

PHYTOCHEMICAL PROFILE OF BRASSICA OLERACEA VAR. CAPITATA AND ITS BENEFITS ON HUMAN HEALTH

Valentin-Nicolae TONI*, Nicoleta IANOVICI

West University of Timisoara, Faculty of Chemistry, Biology, Geography, Department of Biology, Environmental Biology and Biomonitoring Research Center

*Corresponding author e-mail: valentin.toni03@e-uvt.ro

Received 1 July 2025; accepted 30 July 2025

ABSTRACT

Brassica oleracea var. capitata is an extremely widespread species, widely cultivated for its food, economic and medicinal value. There are numerous cultivars cultivated worldwide, differing in morphological traits, nutritional values, phytochemical composition and tolerance to abiotic and biotic stresses. The phytochemical components of *Brassica oleracea var. capitata f. alba*, such as glucosinolates, sulforaphanes, phenolic acids and flavonoids, are known for their healing potential and antimicrobial properties. The anticancer effects of cabbage are mainly attributed to its high content of glucosinolates and their degradation products. Studies that have demonstrated antiproliferative, antioxidant, anti-inflammatory, anti-obesity, hypolipidemic and hypoglycemic effects are highlighted.

KEYWORDS: *Brassica oleracea var. capitata f. alba*, phytochemicals

1. Generalități despre *Brassica oleracea var. capitata*
2. Utilizarea contemporană și tradițională a verzei albe
3. Profilul fitochimic al verzei albe
4. Studii privind activitatea anticancerigenă a verzei
5. Studii privind activitatea antioxidantă a verzei
6. Dovezi ale activității antiinflamatorii, hipolipemiente și hipoglicemiente
7. Dovezi ale activității antimicrobiene

1. Generalități despre *Brassica oleracea var. capitata*

Brassica oleracea var. capitata (varza) este printre cele mai cultivate legume din lume. Genul *Brassica* aparține familiei *Brassicaceae* (*Cruciferae*). *Brassicaceae* sunt un grup monofiletic cuprinzând 338 de genuri și aproximativ 3700 de specii distribuite pe tot globul, cu excepția Antarcticii (Al-Shehbaz și colab, 2006). Familia *Brassicaceae* este ușor de distins datorită florii (corola cruciformă și androceul tetradinam) și morfologia fructelor (silicve caracteristice) (Ianovici, 2009). Răsadurile de varză au o rădăcină pivotantă subțire și cotiledoane în formă de inimă. Primele frunze sunt ovale, cu un pețiol lobat. Frunzele inițiale formează o rozetă, după care se dezvoltă noi frunze cu pețiole mai scurte, iar frunzele încep să se încolăcească spre interior pentru a forma căpățâna. Acestea variază între 0,5 și 4 kg, putând fi verzi până la albe.

Înflorirea și producția de semințe au loc, de obicei, în al doilea an al ciclului de viață al plantei. Inflorescența este un racem, de 50-100 cm, cu flori galbene sau albe. La maturitate, semințe sunt rotunde, maro sau negre. Plantele sunt polenizate de către insecte.

Cea mai importantă specie a familiei este *B. oleracea*, care include var. *botrytis*, var. *capitata*, var. *acephala*, var. *gongylodes* și var. *gemmifera*. Varza albă aparține grupului *capitata*. După cum sugerează numele, frunzele se formează într-o formă caracteristică de căpățână, acestea pot varia în formă, culoare și în textura frunzei, ceea ce rezultă într-un număr mare de soiuri cu potențial de cultivare în diferite condiții climatice (Björkman și colab, 2011).

Datorită accesibilității, a prețului și a disponibilității pe piețele locale, varza albă se remarcă ca o sursă importantă de fitonutrienți în dieta umană. Se poate depozita crudă pe perioade lungi de timp și prin urmare este disponibilă pe tot parcursul anului. Pe lângă faptul că este folosită în stare proaspătă în salate, este adesea consumată fiartă, prăjită sau fermentată. De-a lungul istoriei a fost cunoscută și ca „medicament” și a fost folosită pentru îmbunătățirea generală a sănătății și pentru tratarea diferitelor inflamații, a problemelor gastrointestinale sau pentru „purificarea sângelui” (Passalacqua și colab, 2007).

Varza se numără printre cele mai vechi plante cultivate. Potrivit scrierilor sanscrite, culturile din genul *Brassica* erau folosite încă din anul 3000 î. Hr, însă există opinii conform cărora strămoșii ai verzei de astăzi au fost cultivați de-a lungul coastelor Europene cu aproape 8000 de ani în urmă (Al-Shehbaz, 2006). Familia Brassicaceae își are originea de acum aproximativ 37 de milioane de ani (Eocen), regiunea Irano-Turaniană fiind zona ancestrală presupusă a familiei. Diversificarea și vârsta acestei familii a fost descrisă în detaliu în lucrarea lui Franzke și colaboratorilor săi (2011). De asemenea există anumite dovezi care atestă că soiurile moderne de varză cu căpățână provin din specia sălbatică fără căpățână care crește în estul Mediteranei și pe coasta Mării Baltice (Balkaya și colab, 2005). Este o familie de mare importanță economică (alimente, uleiuri, condimente, plante ornamentale și buruieni) și are un rol decisiv jucat prin unul dintre membrii săi, organismul model *Arabidopsis thaliana*, în avansul biologiei experimentale moderne (Al-Shehbaz, 2011).

Această familie aparține ordinului Brassicales. Taxonomia brasicaceelor a fost destul de controversată (Franzke și colab, 2011). O soluție la această problemă ar fi o bază de date, BrassiBase (<http://brassibase.cos.uni-heidelberg.de>) dezvoltată recent de Kiefer și colaboratorii (2014). BrassiBase include informații cuprinzătoare ale taxonomiei, sistematicii și ale filogeniei.

2. Utilizarea contemporană și tradițională a verzei

Varza albă este consumată pe scară largă în dieta umană. China este principalul producător de varză (998.448 ha), urmată de India (433.000 ha) și Federația Rusă (70.278 ha) (Soare, 2025). Este des întâlnită datorită practicilor agricole performante dar și preferințelor consumatorilor, prețurilor accesibile și disponibilității în piețele locale. În plus această plantă a devenit populară datorită conținutului de substanțe fitochimice, cum ar fi polifenolii, glucozinolații, carotenoizii și vitamina C, care au demonstrat proprietăți antioxidante, anticancerigene (Park și colab, 2014a,b) dar și potențiale proprietăți antiobezitate (Williams și colab, 2013). Varza albă este utilizată în mod obișnuit în stare proaspătă în salate, fiartă, prăjită sau consumată ca produs fermentat. Pe lângă fitochimicalele și vitaminele care favorizează o sănătate bună, varza este o sursă importantă de fibre. S-a raportat că până la 40% din frunzele de varză albă, după procesare, se pierd sub formă de deșeuri care sunt în general folosite ca îngrășământ sau hrană pentru animale. Deșeurile conțin o cantitate mare de fibre alimentare și diverși compuși fitochimici (Nilnakara și colab, 2009). Astfel, a fost propusă ideea de a utiliza frunzele exterioare de varză, care sunt de obicei aruncate, pentru a adăuga valoare produselor utilizate din acestea. Printre numeroasele produse, pulberea dietetică de fibre, această conține o cantitate ridicată de compuși fitochimici (Tanongkankit și colab, 2012).

Pentru fermentarea tradițională a verzei, căpățânile se introduc într-o soluție de saramură. Fermentările spontane ale legumelor se bazează pe acizii lactici prezenți în substrat (Wouters și colab, 2013). Pe lângă varza murată tradițională, există câteva abordări de modificare a verzei și a sucului de varză pentru a obține produse alimentare cu valoare mai mare. Acest lucru se bazează pe cererea tot mai mare a consumatorilor pentru produse și băuturi probiotice care nu au la bază produse lactate. Culturile starter funcționale cu proprietăți probiotice stau la baza obținerii unor produse mai gustoase, mai sigure și mai sănătoase (Muțescu și colab, 2024). Astfel a fost introdusă varza ca materie primă pentru producerea sucului probiotic din varză de către diferiți acizi lactici. *Lactobacillus plantarum* și *L. delbruecki* sunt doi dintre cei mai potriviți acizi lactici pentru fermentarea verzei și obținerea sucului potrivit pentru consumatori cu intoleranță la lactoză și pentru vegetarieni (Beganović și colab, 2014). Fermentarea convențională a verzei poate duce la distrugerea glucozinolaților. Fermentația face posibilă creșterea concentrației de calciu liber în varza albă, roșie și chinezească, precum și îmbunătățirea capacității antioxidante a verzei roșii și chinezești (Parada și colab, 2022).

