

## KARAKTERIZACIJA PET AMBALAŽE POMOĆU DIELEKTRIČNE TERMIČKE ANALIZE I IMPEDANSNE SPEKTROSKOPIJE

Dragica Chamovska, Daniela Lazova, Toma Grchev, Maja Cvetkovska  
dragica@tmf.ukim.edu.mk

*SS. Cyril and Methodius University, Faculty of Technology and Metallurgy, Skopje,  
R. Macedonia,*

### **Izvod**

*Poli(etilen teraftalat) (PET) je osobito pogodan za ambalažu za hranu, pogotovu za vodu i različita pića, zbog svoje hemijske inertnosti i fizičkih svojstava kao što su adekvatna barijera za gasove, transparentnost, dobra mehanička svojstva, mogućnost recikliranja. Međutim, neka su istraživanja ukazala na prisustvo supstancija u zapakovanoj hrani ili flaširanoj vodi i drugim pićima koja a priori nisu očekivana. Jedan od mogućih izvora tih supstancija je migracija nekih od konstituenata PET ambalaže (monomera, katalizatora, aditiva, degradacionih produkata, nečistoća iz polaznih sirovina i sl.). Ovo je razlog za ogroman broj kontinuiranih istraživanja migracije mogućih kontaminanata iz PET ambalaže u normalnim i ekstremnim uslovima. Budući da je proces migracije iz plastike tesno povezan sa strukturom i fizičkim svojstvima materijala za pakovanje, cilj ovoga rada je ispitivanje strukturnih promena PET ambalaže u različitim medijumima, kod različitih uslova i korelacija dobijenih podataka sa mogućnostima za migraciju mogućih kontaminanata u hranu sa kojom dolazi u kontakt.*

*Pokazano je da obe instrumentalne tehnike, a pogotovu DETA, mogu da ukažu na strukturne promene u polimernom materijalu, u određenim uslovima, uporedivim sa primenom ambalaže, a koje mogu da budu uzrok migracije.*

**Ključne reči:** PET ambalaža za hranu, kontejneri, BoPET folija, flaše, karakterizacija, DETA, IS

## 1. UVOD

Poslednjih dvadesetak godina aktuelne su debate i istraživanja o mogućnostima migracije različitih supstanci iz polimerne ambalaže u zapakovanu hranu kao što su, na primer: različite hemikalije koje mogu da zaostanu iz procesa sinteze polimera (monomeri, inicijatori, rastvarači i sl.), i različiti dodatci u plastiku prilikom prerade i proizvodnje ambalaže, tipa plastifikatora, termičkih i UV stabilizatora, antioksidanasa, lubrikanata, antistatika, pigmenata i boja i posledica po ljudsko zdravlje [1-6].

Prema međunarodnoj regulativi, između polimernih materijala i proizvoda koji se koriste u farmaciji, medicini ili za pakovanje u kozmetičkoj i prehranbenoj industriji i sadržaja koji dolazi u kontakt sa tim materijalima, ili okoline, ne smeju da postoje nikakva fizička ili hemijska uzajamna dejstva. Mogućnosti za migraciju različitih aditiva iz polimernih materijala moraju da se monitoriraju i minimiziraju. Iz tih razloga razvoj postojećih, kao i novih i brzih metoda za karakterizaciju polimernih materijala, za identifikaciju i određivanje aditiva u plastici predstavljaju stalni izazov.

Neki pokazatelji dielektričnih svojstava [7] koji su određivani u ovom radu, kao dielektrična konstanta i dielektrični gubici, zavise od hemijske građe i strukture polimera, kao i od temperature, frekvencije i amplitude napona primenjenog električnog polja. Postojanje veze između dielektričnih svojstava i strukture polimera omogućava primenu impedansne spektroskopije (IS) i dielektrične termičke analize (DETA) za studiranje i procenu strukture i strukturnih promena kod polimera. S druge strane, struktura polimera i promene u strukturi su tesno povezane sa mnogim svojstvima (na primer, mehaničkim, sa otpornošću prema različitim medijumima, sa propustljivošću za gasove i tečnosti i sl.) što je od značaja ako se polimeri koriste za proizvodnju ambalaže i osobito za ambalažu za hranu.

