solute Obtained as Waste from Protein Isolation Process. //*Appl. Sci.,* 2021, v. 11 (22), p.11007. https://doi.org/10.3390/app112211007
16. KAHLAOUI, M., BERTOLINO, M., BARBOSA-PEREIRA, L., BEN HAJ KBAIER, H., BOUZOUITA, N., ZEPPA, G. Almond hull as a functional ingredient of bread: Effects on physico-chemical, nutritional, and consumer acceptability properties. // *Foods*, 2022, v. 11, p. 777. https://doi.org/10.3390/foods11060777
17. KHAN, N., AHMAD, I., SADIQ, M. B. Optimization of ultrasonic assisted extraction of bioactive compounds from the almond hull. // *Sarhad J. Agric*., 2022, v. 38, p. 676–684. https://doi.org/10.17582/journal.sja/2022/38.2.676.684
18. LAGUNA, O., ODINOT, E., BISOTTO, A., BAREA, B., VILLENEUVE, P., SIGOILLOT, J.-C., RECORD, E., FAULDS, C.B., FINE, F., LESAGE-MEESSEN, L. Release of phenolic acids from sunflower and rapeseed meals using different carboxylic esters hydrolases from *Aspergillus niger*. // *Industrial Crops and Products*, 2019, v. 139, p. 111579. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111579
19. MANDALARI, G., TOMAINO, A., ARCORACI, T., MARTORANA, M., TURCO, V.L., CACCIOLA, F., RICH, G. T., BISIGNANO, C., SAIJA, A., DUGO, P. Characterization of polyphenols, lipids and dietary fibre from almond skins *(Amygdalus communis L.).* // *J. Food Compos. Anal.,*2010, v. 23, p. 166–174. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.08.015
20. MARTINEZ, G., REGENTE, M., JACOBI, S., DEL RIO, M., PINEDO, M., DE LA CANAL, L. Chlorogenic acid is a fungicide active against phytopathogenic fungi. // *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2017, v. 140, p. 30–35. https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.05.012.
21. MARTINS, R.; SALES, H.; PONTES, R.; NUNES, J.; GOUVEIA, I. Food waste and microalgae as sources of bioactive compounds and pigments in a modern biorefinery: A review. // *Antioxidants*, 2023, 12, 328. https://doi.org/10.3390/antiox12020328
22. MILBURY, P.E., CHEN, C. Y., DOLNIKOWSKI, G.G., BLUMBERG, J. B. Determination of flavonoids and phenolics and their distribution in almonds. // *J. Agric. Food Chem.,* 2006, v. 54, p. 5027–5033. https://doi.org/10.1021/jf0603937.
23. MOHAMED, G. F, TAHA, F. S. Extraction of sunflower hulls: their antioxidant activity on lipids of cooked mackerel fish. // *Alex. J. Food. Sci. Technol*., 2005, v.2, p.11-23. https://doi.org/10.3989/gya.072111
24. MOURE, A., PAZOS, M., MEDINA, I., DOMINGUEZ, H., PARAJO, J. C. Antioxidant activity of extracts produced by solvent extraction of almond shells acid hydrolysates. // *Food Chem.,*2007, v. 101, p. 193–201. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.017
25. MUSARRA-PIZZO, M., GINESTRA, G., SMERIGLIO, A., PENNISI, R., SCIORTINO, M.T., MANDALARI, G. The antimicrobial and antiviral activity of polyphenols from almond *(Prunus dulcis L.)* skin. // *Nutrients*, 2019, v. 11, p. 2355. https://doi.org/10.3390/nu11102355.
26. National Bureau of Statistics of the Republic of Moldova, *Statistical Database*. https://statistica.gov.md (accessed January 2026).
27. NÁTHIA-NEVES, G.; ALONSO, E. (2021). Valorization of sunflower by-product using microwave-assisted extraction to obtain a rich protein flour: Recovery of chlorogenic acid, phenolic content and antioxidant capacity. // *Food and Bioproducts Processing*, 2021, v. 125, p. 57-67. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.10.008
28. OLIVEIRA FILHO, J. G., BURANELO EGEA, M**.** Sunflower seed byproduct and its fractions for food application: An attempt to improve the sustainability of the oil process **//** *J. Food Science*, 2021, v. 86, p.1497-1510.
29. OLLANI, S.; PEANO, C.; SOTTILE, F. Recent innovations on the reuse of almond and hazelnut by-products: A review. // *Sustainability***,** 2024, v.16, p.2577. https://doi.org/10.3390/su16062577
30. ÖZCAN, M. M.; AL JUHAIMI, F.; GHAFOOR, K.; BABIKER, E. E. Determination of bioactive compounds, phenolic contents, fatty acid and biogenic element profiles of the seeds of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. // *Food and Humanity*, 2024, 2, 100222. https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.100222
31. PEDROSA, M. M, MUZQUIZ M, GARCÍA-VALLEJO, C., BURBANO, C., CUADRADO, C., AYET, G., ROBREDO, L. M. Determination of caffeic and chlorogenic acids and their derivatives in different sunflower seeds. //*J. Sci. Food Agric.,* 2000*,* v. 80, p. 459-464, https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(200003)80