Varza albă a fost folosită în trecut ca plantă medicinală pentru o varietate de beneficii. Este bine cunoscut, încă de pe vremea civilizațiilor

antice, faptul că sucul de varză poate ameliora constipația și a fost adesea consumat ca laxativ. De asemenea a fost folosită ca antidot pentru otrăvirea cu ciuperci, pentru a preveni efectele nocive ale alcoolului și pentru a scăpa de mahmureală și dureri de cap. În plus, varza a fost folosită în mod tradițional și pentru a preveni insolația sau pentru a scădea febra. De asemenea, frunzele au fost folosite pentru a calma durerile de picioare. Utilizări medicinale înregistrate în medicina europeană populară includ tratamente pentru reumatism, dureri de gât, răgușeală, colici și chiar depresia (Hatfield, 2004). În plus compresele din frunze de varză sunt folosite cu succes pentru reducerea inflamației sânilor în timpul alăptării (Ayers, 2000). Cavander (2006) a raportat că locuitorii din sudul Appalachiei folosesc frunzele de varză pentru „curățarea sângelui și a intestinelor”, ca principală utilizare pentru tratarea cât și prevenirea diferitelor boli. În cultura tradițională a Libanului, diferite specii de *Brassica* sunt folosite împotriva nevralgiilor și a bolilor reumatice (Marc și colab, 2008). În Italia, varza albă a fost utilizată în mod tradițional pentru vindecarea contuziilor, a durerilor reumatice și a rănilor, precum și împotriva scorbutului (Passalacqua și colab, 2007).

Frunzele de varză zdrobite sunt unul dintre cele mai utilizate remedii antiinflamatorii în medicina populară poloneză. Varza a fost utilizată în medicina naturistă în principal pentru dureri reumatice, inflamații ale venelor și vaselor limfatice, vânătăi, entorse, mastită sau probleme gastrointestinale. „Spectrul” său de utilizare este însă mult mai larg și cuprinde tratamentul atât al bolilor interne, cât și al celor externe (Kasarello și colab, 2022).

Disponibilitatea verzei în aproape toate anotimpurile a făcut-o populară în România și în medicina tradițională est-europeană. Varza este consumată pentru ameliorarea diferitelor afecțiuni respiratorii, gastrointestinale și cardiovasculare și este inclusă în diverse diete pentru pacienții diabetici sau supraponderali, pentru a îmbunătăți controlul glicemic sau pentru pierderea în greutate (Sabin și colab, 2024). Forma frunzei de varză facilitează aplicarea pe piele și, în acest fel sunt utilizate pentru tratamentul infecțiilor minore ale pielii sau edemelor prin aplicarea locală de cataplasme. Utilizarea topică este susținută de proprietățile lor antioxidante, antiinflamatorii, antipruriginoase și antibacteriene, care sunt evaluate în principal în studii de vindecare a rănilor (Glica și colab, 2018).

3. Profilul fitochimic al verzei albe

Glucozinolați

Cea mai mare parte a cercetărilor privind fitochimicalele din *Brassica* s-au concentrat asupra conținutului de glucozinolați, metaboliți secundari cu multiple beneficii pentru sănătate (Cartea & Velasco, 2008). Glucosinolații sunt

un grup mare de metaboliți secundari ai plantelor, distribuiți pe scară largă în familia Brassicaceae. Aceștia se caracterizează prin structura de bază formată din grupul de izotiocianat de sulf legat de tioglucoză. Nucleul acestor compuși poate fi modificat în continuare prin grupuri de lanțuri laterale, rezultând o gamă diversă de structuri chimice care acoperă aproximativ 200 de compuși diferiți cunoscuți (Avato & Argentieri 2015).

În general, sunt clasificați în glucosinolați alifatici, aromatici și indolici. Conform rezultatelor obținute de diferiți cercetători, conținutul total de glucozinați într-o varză albă variază între 1,05 și 70,56 $\mu\text{mol/g}$ GU (greutatea uscată). Clima, regiunea, fondul genetic, stadiul de dezvoltare, practicile agricole și sezonul de recoltare sunt susceptibile pentru a influența conținutul de glucozinați și distribuția formelor individuale de glucozinați (Cartea și colab, 2008; Penas și colab, 2011; Statilko și colab, 2024). Cantități mai mari de glucozinați alifatici s-au identificat în cadrul culturilor spaniole, în timp ce culturile turcești au acumulat mai multe forme indolice de glucozinolați (Kusznierewicz și colab, 2008a).

Rolul biologic al glucozinolaților din familia Brassicaceae se realizează prin intermediul sistemului glucozinolați/mirosinază (Martinez-Ballesta & Carvajal, 2015). În țesutul vegetal intact, mirozinaza este localizată în vacuolele celulare. În timpul leziunilor tisulare, mirozinaza este eliberată din vacuole și inițiază hidroliza glucozinolaților (Agerbirk și colab, 2009). Producții din reacția de descompunere a hidrolizei sunt benefice pentru sănătatea umană și responsabili pentru multe dintre proprietățile farmacologice ale legumelor respective. Alături de hidroliza enzimatică, o degradare termică, prin microunde sau chimică apare în timpul prelucrării legumelor (Nugrahi și colab, 2015). Produsele de descompunere ale hidrolizei glucozinaților sunt, în general izotiocanați, nitriți, tiocanați, epinitriți și oxazolidine și se pot forma în funcție de condițiile de pH, de ioni metalici și de proteinele prezente (Martinez-Ballesta & Carvajal 2015). Principalii produși rezultați în urma descompunerii sinigrinei, glucoiberinei și glucobrassicinei (cei mai abundenți glucozinați din varza albă), sunt izotiocanatul de alil (AITC), iberina (IB) și respectiv, indol-3-carbinolul (Agerbirk și colab, 2009).

S-a raportat ca nivelurile de AITC din varză pot fi crescute prin scurtarea timpului de gătit (Rungapamestry și colab, 2006). De asemenea, o eficiență mai mare a absorbției de AITC a fost obținută prin consumul de varză crudă în comparație cu varza gătită la microunde (Rouzaud și colab, 2004). S-a observat o creștere a sinigrinei și a AITC ca urmare a iradierii gamma a verzei, îmbunătățind astfel proprietățile benefice ale acesteia (Banerjee și colab, 2014). Iberina, nitrilul de iberină, cianura de alil, izotiocanatul de alil,

sulforafanul și ascorbigenul pot fi găsite în timpul fermentării verzei (Martinez-Villaluenga și colab. 2012).

Tabel 1. Conținutul total de glucozinolați la diferite soiuri de varză alba (adaptat după Samec și colab, 2017).

Conținutul total de glucozinolați	Soiuri analizate	Referințe
133–183 Imol (100 g)^{-1} GP	Grand Slam cultivat timp de doi ani	Rosen și colab. (2005)
17.6–45.4 Imol g^{-1} GU	Early Round Dutch	Charron și colab. (2005)
12.80–14.57 Imol g^{-1} GU	Heckla, Predikant	Wennberg și colab. (2006)
6.40–16.3 Imol g^{-1} GU	Soiuri din Suedia	Nilsson și colab. (2006)
10.94–26.95 Imol g^{-1} GU	Soiuri din NV Spaniei cultivate în două perioade	Cartea și colab. (2008)
3.3–7.7 Imol g^{-1} GU	Soiuri din Anglia, Belgia, Germania, Polonia	Kusznierewicz și colab. (2008a)
340 Imol (100 g)^{-1} GP	Bartolo	Volden și colab. (2008)
10.74–15.66 Imol g^{-1} GU	Taler	Martinez-Villaluenga și colab. (2009)
35.39–70.56 Imol g^{-1} GU	Soiuri din Turcia	Sarkamis, și colab. (2009)
1.56–3.91 Imol g^{-1} GU	Badger Shipper, Bartolo, Bewama, Castello, Christmas Drumhead, Domia, Galaxy, Jersey Queen, Langendijker Bewaar, Lennox, Rivera, Stonehead	Kabouw și colab. (2010)
3.42–10.26 Imol g^{-1} GU	Soiuri de varză din Japonia	Hirono și colab. (2011)
7.20–20.00 Imol g^{-1} GU	Hinova, Megaton, Alfredo, Candela, Bronco	Penas și colab. (2011)
1.05–3.13 Imol g^{-1} GU	Leonard F1	Vicas și colab. (2013)

GU- greutate uscată, GP – greutate proaspătă

Polifenoli

În ultimele decenii, cercetătorii au devenit din ce în ce mai interesați de polifenoli și de nivelul lor în diferite alimente vegetale și plante (Alexan & Ianovici, 2018) Motivul principal al acestui interes este recunoașterea proprietăților antioxidante ale polifenolilor și a rolului lor probabil în prevenirea diferitelor boli asociate cu stresul oxidativ, cum ar fi cancerul, bolile cardiovasculare și neurodegenerative. În afară de glucozinolați și derivații săi, varza albă a fost, de asemenea, raportată ca o sursă bună de compuși fenolici. Conform articolului publicat de Cartea și colaboratorii (2011), cel mai răspândit și mai divers grup de polifenoli din speciile Brassica sunt flavonoidele (în principal flavonoli) și acizii hidroxicinamici.