Cilj ovoga rada je da se uspostavi odgovarajuća korelacija između dielektričnih svojstava i strukturnih promena PET [8] u različitim uslovima vezanim za primenu PET ambalaže i na osnovu dobijenih saznanja da se izvuku zaključci o mogućim interakcijama između ambalaže i hrane sa kojom dolazi u kontakt.

## 2. EKSPERIMENTALNI DEO

### 2.1. Uzorci za analizu i njihova priprema

Ispitivani su uzorci PET ambalaže i to: flaše za vino (2l), flaše za sok (0.5 i 1l), kontejneri za hranu i BoPET folije. Flaše su dobijane duvanjem iz odgovarajućih predformi, kontejneri termičkim presovanjem u odgovarajućim kalupima, a folija je dvoosno orientisana. Svi uzorci su komercijalni proizvodi i svi su bezbojni i transparentni. U ovom su radu predstavljeni dobijeni rezultati samo za PET kontejner. Budući da se radi o uglavnom amorfnom materijalu, očekuju se najizraženije strukturne promene, kao posledica različitih tretmana, a samim tim najizraženije su i mogućnosti da se sagleda potencijal korišćenih instrumentalnih tehnika.

Probe (epruvete za ispitivanje) su pripremane sečenjem u obliku krugova sa dijametrom od 3 cm i čišćenjem u alkoholu. Za svaku zavisnost korišćene su po dve epruvete istog uzorka, a u slučaju da dobijene krive nisu identične, snimana je i treća proba. Različite probe su tretirane različito vreme, na različitim temperaturama i u različitim medijumima (96%-ni alkohol, maslinovo ulje, aceton) (15 ml), uglavnom, u zavisnosti od uslova primene.

## 2.2. Korišćene instrumentalne tehnike i određivane fizičke veličine

Određivane su: dielektrična konstanta,  $\varepsilon'$ , dielektrični gubitci,  $\varepsilon''$ , fazno kašnjenje,  $tg \delta = \varepsilon''/\varepsilon'$  i ukupna impedansa  $Z$ , kod različitih temperatura i frekvencija, u različitim uslovima.

Dielektrična svojstva su ispitivana pomoću Polymer Laboratories Dielectric Thermal Analyzer (PL-DETA), sa kapacitetnom ćelijom sa paralelnim pločama ( $A = 7.07 \text{ cm}^2$ ) i  $ac$  električnim poljem, u temperaturnom intervalu od 20 do 180 °C i brzinom zagrevanja od 2, 5 i 15 °C/min.

Impedansna (IS) merenja su izvođena u frekventnom području od 100 kHz do 10 mHz i  $ac$  signalom od 10 mV. Elektronska oprema se sastoji od potenciozata sa mogućnošću za brzo zadavanje potencijala (za vreme od 3  $\mu\text{s}$ ), funkcijskog generatora i frekventnog analizatora (Voltech, TF 2000) i kapacitetne ćelije PL-DET analizatora. Impedansa i fazni ugao  $\theta$  su mereni na sobnoj temperaturi (20 °C). Dobijeni rezultati su predstavljeni kao Bode-ovi dijagrami. Budući da se radi o materijalima sa dobrim dielektričnim svojstvima, impedansa je predstavljena paralelnim ekvivalentnim električnim kolom (EEC), sa kapacitetom  $C$  i omskim otporom  $R$ . Tako, za poznatu debljinu primerka možemo da izračunamo vrednost za  $C$ , kao i za dielektričnu konstantu, iz dobijene frekventne zavisnosti za  $Z$  i fazni ugao  $\theta$ , pomoću jednačina:

