

## VARIABILITATEA CARACTERELOR BIOCHIMICE LA SOIURILE ȘI LINIILE NOI DE TOMATE

Mihnea Nadejda\*, <https://orcid.org/0000-0002-7632-2562>

Rusu Vadim, <https://orcid.org/0009-0000-7822-4061>

Rudacova Angela, <https://orcid.org/0000-0001-9638-2151>

Cherdivară Ala, <https://orcid.org/0000-0003-1276-4959>

*Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM, Chișinău, Republica Moldova*  
e-mail: nadejda.mihnea@sti.usm.md

**Rezumat.** În lucrare sunt prezentate rezultatele testării a 3 soiuri și 8 linii de tomate pe baza conținutului de substanță uscată, zahăruri, aciditate, vitamina C, licopen și  $\beta$  – caroten în fructe. Datele biochimice ale fructelor de tomate au fost diferențiate – specifică genotipului și caracterului analizat. Prin analiza corelațională ( $r$ ) a indicilor de calitate a fructelor de tomate s-a demonstrat că pe baza materialului aflat în studiu, pot fi obținute noi genotipuri de tomate cu asociere reușită a caracterelor *substanță uscată* – *aciditate*, *zahăr* – *vitamina C*, între care a existat o dependență semnificativă:  $0,77^*$  și  $0,88^*$  ( $p < 0.05$ ). Analiză clusteriană ( $k$ -medii) a făcut posibilă identificarea soiul Dargen și liniei L 304 de tomate cu valori înalte ale caracterelor biochimice (substanță uscată – 6,58%, zahăruri – 3,91%, aciditate – 0,52, vitamina C – 26,68 mg%, licopen – 1,59), care pot fi implementate în programele de ameliorare la crearea soiurilor cu proprietăți gustative înalte.

**Cuvinte cheie:** tomate, soiuri, linii, caractere biochimice.

## VARIABILITY OF BIOCHEMICAL CHARACTERS IN NEW TOMATO VARIETIES AND LINES

**Summary.** The paper presents data on the results of testing 3 varieties and 8 tomato lines based on the content of dry matter, sugars, acidity, vitamin C, lycopene and  $\beta$ -carotene in fruits. Biochemical analysis of tomato fruits was differentiated – specific to the analyzed genotype and character. Through the correlational analysis ( $r$ ) of the quality character indices of tomato fruits, it was demonstrated that, based on the material under study, new tomato genotypes can be obtained with a successful association of the characters dry matter – acidity, sugar – vitamin C, for which there was a significant dependence:  $0.77^*$  and  $0.88^*$  ( $p < 0.05$ ). By cluster analysis ( $k$ -means) the Dargen variety and the L 304 tomato line were identified with high values of biochemical characters (dry substance – 6.58%, sugars – 3.91%, acidity – 0.52, vitamin C – 26.68 mg%, lycopene – 1.59), which can be implemented in breeding programs to create varieties with high taste properties.

**Keywords:** tomato, varieties, lines, biochemical characters.

### Introducere

Calitatea înaltă a fructelor de tomate este una dintre obiectivele de bază ale ameliorării acestei culturi, fiind considerată la fel de importantă ca și ameliorarea caracterelor de producție și rezistență la factorii de mediu. În acest context, având în vedere utilizarea largă a produselor de tomate, intensificarea cercetărilor pentru acest obiectiv pe plan național se justifică din plin [8, 9]. Pentru industria de conserve sunt solicitate soiuri cu conținut ridicat de substanță uscată, zahăr, vitamine, pigmenți și alte însușiri, ceea ce adesea nu se înregistrează la soiurile omologate [1]. Din punct de vedere biochimic, fructele trebuie să fie bogate în vitamine, la tomate rata cea mai înaltă fiind prezentată de vitaminele C. Vitaminele, conținutul de substanțe uscate, aciditatea, raportul zahăr/aciditate determină gustul și aroma fructelor. Tomatele nu sunt doar o cultură importantă din punct de vedere economic, ci și un produs alimentar valoros în dieta umană. Calitățile gustative

înalte ale tomatelor, prețul relativ scăzut și beneficiile incontestabile pentru sănătate le fac atât populare cât și cele mai solicitate legume din lume în rândul populației. Consumul de roșii și produse din tomate este asociat cu un risc redus de cancer de prostată și boli cardiovasculare [2, 3, 10, 13].