Cea mai frecventă metodă aplicată pentru determinarea conținutului total de polifenoli este metoda Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi 1965). Trebuie menționat faptul că metoda de extracție poate modifica substanțial nivelul compușilor activi izolați, astfel încât este greu de comparat rezultatele diferitelor studii. În plus, această metodă are ca dezavantaj faptul că alți compuși nefenolici comuni din plante, cum ar fi acidul ascorbic, zaharurile, aminele aromatice, acizii organici și proteinele, pot fi, de asemenea, reduși de

reactivul Folin-Ciocalteu, iar această metodă oferă doar date cantitative aproximative. Pentru determinarea specifică a compușilor polifenolici, sunt mai adecvate și recomandate metode mai sofisticate, cum ar fi HPLC-PDA, GC-MS și LC-MS, DIMS, RMN, CE-MS etc. Din păcate, datele din literatură privind cantitatea de polifenoli din varza albă determinată prin utilizarea metodelor moderne menționate mai sus sunt limitate. După cum a raportat Kusznierevicz și colaboratorii (2008), conținutul total de flavonoide în culturile europene de varză albă variază între 1,18 și 1,82 mg CE/g GU, în timp ce conținutul total de flavonoli variază între 2,03 și 4,06 lg CE/g GU. Acizii fenolici, metaboliți secundari aromatici sintetizați în plante, au fost evaluați la varza albă în mai multe studii. În special, acidul sinapinic și derivații săi au fost principalii acizi fenolici, în timp ce acidul cafeic, acidul p-coumaric și acizii ferulici au fost, de asemenea, identificați în varza albă (Park și colab, 2014a).

Tabelul 2. Conținutul total de polifenoli la varză albă, măsurat prin metoda Folin-Ciocalteu (adaptat după Samec și colab, 2017).

Conținutul polifenolic total	Extract	Referințe
37 ± 2.3 mg CGA (100 g) ⁻¹ GP	Suc de varză	Racchi și colab. (2002)
15.06 ± 4.7 mg GAE (100 mL) ⁻¹ GP	Suc de varză	Swatsitang & Wonginyoo (2008)
1107 ± 57 mg FAE (100 g) ⁻¹ GP	70% Etanol	Ismail și colab. (2004)
12.58–34.41 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	80% Etanol	Singh și colab. (2006)
92.5 ± 2.4 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	80% Etanol	Kaur & Kapoor (2002)
110.2–153.3 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	80% Metanol	Kim și colab. (2004)
44.57– 45.8 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	80% Metanol	Heo & Lee (2006)
5.77–22.6 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	80% Metanol	Kaulmann și colab. (2014)
3.32– 29.70 GAE mg (100 g) ⁻¹ GP	70% Metanol	Podsedeck și colab. (2006)
6.09– 12.26 mg GAE g ⁻¹ GU	70% Metanol	Penas și colab. (2011)
85.58 ± 9.18 mg GAE (100 g) ⁻¹ GP	60% Metanol cu 0.1% HCl	Sreeramulu & Raghunath (2010)
18.7 ± 0.43 mg GAE g ⁻¹ GU	60% Metanol	Jaiswal și colab. (2011)
0.98–1.22 mg GAE g ⁻¹ GU	Metanol	Vicas și colab. (2013)
2.41–4.91 mg GAE g ⁻¹ GU	Metanol	Kusznierevicz și colab. (2008a)
6.24 ± 0.05 mg GAE g ⁻¹ GP	Tetrahidrofuran	Deng și colab. (2013)
153 ± 21 lg GAE g ⁻¹ GP	Acetonă/apă (70:30)	Bahorun și colab. (2004)

CGA - echivalent acid clorogenic, GAE - echivalent acid galic, FAE - echivalent acid ferulic

Compușii fenolici din varză sunt afectați de fondul genetic și de factorii de mediu, cum ar fi anotimpul în care se plantează, condițiile de mediu, durata perioadei de vegetație (Samec și colab, 2011). Recent a fost raportată determinarea compușilor polifenolici în combinație cu analiza moleculară bazată pe ADN (RAPD) pentru caracterizarea și discriminarea genotipurilor de

varză albă (Samec și colab, 2014). Conținutul de polifenoli din varză este influențat de procesarea verzei crude. Ciska și colaboratorii săi (2005) au raportat că varza murată are un conținut mai mare de fenoli totali în comparație cu legumele proaspete. Tot ei au confirmat, prin efectuarea unei analize HPLC, că fermentarea verzei albe influențează și componenții fenolici individuali.

Carotenoizi și vitamine

Vitaminele și carotenoizii sunt compuși esențiali care promovează o bună sănătate și sunt responsabili pentru funcționarea corectă a metabolismului uman și a răspunsului imunitar. Legumele crucifere sunt o sursă bogată de compuși bioactivi și reprezintă o alegere bună pentru nutriția RDA (doza zilnică recomandată). Conform USDA (National Nutrient Database for Standard Reference), varza albă conține aproximativ 72% din valoarea zilnică recomandată (DV) pentru vitamina K și 44%, 11% și 10% din DV pentru vitamina C, acid folic și, respectiv, vitamina B6. Datele experimentale au arătat prezența carotenoizilor și a tocoferolilor în culturile de varză albă (Singh și colab, 2006, 2007). Carotenoizii și tocoferolii, împreună cu vitamina C, sunt compuși cu activitate antioxidantă dovedită și contribuie la beneficiile pentru sănătate ale verzei albe (Podsedeck, 2007). Pe lângă proprietățile antioxidante, carotenul α și β , precursori ai vitaminei A, sunt necesari pentru sănătatea pielii, a oaselor, a sistemului gastrointestinal și respirator. Vitamina C are loc în întărirea sistemului imunitar, în timp ce vitamina E are funcții neurologice, reglează activitatea enzimatică și expresia genelor (Combs, 2012). Evaluarea conținutului de carotenoizi și vitamine din varza albă se poate face folosind metodele spectrofotometrice sau folosind metoda HPLC combinată cu o varietate de detectori, (Singh și colab, 2006; Samec și colab, 2014). Între culturile de varză, conținutul de β -caroten raportat variază între 10 și 130 $\mu\text{g}/100\text{g}$ din porțiuni comestibile. Acidul ascorbic a fost determinat într-un interval de concentrație cuprins între 5 și 51,15 $\text{mg}/100\text{g}$ GU, în timp ce tocoferolii sunt prezenți în cea mai mare parte ca α -tocoferoli (0,03 - 0,509 $\text{mg}/100\text{g}$ GU (Penas și colab, 2011; Park și colab, 2014b). Prin procesare verzei, multe dintre fitochimicalele menționate anterior se pot pierde, degradându-se (Leskova și colab, 2006). Fierberea și încălzirea la microunde a verzei reduce, de asemenea, nivelurile de β -caroten și acid ascorbic cu până la 30 și respectiv, 70% (El-Din și colab, 2013).