$$C' = [\sin \theta / (|Z| 2\pi f)] 10^{12}$$

$$C'' = [\cos \theta / (|Z| 2\pi f)] 10^{12}$$

$$\varepsilon' = 11.3 \times L \times C' / A$$

$$\varepsilon'' = 11.3 \times L \times C'' / A$$

$$\varepsilon'' / \varepsilon' = tg \delta$$

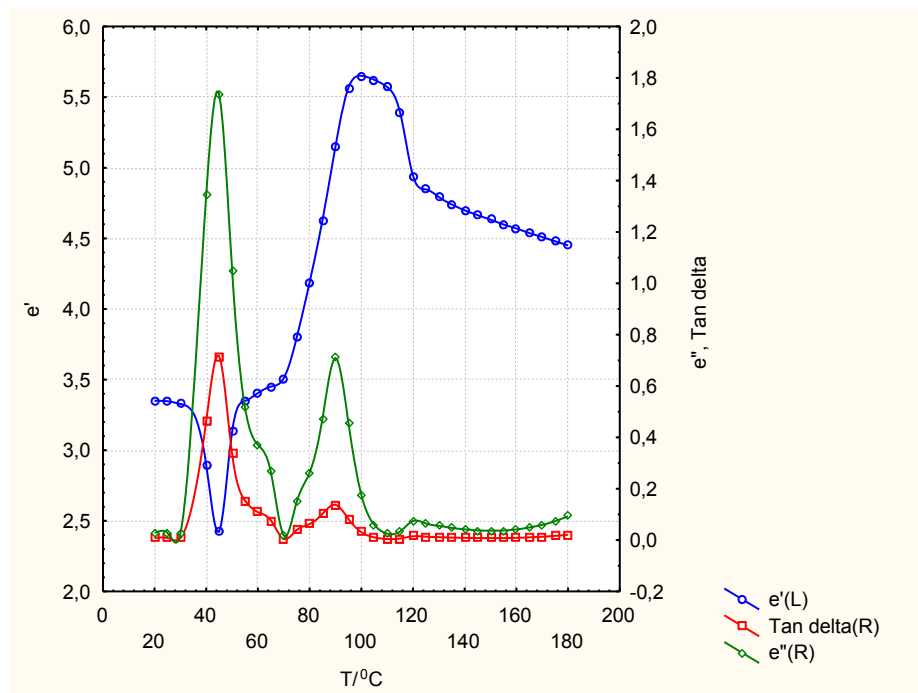
$$\rho = R / L = |Z|_{\omega \rightarrow 0} / L$$

gde su  $C'$  i  $C''$  realni i imaginarni deo kapaciteta (pF),  $\theta$  je fazni ugao (stepen),  $Z$  je impedansni otpor (Hz),  $\varepsilon'$  i  $\varepsilon''$  su realni i imaginarni deo dielektrične konstante,  $A$  je površina elektrode ( $\text{cm}^2$ ),  $tg \delta$  je faktor dielektričnih gubitaka,  $R$  i  $\rho$  su električni otpori (ohm  $\text{cm}^2$  i ohm cm) i  $L$  je debljina probe.

DETA daje praktično iste rezultate kao i IS, s tim što direktno meri  $C_p$  za paralelno EEC i  $tg \delta$  kao  $D$  ( $tg \delta = tg (90 \cdot D)$ ), u temperaturno kontroliranom režimu. Pomoću poznatih  $C_p$  i  $D$  može da se izračuna  $R_p$ , kao  $R_p = 1 / (\omega C_p D)$ .

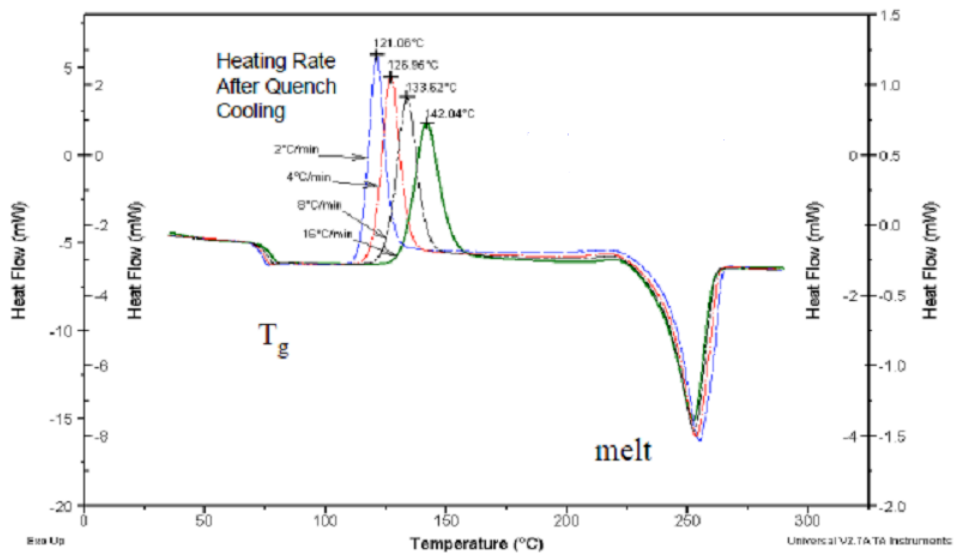
### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 3.1. Karakterizacija PET kontejnera