Carotenoizii din tomate sunt principala sursă de licopen în dieta umană [12] ce conferă culoarea roșie a fructelor și prezintă prin ingerare, o serie de efecte biologice benefice asupra organismului, inclusiv antiinflamatorii, antialergenice, antimicrobiene, vasodilatatoare, antitrombotice, cardioprotectoare și antioxidante [5, 7]. Carotenoizii și compușii polifenolici sporesc valoarea nutritivă a tomatelor și îmbunătățesc proprietățile funcționale sensoriale, inclusiv gustul, aroma și textura [7, 11].

Scopul cercetărilor noastre a fost evaluarea soiurilor și liniilor noi de tomate pe baza parametrilor biochimici ai fructelor și selectarea celor mai valoroase pentru includerea lor în procesul de ameliorare la crearea noilor soiuri cu proprietăți gustative înalte.

### **Materiale și metode**

Materialul biologic de cercetare a fost reprezentat de 3 soiuri: Mary Gratefully, Dargen, Dorința și 8 linii – L304, L305, L306, L307, L308, L309, L310, L 311 create în Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor, USM (Tab.1).

Experiențele au fost efectuate în condiții de laborator și câmp. Tomatele au fost crescute prin cultură de răsad în trei repetiții după metodă standard [14].

Substanța uscată s-a determinat prin uscare [20], conținutul de zahăruri – prin metoda antronului [21], vitamina C în fructe și aciditatea – conform standardelor în vigoare [16, 17]. Cantitatea de carotenoizi în fructele a fost stabilită prin metodă spectrofotometrică [15, 22].

Analizele clusteriene au fost efectuate prin construirea dendrogramelor (algoritm aglomerativ-iterațional, metoda Ward) [4, 6]. Datele obținute au fost prelucrate statistic cu ajutorul softului STATISTICA 7.

### **Rezultate și discuții**

Una dintre principalele condiții la cultivarea tomatelor atât în spații închise, cât și în câmp deschis neprotejat este calitatea fructului. Un indicator important al calității fructelor este compoziția lor biochimică. Fructele cu o concentrație mare de substanțe uscate sunt mai gustoase, asigură un randament mare la procesare, o transportabilitate și termen de valabilitate înalt. În ceea ce privește compoziția chimică, soiurile și liniile evaluate în a. 2023 demonstrează o valoare și calitate înaltă a fructelor, în special în ceea ce privește conținutul de substanță uscată și raportul zahăr/aciditate. În cazul genotipurilor studiate, conținutul de substanță uscată se încadrează în intervalul valoric de 4,68-7,07%, conținutul maxim fiind constatat la soiul Dargen și linia L 311 (Tabelul 1).

Cea mai mare parte din substanța uscată a fructelor de tomate sunt carbohidrați, dintre care principalii sunt zaharurile solubile. Conform datelor obținute de A.V. Kuzemsky [19] conținutul de zahăr din fructele hibrizilor F<sub>1</sub> de tomate a variat între 2,81–4,41%, iar Ignatova și colab. [18] au înregistrat un conținut de zahăr între 2,12–6,00%. În studiile noastre, conținutul de zahăruri totale în formele cultivate a fost de 2,88–4,13% (tab. 1). Cel mai ridicat conținut al zaharurilor s-a înregistrat la linia L 304 (4,13 %).

Gustul tomatelor depinde mult de raportul zahăr/aciditate. Acest indice s-a încadrat în limitele 5,36-7,65. Din punct de vedere al echilibrului zahăr-aciditate pot fi evidențiate soiurile Dargen și linia L 304 – 7,38 și 7,65, respectiv.

Valoarea nutritivă a fructelor de tomate este determinată, în primul rând, de conținutul ridicat de vitamine, printre care acidul ascorbic (vitamina C) ocupă unul dintre primele locuri. Analizele privind conținutul de vitamina C pun în evidență valori mai ridicate la soiul Dargen (25,6 mg/%) și linia 307 (23,4 mg/%).