4. Studii privind activitatea anticancerigenă a verzei

Studiile epidemiologice și diferite studii in vitro și in vivo sugerează că aportul de legume brasicacee poate reduce riscul global de cancer și oferă

protecție în fiecare etapă a progresiei cancerului (Gasper și colab, 2007). Testele biologice in vitro sunt utilizate în mod obișnuit pentru a examina diverse extracte sau produse naturale pentru o potențială activitate terapeutică împotriva cancerului. Aceste teste se bazează, de obicei, pe sisteme de cultură celulară în care au fost create linii celulare neoplazice din tumori umane sau de la alte animale. Capacitatea compușilor testați de a inhiba proliferarea celulelor canceroase este considerată ca un potențial agent terapeutic pentru cancerul in vivo (Lieberman și colab, 2001).

Extractele de varză albă au fost implicate în mai multe experimente in vitro pentru a determina potențialele activități terapeutice împotriva cancerului. În toate studiile prezentate, extractele de varză au fost testate în comparație cu alte legume comune, iar datele au demonstrat activități antiproliferative foarte ridicate împotriva diferitelor linii celulare. Komatsu și colaboratorii (1998) au examinat efectul extractului de varză asupra producției factorului de necroză tumorală și implicarea acestuia în tratamentul antitumoral, atât in vitro, cât și in vivo. Extractul de varză integrală a stimulat producerea factorului de necroză tumorală de către celulele splinei la șoareci și a prezentat o activitate citotoxică în cazul unei linii celulare de hepatom (AH109A) atunci când acestea au fost cultivate cu celule din splină stimulate de varză. Atunci când extractul a fost administrat pe cale orală la șoarecii purtători de AH109A în combinație cu injectarea lipopolizaharidă, greutatea hepatomului a fost redusă la jumătate față de control. Autorii au ajuns la concluzia că extractul de varză conține componente de stimulare a macrofagelor și poate aplica un efect antitumoral prin stimularea citotoxicității macrofagelor care infiltrează tumorile. Deoarece autorii nu au analizat conținutul extractului de varză, subcomponentele nu au fost cunoscute la acel moment.

Mecanismele care stau la baza activității anticancerigene a legumelor din genul Brassica au fost analizate pe larg (Clarke și colab, 2009) și sunt atribuite, în principal, produselor de descompunere a glucozinolaților: izotiocianați, nitriți, tiocianați, epitionitri și oxazolidine (Avato & Argentieri 2015). Conform articolului lui Veeranki și colaboratorii săi (2015), cel mai abundent este izotiocianatul din ail (AITC). Biodisponibilitatea AITC este extrem de ridicată, deoarece aproape 90% din AITC administrat pe cale orală este absorbit, prin urmare, este cel mai eficient pentru vezica urinară ca și compus chimiopreventiv al cancerului (Zhang, 2010). Alți produși importanți sunt sulforafanul și indol-3-carbinolul (Park și colab, 2013). Sulforafanul este un izotiocianat format prin hidroliza glucozinolaților sub acțiunea mirosinazei. Acesta este un agent chimiopreventiv și terapeutic foarte promițător. Indol-3-carbinolul este un produs de hidroliză al glucobrassicinului, iar studiile au arătat că acesta vizează, de asemenea, mai multe aspecte ale reglării ciclului

celular al cancerului. În prezența vitaminei C, s-ar putea forma în mod spontan ascorbigen, compus care contribuie în mod semnificativ la proprietățile anticancerigene ale legumelor din genul *Brassica* (Wagner & Rimbach 2009). Ascorbigenul este principalul produs de hidroliză a glucozineolatului în varza fermentată (Martinez-Villaluenga și colab, 2012).

Tabel 3. Activitatea antiproliferativă a extractelor de varză albă (adaptat după Samec și colab, 2017).

Tipul de extract	Linii celulare utilizate	Activitatea	Metoda utilizată	Referințe
Suc de varză	Celule de leucemie promielocitară	Foarte ridicată	Testul Trypan blue	Roy și colab. (2007)
Suc de varză	Adenocarcinom de stomac, adenocarcinom de glandă mamară, carcinom pancreatic, adenocarcinom de prostată, carcinom pulmonar, meduloblastom, glioblastom, carcinom renal, fibroame normale umane	Foarte ridicată	Testul WST-1	Boivin și colab. (2009)
80% Extract acetonă	Carcinom hepatocellular	Foarte ridicată	Test MTS	Chu și colab. (2002)
100% Extract metanol	Carcinom pulmonar, Carcinom gastric	Foarte ridicată	Test MTT	Gorinstein și colab. (2009)
Frakția compușilor agliconici de sulf	Cancer pulmonar uman	Foarte ridicată	Test MTT	Farag & Motaal (2010)

Există din ce în ce mai multe dovezi conform cărora proprietățile chimiopreventive ale legumelor rezultă din efectele aditive și sinergice ale mai multor substanțe fitochimice. Pe lângă glucozinolați, trebuie menționate flavonoidele, în special quercetina și kaempferolul, ca fiind alte fitochimicale anticancerigene puternice găsite în varza albă (Calderon-Montano și colab, 2011). În plus în varza albă au fost, de asemenea, raportați compuși cu proprietăți anticancerigene, cum ar fi lupeolul triterpenoid (Saleem, 2009), α și β -amirinele (Martelanc și colab, 2007). Potențialul acestora ca medicament pentru diferite afecțiuni medicale este în curs de investigare.

Cele mai multe dintre studii au concluzionat că extractul de varză roșie, albă și sălbatică a demonstrat o activitate antiproliferativă mai bună împotriva mai multor celule canceroase. Are potențiale efecte anticancerigene prin promovarea citotoxicității macrofagelor care infiltrează tumora și induc apoptoza celulelor canceroase, fără efecte citotoxice asupra celulelor sănătoase. Acest lucru deschide calea pentru testarea clinică pe pacienți, începând cu concentrații scăzute, ca parte a unei nutriții sănătoase, pentru a obține cele mai bune rezultate prin exploatarea acestei plante mai puțin costisitoare și care are mai puține efecte secundare în comparație cu tratamentele anticancerigene disponibile (Almosawey & Al-Masoudi, 2025).

5. Studii privind activitatea antioxidantă a verzei

Consumul de alimente sau de suplimente alimentare bogate în antioxidanți întărește mecanismele de protecție împotriva radicalilor liberi și a

speciilor reactive la oxigen (ROS) și, prin urmare, ajută la prevenirea bolilor cronice. Efectele benefice pentru sănătate ale legumelor Brassica au fost asociate în principal cu prezența compușilor bioactivi cu activitate antioxidantă dovedită, cum ar fi vitamina C, carotenoidele, polifenolii, flavonoidele, produsele de hidroliză ale glucozinolaților etc. (Podsedeck, 2007; Cartea și colab, 2011). În comparație cu alte legume consumate în mod curent, varza albă a avut o activitate antioxidantă moderată (Deng și colab, 2013). Cu toate acestea, datorită disponibilității și a consumului frecvent, varza albă poate contribui în mod semnificativ la aportul global de fitonutrienți antioxidanți în diete.

Din cauza naturii complexe a sistemelor biologice, nu există o metodă unică și omniprezentă pentru măsurarea capacității antioxidante. Prin urmare, capacitatea antioxidantă a verzei albe a fost măsurată în numeroase studii folosind diferite metode. ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) a fost metoda preferată de oamenii de știință pentru determinarea capacității antioxidante. ORAC permite măsurarea gradului de inhibiție a oxidării induse de peroxi-radicali de către compuși/extracți de interes și poate prezenta relevanță biologică pentru eficacitatea antioxidantă in vivo. Cu toate acestea, eficacitatea in vivo nu a fost încă pe deplin clarificată, iar în viitor trebuie efectuate studii suplimentare privind biodisponibilitatea, absorbția, metabolismul, farmacocinetica și biotransformările antioxidantilor. Conform bazei de date a USDA, ORAC-ul total pentru varza proaspătă este cuprins între 498 și 1784 $\text{Imol TE}/100 \text{ g}$, ceea ce clasează varza albă ca legumă cu activitate antioxidantă moderată (Haytowitz & Bhagwat 2010). Alte măsuri comune ale capacității antioxidante includ puterea antioxidantă reducătoare ferică (FRAP), care variază între 15 $\text{Imol Fe}^{2+}/\text{g GU}$ pentru varza albă, în funcție de solventul de extracție utilizat și de condițiile de testare. Activitatea de captare a radicalilor ABTS și DPPH a fost, de asemenea, demonstrată în mai multe studii (Deng și colab, 2013). Dal Para și colaboratorii (2013) au raportat efectele antioxidante ale extractelor de varză albă față de radicalii superoxid, hidroxid și peroxil, care are putea influența direct sau indirect diverse leziuni celulare, inclusiv peroxidarea lipidelor membranei, alterarea ADN-ului, deteriorarea proteinelor și inactivarea enzimelor. Mai mult, Jacob și colaboratorii săi (2011) au raportat că extractul de varză albă poate acționa ca un curățător de radicali liberi (O_2^- , OH^-) și repară leziunile provocate de radicalii liberi. În organismele aerobe, țintele majore ale ROS sunt biomembranele celulare, a căror deteriorare duce la formarea de peroxizi. S-a constatat că extractul apos din varza albă este capabil să inhibe peroxidarea lipidelor și să prevină formarea de peroxizi lipidici. Capacitatea antioxidantă a verzei albe a prezentat o variabilitate semnificativă în cadrul diverselor culturi,

