

Uticaj *rin* gena na dužinu čuvanja i promenu hemijskog sastava plodova F₁ hibrida paradajza

- Originalni naučni rad -

Živoslav MARKOVIĆ, Jasmina ZDRAVKOVIĆ, Dejan CVIKIĆ,
Nenad PAVLOVIĆ i Milan ZDRAVKOVIĆ
Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka

Izvod: Usporeno sazrevanje i dugo čuvanje plodova paradajza je svojstvo koje kontroliše više gena inhibitora zrenja (*nor* - *non-ripening*, *nr* - *never ripe*, *rin* - *ripening inhibitor*, *alc*- *alcobaca*). U našim oplemenjivačkim programima najbolje rezultate su imale kombinacije *rin/rin*⁺ genotipa. Plodovi ovih genotipova sporo sazrevaju, čuvaju se 2-3 nedelje i sve to vreme imaju zadovoljavajuću boju, čvrstoću i ukus. Rezultat ovih oplemenjivačkih programa su hibridi: nada F₁, šampion F₁, trezor F₁, sidra F₁ i rebus F₁.

Linije sa *rin* mutacijom su korišćene kao majčinske komponente da bi se povećala dužina čuvanja plodova, prvenstveno značajna iz komercijalnih razloga. Muške komponente (očevi) ovih hibrida imaju *rin*⁺/*rin*⁺ genetičku konstituciju.

Dužina čuvanja plodova paradajza je bila najduža kod homozigotnih linija sa *rin* genom (*rin/rin* genotipa) home-3, home-4 i home-5, od 118 do 125 dana. Kod heterozigotnih *rin/rin*⁺ hibrida nada F₁, šampion F₁, trezor F₁, sidra F₁ i rebus F₁ dužina čuvanja plodova bila je od 18 do 30 dana. Ovaj period zadovoljava zahteve lokalnog tržišta i supermarketa i znatno je duži nego kod komercijalnih hibrida balkan F₁ i marco F₁ (5 do 8 dana) koji su *rin*⁺/*rin*⁺ genotipa.

Smanjenje sadržaja ukupnih kiselina i likopena u heterozigotnim *rin/rin*⁺ F₁ hibridima paradajza nije statistički značajno.

Nema statistički značajne razlike između hibrida i linija u hemijskom sastavu izuzev sadržaja likopena. Majčinske komponente hibrida (*rin/rin* genotipa) imaju nizak sadržaj likopena (6,0-6,8 mg%) u odnosu na sve hibride kod kojih je njegov sadržaj znatno veći (13,2-22,4 mg%).

Ključne reči: Dužina čuvanja plodova, hibridi paradajza, inhibitori zrenja, sadržaj likopena.

Uvod

Lokalno tržište Srbije zahteva sorte paradajza sa krupnim i čvrstim plodovima, koji se dugo čuvaju, sa prijatnim blagim kiselo-slatkim ukusom, otpornim na bolesti u nepovoljnim proizvodnim uslovima. Iz tih razloga je Institut za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci napravio programe oplemenjivanja u cilju stvaranja F₁ hibrida paradajza krupnih plodova, produženog perioda čuvanja.

Usporeno sazrevanje i dugo čuvanje plodova paradajza je svojstvo koje kontroliše više gena inhibitora zrenja (*nor - non ripening*, *nr - never ripe*, *rin - ripening inhibitor*, *alc- alcobaca*) i drugih, **Tigchelaar i sar.**, 1973, 1978, **Mutscheler**, 1984, **Agar i sar.**, 1994. Linije paradajza ovih genotipova sazrevaju sporo. Period sazrevanja odnosno čuvanja plodova traje od tri nedelje do šest meseci.

U predhodnim istraživanjima rađenim u Institutu za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci utvrđeno je da *rin* genotip povećavao čvrstinu i produžavao period čuvanja plodova paradajza, **Cvikić i sar.**, 1998, 1999, 2002, 2003, **Zdravković i sar.**, 2002, 2003).

