

# PRIMENA POLIURETANSKIH SISTEMA ZA KONTROLISANO OSLOBAĐANJE AGROHEMIKALIJA

Lj. Tanasić<sup>1</sup>, T. Erceg<sup>2</sup>, I. Ristić<sup>2</sup>, J. Tanasić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademija strukovnih studija Šabac, Odsek za poljoprivredno-poslovne studije i turizam, Šabac, Srbija

<sup>2</sup>Univerzitet Novi Sad, Tehnološki fakultet Novi Sad, Srbija

Sa rastom globalne ljudske populacije povećana je potražnja za poljoprivrednim proizvodima. Povećani prinosi rezultat je primene agrohemikalija i naprednih tehnologija. Prekomerna upotreba agrohemikalija dovodi do zagađenja životne sredine i ugrožavanja zdravlja ljudi, pa se sve veća pažnja usmerava na pravilan i kontrolisan uzgoj useva u poljoprivredi. U ovom radu su sintetizovana tri tipa poliuretanskih hidrogelova i ispitana je struktura infracrvenom spektroskopijom sa Fourierovom transformacijom (FTIR), praćena je diferencijalna skenirajuća kalorimetrija (DSC), stepen bubrenja i rast biljne kulture sa i bez hidrogela na biljnoj kulturi paradajza. Đubriva su sistemi rastvorljivi u vodi, koje hidrogelovi mogu da apsorbuju i kasnije ispuštaju u zemljište zajedno sa vodom. Rezultati praćenja biljne kulture su pokazali da primena hidrogelova sa kontrolisanim oslobađanjem đubriva ima izuzetno povoljan uticaj za biljnu kulturu paradajza.

## Uvod

Polimerne mreže su trodimenzionalne strukture nastale uspostavljanjem hemijskih (primarnih) ili fizičkih (sekundarnih) veza između segmenata linearnih lanaca. Posebna klasa polimernih mreža su hidrogelovi - elastične polimerne mreže koje bubre u vodi, ali se u njoj ne rastvaraju. Hidrogelovima koji imaju sposobnost da reaguju na spoljne stimulse posvećuje se velika pažnja zbog širokog spektra primena: inženjering tkiva, kontrolisana isporuka lekova i proteina, senzori gde se bakterije koriste kao indikatori, kao biomedicinski flasteri za brže zarastanje rana, nosači za kontrolisano oslobađanje đubriva u poljoprivredi. Zahvaljujući izuzetnim svojstvima poliuretana, kao najčešće korišćenih polimera, razvijene su brojne ideje za dobijanje poliuretanskih hidrogelova, kao materijala koji će zadržati svojstva poliuretana kao izuzetno stabilna jedinjenja, s jedne strane i dobra svojstva bubrenja i morfologije, koji se može projektovati sa druge strane. Do sada su sintetizovani poliuretanski hidrogelovi, uglavnom za medicinsku primenu, koji se koriste kao zamena za meka tkiva. Međutim, zbog svoje strukture, poliuretanski hidrogelovi su idealni sistemi za poljoprivredu, jer su netoksični, a istovremeno ne zahtevaju mnogo ručnog rada, jer jednom uneti u sistem samo ponovo nabubre i ispuštaju vodu, bez smanjenja kapaciteta bubrenja.