ca urmare a variabilității lor fitochimice (Samec și colab, 2014). În plus, prelucrarea sau depozitarea pot modifica semnificativ activitatea antioxidantă a verzei albe (Kusznierewicz și colab, 2008b). În timpul fermentării verzei albe, glucozinolații suferă o hidroliză completă pentru a forma o serie de produse favorabile sănătății care au un potențial antioxidant ridicat și, prin urmare, fermentația poate crește activitatea antioxidantă a verzei albe (Ciska și colab, 2005).

6. Dovezi ale activității antiinflamatorii, hipolipemiante și hipoglicemiante

În medicina tradițională este cunoscută utilizarea obișnuită a verzei albe, sub formă crudă sau procesată, pentru a preveni sau trata diverse inflamații. În țările scandinave, frunzele de varză albă au fost folosite în medicina tradițională pentru tratarea escarelor și a inflamațiilor la nivelul pielii și articulațiilor. Sistemul complement este o parte importantă a imunității înnăscute și constă din peste 20 de proteine serice care participă la un mecanism în cascadă. Un grup de cercetători norvegieni, folosind testul de fixare a complementului ca indicator, au indicat că polizaharidele extrase din varza albă prin apă caldă au avut activitate de fixare a complementului și pot juca un rol important în activitatea antiinflamatoare a verzei (Westereng și colab, 2006).

Frunzele de varză au fost folosite în mod tradițional de către femeile care alăptează. Un studiu publicat în 2008 a arătat că femeile care au beneficiat de tratament cu frunze de varză în timpul alăptării au avut mai multe șanse de a alăpta exclusiv, iar durata medie a alăptării a fost mai mare în comparație cu grupul de control (Arora și colab, 2008).

Datorită valorii calorice scăzute și a numărului mare de substanțe fitochimice, varza albă este o legumă populară inclusă în multe diete pentru pierderea în greutate (Greenly, 2004). În studiul raportat de Chiplonkar și colaboratorii săi (1999), adăugarea verzei în dietele vegetariene îmbunătățesc semnificativ biodisponibilitatea fierului nonhemic și este recomandat vegetarienilor sau persoanelor cu diete restrictive care suferă de anemie feriprivă. Studiul clinic realizat de Suido și colaboratorii (2002) a investigat efectele unei băuturi din conserve de legume și fructe verzi mixte, care conțin broccoli și varză, asupra nivelului lipidelor serice la pacienții cu colesterol crescut. 31 de adulți au primit două doze de băutură cu 160g pe doză pe zi timp de trei săptămâni, iar nivelul colesterolului total seric și al colesterolului lipoproteic a scăzut semnificativ. Efectele antiolesterol, hipoglicemice și anticoagulante ale verzei albe au fost studiate în alte câteva experimente pe animale. Komatsu și colab. (1998) au studiat efectul extractului de varză și al

sulfoxidului de S-metil-L-cisteină, un alt component al verzei, asupra metabolismului colesterolului la șoarecii purtători de hepatom, prezentând hipercolesterolemie.

Există dovezi cu privire la corelația dintre lipidele din sânge și parametrii de coagulare. Khan și colaboratorii săi (2015) au examinat un efect anticoagulant al extractului de varză albă in vivo, folosind iepurii ca model animal. Testele biochimice au arătat că la iepurii cărora li s-a administrat extract de varză în concentrație de 500 mg/kg timp de 30 de zile a crescut nivelul de tromboplastină parțială activată, fibrinogen și timpul de trombină. Khan și colaboratorii (2015) au ajuns la concluzia că efectul anticoagulant al verzei se poate datora efectului hipolipemiant al acesteia. Assad și colaboratorii (2014) au evaluat și activitatea hipoglicemiantă a extractului de varză albă la iepurii cu diabet indus de aloxan. Șobolanii diabetici cărora li s-a administrat extractul din varză au prezentat o scădere semnificativă a glicemiei, a colesterolului total și a colesterolului. Un alt studiu (Asadujjaman și colab, 2011) a examinat, de asemenea, efectul extractului de varză în reglarea nivelului de zahăr din sânge. Diferite fracțiuni ale extractului de varză au fost administrate intraperitoneal ca o singură doză de 150 mg/kg de greutate corporală la șoareci cu diabet indus de aloxan și la șoareci diabetici cu glucoză. Extractul de varză a redus în mod semnificativ nivelul glicemiei, a scăzut conținutul de glicogen din ficat și a îmbunătățit toleranța la glucoză pentru șoarecii ce au avut un diabet indus prin glucoză.

7. Dovezi ale activității microbiene

Proprietățile antimicrobiene ale unor extracte de brasicacee sunt demonstrate atât în cazul bacteriilor Gram-pozitive, cât și în cel al bacteriilor Gram-negative, precum și în cazul fungilor, astfel încât glucozinolații și produșii lor de descompunere au fost recunoscuți nu doar pentru beneficiile lor pentru nutriția umană și apărarea plantelor dar și ca agenți antimicrobieni puternici (Muntean și colab, 2021).

Organizația Mondială a Sănătății promovează cercetarea pentru descoperirea de noi produse naturale competitive cu medicamentele sintetice în ceea ce privește performanțele clinice. Comparativ cu medicamentele convenționale, producția de produse farmaceutice naturale are adesea un impact mai mic asupra mediului și costuri economice mai mici ale proceselor, în special atunci când acestea provin din deșeuri agricole. În contextul unei economii circulare, există preocupări pentru valorificarea deșeurilor agricole produse în cultivarea verzei prin izolarea unui amestec natural lipofil, antibacterian și antifungic. Extractia realizată cu eter dietilic a fost testată împotriva a două specii de *Candida*, precum și a tulpinilor de referință

Pseudomonas aeruginosa, *Klebsiella pneumoniae* și *Staphylococcus aureus*. Extractele au demonstrat o performanță ridicată de inhibare a creșterii agenților patogeni, demonstrând astfel un potențial puternic de aplicare (Arrais și colab, 2022).

Într-un alt studiu, activitatea antibacteriană a fost determinată împotriva bacteriilor Gram-pozitive și Gram-negative. Extractul de varză York a prezentat o activitate antibacteriană semnificativ mai mare împotriva *Listeria monocytogenes* (100%) și *Salmonella abony* (94,3%), fiind cel mai susceptibil la o concentrație de 2,8%, în timp ce broccoli, varza de Bruxelles și varza albă au avut o activitate moderată spre slabă împotriva organismelor testate. În același studiu, s-a arătat că extractul de varză York a avut cel mai mare conținut total de compuși fenolici, care a fost de 33,5, urmat de 23,6, 20,4 și 18,4 mg GAE/g greutate uscată pentru extractele de broccoli, varză de Bruxelles și respectiv, varză albă. Toate extractele au avut conținuturi ridicate de flavonoide: 21,7, 17,5, 15,4 și 8,75 mg QE/g extract pentru varza York, broccoli, varză de Bruxelles și respectiv varză albă (Jaiswal și colab, 2011).