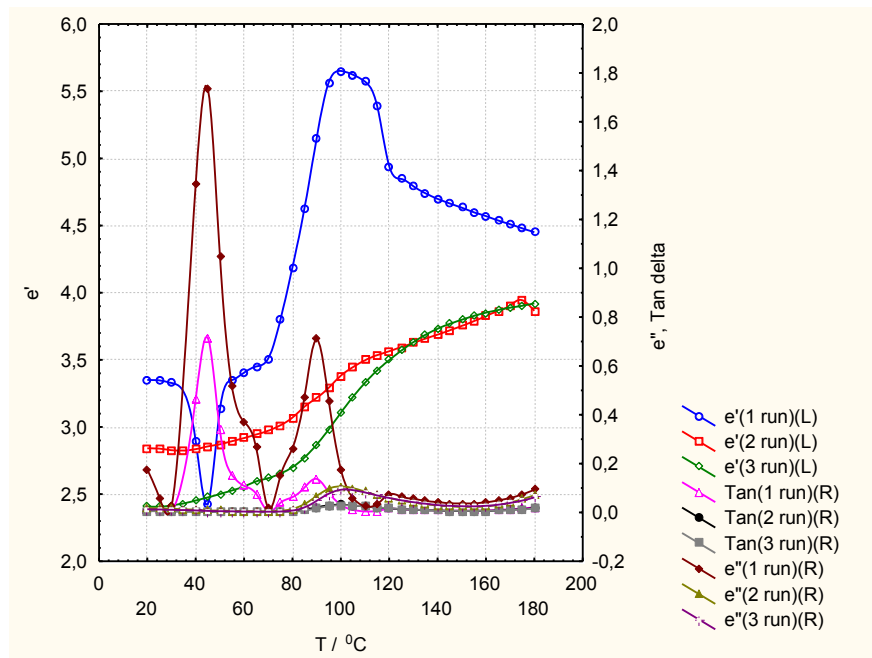


Slika 1. Temperaturna zavisnost  $\epsilon'$ ,  $\tan \delta$  i  $\epsilon''$  za PET kontejner (brzina zagrevanja  $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min.}$ ;  $1\text{ kHz}$ )

