UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI

FACULTATEA DE INGINERIE CHIMICĂ ȘI BIOTEHNOLOGII

ȘCOALA DOCTORALĂ: INGINERIE CHIMICĂ ȘI BIOTEHNOLOGII

Studii și cercetări privind identificarea de markeri chimici și de licopen din fructele de tomate

Conducător de doctorat:
Prof. Dr. Ing. RADU GABRIEL-LUCIAN

Student-doctorand:
PEȘTE-RAS (MARCU) IULIANA

BUCUREȘTI
2025

I.INTRODUCERE

Roșia (*Solanum lycopersicum*, sinonim: *Lycopersicon esculentum*) este una dintre cele mai apreciate legume la nivel mondial, recunoscută pentru accesibilitatea sa, valoarea nutrițională și diversitatea de utilizări culinare, fiind ingredient principal în numeroase preparate. Face parte din familia Solanaceae, alături de ardei, cartofi sau tutun.

Deși astăzi este o cultură de bază, în urmă cu circa două secole tomatele erau considerate toxice în Statele Unite, suspiciunea fiind legată de apartenența la această familie botanică.

Din punct de vedere botanic, tomata este un fruct, dar în alimentație este tratată ca legumă. Ea ocupă un loc important în agricultura și comerțul românesc, fiind cultivată pe scară largă. În contextul actual, caracterizarea chimică a fructelor și a subproduselor obținute din procesare capătă o importanță sporită, întrucât permite atât evaluarea calității, cât și autentificarea produsului sau prevenirea fraudelor alimentare. Identificarea markerilor chimici contribuie, de asemenea, la înțelegerea relației dintre compoziția chimică și proprietățile senzoriale (gust, aromă, textură), iar studiile în acest domeniu susțin importanța tomatelor ca sursă de nutrienți și compuși bioactivi cu efecte benefice asupra sănătății.

Scopul tezei de doctorat a fost realizarea unei caracterizări analitice complexe a subproduselor obținute din soiuri românești de tomate (Kristinica, Darsirius, Florina, Hera, Andrada, Flaviola și Ema de Buzău), având în vedere parametri precum pH, aciditate titrabilă, conținutul de micro- și macroelemente, substanța uscată și licopenul. Cercetarea s-a desfășurat pe parcursul a doi ani (2021–2022) și a inclus atât evaluarea efectului îndepărtării cojilor și semințelor, cât și analiza modificărilor produse prin congelare asupra compoziției chimice.

Teza este structurată în două părți. Prima parte prezintă fundamentele teoretice, caracteristicile generale ale fructelor de tomate, metodele analitice utilizate (gravimetrice, volumetrice, electrochimice, ICP-OES) și modalitățile de valorificare a subproduselor rezultate din procesare. Partea a doua cuprinde patru capitole experimentale: **(II)** studiul efectului îndepărtării cojilor și semințelor asupra parametrilor fizico-chimici, **(III)** evaluarea modificărilor conținutului de micro- și macroelemente și carotenoizi la temperaturi scăzute, **(IV)** analiza capacității antioxidante a pulberii de tomate prin testul FRAP și **(V)** integrarea datelor pentru formularea unor direcții de valorificare sustenabilă.

Rezultatele au evidențiat rolul determinant al soiului asupra compoziției chimice, mai pregnant

decât efectele condițiilor de cultivare. Totodată, studiul confirmă că întregul fruct constituie o sursă optimă de nutrienți și antioxidanți, însă și coaja sau semințele prezintă valoare funcțională ridicată, justificând valorificarea lor ca produse secundare.

Aceste concluzii susțin atât dezvoltarea unor soluții de utilizare durabilă a resurselor horticole, cât și transferul de cunoștințe către industria alimentară și nutraceutică.

Originalitatea și relevanța cercetării au fost confirmate prin publicarea a două articole în reviste de specialitate: două lucrări în *Scientific Bulletin. Series B. Chemistry and Materials Science* și un articol în *Horticulturae* (Q1, IF: 3), ceea ce atestă valoarea științifică și aplicativă a rezultatelor obținute.

II. CERCETĂRI PROPRII

Acest capitol reunește cercetările realizate pentru caracterizarea principalilor parametri fizico-chimici ai fructelor de tomate, parametri esențiali pentru calitate, valoare nutrițională și utilizarea tehnologică ulterioară. Obiectivul a fost obținerea unei imagini detaliate asupra caracteristicilor de bază care pot ghida atât selecția soiurilor, cât și dezvoltarea unor metode de procesare sustenabile și eficiente.

Capitolul prezintă analiza fizico-chimică pentru soiuri românești de tomate (Kristinica, Darsirius, Florina, Hera, Andrada), vizând parametri esențiali pentru calitate și valorificare tehnologică. Probele au fost procesate în două variante (cu și fără coajă), apoi omogenizate și păstrate la −20 °C.

Tomatele au fost cultivate la Stațiunea de Legumicultură Buzău, în condiții controlate, cu irigare prin picurare și sol neutru. Determinările au inclus: pH, aciditate titrabilă, umiditate, substanță uscată, cenușă, nitrați, nitriți și profil mineral. Analizele au fost realizate cu metode validate (gravimetrice, volumetrice, reflectometrice, ICP-OES), oferind date precise și reproductibile.

Rezultatele obținute contribuie la evaluarea valorii nutriționale și funcționale a tomatelor, susținând selecția soiurilor și dezvoltarea unor metode de procesare sustenabile.

II.1. REZULTATE EXPERIMENTALE PRIVIND EFECTUL ÎNDEPĂRTĂRII COJILOR ȘI A SEMINȚELOR ASUPRA PROPRIETĂȚILOR FIZICO-CHIMICE ALE FRUCTELOR DE TOMATE, PRODUCȚIA DIN ANUL 2021 COMPARATIV CU PRODUCȚIA DIN ANUL 2022

În acest capitol se analizează influența îndepărtării cojilor și semințelor asupra proprietăților fizico-chimice ale fructelor de tomate, comparând producțiile din anii 2021 și 2022. Studiul evidențiază variațiile parametrilor de calitate în funcție de procesarea fructelor, oferind o perspectivă asupra impactului condițiilor climatice și tehnologice asupra compoziției acestora.