## Sinteza uzoraka

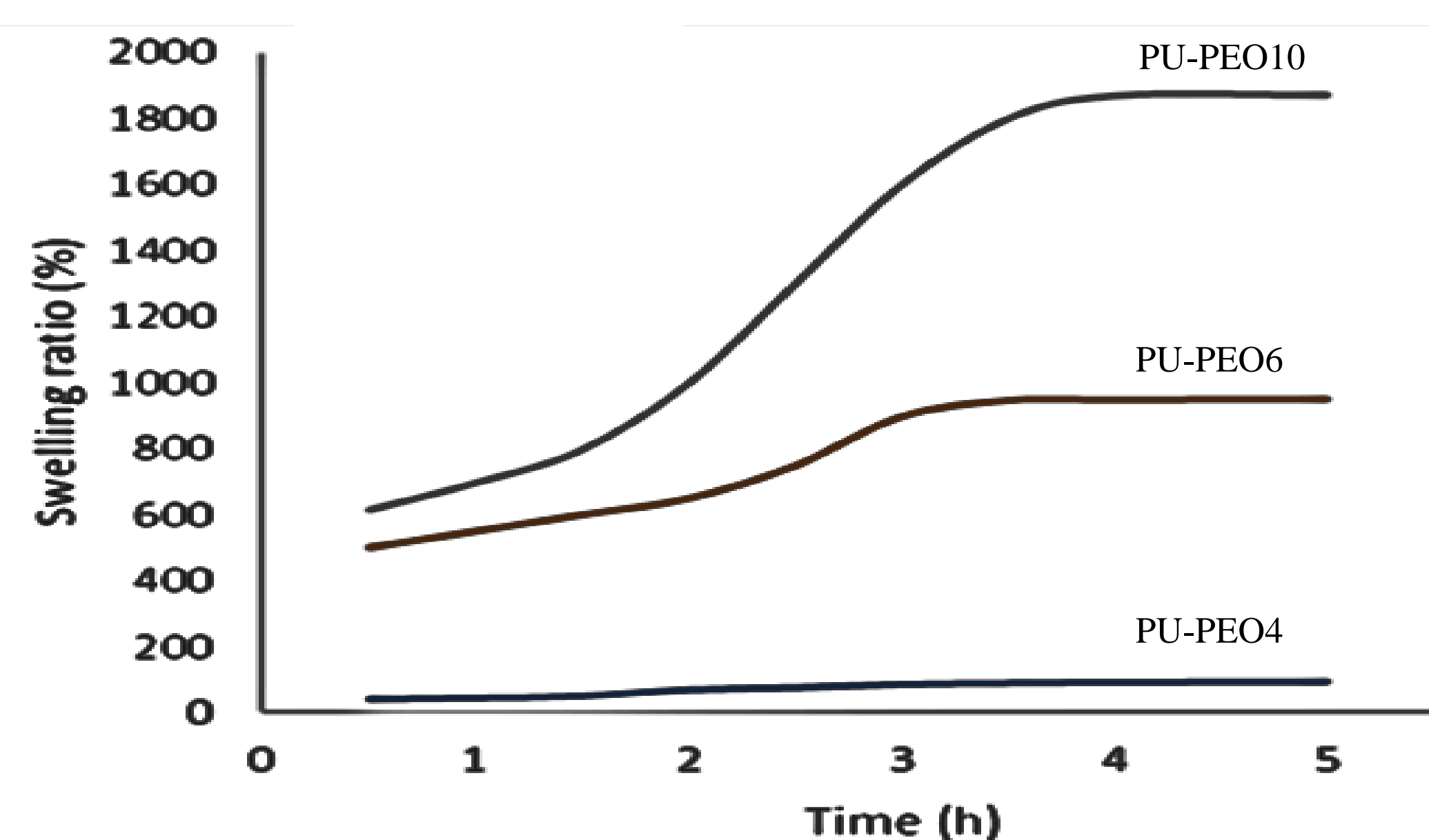
Sintetisana su tri sistema poliuretanskih hidrogelova, sa polietilen oksidom (PEO), različite molekulske mase Mw 4000, Mw 6000, Mw 10000 i polimetilenbis-4-diizocijanata (PMDI). Tetrahidrofuran je korišćen kao rastvarač, a dibutil- kalaj-dilaurat (TID) kao katalizator. Hidrogelovi su sintetizovani sa molarnim odnosom 2: 1 (PEO: PMDI), zbog bolje apsorpcije i zadržavanja vode. Sintetizovani hidrogelovi okarakterisani su infracrvenom spektroskopijom sa Fourierovom transformacijom (FTIR), diferencijalnom skenirajućom kalorimetrijom (DSC), meren je stepen bubrenja i ispitano je zadržavanje vode i mineralnih đubriva u hidrogelu i otpuštanje istih u tlo, gde je predhodno zasađena kultura paradajza.