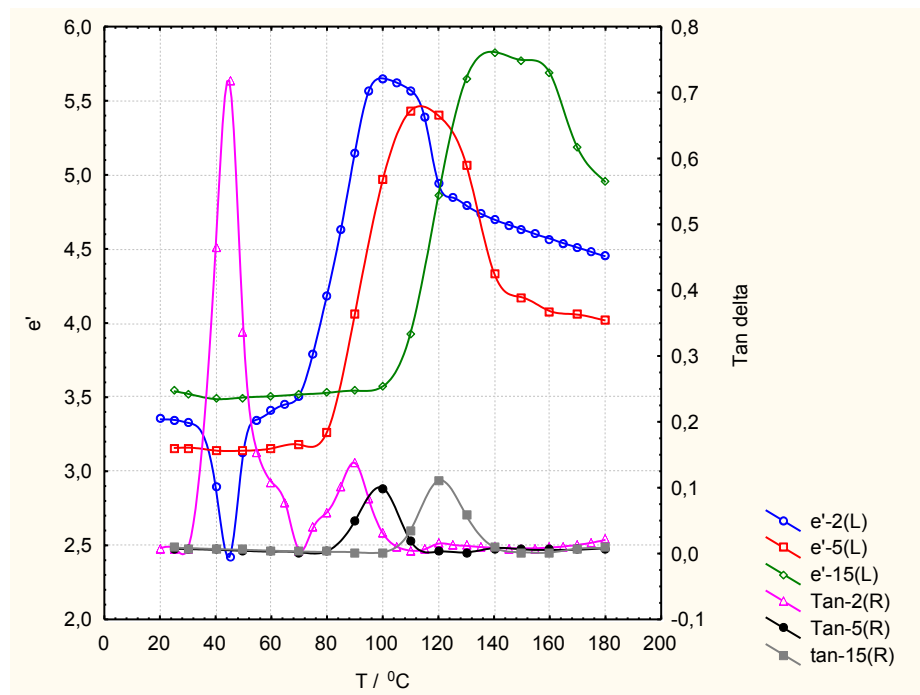
Na slici 1 je predstavljena temperaturna zavisnost  $\epsilon'$ ,  $\tan \delta$  i  $\epsilon''$  za PET kontejner. Maksimum za  $\tan \delta$  između  $30$  i  $70\text{ }^\circ\text{C}$  odgovara uticaju absorbovane vlage i  $T_g$ . Temperaturi ostakljivanja odgovara rame na krivoj u temperaturnom području između  $60$  i  $70\text{ }^\circ\text{C}$ , s obzirom da se u literaturi za aPET referira  $T_g$  od  $67\text{ }^\circ\text{C}$ , a za cPET,  $81\text{ }^\circ\text{C}$ .  $\epsilon'$  u temperaturnom području od  $20$  do  $70\text{ }^\circ\text{C}$  iznosi  $3.3$  do  $3.5$  (sa disperzijom (t.j. minimumom) na mestu maksimuma za  $\tan \delta$ ) što su vrednosti koje se sreću i u literaturi, ali, na prvi pogled čudi dalja temperaturna zavisnost. Međutim, ona se može objasniti odvijanjem procesa hladne kristalizacije što je potvrđeno DSC analizom (slika 2) [9], kao i DET analizom na istom primerku posle hladne kristalizacije (slika 3). Kao što se može videti, u drugom i u trećem ciklusu, prvi pik za dielektrične gubitke se sasvim gubi, drugi se smanjuje, a  $\epsilon'$ -T zavisnost dobija uobičajeni oblik. Vizuelan dokaz da dolazi do procesa hladne kristalizacije je činjenica da transparentni primerak na kraju testiranja postaje neproziran i mlečno beo. Promena mase u toku prvog ciklusa snimanja (od  $20$  do  $180\text{ }^\circ\text{C}$ ) (first run) je oko  $78\text{ }\mu\text{g}$  ( $0.14\%$ ) što verovatno odgovara absorbovanoj vlazi.



Slika 2. Uticaj brzine zagrevanja na temperaturu hladne kristalizacije PET-a



Slika 3. Temperaturna zavisnost  $\epsilon'$ ,  $\tan \delta$  i  $\epsilon''$  za PET kontejner (tri ciklusa), brzina zagrevanja  $2\text{ }^\circ\text{C}/\text{min.}$ ;  $1\text{ kHz}$ .



Slika 4. Temperaturna zavisnost  $\epsilon'$  i  $\text{tg } \delta$  za PET kontejner (brzina zagrevanja 2, 5 i 15  $^\circ\text{C}/\text{min.}$ ; 1 kHz)