Linije sa *rin* mutacijom korišćene su kao majčinske komponente da bi se produžila dužina čuvanja plodova, prvenstveno značajna iz komercijalnih razloga.

Materijal i metode

U periodu 2004-2009 realizovana su istraživanja bioloških, hemijskih i organoleptičkih svojstava linija paradajza koje poseduju gen inhibitore zrenja (*nor - non ripening*, *nr - never ripe*, *rin - ripening inhibitor*, *alc- alcobaca*). U proces oplemenjivanja su uključene tri linije *rin* genotipa: home-3, home-4 i home-5.

Urađeno je više od 100 F₁ kombinacija (korišćenjem modela sorte) u cilju stvaranja F₁ hibrida paradajza sa čvrstim, krupnim plodovima koji se čuvaju duži vremenski period (produženi period sazrevanja). Majčinske roditeljske linije su imale *rin/rin* genetičku konstituciju. Recesivni *rin* alel u homozigotnom stanju (*rin/rin*) uslovljava čvrste plodove, koji imaju produžen period sazrevanja ali su i svetlije beličaste boje zbog manjeg sadržaja likopena i β-karotina. Očinske roditeljske linije su bile krupnih plodova, izrazito tamno crvene boje ploda i *rin⁺/rin⁺* genetičke konstitucije.

Sve F₁ kombinacije i oplemenjivačke linije su testirane u preliminarnim i komparativnim ogledima u poređenju sa veoma raširenim u proizvodnji srednje ranim hibridima za otvoreno polje balkan F₁ and marco F₁. Eksperiment je rađen tokom tri godine u četiri lokacije. Uzimani su podaci za rani prinos (berbe do 30. jula u kg/ha), ukupan prinos (kg/ha), prosečnu masu ploda (g) i dužinu perioda čuvanja plodova u danima (do 5% oštećenih plodova). Hemijski sadržaj je meren za suhu materiju (%), vitamin C (mg%), ukupane kiseline (%), ukupne šećere (%) i sadržaj likopena koji je izražen u mg na 100 grama soka paradajza dobijenog postupkom tople prerade (*hot break procedure*).

Rezultati i diskusija

Linije sa *rin* mutacijom su korišćene kao roditeljske komponente da bi se proizvelo čuvanja plodova, prvenstveno značajno iz komercijalnih razloga. Majčinske roditeljske linije su imale *rin/rin* genetičku konstituciju. Očinske roditeljske linije su bile krupnih plodova, izrazito tamno crvene boje ploda i *rin⁺/rin⁺* genetičke konstitucije.

Rani prinos bio je najviši kod komercijalnih hibrida (*rin⁺/rin⁺* genotipa) balkan F₁ i marco F₁, a zatim kod novih *rin/rin⁺* hibrida nada F₁, šampion F₁, trezor F₁, sidra F₁ i rebus F₁, a najniži kod roditeljskih linija home-3, home-4 i home-5, homozigota, *rin/rin* genetičke konstitucije (Table 1).

Ukupan prinos je bio najviši kod novih hibrida sidra F₁, nada F₁, rebus F₁, trezor F₁ i šampion F₁ i hibrida marco F₁, a najniži kod roditeljskih *rin/rin* linija (Table 1).

Prosečna masa ploda je bila najveća kod novih hibrida sidra F₁ i šampion F₁ i hibrida marco F₁, a najniža kod roditeljskih *rin/rin* linija (Tabela 1).

Tabela 1. Prinos i morfološka svojstva novih hibrida paradajza sa plodovima koji se dugo čuvaju