Tabelul 1

**Variabilitatea caracterelor biochimice la tomate (anul 2023)**

| Soi, linie      | Substanță uscată, % | Zaharuri, % | Aciditate | Vitamină C, mg/% | Indice zahăr / aciditate | Conținut (mg/100 g) |         |
|-----------------|---------------------|-------------|-----------|------------------|--------------------------|---------------------|---------|
|                 |                     |             |           |                  |                          | $\beta$ -caroten    | licopen |
| Mary Gratefully | 5,43                | 3,09        | 0,42      | 21,19            | 7,36                     | 2,14                | 1,91    |
| Dargen          | 7,06                | 3,69        | 0,50      | 25,57            | 7,38                     | 1,9                 | 1,35    |
| Dorința         | 5,43                | 3,02        | 0,50      | 21,76            | 6,04                     | 1,78                | 1,41    |
| L 304           | 6,10                | 4,13        | 0,54      | 22,80            | 7,65                     | 2,33                | 1,83    |
| L 305           | 6,39                | 3,39        | 0,51      | 21,58            | 6,65                     | 2,04                | 1,65    |
| L 306           | 4,68                | 2,88        | 0,42      | 18,48            | 6,86                     | 1,71                | 1,77    |
| L 307           | 5,06                | 3,19        | 0,44      | 23,40            | 7,25                     | 3,68                | 0,22    |
| L 308           | 6,21                | 3,25        | 0,53      | 19,19            | 6,13                     | 4,18                | 0,88    |
| L 309           | 4,71                | 3,05        | 0,45      | 22,03            | 6,78                     | 2,88                | 0,92    |
| L 310           | 6,30                | 3,41        | 0,47      | 19,99            | 7,25                     | 0,95                | 0,47    |
| L 311           | 7,07                | 3,16        | 0,59      | 20,58            | 5,36                     | 2,11                | 0,34    |

Analiza rezultatelor obținute demonstrează că liniile evaluate se deosebesc esențial și în baza conținutului de licopen și caroten. Conținutul de licopen a variat în limitele 0,22-1,91 mg/100 g masă umedă în dependență de genotip și culoarea acestora. Este necesar de menționat, că cel mai înalt conținut de licopen a fost înregistrat la formele de culoare roșie. Un conținut sporit de licopen s-a constatat la soiurile: Mary Gratefully, Dargen, Dorința și liniile L 304, L 305, L 306 care au înregistrat valori de 1,91; 1,35; 1,41; 1,83; 1,65; 1,77 mg/100 g masă umedă, respectiv. Datele obținute denotă că soiurile și liniile evaluate au înregistrat o variabilitate înaltă în ceea ce privește conținutul de  $\beta$ -caroten care se încadrează în intervalul valoric de 0,95-4,18 mg/100 g masă umedă. Un conținut sporit de  $\beta$ -caroten a fost înregistrat la liniile 307 (3,68 mg/100 g) și 308 (4,18 mg/100 g).

Prin analiză corelațională s-a demonstrat o dependență semnificativă între conținutul de substanță uscată și aciditate, zaharuri totale și vitamină C ( $r = 0,77^*$  și  $r = 0,88^*$ , respectiv), precum și o relație medie pozitivă între conținutul de substanță uscată și zahăr ( $r = 0,55$ ), aciditate și zahăr ( $r = 0,45$ ) și slab pozitivă între substanță uscată și vitamină C ( $r = 0,23$ ); aciditate și vitamină C ( $r = 0,22$ ); licopen și vitamină C (0,21). S-a constatat o corelație slab negativă între conținutul de substanță uscată și  $\beta$ -caroten ( $r = -0,20$ ); licopen și  $\beta$ -caroten ( $r = -0,29$ ) (Tabelul 2).