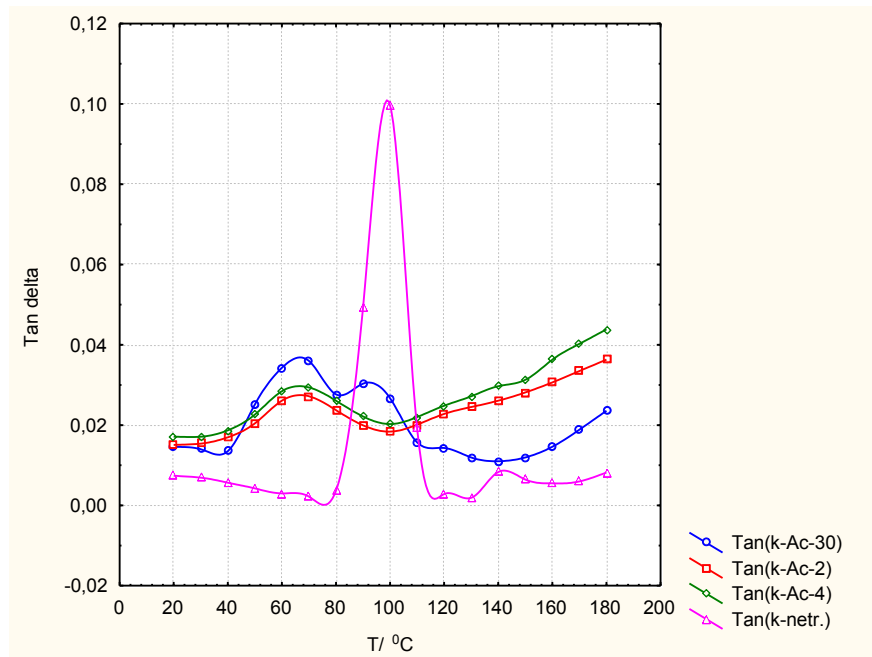
Na slici 4 su prikazane zavisnosti za  $\epsilon'$  i  $\text{tg } \delta$  od temperature, za probe iz istog kontejnera, snimljenih različitim brzinama zagrevanja (2, 5 i 15  $^\circ\text{C}/\text{min}$ ). Vidi se da se temperature kristalizacije pomeraju ka višim vrednostima sa povećavanjem brzine zagrevanja, a  $T_g$  se ne registruje, što znači da je brzina zagrevanja veća od vremena relaksacije. (U daljim ispitivanjima, najveći broj primeraka je analiziran brzinom zagrevanja od 5  $^\circ\text{C}/\text{min}$ , smatrajući da na ovakav način, imajući "čisto područje" do oko 80  $^\circ\text{C}$ , može lakše da se zaključi dali dolazi do eventualnih promena u strukturi kao posledica odgovarajućih tretmana, ili kontakta sa određenim medijumom).

### 3.2. Tretiranje uzorka iz PET kontejnera na različitim temperaturama, u maslinovom ulju ili u acetonu i njihova karakterizacija

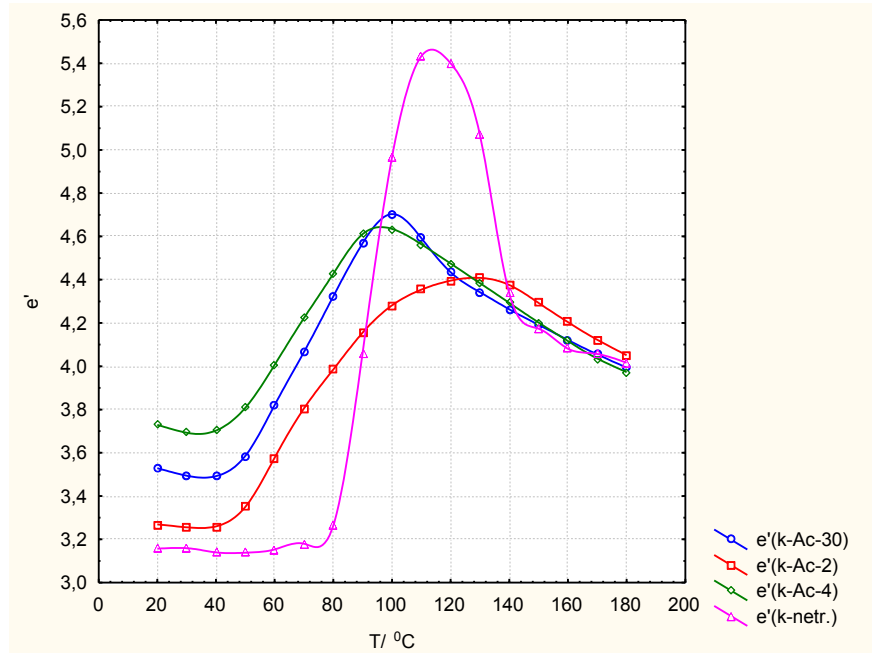
Konstatovano je da epruveta iz PET kontejnera počinje da pobeljuje potapanjem u acetonu još u prvoj minuti, na sobnoj temperaturi; što ukazuje na odvijanje procesa kristalizacije. Zato su probe iz PET kontejnera tretirane u acetonu, 30 min., 2 i 4 sata, na 45  $^\circ\text{C}$ , a dielektrični gubitci su prikazani na slici 5.