Yield and Morphological Traits of New Tomato Hybrids of Long Shelf Life

Sorta /genotip Cultivars/genotype	Rani prinos Early yield (do/up to 15.07.)		Ukupan prinos Total yield		Masa ploda (g) Fruit weight	Broj komora Locule number	Period čuvanja (dana) Shelf life (days)
	kg/ha	%	kg/ha	%			
Balkan F ₁ (<i>rin⁺/rin⁺</i>)	55525*	100	72830*	100	162	4-6	5
Nada F ₁ (<i>rin/rin⁺</i>)	32246 ⁻	58	91640 ⁺⁺	116	199 ⁺⁺	>6	18
Marco F ₁ (<i>rin⁺/rin⁺</i>)	34425 ⁻	62	85600 ⁺⁺	109	202 ⁺⁺	6-8	8
Šampion F ₁ (<i>rin/rin⁺</i>)	29863 ⁻	54	90650 ⁺⁺	115	206 ⁺⁺	>6	30
Sidra F ₁ (<i>rin/rin⁺</i>)	31320 ⁻	56	97320 ⁺⁺	123	223 ⁺⁺	4-5	22
Rebus F ₁ (<i>rin/rin⁺</i>)	27450 ⁻	49	87600 ⁺⁺	111	195 ⁺	5-6	20
Home-3 (<i>rin/rin</i>)	23250 ⁻	42	61720 ⁻	78	152	4-5	118
Home-4 (<i>rin/rin</i>)	22350 ⁻	40	65380 ⁻	90	160	4-5	120
Home-4 (<i>rin/rin</i>)	20695 ⁻	37	64260 ⁻	89	155	4-5	125
LSD	0,05	2860	5965	25,3			
	0,01	3642	7575	33,7			

* Standard za sve osobine - Standard for all traits

Dužina čuvanja plodova (*shelf-life*) je bila najduža kod homozigotnih roditeljskih *rin/rin* linija home-5, home 4 i home-3, od 118 do 125 dana (Table 1). Kod heterozigotnih *rin/rin⁺* nade F₁, šampiona F₁, trezora F₁, sidre F₁ i rebusa F₁ period čuvanja plodova je bio od 18 do 30 dana.

Taj period zadovoljava potrebe tržišta i jedne do dve nedelje je duži nego kod komercijalnih hibrida balkan F₁ i marco F₁ (5-8 dana).

Ova istraživanja su u saglasnosti sa ranijim istraživanjima *Tigheelaar i sar.*,

1973, 1978, **Mutscheler**, 1984, koja pokazuju da linije paradajza genotipova koji imaju gene inhibitore zrenja (*nor* - *non ripening*, *nr* - *never ripe*, *rin* - *ripening inhibitor*, *alc* - *alcobaca*) sazrevaju sporo, a period sazrevanja, odnosno čuvanja plodova traje od tri nedelje do šest meseci.

I naša prethodna istraživanja u Institutu za povrtarstvo u Smederevskoj Palanci pokazala su da *rin* genotip povećava čvrstinu i produžava period čuvanja plodova paradajza, **Cvikić i sar.**, 1998, 1999, 2002, 2003, **Zdravković i sar.**, 2002, 2003, **Marković i sar.**, 2008.

Nije bilo statistički značajnih razlika između hibrida i linija u sadržaju suve materije, ukupnih šećera i ukupnih kiselina, izuzev u sadržaju likopena. Majčinske roditeljske linije *rin/rin* genotipa su imale nizak sadržaj likopena (6,0-6,8 mg%) u poređenju sa svim heterozigotnim *rin/rin*⁺ hibridima, kod kojih je sadržaj likopena bio viši od 13,2 mg% (Table 2).

Tabela 2. Hemijski sastav plodova novih hibrida paradajza
Chemical Composition of Tomato Fruits of New Tomato Hybrids