Într-un studiu recent s-a explorat efectul conservant al *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba* asupra cărnii de vită în condiții de refrigerare, timp de 16 zile (Rubab și colab, 2020). Activitățile antimicrobiene au fost evaluate împotriva bacteriilor și fungilor patogeni alimentari. Rezultatele au indicat că extractul de cloroform de varză albă (WCCE) a prezentat proprietăți bioactive remarcabile datorită prezenței 4-nitro-3-(trifluorometil) fenolului. Rezultatele au arătat că tratamentul WCCE-A a redus semnificativ numărul total de bacterii viabile, bacteriile psihotrofe și mucegaiurile în comparație cu WCCE-B și control în timpul depozitării la refrigerare, activitatea variind într-un mod dependent de doză ($p < 0,05$). În mod semnificativ, tratamentele WCCE-A au avut un aspect mai bun în comparație cu grupul de control după 16 zile de depozitare. Toate rezultatele au confirmat că WCCE, bogat în compuși bioactivi, menține eficient calitatea cărnii de vită în comparație cu grupul de control, prin întârzierea oxidării lipidelor și a creșterii microbiene la temperatura de refrigerare și subliniază, de asemenea, potențialele aplicații ale acestei plante în diferite sectoare industriale (Rubab și colab, 2020).

Proprietățile *B. oleracea* pot fi utilizate în produse dentare precum pasta de dinți, apa de gură și sigilanții dentari datorită efectelor lor antibacteriene. Prin încorporarea extractelor de *B. oleracea* în aceste produse, profesioniștii din domeniul sănătății orale ar putea avea în curând instrumente suplimentare pentru a promova igiena orală și a preveni infecțiile orale, oferind o alternativă naturală și eficientă ingredientelor tradiționale de îngrijire orală (Kavishri și colab, 2024).

CONCLUZII

Varza este și o sursă ieftină de hrană, dar foarte hrănitoare, care oferă fitochimicale ce favorizează o sănătate bună. Varza albă are un loc important în cultura și bucătăria multor țări și este utilizată pe scară largă în medicina tradițională. Varza albă conține o sursă semnificativă de glucozinolați, compuși fenolici, carotenoizi și diverse vitamine. Pe această temă s-au publicat mai multe articole privind fitochimia și beneficiile legumelor aparținând *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba* (activitate anticancerigenă, antioxidantă, antiinflamatoare, antiobezitate și antimicrobiană).

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Agerbirk N., De Vos M., Kim J.H., Jander G. (2009). Indole glucosinolate breakdown and its biological effects, *Phytochemistry Reviews*, 8(1):101.
- Alexan D.I., Ianovici N. (2018). Defensive mechanisms of plants based on secondary metabolites. *BIOSTUDENT*, 1 (2): 51-58
- Almosawey H.A.S., Al-Masoudi K.K. (2025). The untapped potential of cabbage extract as antioxidant, anticancer and preventative agent. *Medical Journal of Ahl al-Bayt University*. 4 (1): 166-176
- Al-Shehbaz I.A. (2011). Brassicaceae (Mustard Family). In *Encyclopedia of Life Sciences*, (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0003690.pub2>
- Al-Shehbaz I.A., Beilstein M.A., Kellogg E.A. (2006). Systematics and phylogeny of the Brassicaceae: An overview. *Pl. Syst. Evol.* 259: 89–120.
- Al-Shehbaz I.A., Beilstein M.A., Kellogg E.A. (2006) Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): an overview. *Plant Syst Evol* 259:89–120
- Arora S, Vatsa M, Dadhwal V (2008) A comparison of cabbage leaves vs. hot and cold compresses in the treatment of breast engorgement. *Indian J Community Med* 33:160–162
- Arrais A., Testori F., Calligari R., Gianotti V., Roncoli M., Caramaschi A., Todeschini V., Massa N., Bona E. (2022). Extracts from Cabbage Leaves: Preliminary Results towards a "Universal" Highly-Performant Antibacterial and Antifungal Natural Mixture. *Biology*, 11(7), 1080. <https://doi.org/10.3390/biology11071080>
- Asadujaman M, Hossain MS, Khan MRI, Anisuzzaman ASM, Ahmed M, Islam A (2011) Antihyperglycemic and glycogenesis effect of different fractions of *Brassica oleracea* in alloxan induced diabetic rats. *Int J Pharm Sci Res* 2:1436–1442
- Assad T, Khan RA, Feroz Z (2014) Evaluation of hypoglycemic and hypolipidemic activity of methanol extract of *Brassica oleracea*. *Chin J Nat Med* 12:648–653
- Avato P, Argentieri MP (2015) Brassicaceae: a rich source of health improving phytochemicals. *Phytochem Rev*. doi:10. 1007/s11101-015-9414-4
- Ayers J.F. (2000). The use of alternative therapies in the support of breastfeeding, *Journal of Human Lactation*, 16(1):52-56.
- Bahorun T, Luximon-Ramma A, Crozier A, Aruoma OI (2004) Total phenol, flavonoid, proanthocyanidin and vitamin C levels and antioxidant activities of Mauritian vegetables. *J Sci Food Agr* 84:1553–1561
- Balkaya A., Yanmaz R., Apaydin A., Kar H. (2005). Morphological characterisation of white head cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*) genotypes in Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 33(4), 333–341. <https://doi.org/10.1080/01140671.2005.9514367>
- Banerjee A., Rai A.N., Penna S., Variyar P.S. (2016). Aliphatic glucosinolate synthesis and gene expression changes in gamma-irradiated cabbage, *Food Chemistry*, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.022>
- Beganović J, Kos B, Leboš Pavunc A, Uroić K, Jokić M, Šušković J. (2014). Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. *Microbiological Research*.;169(7–8):623–632. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.09.015>.
- Bjorkman M, Klinge I, Birch ANE, Bones AM, Bruce TJA, Johansen TJ, Meadow R, Mølmann J, Selja'sen R, Smart LE, Stewart D (2011) Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and

- human health—Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry* 72:538–556
- Boivin D, Lamy S, Lord-Dufour S, Jackson J, Beaulieu E, Cote M, Moghrabi A, Barrette S, Gingras D, Be'liveau R (2009) Antiproliferative and antioxidant activities of common vegetables: a comparative study. *Food Chem* 112:374–380
 - Calderon-Montano JM, Burgos-Moron E, Perez-Guerrero C, Lopez-Lazaro M (2011) A review on the dietary flavonoid kaempferol. *Mini Rev Med Chem* 11:298–344
 - Cartea M.E., Francisco M., Soengas P., Velasco P. (2011). Phenolic compounds in Brassica vegetables, *Molecules*, 16(1):251- 280.
 - Cartea M.E., Velasco P. (2008) Glucosinolates in Brassica Foods: Bioavailability in Food and Significance for Human Health. *Phytochemistry Reviews*, 7, 213-229. <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-007-9072-2>
 - Cavender A. (2006). Folk medical uses of plant foods in southern Appalachia, United States, *Journal of Ethnopharmacology*, 108(1):74-84
 - Charron CS, Saxton AM, Sams CE (2005) Relationship of climate and genotype to seasonal variation in the glucosinolate-myrosinase system. I. Glucosinolate content in ten cultivars of *Brassica oleracea* grown in fall and spring seasons. *J Sci Food Agric* 85:671–681
 - Chiplokhar SA, Tarwadi KV, Kavedia RB, Mengale SS, Paknikar KM, Agte VV (1999) Fortification of vegetarian diets for increasing bioavailable iron density using green leafy vegetables. *Food Res Int* 32:169–174
 - Chu Y.-F., Sun J., Wu X., Liu R.H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6910–6916.
 - Ciska E., Karamac M., Kosińska A. (2005). Antioxidant activity of extracts of white cabbage and sauerkraut, *Polish journal of food and nutrition sciences*, 14(4):367.
 - Clarke DB. (2010). Glucosinolates, structures and analysis in food. *Anal Methods* 2:310–325
 - Clarke JD, Dashwood RH, Hoa E (2009) Multi-targeted prevention of cancer by sulforaphane. *Cancer Lett* 269:291–304
 - Combs FG. (2012). Properties of vitamins. In: Combs FG (ed) *The vitamins*, 4th edn. Academic press, San Diego, pp 33–70
 - Dal Pra V, Dolwitsch CB, da Silveira GD, Frizzo C, Tres MV, Mossi V, Mazutti MA, do Nascimento PC, Bohrer D, de Carvalho LM, Bohrer D, de Carvalho LM, Viana C, da Rosa MB (2013). Supercritical CO₂ extraction, chemical characterisation and antioxidant potential of *Brassica oleracea* var. *capitata* against HO, O₂(-) and ROO. *Food Chem* 141:3954–3959
 - Deng GF, Lin X, Xu XR, Gao LL, Xie JF, Li HB (2013). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 vegetables. *J Funct Foods* 5:260–266
 - El-Din MHAS, Abdel-Kader MM, Makhlof SK, Mohamed OSS (2013) Effect of some cooking methods on natural antioxidants and their activities in some Brassica vegetables. *World Appl Sci J* 26:697–703
 - Farag M A, Motaal A A. 2010. Sulforaphane composition, cytotoxic and antioxidant activity of crucifer vegetables. *Journal of Advanced Research*, 1, 65-70
 - Franzke A, Lysak MA, Al-Shehbaz IA, Koch MA, Mummenhoff K. (2011). Cabbage family affairs: the evolutionary history of Brassicaceae. *Trends Plant Sci.* 16(2):108-16. doi: 10.1016/j.tplants.2010.11.005.
 - Gasper AV, Traka M, Bacon JR, Smith JA, Taylor MA, Hawkey CJ, Barrett DA, Mithen RF (2007) Consuming broccoli does not induce genes associated with xenobiotic metabolism and cell cycle control in human gastric mucosa. *J Nutr* 137:1718–1724
 - Gilca M., Tiplica G.S., Salavastru C.M. (2018). Traditional and ethnobotanical dermatology practices in Romania and other Eastern European countries. *Clin. Dermatol.* 36:338–352. doi: 10.1016/j.clindermatol.2018.03.008.
 - Gorinstein S., Park Y-S., Heo B-G., Namiesnik J., Leontowicz H., Leontowicz M., · Ham K-S., Cho J-Y., Kang S-G. (2009). A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *Eur Food Res Technol.* 228:903–911 DOI 10.1007/s00217-008-1003-y
 - Greenly LW (2004) A doctor's guide to diet plans from A-Z. *J Chiropr Med* 3:25–32