Kao što se može videti i kao što je već diskutovano, kod netretiranog uzorka dielektrični gubitci su najmanji do 80  $^\circ\text{C}$ , a u temperaturnom području od 80 do  $\sim 120$   $^\circ\text{C}$  se javlja veliki, jasno izražen maksimum koji odgovara procesu ladne kristalizacije amorfno polimera. U acetonu, kristalizacija započinje praktično u prvim minutima, ali 30 minuta nije dovoljno da process kristalizacije završi i zato kriva ima dva maksimuma. Prvi (do 80  $^\circ\text{C}$ ) odgovara kristalizaciji podpomognutoj acetonom (na 45  $^\circ\text{C}$ ), a drugi, završavanju tog procesa zagrevanjem u toku snimanja. Krive koje odgovaraju tretmanu u acetonu 2 i 4 sata pokazuju da je to vreme uglavnom dovoljno za završavanje procesa kristalizacije u tim uslovima. Zato se ne registruje

pik u temperaturnom području od 80 do 120 °C. Dokaz za ovo je potpuno bela boja primerka još pre početka snimanja do intenziteta boje za netretirani primerak u acetonu, posle završenog snimanja (do 180 °C). Temperaturna zavisnost dielektrične konstante (slika 6) ukazuje na iste procese.

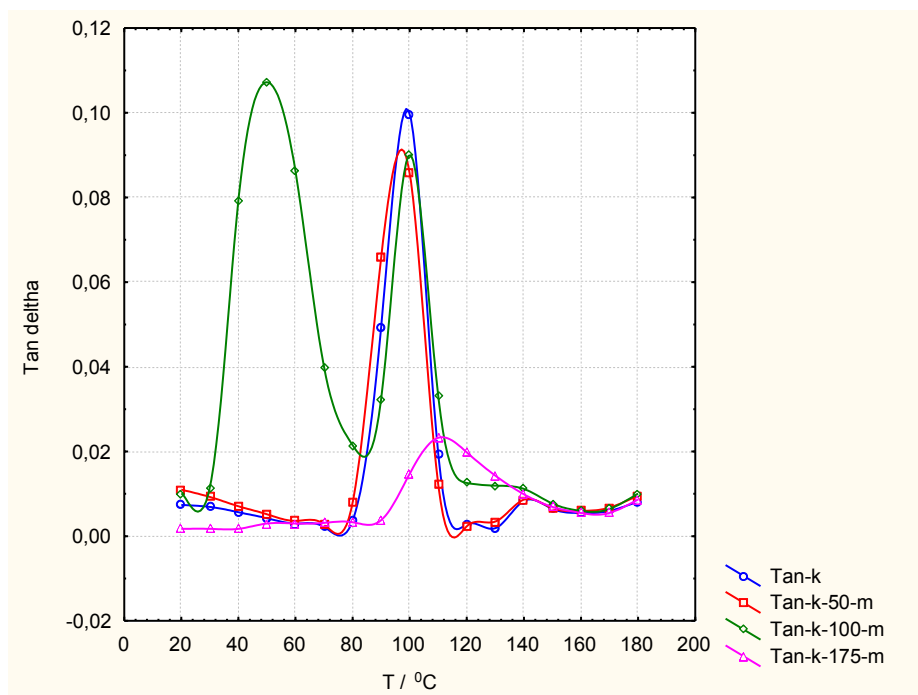


Slika 5. Dielektrični gubitci za PET kontejner netretiranog i tretiranog u acetonu (30 min., 2 i 4 sata); brzina zagrevanja 5 °C/min.; 1 kHz



Slika 6.  $\epsilon'$ -T zavisnosti za PET kontejner netretiranog (k) i tretiranog u acetonu (k-Ac-30; k-Ac-2; k-Ac-4) 30 min., 2 i 4 sata; brzina zagrevanja 5 °C/min.; 1 kHz

Za termički tretman primerka iz PET kontejnera u maslinovom ulju su odabrane temperature i vremena kod kojih su registrovane najizraženije migracije eventualno dodatih aditiva (UV stabilizator Tinuvin, na primer) [10].