Determinarea pH-ului a relevat valori între 4,59 și 5,29 pentru ambele cicluri de producție, confirmând aciditatea moderată specifică speciei *Solanum lycopersicum*, cu implicații asupra stabilității microbiologice și proprietăților senzoriale (Tabel 1).

Tabel 1. Determinarea pH-ului diferitelor probe de fructe de tomate fără semințe și probe fără coajă și semințe (1- anul 2021, 2- anul 2022) obținute din soiurile studiate

Tip tomate	pH (probă fără semințe)	pH (probă fără coajă și semințe)
$Kristinica_1$	4,75 ± 0,05	4,67 ± 0,20
$Kristinica_2$	4,88 ± 0,03	4,83 ± 0,13
$Darsirius_1$	4,86 ± 0,06	4,88 ± 0,08
$Darisirius_2$	4,79 ± 0,04	4,79 ± 0,09
$Florina_1$	5,29 ± 0,09	4,75 ± 0,05
$Florina_2$	4,60 ± 0,05	4,76 ± 0,06
$Hera_1$	4,59 ± 0,04	4,75 ± 0,05
$Hera_2$	5,29 ± 0,04	4,83 ± 0,06
$Andrada_1$	4,66 ± 0,03	4,76 ± 0,06
$Andrada_2$	4,67 ± 0,02	4,60 ± 0,05

Valori exprimate ca medie aritmetică obținute din trei măsurători per soi de tomate

Valorile pH-ului pentru soiurile de tomate studiate arată variații mici între probele fără semințe și cele fără coajă și semințe. În general, îndepărtarea cojii și semințelor nu modifică semnificativ aciditatea, pH-ul rămânând în intervalul 4,59–5,29, specific tomatelor cu aciditate moderată.

Determinarea acidității titrabile

Tabel 2. Determinarea acidității titrabile pentru diferitele probe de fructe de tomate fără semințe și probe fără coajă și semințe (1- anul 2021, 2- anul 2022) obținute din soiurile studiate

Tip tomate	Masă fruct (g)	Acid citric % (mg/100g) – probă fără semințe	Acid citric % (mg/100g) – probă fără coajă și semințe
Kristinica$_1$	10	0,17 ± 0,03	0,18 ± 0,03
Kristinica$_2$		0,07 ± 0.02	0,06 ± 0,02
Darsirius$_1$	10	0,23 ± 0,03	0,18 ± 0,03
Darisirius$_2$		0,07 ± 0,03	0,06 ± 0,03
Florina$_1$	10	0,18 ± 0,02	0,17 ± 0,03
Florina$_2$		0,08 ± 0,03	0,07 ± 0,02
Hera$_1$	10	0,18 ± 0,04	0,13 ± 0,03
Hera$_2$		0,09 ± 0.03	0,06 ± 0,03
Andrada$_1$	10	0,24 ± 0.04	0,16 ± 0,03
Andrada$_2$		0,10 ± 0,03	0,12 ± 0,03

Masa fructelor a fost constantă (10 g) pentru toate soiurile.

Conținutul de acid citric a fost mai mare în probele fără semințe decât în cele fără coajă și semințe.

Kristinica, Darsirius și Florina au prezentat o scădere ușoară a acidului citric după îndepărtarea cojii.

Hera a avut o diferență mai vizibilă între cele două tipuri de probe.

Andrada a păstrat cel mai ridicat nivel de acid citric, chiar și după îndepărtarea cojii și semințelor.

În general, îndepărtarea cojii și semințelor reduce ușor aciditatea, dar diferențele variază în funcție de soi.

Determinarea conținutului de umiditate și a conținutului în substanță uscată

Tabel 3. Conținutul de umiditate (U%) și substanță uscată (SU%) pentru diferitele probe de fructe de tomate fără semințe și probe fără coajă și semințe (1- anul 2021, 2- anul 2022) obținute din soiurile studiate

Tip tomate	U% - probă fără semințe	U% - probă fără coajă și semințe	SU% - probă fără semințe	SU% - probă fără coajă și semințe
Kristinica$_1$	94,27 ± 0,07	93,57 ± 0,10	5,73 ± 0,04	6,43 ± 0,05
Kristinica$_2$	93,71 ± 0,12	94,39 ± 0,11	6,29 ± 0,05	5,61 ± 0,06
Darsirius$_1$	93,35 ± 0,08	93,07 ± 0,07	5,65 ± 0,05	6,99 ± 0,10
Darisirius$_2$	94,17 ± 0,09	93,79 ± 0,10	5,83 ± 0,06	6,21 ± 0,06
Florina$_1$	93,91 ± 0,07	94,19 ± 0,11	6,09 ± 0,09	5,81 ± 0,06
Florina$_2$	93,09 ± 0,09	94,17 ± 0,11	6,92 ± 0,10	5,83 ± 0,06
Hera$_1$	93,73 ± 0,12	94,43 ± 0,13	6,28 ± 0,08	5,57 ± 0,07
Hera$_2$	92 ± 0,10	91,60 ± 0,11	8,01 ± 0,12	8,40 ± 0,10
Andrada$_1$	94,43 ± 0,12	93,42 ± 0,12	5,57 ± 0,07	6,58 ± 0,09
Andrada$_2$	94,23 ± 0,12	92,50 ± 0,10	5,77 ± 0,07	7,50 ± 0,10

U% (umiditate) variază ușor între probe, dar rămâne ridicată (>92%) la toate soiurile, indicând conținut mare de apă.

SU% (substanță uscată) este mai mare în probele fără coajă și semințe la majoritatea soiurilor, ceea ce sugerează că îndepărtarea acestor părți concentrează materia uscată.

Hera și **Andrada** au avut cele mai mari variații de SU%, evidențiind o influență mai pronunțată a prelucrării asupra compoziției.

În general, îndepărtarea cojii și semințelor reduce umiditatea și crește ușor concentrația de substanță uscată.