- Hatfield G (2004) Encyclopedia of folk medicine: old world and new world traditions. ABC-CLIO, pp 59–60. ISBN 978-157607-874-7
- Haytowitz DB, Bhagwat S (2010) USDA database for the oxygen radical absorbance capacity (ORAC) of Selected Foods. U.S. Department of Agriculture, Beltsville, Maryland
- Heo HJ, Lee CJ (2006) Phenolic phytochemicals in cabbage inhibit amyloid b protein-induced neurotoxicity. *LWT Food Sci Technol* 39:330–336
- Hirono H, Morimitsu Y, Kato A, Higashio H (2011) Glucosinolate profiles in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) 132 *Phytochem Rev* (2017) 16:117–135 123 cultivars and their effect on the induction of a phase II detoxification enzyme. *J Jpn Soc Hortic Sci* 80:499–505
- Ianovici N. (2009). *Biologie vegetală - lucrări practice de citohistologie și organografie*, Ed. Mirton, Timișoara
- Ismail A, Marjan ZM, Foong CW (2004) Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem* 87:581–586
- Jacob JA, Mahal HS, Mukherjee T, Kapoor S (2011) Free radical reactions with the extract of *Brassica* family. *Food Chem* 129:1132–1138
- Jaiswal AK, Rajauria G, Abu-Ghannam N, Gupta S (2011) Phenolic composition, antioxidant capacity and antibacterial activity of selected Irish *Brassica* vegetables. *Nat Prod Commun* 6:1299–1304
- Jaiswal AK, Rajauria G, Abu-Ghannam N, Gupta S. (2011). Phenolic Composition, Antioxidant Capacity and Antibacterial Activity of Selected Irish *Brassica* Vegetables. *Natural Product Communications*. 6(9). doi:10.1177/1934578X1100600923
- Kabouw P, Biere A, Van Der Putten WH, Van Dam NM (2010) Intra-specific differences in root and shoot glucosinolate profiles among white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) cultivars. *J Agric Food Chem* 58:411–417
- Kasarello K, Köhling I, Kosowska A, Pucia K, Lukasik A, Cudnoch-Jedrzejewska A, Paczek L, Zielenkiewicz U, Zielenkiewicz P. (2022). The Anti-Inflammatory Effect of Cabbage Leaves Explained by the Influence of bol-miRNA172a on FAN Expression. *Front Pharmacol*. 13:846830. doi: 10.3389/fphar.2022.846830.
- Kaulmann A, Jonville MC, Schneider YJ, Hoffmann L, Bohn T (2014) Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of *Brassica oleracea* and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. *Food Chem* 155:240–250
- Kaur C, Kapoor HC (2002) Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *Int J Food Sci Tech* 37:153–161
- Kavishri S, Panneer Selvam S., Shanmugam R., Ramadoss R., Sundar S., Ramani S. (2024). Exploring the Antimicrobial Potential and Cytotoxic Effects of Different *Brassica oleracea* Varieties. *Cureus* 16(5): e59613. DOI 10.7759/cureus.59613
- Khan RA, Asad T, Feroz Z, Ahmed M (2015) In vivo examination of the anticoagulant effect of the *Brassica oleracea* methanol extract. *Arch Biol Sci* 67:631–638
- Kiefer M, Schmickl R, German DA, Mandáková T, Lysak MA, AlShehbaz IA, Franzke A, Mummenhoff K, Stamatakis A, Koch MA (2014) BrassiBase: introduction to a novel knowledge database on Brassicaceae evolution. *PL Cell Physiol* 55:e3. <https://doi.org/10.1093/pcp/pct158>
- Kim JK, Choi SR, Lee J, Park S-Y, Song SY, Na J, Kim SW, Kim S-J, Nou I-S, Lee YH, Park SU, Kim H (2013) Metabolic differentiation of diamondback moth (*Plutella xylostella*) resistance in cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata*). *J Agric Food Chem* 61:11222–11230
- Komatsu W, Miura Y, Yagasaki K (1998) Suppression of hypercholesterolemia in hepatoma-bearing rats by cabbage extract and its component, S-methyl-L-cysteine sulfoxide. *Lipids* 33:499–503
- Kusznierevicz B, Bartoszek A, Wolska L, Drzewiecki J, Gorinstein S, Namiesnik J (2008a) Partial characterization of white cabbages (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) from different regions by glucosinolates, bioactive compounds, total antioxidant activities and proteins. *LWT Food Sci Technol* 41:1–9
- Kusznierevicz B, Smiechowska A, Bartoszek A, Namiesnik J (2008b) The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. *Food Chem* 108:85–861
- Leskova E, Kubikova J, Kovacikova E, Kosicka M, Porubská J, Holčíková K (2006) Vitamin losses: retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *J Food Compos Anal* 19:252–276