32. PETRARU A, URSACHI F, AMARIEI S. Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. // *Plants*. 2021; 10(11):2487. https://doi.org/10.3390/plants10112487
33. PILORGÉ E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. // OCL 2020, 27, 34. https://doi.org/10.1051/ocl/2020028
34. PRGOMET, I.; GONCALVES, B.; DOMINGUEZ-PERLES, R.; PASCUAL-SEVA, N.; BARROS, A.I. A box-behnken design for optimal extraction of phenolics from almond by-products. // *Food Anal. Methods,* 2019, 12, 2009–2024. https://doi.org/10.1007/s12161-019-01540-5
35. PRGOMET, I., GONÇALVES, B., DOMÍNGUEZ-PERLES, R., PASCUAL-SEVA N., BARROS A.I.R.N.A. Valorization Challenges to Almond Residues: Phytochemical Composition and Functional Application. // *Molecules.* 2017, v. 22(10), p. 1774. https://doi.org/10.3390/molecules22101774.
36. PUTTHA R, VENKATACHALAM K, HANPAKDEESAKUL S, WONGSA J, PARAMETTHANUWAT T, SREAN P, PAKEECHAI K, CHAROENPHUN N. Exploring the Potential of Sunflowers: Agronomy, Applications, and Opportunities within Bio-Circular-Green Economy. // *Horticulturae*. 2023; 9(10):1079. https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079
37. SANG, S., LAPSLEY, K., JEONG, W. S., LACHANCE, P. A., HO, C. T., ROSEN, R. T. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond skins (*Prunus amygdalus Batsch).* // *J. Agric. Food Chem.,*2002, v. 50, p. 2459–2463. https://doi.org/10.1021/jf011533+
38. SANTANA-GALVEZ, J., CISNEROS-ZEVALLOS, L., JACOBO-VELAZQUEZ, D.A. Chlorogenic acid: Recent advances on its dual role as a food additive and a nutraceutical against metabolic syndrome. // *Molecules*, 2017, v.22, p.358. https://doi.org/10.3390/molecules22030358
39. SFAHLAN, A. J., MAHMOODZADEH, A., HASANZADEH, A., HEIDARI, R., JAMEI, R. Antioxidants and antiradicals in almond hull and shell *(Amygdalus communis L.)* as a function of genotype. //*Food Chem.,* 2009, v. 115, p. 529–533. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.049
40. SILVA, V., OLIVEIRA, I., PEREIRA, J.A., GONCALVES, B. Almond By-Products: A Comprehensive Review of Composition, Bioactivities, and Influencing Factors// *Foods*, 2025, v. 14, p. 1042. https://doi.org/10.3390/foods14061042
41. SIRIWARDHANA, S.S.K.W., SHAHIDI, F. Antiradical activity of extracts of almond and its by-products. // *J. Amer. Oil Chem. Soc.,* 2002, v. 79, p. 903–908. https://doi.org/10.1007/s11746-002-0577-4
42. SRILATHA, K., KRISHNAKUMARI, K. Proximate composition and protein quality evaluation of recipes containing sunflower cake. // *Plant Foods for Human Nutrition,* 2003, v. 58, p. 1-11. https://doi.org/10.1023/B:QUAL.0000041139.37434.5c
43. TAHA, F. S., WAGDY, S. M., HASSANEIN, M. M., HAMED, S.F. Evaluation of the biological activity of sunflower hull extracts. //*Grasas Aceites,* 2012, v. 63, p. 184–192. https://doi.org/10.3989/gya.072111
44. TAKEOKA, G. R., DAO, L. T. Antioxidant constituents of almond [*Prunus dulcis (Mill.)* D.A. Webb] hulls. // *J. Agric. Food Chem.,*2003, v. 51, p. 496–501. https://doi.org/10.1021/jf020660i
45. TAKEOKA, G. R., DAO, L. T.,TERANISHI, R., WONG, R., FLESSA, S., HARDEN, L., EDWARDS, R. Identification of three triterpenoids in almond hulls. // *J. Agric. Food Chem.,* 2000, v. 48(8), p.3437-3439.
46. TSVETANOVA F, NAYDENOVA G, BOYADZHIEVA S. Sunflower Seed Hulls and Meal-A Waste with Diverse Biotechnological Benefits. // *Biomass*. 2025; 5(3), p. 47. https://doi.org/10.3390/biomass5030047
47. UNEP. *Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Pane*; Secretariat of International Resource Panel (IRP): Paris, France, 2016.
48. VALDES, A., VIDAL, L., BELTRAN, A., CANALS, A., GARRIGOS, M.C. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds from almond skin byproducts *(Prunus amygdalus):* A multivariate analysis approach. // *J. Agric. Food Chem.,*2015, v. 63, p. 5395–5402. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01011
49. VELASCO, L., FERNANDEZ-MARTINEZ, J.M., GARCIA-RUIZ, R. DOMINGUEZ, J. Genetic and environmental variation for tocopherol content and composition in sunflower commercial hybrids. // *Journal of Agricultural Science*, 2002, v. 139, p. 425-9. https://doi.org/10.1017/S0021859602002678
50. WANJARI, N., WAGHMARE, J. Phenolic and antioxidant potential of sunflower meal. // *Advances in Applied Science Research*, 2015, v. 6, p. 221–229. ISSN: 0976-8610