Tabela. Sastav pripremljenih uzoraka

Uzorak	PMDI (mol)	PEO (mol)	TID (mol)
PU-PEO4	0.001	0.002	0,00001
PU-PEO6	0.001	0.002	0,00001
PU-PEO10	0.001	0.002	0,00001

## Rezultati i diskusija

### Stepen bubrenja



Slika. Rezultati stepena bubrenja

### Rast biljke i otpuštanje vode i mineralnog đubriva

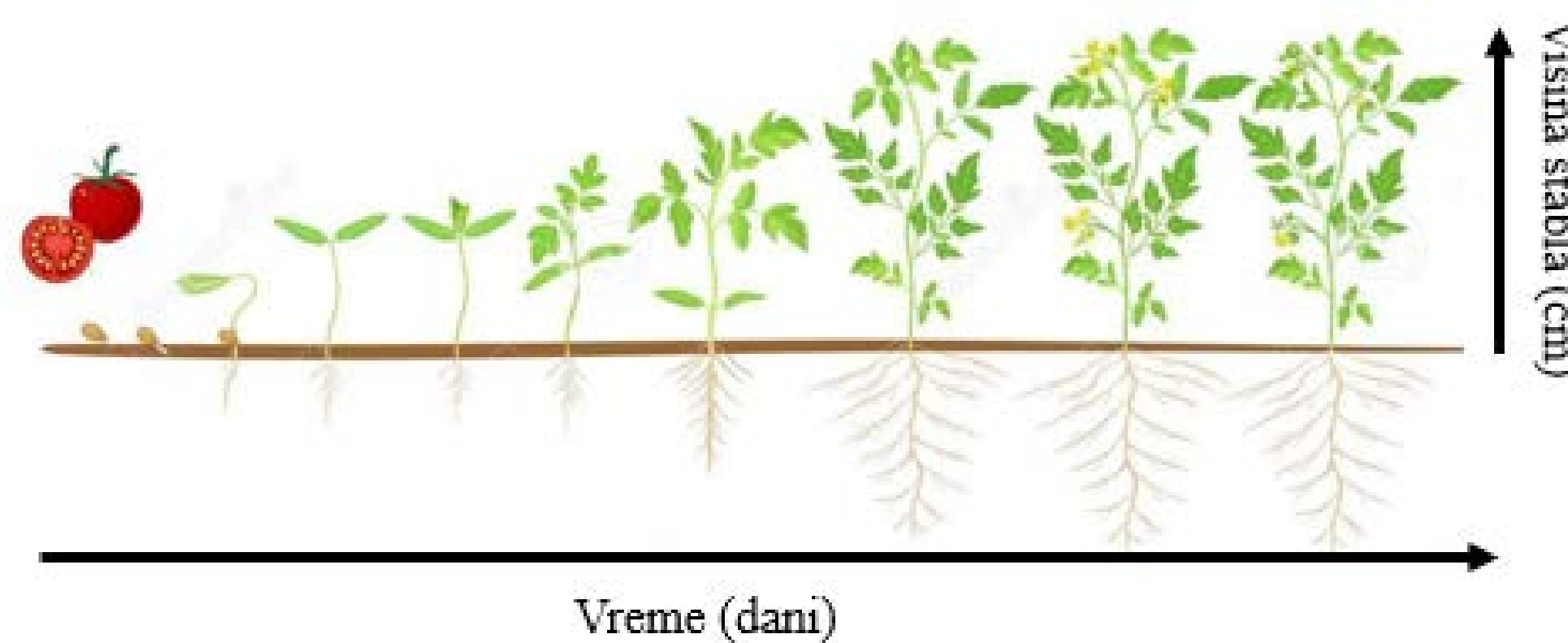
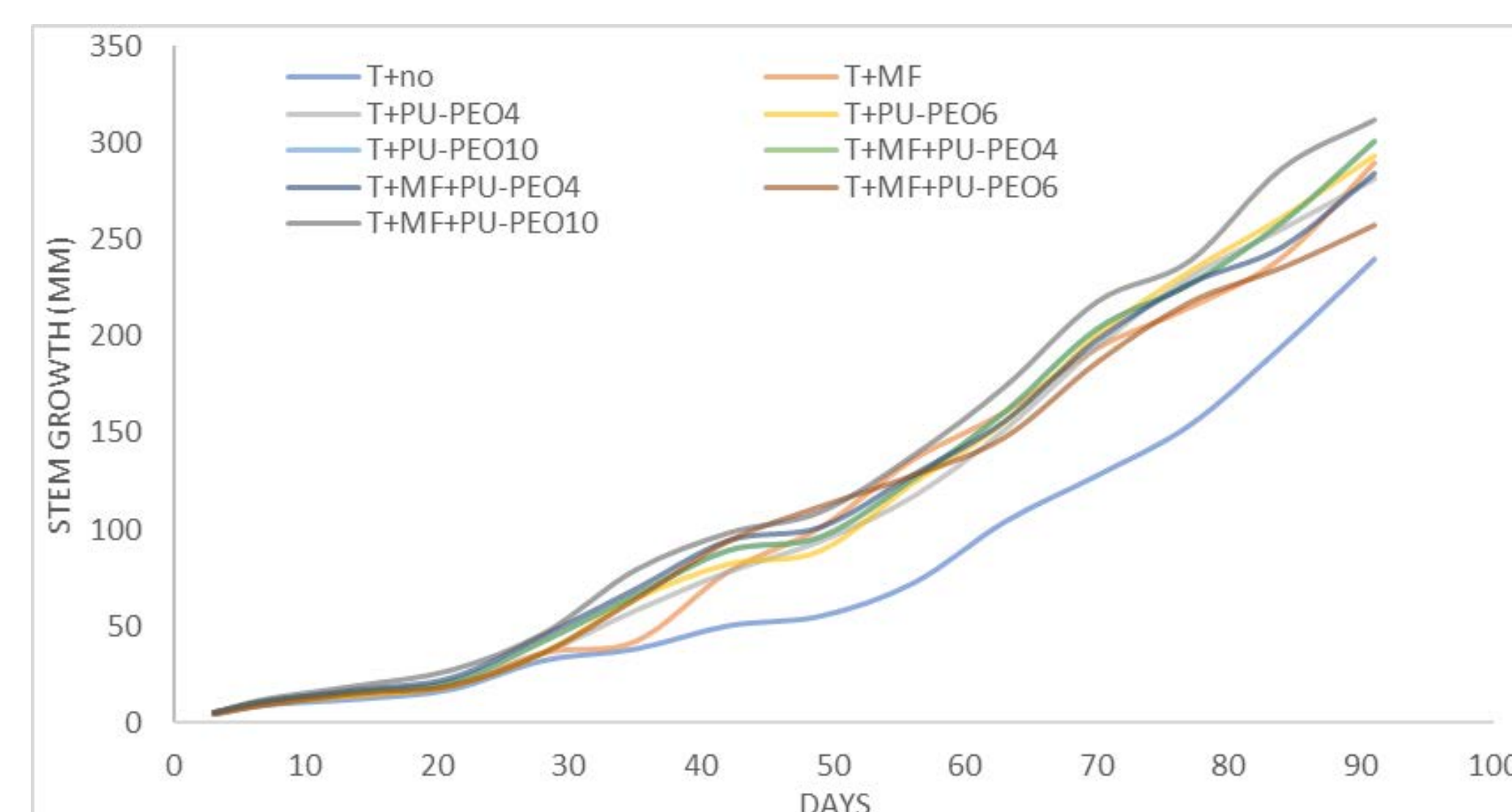