Sorta /genotip Cultivars/genotype	Suva materija % Dry matter	Vitamin C mg% Vitamin C	Ukupne kiseline % Total acidity	Ukupni šećeri % Total sugars	Likopen mg% Lycopene
Balkan F ₁ (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺)	4,88	33,4	0,39	3,64	19,0 ⁺⁺
Nada F ₁ (<i>rin</i> / <i>rin</i> ⁺)	5,02	32,0	0,32	3,17	18,3 ⁺⁺
Marco F ₁ (<i>rin</i> ⁺ / <i>rin</i> ⁺)	5,84*	28,6*	0,31*	3,68*	22,4 ⁺⁺
Šampion F ₁ (<i>rin</i> / <i>rin</i> ⁺)	5,16	29,4	0,36	3,45	18,2 ⁺⁺
Trezor F ₁ (<i>rin</i> / <i>rin</i> ⁺)	4,98	30,9	0,38	3,49	15,7 ⁺⁺
Sidra F ₁ (<i>rin</i> / <i>rin</i> ⁺)	5,10	29,2	0,37	3,55	14,6 ⁺⁺
Rebus F ₁ (<i>rin</i> / <i>rin</i> ⁺)	5,05	30,5	0,35	3,43	13,2 ⁺⁺
Home-3 (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	5,47	28,6	0,39	3,56	6,0
Home-4 (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	5,50	29,8	0,38	3,50	6,3
Home-5 (<i>rin</i> / <i>rin</i>)	5,62	31,3	0,38	3,62	6,8*
LSD	0,05	1,12	0,09	0,82	3,04
	0,01	1,86	0,11	1,06	3,82

* Standard za osobinu - Standard for that trait

Smanjenje sadržaja ukupnih kiselina u heterozigotnim *rin/rin*⁺ F₁ hibridima paradajza nije statistički značajno i podudara se sa ranijim istraživanjima koje su izveli **Ganeva**, 2003, **Farkas**, 1995.

Zaključak

Ova istraživanja su u saglasnosti sa ranijim istraživanjima da *rin*⁺ gen produžava perioda čuvanja plodova paradajza (*shelf life*).

Linije sa *rin* mutacijom *rin/rin* genotipa home-3, home-4 i home-5 su uspešno

iskorišćene kao majčinske komponente da bi se povećala dužina čuvanja plodova i čvrstina plodova kod heterozigotnih *rin/rin*⁺ F₁ hibrida. Taj period zadovoljava potrebe tržišta i jednu do dve nedelje je duži nego kod komercijalnih hibrida balkan F₁ i marco F₁ (period čuvanja 5 do 8 dana).

Nije bilo statistički značajnih razlika između hibrida i linija u sadržaju suve materije, ukupnih šećera i ukupnih kiselina, izuzev u sadržaju likopena.

Majčinske roditeljske linije *rin/rin* genotipa su imale nizak sadržaj likopena (6,0-6,8 mg%) u poređenju sa svim heterozigotnim *rin/rin*⁺ hibridima, kod kojih je sadržaj likopena bio viši od 13,2 mg%.

Literatura

- Agar, I.T., K. Abak and G. Yarsi** (1994): Effect of different maturity stages on the keeping quality of *nor* (non-ripening), *rin* (ripening inhibitor) and normal type tomatoes. *Acta Hort.* 368: 742-753.
- Cvikić, D., J. Zdravković, I. Ljubanović-Ralević, G. Šurlan-Momirović and Z. Sušić** (2002): β -Carotene content and its changing dynamics in the investigated *nor* and *rin* tomato genotypes. *Acta Hort.* 579: 145-149.
- Cvikić, D., J. Zdravković, Ž. Marković, M. Zdravković and G. Šurlan-Momirović** (1998): Mode of inheritance and phenotypic variability for fruit mass in *rin* and *nor* tomato genotypes. Book of Proceedings of the 2nd Balkan Symposium on Field Crops, July 16-20, 1998, Novi Sad, Yugoslavia, 1: 497-501.
- Cvikić, D., J. Zdravković, N. Pavlović, B. Zečević and R. Đorđević** (2003): Physiological changes in maturity of fruits in *nor* and *rin* tomato genotypes. Book of Proceedings of the 1st Symposium on Horticulture, October 16-20, 2003, Ohrid, Macedonia, pp. 522-527.
- Cvikić, D., J. Zdravković, G. Šurlan-Momirović, Z. Sušić and R. Đorđević** (1999): Inheritance mode and phenotypic variability for fruit firmness in *nor* and *rin* tomato genotypes. *Genetika* **13** (2): 107-114.
- Ganeva, D. and G. Pevichorova** (2003): Productivity and quality of tomato fruits in hybrid combination with the *rin* gene participation. Book of Proceedings of the 1st Symposium on Horticulture, October 16-20, 2003, Ohrid, Macedonia, pp. 315-319.
- Farkas, J.** (1995): Breeding possibilities to extend shelf-life in fresh market tomatoes. *Hort. Sci.* **27** (1/2): 62-65.
- Marković, Ž. J. Zdravković, M. Damjanović, M. Zdravković and R. Đorđević** (2008): New Tomato hybrids with long shelf life. *Acta Hort.* 789: 33-36.
- Mutscheler, A.M.** (1984): Inheritance and linkage of the "Alcobaca" ripening mutant in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **109** (4): 500-503.
- Tigchelaar, E.C., W.B. McGlasso, and R.W. Buescher** (1978): Genetic regulation of tomato fruit ripening. *Hort. Sci.* **13** (5): 508-513.