Determinarea conținutului de cenușă Cd%

Determinările efectuate asupra probelor de tomate au evidențiat variații notabile ale conținutului de materie organică și cenușă, influențate atât de soi, cât și de tipul probei analizate (fără semințe, respectiv fără coajă și semințe) (tabel 4).

Tabel 4. Conținutul de cenușă (Cd%) pentru diferitele probe de fructe de tomate fără semințe și probe fără coajă și semințe (1- anul 2021, 2- anul 2022) obținute din soiurile studiate

Tip tomate	Materia organică MO%	Cd% - probă fără semințe	Materia organică MO%	Cd% - probă fără coajă și semințe
Kristinica$_1$	86,40 ± 0,40	13,60 ± 0,46	86,18 ± 0,51	13,82 ± 0,45
Kristinica$_2$	93,04 ± 0,37	6,96 ± 0,42	91,27 ± 0,64	8,73 ± 0,51
Darsirius$_1$	86,20 ± 0,79	13,80 ± 0,55	89,54 ± 0,65	10,46 ± 0,55
Darisirius$_2$	91,15 ± 0,48	8,85 ± 0,46	92,38 ± 0,65	7,62 ± 0,46
Florina$_1$	87,44 ± 0,72	12,56 ± 0,46	88,70 ± 0,66	11,31 ± 0,45
Florina2	93,44 ± 0,66	6,56 ± 0,40	90,01 ± 0,66	9,98 ± 0,40
Hera1	90,64 ± 0,76	9,36 ± 0,50	90,71 ± 0,70	9,29 ± 0,50
Hera2	93,45 ± 0,88	6,55 ± 0,48	94,51 ± 0,70	5,50 ± 0,45
Andrada1	92,38 ± 0,47	7,62 ± 0,40	87,91 ± 0,67	12,09 ± 0,45
Andrada2	93,68 ± 0,97	6,32 ± 0,44	93,20 ± 0,70	6,81 ± 0,45

Materia organică (MO%) a fost predominantă în toate probele, cu valori între 86,18% și 94,51%, confirmând caracterul nutritiv al tomatelor .

Conținutul de cenușă (Cd%) a fost mai mare în probele fără semințe, indicând o concentrație mai ridicată de săruri minerale în partea pulpei .

Soiurile **Kristinica** și **Darsirius** au prezentat cele mai mari diferențe între tipurile de probe, ceea ce sugerează o distribuție neuniformă a compușilor minerali în structura fructului .

Determinarea conținutului în nitrați și nitriți

Tabel 5. Conținutul de nitrați și nitriți (mg/kg) pentru diferitele probe de fructe de tomate fără semințe și probe fără coajă și semințe (1- anul 2021, 2- anul 2022) obținute din soiurile studiate

Tip tomate	Nitrați – proba fără semințe (mg/kg)	Nitrați - proba fără coajă și semințe (mg/kg)	Nitriți – proba fără semințe (mg/kg)	Nitriți - proba fără coajă și semințe (mg/kg)
Kristinica$_1$	0,732	0,85	1,85	1,60
Kristinica$_2$	0,69	0,60	0,62	0,23
Darsirius$_1$	- 0,32	0,40	0,26	0,45
Darisirius$_2$	0,81	0,38	2,50	0,47
Florina$_1$	- 0,37	2,40	0,35	1,44
Florina$_2$	0,18	2,53	2,92	1,52
Hera$_1$	- 0,06	1,77	0,70	3,52
Hera$_2$	6,57	1,86	4,07	3,70
Andrada$_1$	1,14	0,40	0,14	0,29
Andrada$_2$	2,30	0,42	2,97	0,31

Conținutul de **nitrați** variază semnificativ între soiuri și tipuri de probe, fiind în general mai mare în probele fără coajă și semințe.

Valorile de **nitriți** sunt mai ridicate în probele fără semințe, indicând o posibilă acumulare în pulpă.

Soiul **Hera** prezintă cele mai mari concentrații de nitrați și nitriți, mai ales în probele fără coajă și semințe.

În ansamblu, îndepărtarea cojii și semințelor influențează conținutul de compuși azotați, cu variații dependente de soi.

Determinarea conținutului mineral

Rezultatele obținute din probele analizate, producția din anul 2021 comparativ cu producția din anul 2022 sunt ilustrate în figurile 1, 2, 3 și 4.