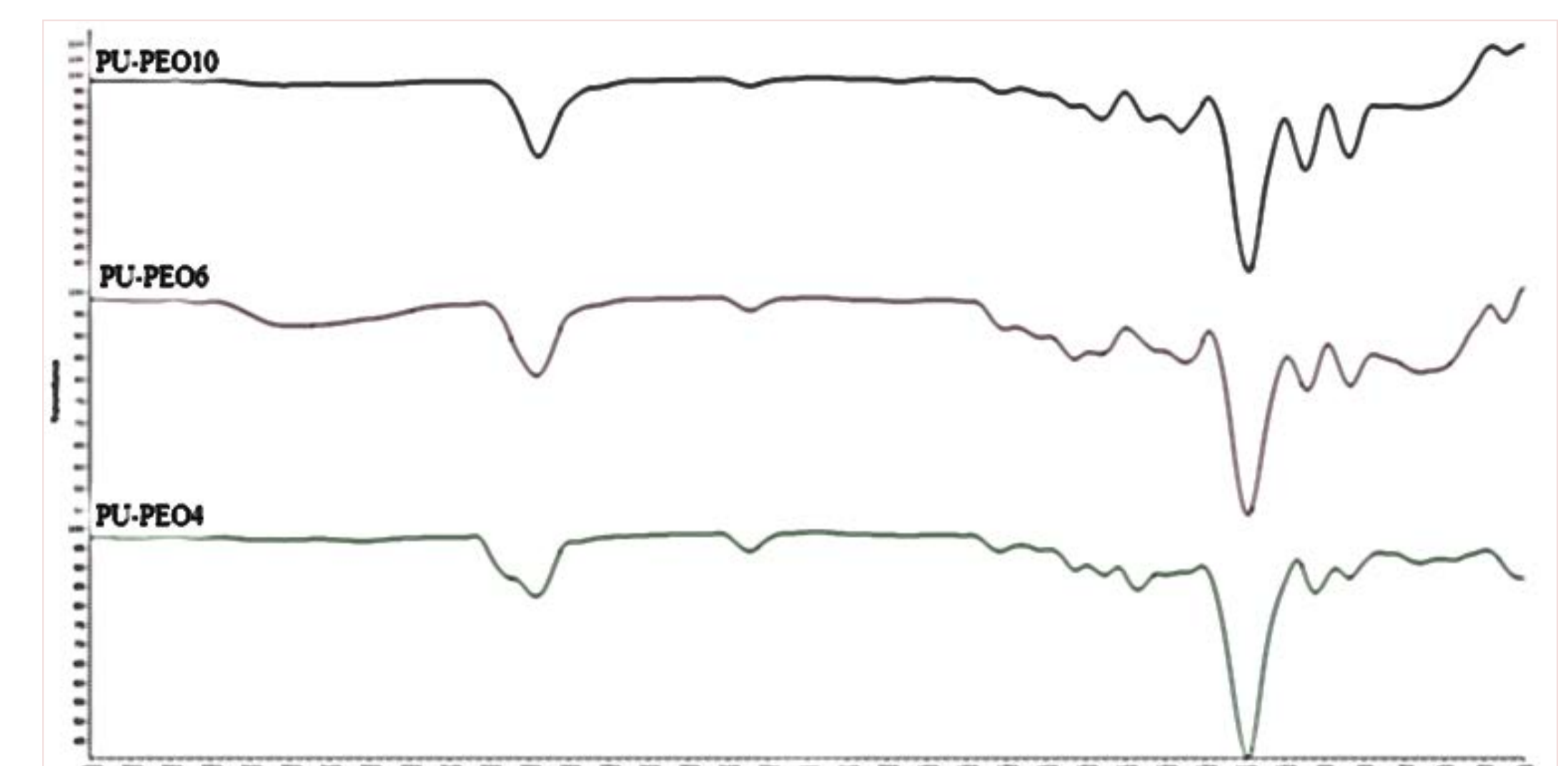
Tabela. Vizuelna detekcija kvaliteta paradajza