Tabel 2

**Dependențe corelaționale (r) între calitatea biochimică a fructelor de tomate**

|                                                |       |
|------------------------------------------------|-------|
| Substanță uscată, % – Zahăr, %                 | 0,55  |
| Substanță uscată, % – Aciditate, %             | 0,77* |
| Zahăr, % – Vitamină C, mg/%                    | 0,88* |
| Aciditate, % – Zahăr, %                        | 0,45  |
| Substanță uscată, % – Vitamina C, mg/%         | 0,23  |
| Substanță uscată, % – $\beta$ -caroten         | -0,20 |
| Licopen, mg/100 g – $\beta$ -caroten, mg/100 g | -0,29 |

\*- $p < 0,05$ .

Dendrograma de repartiție a soiurilor și liniilor luate în studiu, demonstrează existența similitudinilor sau deosebirilor semnificative pe baza unui complex de caractere – conținutul de

substanță uscată (%), zahar (%), aciditate (%), indicele zahăr / aciditate, vitamină C (mg/%), luate ca criterii de clasificare (Figura1).

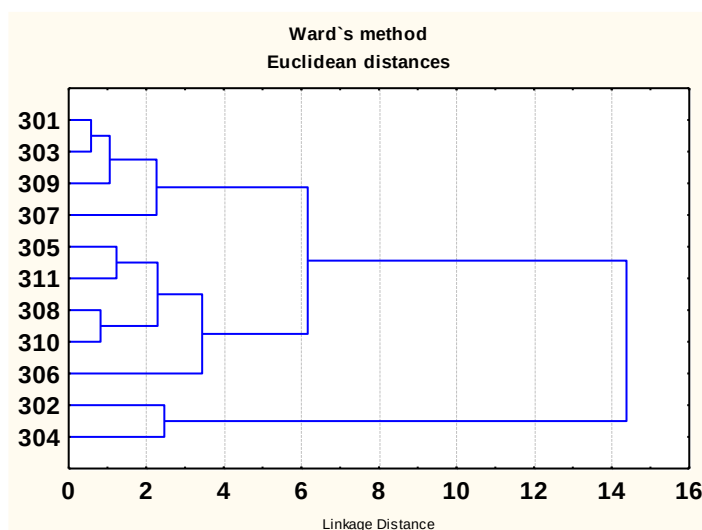


**Figura 1. Dendrograma de repartiție a soiurilor și liniilor de tomate pe baza caracterelor biochimice:** 301 – Mary Gratefully, 302 – Dargen, 303 – Dorința, 304 – L 304, 305 – L 305, 306 – L 306, 307 – L 307, 308 – L 308, 309 – L 309, 310 – L 310, 311 – L 311

Pentru identificarea genitorilor de tomate cu însușiri complexe valoroase, s-a aplicat metoda clusteriană *k*-medii. Datele obținute, denotă că clusterizarea în 3 grupuri de similitudine a fost mai reușită pe baza conținutul de vitamină C și zahăruri, demonstrată prin faptul că varianța interclusteriană a fost mult mai mare decât cea intraclusteriană (Tabelul 3).

**Tabelul 3**

**Analiza varianței caracterelor biochimice la tomate**

| Variantă         | Varianță interclusteriană | df | Varianță intraclusteriană | df | F     | p    |
|------------------|---------------------------|----|---------------------------|----|-------|------|
| Substanță uscată | 2,24                      | 2  | 5,04                      | 8  | 1,78  | 0,23 |
| Zăharuri         | 0,92                      | 2  | 0,33                      | 8  | 11,02 | 0,01 |
| Aciditate        | 0,01                      | 2  | 0,02                      | 8  | 0,99  | 0,41 |
| Vitamină C       | 67,70                     | 2  | 7,87                      | 8  | 34,43 | 0,00 |
| $\beta$ -caroten | 0,28                      | 2  | 8,21                      | 8  | 0,13  | 0,87 |
| Licopen          | 0,74                      | 2  | 3,15                      | 8  | 0,93  | 0,43 |

Prin clasificarea genotipurilor pe baza caracterelor evaluate se poate observa că clusterelor 1 și 2 se caracterizează prin indici înalți ai conținutului de vitamină C – 21,99-26,68 mg/%, iar clusterul 3 (L 306, L 308, L 310, L 311) înregistrează o medie înaltă (6,06/%) a conținutului de substanță uscată (Tabelul 4).