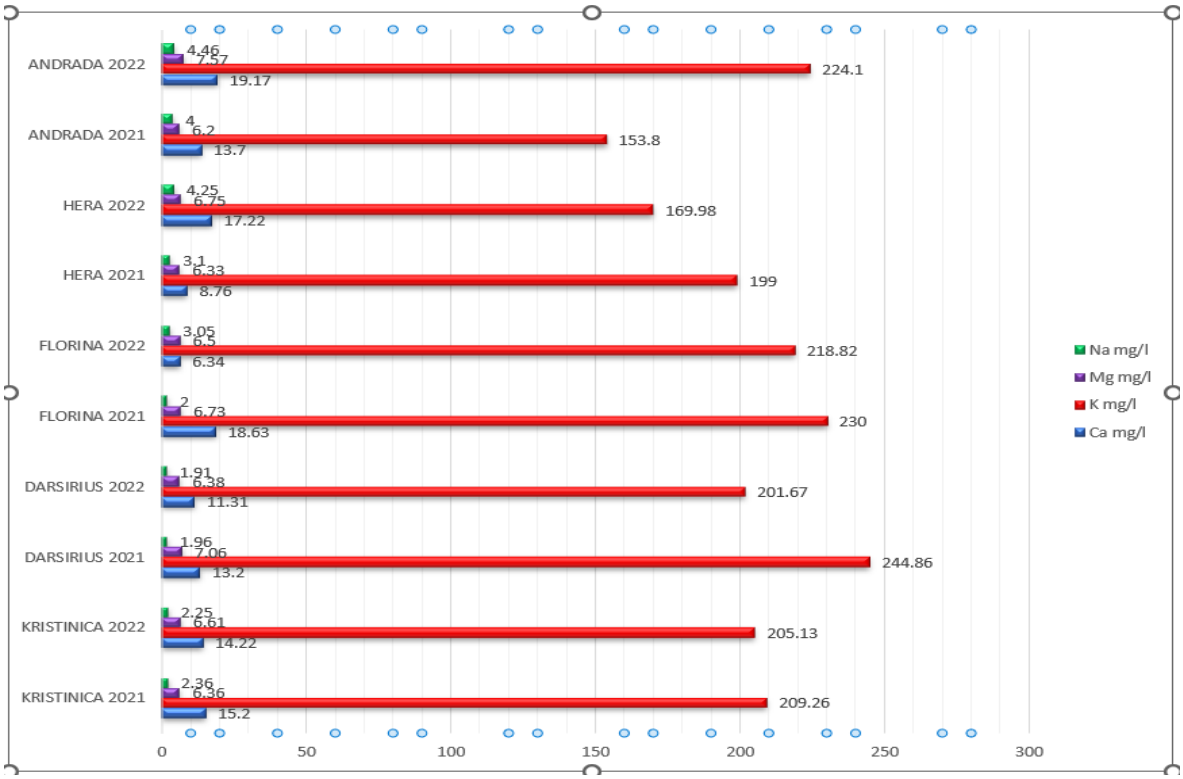


Fig. 1. Conținutul în macroelemente a diferitelor mostre de fructe de tomate fără semințe,

- **Calciu (Ca)**: valorile variază semnificativ între ani și soiuri. Florina 2021 și Andrada 2022 au avut cele mai ridicate concentrații, sugerând o influență a condițiilor de cultură asupra acumulării de Ca.
- **Potasiu (K)**: este elementul dominant în toate probele, cu valori maxime la Darsirius 2021 (244.86 mg/l), indicând o bună maturare și echilibru osmotic.
- **Magneziu (Mg)**: se menține relativ constant între soiuri și ani, cu ușoare creșteri la Andrada 2022 (7.57 mg/l), ceea ce poate reflecta o activitate metabolică intensă.
- **Sodiu (Na)**: valorile cresc în 2022 la majoritatea soiurilor, mai ales la Hera și Andrada, sugerând o posibilă influență a irigației sau a solului asupra absorbției de Na.

În ansamblu, variațiile între ani reflectă influența factorilor de mediu și tehnologie asupra compoziției minerale a tomatelor.

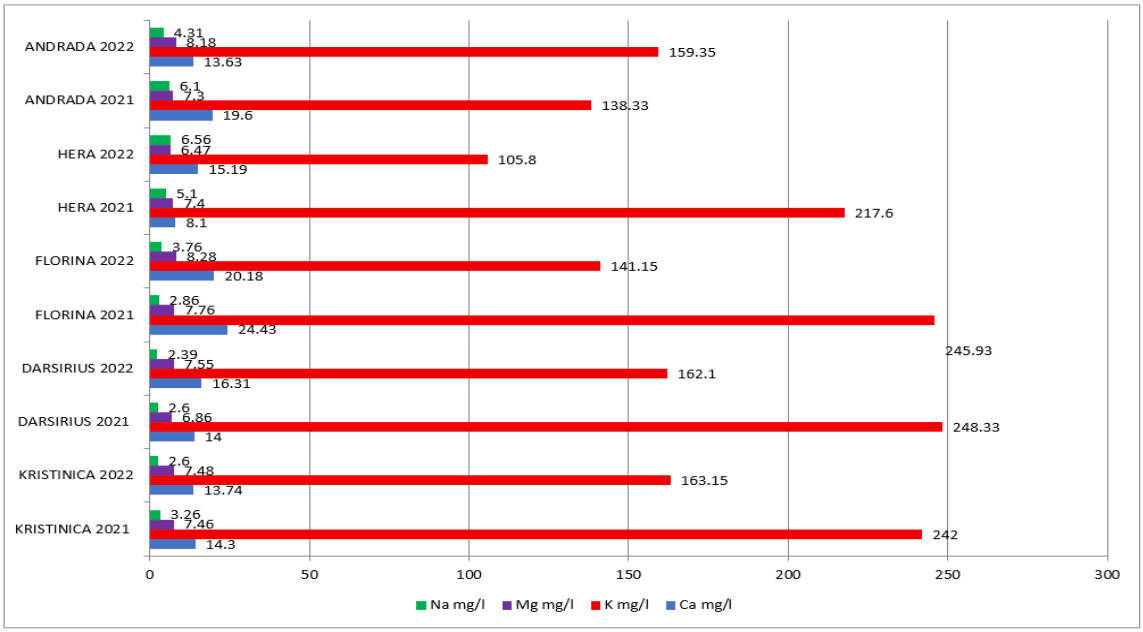


Fig.2. Conținutul în macroelemente a diferitelor mostre de fructe de tomate fără coajă și semințe

Ca: cel mai ridicat în Darsirius și Kristinica, indică o bună structură celulară.

K: constant între soiuri, esențial pentru maturare.

Mg: ușor mai mare în 2022, reflectă activitate metabolică.

Na: crește în 2022, posibil influențat de sol sau irigație.

Diferențele între ani arată impactul condițiilor de cultură asupra compoziției minerale.