- Lieberman MM, Patterson GML, Moore RE (2001) In vitro bioassays for anticancer drug screening: effects of cell concentration and other assay parameters on growth inhibitory activity. *Cancer Lett* 173:21–29
- Martelanc M, Vovk I, Simonovska B (2007) Determination of three major triterpenoids in epicuticular wax of cabbage (*Brassica oleracea* L.) by high-performance liquid chromatography with UV and mass spectrometric detection. *J Chromatogr A* 1164:145–152
- Martínez-Ballesta M., del C., Carvajal M. (2015). Myrosinase in Brassicaceae: the most important issue for glucosinolate turnover and food quality. *Phytochemistry reviews*, 14(6):1045-1051.
- Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Sidro B., Ullate M., Frías J., Vidal-Valverde C. (2012). White cabbage fermentation improves ascorbigen content, antioxidant and nitric oxide production inhibitory activity in LPS-induced macrophages. *LWT-Food Science and Technology*, 46(1):77-83.
- Muțescu M., Susman I.E., Culețu A., Zamfir M., Martínez Sanmartín A., Israel-Romíng F. (2024). The influence of starter cultures of lactic acid bacteria on fermentation of white cabbage. *AgroLife Scientific Journal*. 13 (2): 300-309
- Muntean D., Ștefănuț M. N., Căta A., Buda V., Danciu C., Bănică R., Pop R., Licker M., Ienașcu I. M. C. (2021). Symmetrical Antioxidant and Antibacterial Properties of Four Romanian Cruciferous Extracts. *Symmetry*, 13(5), 893. <https://doi.org/10.3390/sym13050893>
- Nilnakara S, Chiewchan N, Devahastin S (2009) Production of antioxidant dietary fiber powder from cabbage outer leaves. *Food Bioprod Process* 87:301–307
- Nilsson J, Olsson K, Engqvist G, Ekvall J, Olsson M, et al. (2006) Variation in the content of glucosinolates, hydroxycinnamic acids, carotenoids, total antioxidant capacity and low-molecular-weight carbohydrates in Brassica vegetables. *J Sci Food Agric* 86:528–538
- Parada RB, Marguet E, Campos CA, Vallejo M. (2022). Improving the nutritional properties of Brassica L. vegetables by spontaneous fermentation. *Foods and Raw Materials*.10(1):97–105. <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2022-1-97-105>
- Park S, Arasu MV, Jiang N, Choi SH, Lim YP, Park JT, AlDhabi NA, Kim SJ (2014a) Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Ind Crop Prod* 60:8–14
- Park S, Arasu MV, Lee MK, Chun JH, Seo JM, Lee SW, Kim SJ (2014b) Quantification of glucosinolates, anthocyanins, free amino acids, and vitamin C in inbred lines of cabbage (*Brassica oleracea* L.). *Food Chem* 145:77–85
- Passalacqua NG, Guarrera PM, De Fine G (2007) Contribution to the knowledge of the folk plant medicine in Calabria region (Southern Italy). *Fitoterapia* 78:52–68
- Penas E., Frías J., Martínez-Villaluenga C., Vidal-Valverde C. (2011). Bioactive Compounds, Myrosinase Activity, and Antioxidant Capacity of White Cabbages Grown in Different Locations of Spain. *J. Agric. Food Chem.* 59, 3772–3779.
- Podsedek A. (2007) Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables: A Review. *LWT-Food Science and Technology*, 40, 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2005.07.023>
- Podsedek A., Sosnowska D., Redzynia M., Anders B. (2006). Antioxidant capacity and content of Brassica oleracea dietary antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology*, 41 (Supplement 1), 49–58. doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01260.x
- Racchi M, Daglia M, Lanni C, Papetti A, Govoni S, Gazzani G (2002) Antiradical activity of water soluble components in common diet vegetables. *J Agric Food Chem* 50:1272–1277
- Rosen CJ, Fritz VA, Gardner GM, Hecht SS, Carmella SG, Kenney PM (2005) Cabbage yield and glucosinolate concentrations as affected by nitrogen and sulfur fertility. *HortScience* 40:1493–1498
- Rouzand G., Young S.A., Duncan A. (2004). Hydrolysis of glucosinolates to isothiocyanates after ingestion of raw or microwaved cabbage by human volunteers. *Cancer Epidemiology, Biomarkers and Prevention* 13: 125-131.
- Roy MK, Takenaka M, Isobe S, Tsushida T (2007) Antioxidant potential, anti-proliferative activities, and phenolic content in water-soluble fractions of some commonly consumed vegetables: effects of thermal treatment. *Food Chem* 103:106–114
- Rubab M., Chelliah R., Saravanakumar K., Kim J., Yoo D., Wang M., Oh D. (2020). Phytochemical characterization, and antioxidant and antimicrobial activities of white cabbage extract on the quality and shelf life of raw beef during refrigerated storage. *RSC Advances*, 10, 41430 - 41442.

- Rungapamestry V, Duncan AJ, Fuller Z, Ratcliffe B (2006) Changes in glucosinolate concentrations, myrosinase activity, and production of metabolites of glucosinolates in cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) cooked for different durations. *J Agric Food Chem* 54:7628–7634
- Sabin O, Pop RM, Bocşan IC, Chedea VS, Ranga F, Grozav A, Levai AM, Buzoianu AD. (2024). The Anti-Inflammatory, Analgesic, and Antioxidant Effects of Polyphenols from *Brassica oleracea* var. capitata Extract on Induced Inflammation in Rodents. *Molecules*. 29(15):3448. doi: 10.3390/molecules29153448.
- Saleem M (2009) Lupeol, a novel anti-inflammatory and anticancer dietary triterpene. *Cancer Lett* 285:109–115
- Šamec D., Pavlović I., Salopek-Sondi B. (2017) White Cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba): Botanical, Phytochemical and Pharmacological Overview. *Phytochemistry Reviews*, 16, 117-135. <https://doi.org/10.1007/s11101-016-9454-4>
- Samec D, Bogovic M, Vincek D, Martincic J, Salopek-Sondi B (2014) Assessing the authenticity of the white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata f. alba) cv. "Varazdinski" by molecular and phytochemical markers. *Food Res Int* 60:266–272
- Samec D, Piljac-Zegarac J, Bogovic M, Habjanic K, Gruz J (2011) Antioxidant potency of white (*Brassica oleracea* L. var. capitata) and Chinese (*Brassica rapa* L. var. pekinensis (Lour.)) cabbage: the influence of development stage, cultivar choice and seed selection. *Sci Hortic* 128:78–83
- Singh J, Upadhyay AK, Bahadur A, Singh B, Singh KP, Rai M (2006) Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata). *Sci Hortic* 108:233–237
- Singh J, Upadhyay AK, Prasad K, Bahadur A, Rai M (2007) Variability of carotenoids, vitamin C, E and phenolics in *Brassica* vegetables. *J Food Compos Anal* 20:106–112
- Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult* 16:144–158
- Soare B.E. (2025). *Brassica oleracea* var. capitata f. alba: cultivation, phytochemical content and health effects. A mini review. *Annals of the University of Craiova -Agriculture, Montanology, Cadastre Series*, 55: 154-162
- Sreeramulu D, Raghunath M (2010) Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Res Int* 43:1017–1020
- Statilko O., Tsiaka T., Sinanoglou V.J., Strati I.F. (2024). Overview of Phytochemical Composition of *Brassica oleracea* var. capitata Cultivars. *Foods*. 13, 3395. <https://doi.org/10.3390/foods13213395>
- Suido H, Tanaka T, Tabei T, Takeuchi A, Okita M, Kishimoto T, Kasayama S, Higashino K (2002) Mixed green vegetable and fruit beverage decreased the serum level of low-density lipoprotein cholesterol in hypercholesterolemic patients. *J Agr Food Chem* 50:3346–3350
- Swatsitang P, Wonginyoo R (2008) Antioxidant capacity of vegetables juices. *KKU Sci J* 36:83–94
- Tanongkankit Y, Chiewchan N, Devahastin S (2012) Physicochemical property changes of cabbage outer leaves upon preparation into functional dietary fiber powder. *Food Bioprod Process* 90:541–548
- Veeranki OL, Bhattacharya A, Tang L, Marshall JR, Zhang Y (2015) Cruciferous vegetables, isothiocyanates, and prevention of bladder cancer. *Curr Pharmacol Rep*. doi:10. 1007/s40495-015-0024-z
- Vicas SI, Teusdea AC, Carbutar M, Socaci SA, Socaci C. (2013). Glucosinolates profile and antioxidant capacity of Romanian *Brassica* vegetables obtained by organic and conventional agricultural practices. *Plant Foods for Human Nutrition*. 68(3):313–321. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0367-8>.
- Volden J, Wicklund T, Verkerk R, Dekker M (2008) Kinetics of changes in glucosinolate concentrations during long-term cooking of white cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. capitata f. alba). *J Agric Food Chem* 56:2068–2073
- Wagner AE, Rimbach G (2009) Ascorbigen: chemistry, occurrence, and biologic properties. *Clin Dermatol* 27:217–224
- Weng JR, Tsai CH, Kulp SK, Chen CS (2008) Indole-3-carbinol as a chemopreventive and anti-cancer agent. *Cancer Lett* 262:153–163
- Wennberg M, Ekvall J, Olsson K, Nyman M (2006) Changes in carbohydrate and glucosinolate composition in white cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata) during blanching and treatment with acetic acid. *Food Chem* 95:226–236

ȚONI & IANOVICI: Phytochemical profile of *Brassica oleracea* var. *capitata* and its benefits on human health

- Westereng B, Yousif O, Michaelsen TE, Knutsen SH, Samuelsen AB (2006) Pectin isolated from white cabbage—structure and complement-fixing activity. *Mol Nutr Food Res* 50:746–755
- Williams DJ, Edwards D, Hamernig I, Jian L, James AP, Johnson SK, Tapsell LC (2013) Vegetables containing phytochemicals with potential anti-obesity properties: a review. *Food Res Int* 52:323–333
- Wouters D, Grosu-Tudor S, Zamfir M, DeVuyst L (2013) Bacterial community dynamics, lactic acid bacteria species diversity and metabolite kinetics of traditional Romanian vegetable fermentations. *J Sci Food Agric* 93:749–760
- Zhang Y (2010) Allyl isothiocyanate as a cancer chemopreventive phytochemical. *Mol Nutr Food Res* 54:127–135