- Tigchelaar, E.C., M.L. Tomes, A.E. Kerr and D. J. Barman** (1973): A new fruit ripening mutant, non-ripening (*nor*). *Tomato Gen. Coop.* 23: 33-34.
- Zdravković J., Ž. Marković, M. Damjanović and R. Đorđević.** (2003): The expression of *rin* gene in prolonged tomato fruit ripening (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Genetika* 35 (2): 77-83.
- Zdravković J., Ž. Marković, M. Zdravković i N. Pavlović.** (2002): Selekcija paradajza na povećan sadržaj likopina. Tematski zbornik EKO konferencije, 23-28. septembar 2002, Novi Sad, Jugoslavija, II: 281-287.

Primljeno: 12.01.2010.

Odobreno: 18.02.2010.

* *
*

Effects of *rin* Gene on the Shelf-Life and Changes in the Content of Chemical Components of Tomato Fruits in F₁ Tomato Hybrids

- Original scientific paper -

Živoslav MARKOVIĆ, Jasmina ZDRAVKOVIĆ, Dejan CVIKIĆ, Nenad PAVLOVIĆ and Milan ZDRAVKOVIĆ
Institute of Vegetable Crops, Smederevska Palanka

Summary

Slow ripening and a long shelf life of tomato fruits are traits controlled by several ripening inhibitor genes (*nor* - non ripening, *nr* - never ripe, *rin* - ripening inhibitor, *alc*- *alcobaca*). The combinations of a *rin/rin*⁺ genotype showed the best results in our tomato breeding programmes. Fruits of these genotypes ripe slowly, have a 2-3-week shelf life and at the same time have a relatively good colour, firmness and taste. The tomato hybrids, Nada F₁, Šampion F₁, Trezor F₁, Sidra F₁ and Rebus F₁ resulted from these breeding programmes.

The *rin* mutations were used to enhance the shelf-life of tomato fruits in commercial practice, with insignificant effects on the chemical content (decrease of total acidity and lycopene content in fruits) in F₁ tomato hybrids with the *rin/rin*⁺ genetic constitutions. Male parental lines were of the *rin*⁺/*rin*⁺ genetic constitution.

Storage of fruits (shelf-life) was the best in homozygous *rin/rin* parental lines Home-5 and Home-3 (from 118 to 125 days). In heterozygous *rin/rin*⁺ hybrids Nada F₁, Šampion F₁, Trezor F₁, Sidra F₁ and Rebus F₁ shelf life was from 18 to 30 days. This period is satisfactory for market needs and is much better than in commercial hybrids Balkan F₁ and Marco F₁ (5 and 8 days, respectively).

There are now statistical differences between hybrids and lines in chemical components except in the lycopene content. The male parental lines had a low lycopene content (6.0 and 6.8 mg) in comparison with all hybrids (up to 13.2 mg).

Received: 12/01/2010

Accepted: 18/02/2010

Adresa autora:

Živoslav MARKOVIĆ

Institut za povrtarstvo

Karadjordjeva 71

11420 Smederevska Palanka

Srbija

E-mail: zmarkovic@institut-palanka.co.rs