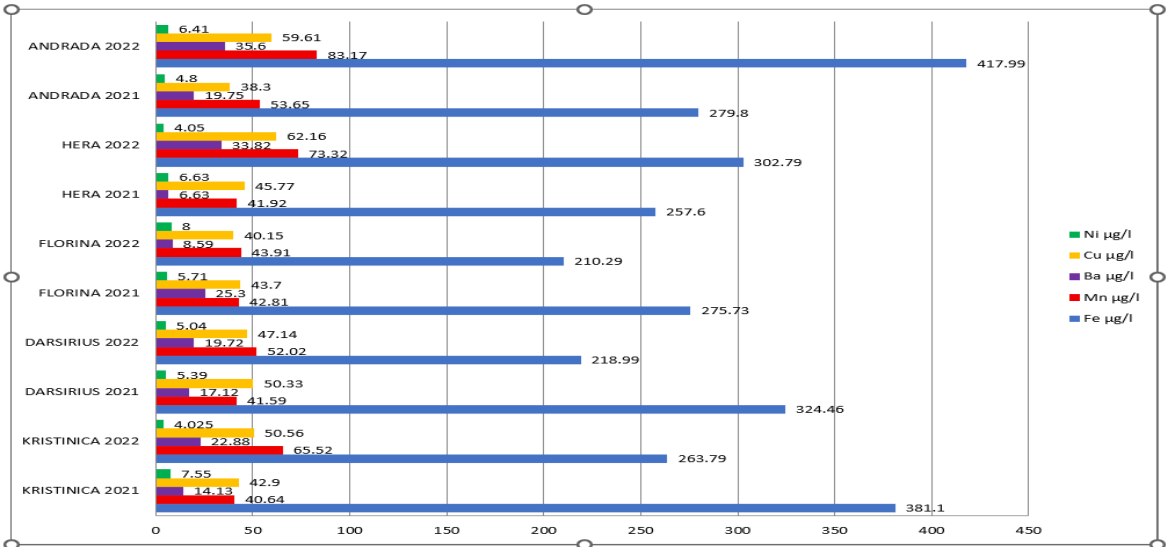


Fig. 3. Conținutul în microelemente a diferitelor mostre de fructe de tomate fără semințe

Mn este elementul dominant în toate probele, cu cele mai mari valori în Kissintzos 2021 și Andrada 2022, indicând o acumulare semnificativă.

Cu și Zn au valori ridicate doar în probele **Andrada**, restul soiurilor având concentrații uniforme și scăzute.

Ni se menține constant în toate probele, fără variații semnificative.

În ansamblu, **Andrada 2022** are cea mai mare concentrație totală de metale, ceea ce poate reflecta influența condițiilor de mediu sau tehnologice din acel an.

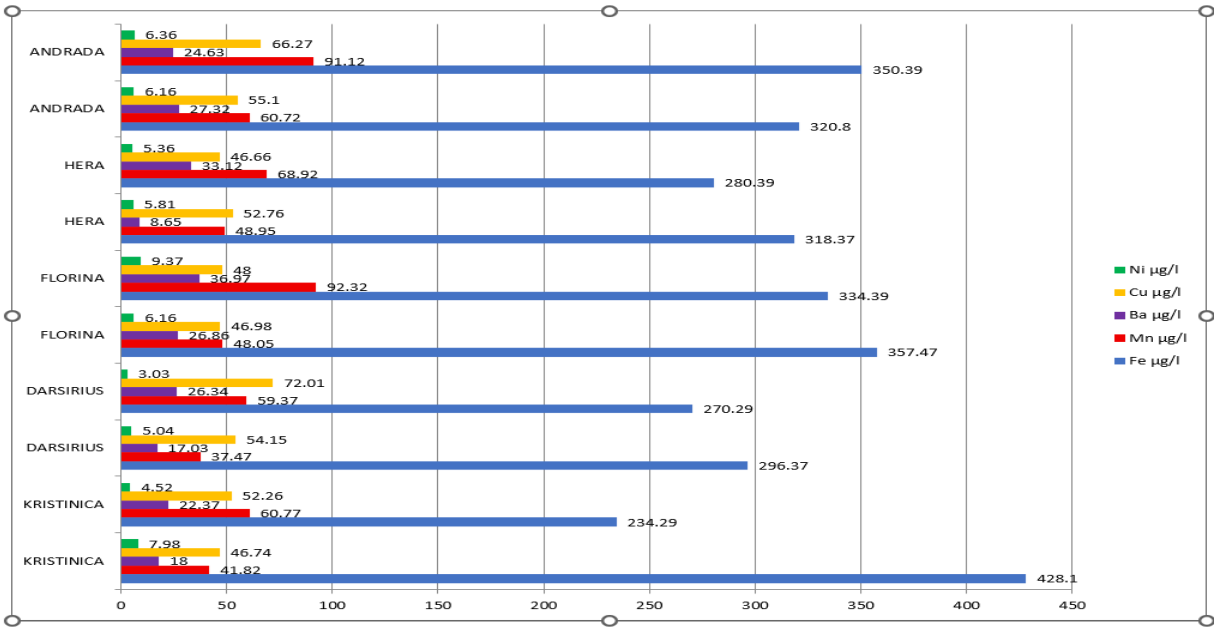


Fig. 4. Conținutul în microelemente a diferitelor mostre de fructe de tomate fără coajă și semințe

Fier (Fe) este elementul dominant în toate probele, cu valori maxime în **Kistinica** (428.1 µg/g), indicând o acumulare semnificativă și un potențial nutrițional ridicat.

Ba (Bariu) și **Ni (Nichel)** au valori moderate și constante între probe, fără variații semnificative.

Cu (Cupru) este uniform distribuit în toate probele, cu valori stabile (~4.16 µg/g).

Mn (Mangan) are cele mai mici concentrații, dar este prezent în toate probele, cu ușoare variații.

În ansamblu, **Fe** este principalul contributor la încărcătura metalică totală, iar diferențele între probe reflectă influența condițiilor de mediu și compoziția solului asupra absorbției elementelor.

III. CERCETĂRI PRIVIND MODIFICAREA CONȚINUTULUI ÎN MICRO- ȘI MACROELEMENTE ȘI DE CAROTENOIZI (LICOPEN ȘI β-CAROTEN) ALE FRUCTELOR DE TOMATE SUPUSE TEMPERATURILOR SCĂZUTE

Tomatele (*Lycopersicum*) sunt fructe din punct de vedere botanic, dar clasificate legal ca legume. Din cauza sezonului scurt, conservarea prin congelare este o metodă utilizată pentru menținerea calităților nutritive.Studiul analizează efectele congelării timp de 12 luni asupra proprietăților fizice și chimice ale roșiilor cherry (Flaviola și Ema), depășind durata cercetărilor anterioare.