Valori înalte ale caracterelor biochimice (substanță uscată – 6,58%, zaharuri – 3,91%, aciditate – 0,52, vitamină C – 26,68 mg/%, licopen – 1,59 mg/100 g ) au înregistrat soiul Dargen și linia L 304, ele prezentând astfel interes în procesul de ameliorare la crearea soiurilor cu proprietăți gustative înalte.

Tabelul 4

**Analiza clusteriană (k-medii) a repartiției genotipurilor de tomate în clase pe baza caracterelor biochimice, 2023**

| Cluster | Caracter                   | x     | Genotip                                         |
|---------|----------------------------|-------|-------------------------------------------------|
| 1       | Substanță uscată, %        | 5,40  | Mary Gratefully,<br>Dorința, L 305, L 307, L309 |
|         | Zăharuri, %                | 3,15  |                                                 |
|         | Aciditate, %               | 0,46  |                                                 |
|         | Vitamină C, mg/%           | 22,0  |                                                 |
|         | Licopen, mg/100 g          | 2,50  |                                                 |
|         | $\beta$ -caroten, mg/100 g | 1,22  |                                                 |
| 2       | Substanță uscată, %        | 6,58  | Dargen, 304                                     |
|         | Zăharuri, %                | 3,91  |                                                 |
|         | Aciditate, %               | 0,52  |                                                 |
|         | Vitamină C, mg/%           | 26,68 |                                                 |
|         | Licopen, mg/100 g          | 2,11  |                                                 |
|         | $\beta$ -caroten, mg/100 g | 1,59  |                                                 |
| 3       | Substanță uscată, %        | 6,06  | L 306, L 308, L 310, L 311                      |
|         | Zăharuri, %                | 3,17  |                                                 |
|         | Aciditate, %               | 0,50  |                                                 |
|         | Vitamină C, mg/%           | 19,56 |                                                 |
|         | Licopen, mg/100 g          | 2,24  |                                                 |
|         | $\beta$ -caroten, mg/100 g | 0,86  |                                                 |

### Concluzii

Analiza biochimică a fructelor de tomate – conținutul de substanță uscată (%), zahar (%) , aciditate (%), indice zahăr / aciditate, vitamină C (mg/%), licopen (mg/100 g),  $\beta$ -caroten (mg/100 g) la soiurile și liniile de perspectivă a demonstrat dependența caracterelor de genotipul plantei.

Analiza corelațională (r) a indicilor caracterelor de calitate a fructelor de tomate a demonstrat că pe baza materialului aflat în studiu, pot fi obținute noi genotipuri de tomate cu asociere reușită a caracterelor *substanță uscată – aciditate, zahăr – vitamină C*, pentru care a existat o dependență semnificativă: 0,77\* și 0,88\* ( $p < 0.05$ ).

Au fost identificați soiul Dargen și linia L 304 de tomate cu valori înalte ale caracterelor biochimice (substanță uscată – 6,58%, zaharuri – 3,91%, aciditate – 0,52, %, vitamina C – 26,68 mg/%, licopen – 1,59 mg/100 g), care pot fi implementate în programele de ameliorare la crearea soiurilor cu proprietăți gustative înalte.

**Notă.** Cercetările au fost efectuate în cadrul proiectului Programului de Stat 011102 "Extinderea și conservarea diversității genetice, ameliorarea genofondurilor de culturi agricole în contextul schimbărilor climatice", finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al RM.

### Referințe

1. Botnari, V. Problemele actuale în ameliorarea și organizarea producerii semințelor de legume. În: *Buletinul AȘM. Științele vieții*, 2015, 2(326), p. 70-75.
2. Chandra, H.M., Ramalingam, S. Antioxidant potentials of skin, pulp, and seed fractions of commercially important tomato cultivars. In: *Food Sci. Biotechnol.*, 2011, 20(1), p. 15-21. doi:10.1007/s10068-011- 0003-z.
3. Friedman, M. Anticarcinogenic, cardioprotective, and other health benefits of tomato compounds lycopene,  $\alpha$ -tomatine, and tomatidine in pure form and in fresh and processed tomatoes. In: *J. Agric. Food Chem.*, 2013, 61(40), p.9534-9550. doi: 10.1021/jf402654e.