Vizuelne karakteristike	T	T+MD	T+PU-PEO4	T+PU-PEO6	T+PU-PEO10	T+MD+PU-PEO4	T+MD+PU-PEO6	T+MD+PU-PEO10
Lišće	Mali, svetlo zeleni	Debeli, tamno zeleni	Tanki, tamno zeleni	Debeli, tamno zeleni	Mali, svetlo zeleni	Debeli, tamno zeleni	Debeli, tamno zeleni	Veliki, svetlo zeleni
Stablo	Tanko, svetlo zeleno	Tanko, tamno zeleno	Tanko, tamno zeleno	Tanko, tamno zeleno	Tanko, svetlo zeleno	Debelo, puno, tamno zeleno	Debelo, puno, tamno zeleno	Debelo, puno, tamno zeleno
Formiranje cveta	52 dan	46 dan	47 dan	45 dan	44 dan	42 dan	39 dan	47 dan
Formiranje ploda	90 dan	86 dan	89 dan	86 dan	88 dan	82 dan	78 dan	89 dan



Slika. Rezultati rasta paradajza bez hidrogelova i đubriva

### FTIR

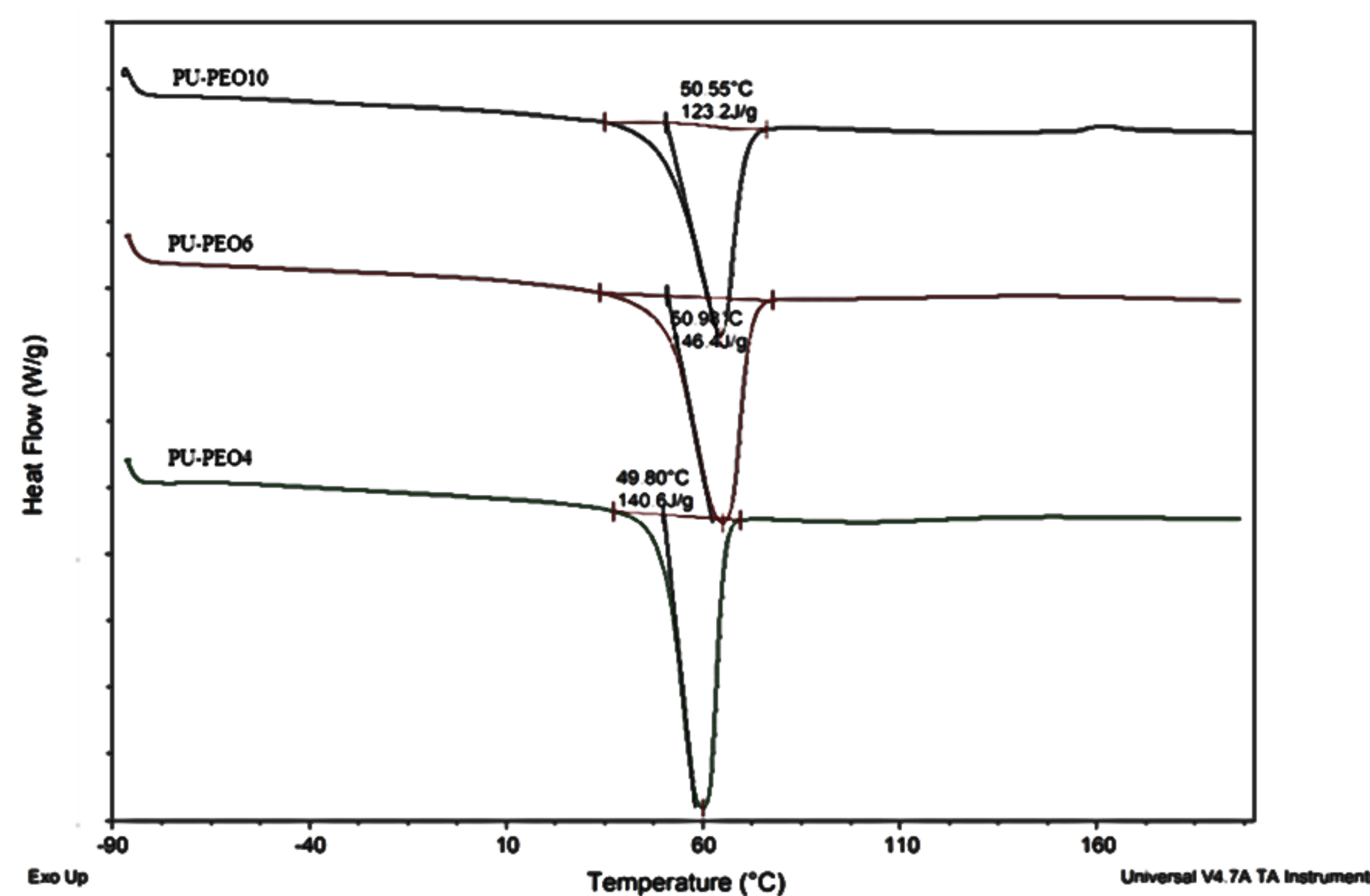


Slika. FTIR rezultati sintetizovanih

Tabela. Rezultati FTIR-a

Pikovi (cm <sup>-1</sup> )	Grupe
3600-3000	OH stretching
2950-2850	C-H stretching
2320	NCO group
1723	NH stretching
1603	C=C stretching
1543	NH bending
1500	C-N-C stretching
1425	CH <sub>2</sub> bending
1345	CH <sub>2</sub> bending
1320	O-H bending
1102	COO stretching
970	C-O stretching
860	C-H bending

### DSC



Slika. DSC rezultati hidrogelova