Temperaturile scăzute reduc activitatea microorganismelor, prelungind perioada de păstrare. Totodată, ele influențează textura și compoziția chimică a fructelor, cu efecte variabile asupra nutrienților.

Analizele au inclus determinarea conținutului de micro- și macroelemente prin ICP-OES, precum și a licopenului și β-carotenului prin metoda Nagata & Yamashita. Compararea probelor proaspete și congelate a evidențiat modificări semnificative în parametrii fizico-chimici, relevante pentru evaluarea calității și ameliorarea soiurilor.

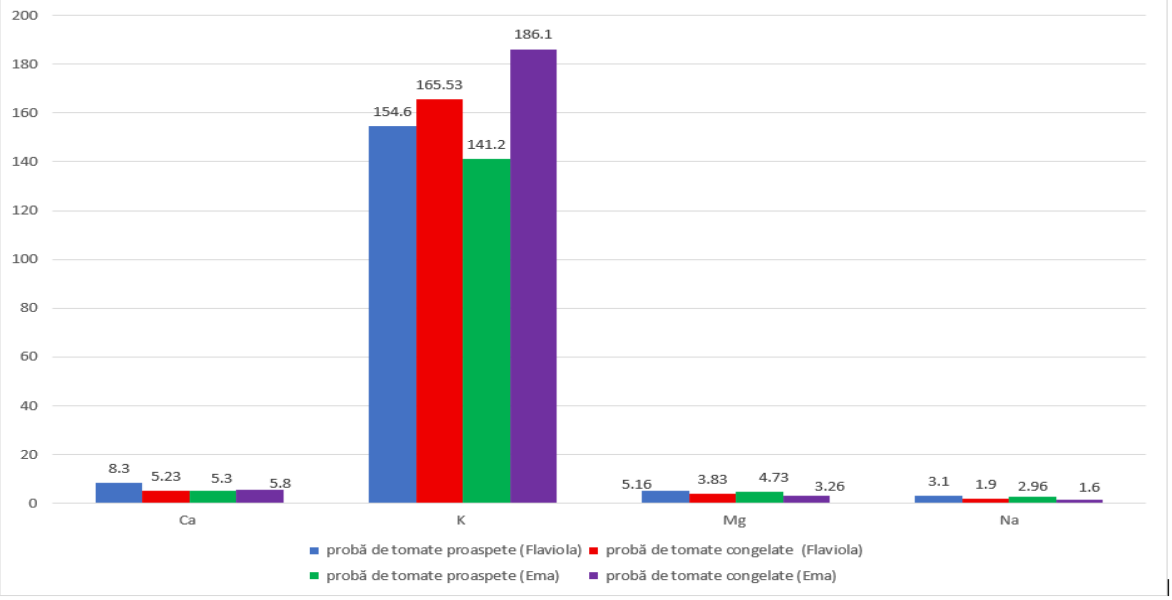


Fig. 5. Conținutul de macroelemente (mg L^{-1}) al probelor de roșii proaspete și congelate, soiurile Ema și Flaviola

Calciu (Ca) scade semnificativ după congelare, mai ales la Flaviola, indicând o posibilă pierdere de structură celulară.

Potasiu (K) crește în ambele soiuri după congelare, sugerând o redistribuire internă a ionilor în timpul procesului.

Magneziu (Mg) scade în urma congelării, ceea ce poate afecta activitatea enzimatică și valoarea nutritivă.

Sodiu (Na) se reduce vizibil după congelare, mai ales la Ema, posibil din cauza pierderii prin exsudat.

În ansamblu, congelarea influențează compoziția minerală a tomatelor, cu variații specifice

fiecărui soi.

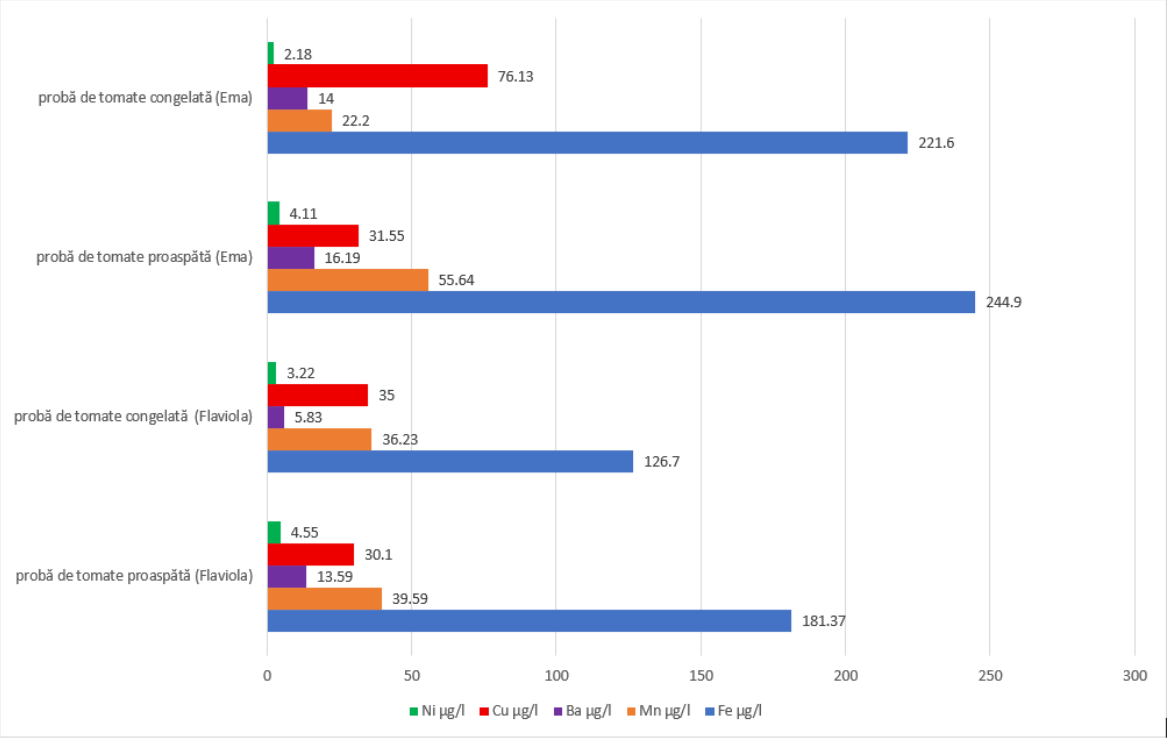


Fig. 6. Conținutul de microelemente (µg L^{-1}) al probelor de roșii proaspete și congelate, soiurile Ema și Flaviola

Fe, Mn, Ba, Ni scad după congelare în ambele soiuri. Cu crește semnificativ după congelare, mai ales la Ema.