51. WANJARI, N., WAGHMARE, J. Phenolic and antioxidant potential of sunflower meal. // *Advances in Applied Science Research*, 2015, v. 6, p. 221–229. ISSN: 0976-8610
52. WEISZ, G. M.; KAMMERER, D. R.; CARLE, R. Identification and quantification of phenolic compounds from sunflower (*Helianthus annuus L.*) kernels and shells by HPLC-DAD/ESI-MS. // *Food Chemistry*, 2009, 115, 758–765. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.074
53. WIJERATNE, S. S. K., ABOU-ZAID, M. M., SHAHIDI, F. Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. // *J. Agric. Food Chem.,*2006, v. 54, p. 312–318. https://doi.org/10.1021/jf051692j.
54. YAGAZAKI, K, MIURA, Y, OKAUCHI, R, FURUSE, T. Inhibitory effects of chlorogenic acid and its related compounds on the invasion of hepatoma cells in culture. // *Cytotechnol.,* 2000*,* v. 33, p. 229-235. https://doi.org/10.1023/A:1008141918852.
55. YEGOROV, B., TURPUROVA, T., SHARABAEVA, E., BONDAR, Y. Prospects of using by-products of sunflower oil production in compound feed industry. // *Food Science and Technology*, 2019, v. 13(1), p. 106-113. https://doi.org/10.1002/fsn3.1783

N. B.: *Studiul a fost realizat în cadrul proiectului nr. PN-IV-PCB-RO-MD-2024-0406, susţinut prin grantul Ministerului Educaţiei şi Cercetării, CCCDI-UEFISCDI, România şi al proiectului 25.80013.5107.27 ROMD ,,Dezvoltarea de noi bioproduse cu funcţii de biostimulant/biofungicid pentru eco-agricultura” finanţat de Ministerul Educaţiei şi Cercetării al Republicii Moldova.*

Date despre autori:
Angela RUDACOVA**,** doctor în ştiinţe biologice, cercetător ştiinţific coordonator, Centrul de Cercetări Ştiinţifice în Genetică Funcţională, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0001-9638-2151
E-mail: rud-as@mail.ru

Angela PORT, doctor în ştiinţe biologice, conferenţiar universitar; cercetător ştiinţific coordonator, Centrul de Cercetări Ştiinţifice în Genetică Funcţională, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-3994-8918
E-mail: angela.port@usm.md

Ala CHERDIVARA**,** doctor în ştiinţe biologice, cercetător ştiinţific superior, Centrul de Cercetări Ştiinţifice în Genetică Funcţională, Universitatea de Stat din Moldova.
ORCID: 0000-0003-1276-4959
E-mail: ala.cherdivara@usm.md

Alexandra GASPAR-PINTILIESCU**,** doctor în ştiinţe biologice; Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Ştiinţe Biologice, Bucureşti, România.
ORCID: 0000-0002-6996-6175
E-mail: alex.gaspar@yahoo.com

Oana CRACIUNESCU**,** doctor în ştiinţe biologice, Institutul Naţional de Cercetare-Dezvoltare pentru Ştiinţe Biologice, Bucureşti, România.
ORCID: 0000-0003-0625-3650
E-mail: oana.craciunescu@incdsb.ro

Prezentat: 01.03.2026
Recenzat: 23.03.2026
Acceptat spre publicare: 20.05.2026