4. Kanavi, M. S. P., Prakash, K., Somu, G. et al. Genetic Diversity Study through K-means Clustering in Germplasm Accessions of Green gram [*Vigna radiata* (L.)] Under Drought Condition. In: *Int Journal of Bio-resource and Stress Management*, 2020, 11(2), p. 138-147.
5. Li, Y., Wang, H., Zhang, Y. Et Al. Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? In: *Plant Cell Rep.*, 2018, 37, p. 1443-1450. doi:10.1007/s00299-018-2283-8.
6. Lupașcu, G., Mogîlda, A., Ganea, A. Variability of *Sesamum indicum* L. germoplasm in the reaction to *Alternaria alternata* fungus. In: *Romanian Journal of Biology - Plant Biology*, 2019, 64 (1), p. 49-59.
7. Marti, R., Rosello, S., Cebolla-Cornejo, J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. In: *Cancers (Basel)* 2016, 8, E58. doi:10.3390/cancers8060058.
8. Mihnea, N., Brinza, L., Buceaceaia, S. et al. Variability of some biochemical characteristics in the perspective tomato varieties. In: *Oltenia Journal for Studies in Natural Sciences*, 2017, Tom 33, No. 2, p. 35-38.
9. Mihnea, N., Rudacova, A., Cherdivara, A. et al. Variabilitatea conținutului de licopen și  $\beta$  caroten în fructele de tomate. În: *Studia Universitatis Moldaviane*, Seria "Științe reale și ale naturii", 2022, nr.6 (156), p. 93-97.
10. Mordente, A., Guantario, B., Meucci, E. et al. Lycopene and cardiovascular diseases: In: *An update Curr. Med. Chem.*, 2011, 18, p.1146-1696.
11. Togge, T., Fernie, A.R. Metabolomics-insoired insight into developmental, environmental and genetic aspects of tomato fruit chemical composition and quality. In: *Plant Cell Physiol.*, 2015, 56, p. 1681-1696. doi: 10.1093/pcp/pcv093.
12. Viuda-Martos, M., Sanchez-Zapata, E., Sayas-Barbera, E. et al. Tomato and tomato byproducts. Human health benefits of lycopene and its application to meat products: a review. Crit. Rev. In: *Food Sci. Nutr.*, 2014, 54, p. 1032-1049. doi:10.1080/10408398.2011.623799.
13. Wei, M.Y., Giovannucci, E.L. Lycopene, tomato products, and prostate cancer incidence: a review and reassessment in the PSA screening era. In: *J. Oncol.*, 2012, 2012:271063. doi: 10.1155/2012/271063.
14. Ершова, В.Д. Возделывание томатов в открытом грунте. Кишинёв: Штиинца, 1978, 279 с.
15. Голубкина, Н.А., Молчанова, А.В., Тареева, М.М. и др. Количественная тонкослойная хроматография в оценке каротиноидного состава томата. В: *Овощи России*, 2017, 5. стр. 96-99.
16. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. Технические условия. М., 2003.
17. ГОСТ 25555.0-82. Продукты переработки фруктов и овощей. Метод определения общей кислотности. М., 2010.
18. Игнатова, С.И., Бабак, О.Г., Багирова, С.Ф. Создание высококопировых гибридов томата с использованием традиционных методов селекции и молекулярных маркеров. В: *Овощи России*. 2020, 5, с. 22-28. DOI 10.18619/2072-9146-2020-5-22-28.И
19. Куземенский, А.В. Селекционно-генетические исследования мутантных форм томата. Харьков: МАГДА ЛТД, 2004, 391с.
20. Мурашев, С. В. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах: метод. указания / С. В. Мурашев, А. Л. Ишевский, Н. А. Уварова. СПб., 2007, 24 с.
21. Практикум по биохимии / Под ред. С. Е. Северина и Г. А. Соловьевой, 2-е изд. – М.: изд. МГУ, 1989, 509 с.
22. Тринеева, О. В., Сливкин, А. И. Валидация методики определения каротиноидов в плодах облепихи различными способами консервации. В: Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация, 2016, 2, с. 145-151.