De asemenea, Ema are valori mai mari pentru majoritatea elementelor în stare proaspătă.

Congelarea afectează diferit fiecare element, posibil prin modificări structurale ale țesutului.

Tabel 6. Efectul metodei de congelare asupra proprietăților fizico-chimice ale tomatelor (1 – probă proaspătă, 2 – probă congelată)

Tip tomate	Licopen mg $(100\ mL)^{-1}$	β-caroten mg $(100\ mL)^{-1}$
Ema_1	$0,76 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,04$
Ema_2	$0,26 \pm 0,01$	$0,35 \pm 0,02$
$Flaviola_1$	$0,98 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,01$
$Flaviola_2$	$0,60 \pm 0,01$	$0,22 \pm 0,02$

Valorile reprezintă media a trei repetiții ± deviația standard ($p \leq 5$ ppb)

În concluzie, varietățile de roșii analizate aici pot fi considerate surse bune de anumite elemente minerale, unele dintre ele având proprietăți antioxidante. Aceste rezultate ar putea contribui la conservarea unei părți importante a biodiversității agricole, iar conținutul ridicat de minerale și oligoelemente detectat în aceste varietăți este potențial util pentru amelioratorii de tomate care lucrează la dezvoltarea de noi soiuri cu o compoziție îmbunătățită.

IV. Evaluarea capacității antioxidante a pulberii de tomate prin testul FRAP – o abordare ecologică pentru valorificarea fructelor de tomate

Studiul analizează pulberea obținută din trei soiuri locale de tomate (Hera, Andrada, Kristinica) ca soluție ecologică pentru valorificarea subproduselor și reducerea risipei alimentare. Capacitatea antioxidantă a fost evaluată prin testul FRAP, evidențiind rolul compușilor bioactivi (licopen, polifenoli) în neutralizarea radicalilor liberi. Hera s-a remarcat prin cea mai mare materie uscată, fiind ideală pentru procesare, iar Kristinica a prezentat un profil echilibrat. Metoda FRAP, deși limitată, oferă o evaluare eficientă a potențialului antioxidant, susținând optimizarea tehnologică și utilizarea sustenabilă a tomatelor.

Tabel 7. Caracterizarea fizico-chimică a diferitelor soiuri de tomate

Soi de tomate	Umiditate (%)	Substanță uscată (%)
KRISTINICA	93,71	6,29
ANDRADA	94,23	5,77
HERA	91,99	8,01

Valorile sunt exprimate ca medie aritmetică obținută din cinci determinări pentru fiecare soi de tomate.

Hera – cea mai mică umiditate și cea mai mare substanță uscată; ideală pentru procesare industrială, păstrând concentrația mare de compuși bioactivi.

Andrada – cea mai mare umiditate și cea mai mică substanță uscată; potrivită pentru consum proaspăt, dar mai puțin eficientă pentru procesare.

Kristinica – valori intermediare; versatilă, echilibrând proprietățile nutritive și textura, fiind adecvată atât pentru consum, cât și pentru procesare.

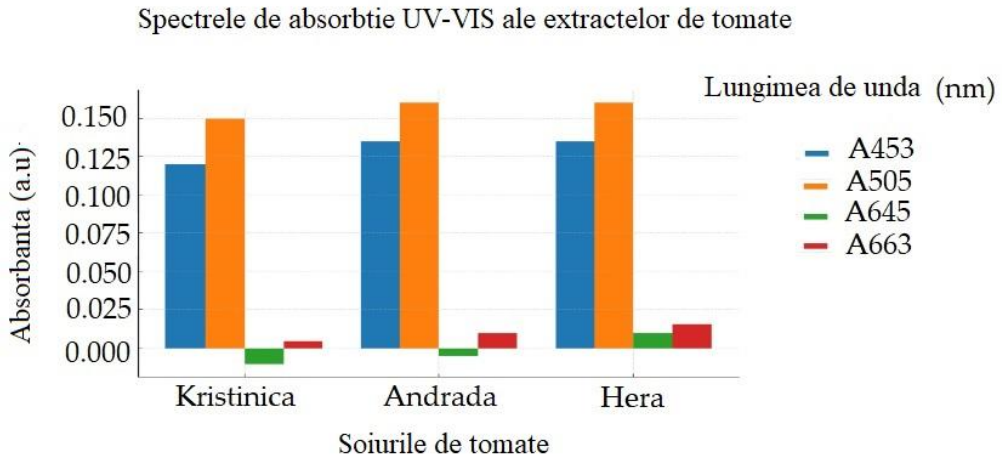


Fig. 7. Spectrele de absorbție UV-Vis ale extractelor de tomate

Rezultatele indică faptul că pulberea de tomate păstrează o activitate antioxidantă semnificativă, sugerând potențialul său ca ingredient funcțional în diverse domenii. Aceasta confirmă eficiența metodei de procesare utilizate în păstrarea compușilor activi.