## Zaključak

Kao procena primene hidrogelova na usevima paradajza, uočen je opšti pozitivan efekat, koji bi predstavljao brz rast, ali održavanje kvaliteta lišća, drveća, plodova i cveća na vreme. Ova kombinacija T + MF + PU-PEO6 pokazala je najbolje rezultate, što se i očekivalo, jer ovaj sistem hidrogela ima optimalno oticanje, a time i oslobađanje vode i đubriva. Ova kombinacija, u odnosu na druge formulacije, dala je jak korenov sistem, snažnu stabljiku, tamnozeleno lišće, vrlo krupne plodove, ravnomerno cvetanje i formiranje plodova.

Autori se zahvaljuju Programu Ministarstva Prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: 451-03-9 / 2021-14 / 200134

[1] Agrochemicals, Polymers for Agri-Food Applications (2019) 99-125. [2] Yoo H.S., Photo-cross-linkable and thermo-responsive hydrogels containing chitosan and Pluronic for sustained release of human growth hormone (hGH), J. Biomater. Sci. Polym., 18 (2007) 1429-1441. [3] Li X., Wang Y., Chen J., Wang Y., Ma J., Wu G., Controlled Release of Protein from Biodegradable Multi-sensitive Injectable Poly(ether-urethane) Hydrogel, ACS Appl. Mater. Interfaces, 6 (2014) 3640-3647. [4] Gennen S., Grignard B., Thomassin J.-M., Gilbert B., Vertruyen B., Jerome C., Detrembleur C., Polyhydroxyurethane hydrogels: Synthesis and Characterizations, Eur. Polym. J. 84 (2016) 849-862. [5] Kazanskii K.S., Dubrovskii S.A., Chemistry and physics of "agricultural" hydrogels, Polyelectrolytes Hydrogels Chromatographic Materials, Adv Polym Sci, 104 (1992) 97-133.