III.1.1. Valorile determinate prin testul FRAP

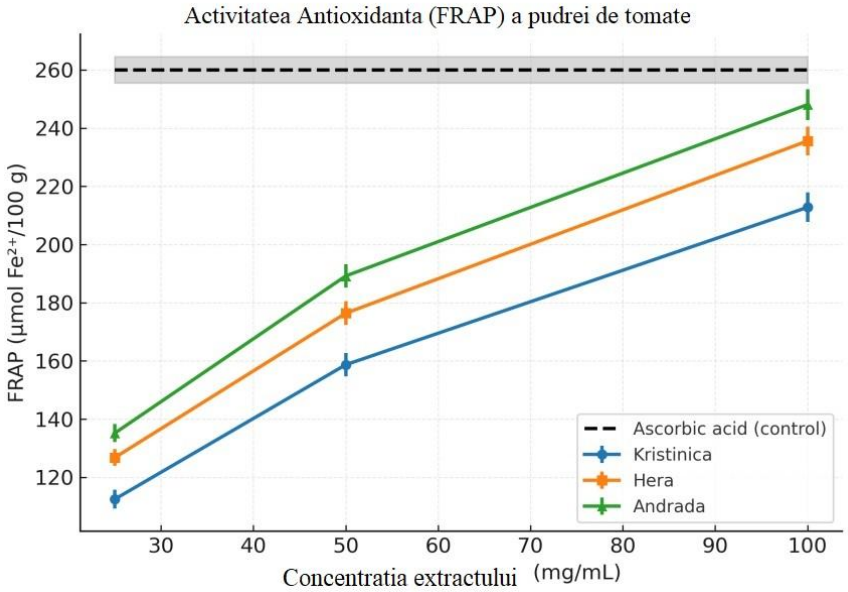


Fig. 8. Activitatea antioxidantă (FRAP) a pudrei de tomate la concentrații diferite

Rezultatele indică o creștere dependentă de concentrație a puterii reducătoare, soiul Andrada prezentând cea mai ridicată activitate, urmat de Hera și Kristinica.

Valorile obținute în acest studiu sugerează că tehnicile de uscare aplicate, împreună cu alegerea soiurilor și momentul recoltării, au contribuit la obținerea unor pulberi cu o activitate antioxidantă comparabilă cu cea a acidului ascorbic, un antioxidant de referință

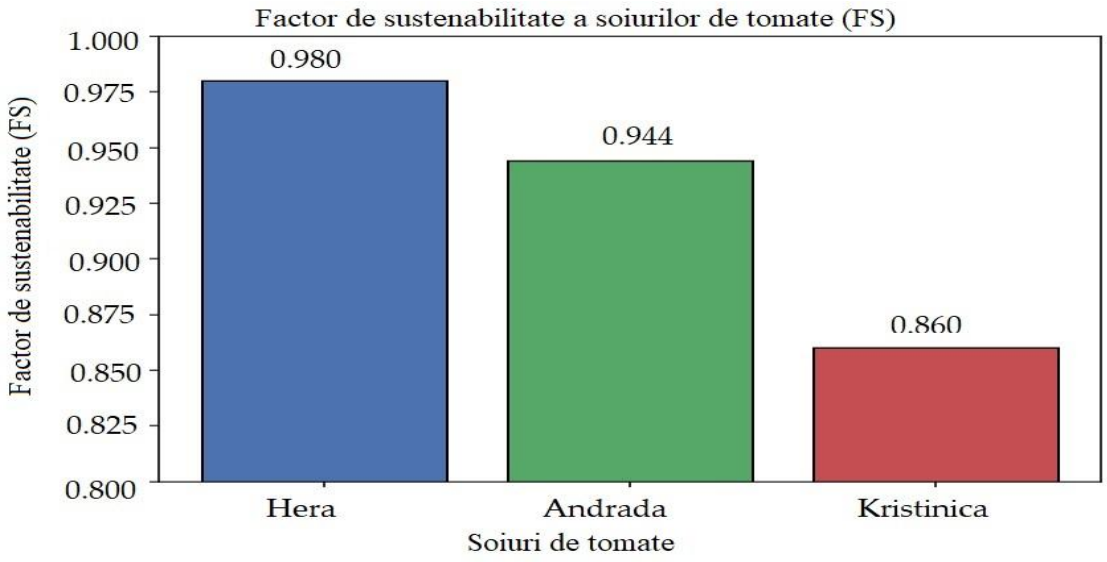


Fig. 9. Factorul de sustenabilitate (SF) al pulberilor de tomate

Hera s-a evidențiat ca soiul optim, cu cel mai mare conținut de licopen, valori FRAP ridicate și cei mai mari indici AEI (0,975) și IENSI (0,983), evidențiind echilibrul între activitatea antioxidantă și randamentul de procesare. Pulberile de tomate păstrează proprietățile bioactive ale fructului proaspăt și pot fi utilizate funcțional și industrial, susținând valorificarea ecologică a subproduselor tomatelor

CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Lucrarea de față evidențiază potențialul valorificării tomatelor și al subproduselor acestora în contexte industriale, ecologice și nutriționale. Pulberile obținute din soiurile Hera, Andrada și Kristinica se remarcă prin conținutul ridicat de licopen și activitate antioxidantă, fiind ingrediente promițătoare pentru produse alimentare funcționale precum băuturi, supe instant sau snack-uri fortificate.

Din perspectivă ecologică, reutilizarea subproduselor (pulpa, coji, semințe) contribuie semnificativ la reducerea deșeurilor agroalimentare și susține principiile agriculturii circulare.

Valorificarea tomatelor neconforme și a resturilor de procesare reprezintă o strategie sustenabilă pentru combaterea risipei alimentare, facilitând tranziția către un sistem alimentar mai eficient și mai puțin poluant. Analiza fizico-chimică a fructelor de tomate a evidențiat rolul structural al cojilor și semințelor în determinarea compoziției globale, precum și influența depozitării la temperaturi

scăzute asupra stabilității compușilor bioactivi.

Recomandările rezultate din această cercetare includ: optimizarea tehnologiilor de procesare pentru valorificarea integrală a fructului, implementarea depozitării controlate pentru menținerea calității nutriționale, explorarea tratamentelor inovatoare cu nanoparticule pentru protecția post-recoltare și dezvoltarea unor metode ecologice de extracție a compușilor bioactivi. Aceste direcții pot susține atât cercetările viitoare, cât și aplicabilitatea practică în horticultură și industria alimentară, contribuind la dezvoltarea durabilă și la reducerea impactului ecologic.