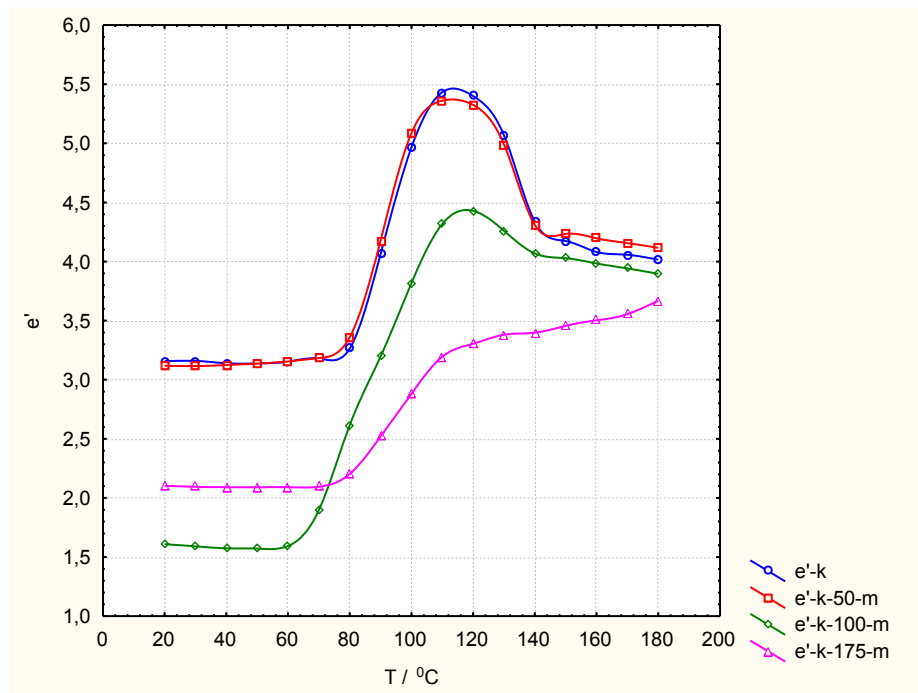


Slika 7. Dielektrični gubitci za PET kontejner, netretirani (*k*) i tretirani u maslinovom ulju 2 sata (*k-50*; *k-100* i *k-175*); na temperaturi od 50, 100 i 175 °C; brzina zagrevanja 5 °C/min.; 1 kHz

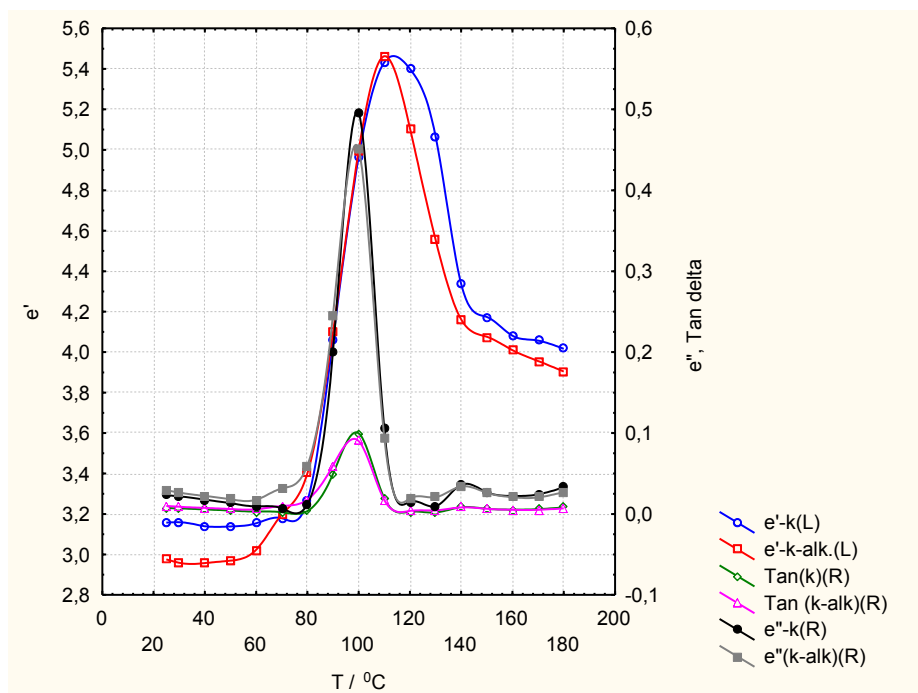
Imajući u vidu podatke iz reference 10, probe iz PET kontejnera su tretirane 2 sata u maslinovom ulju, na 50, 100 i 175 °C. Rezultati su prikazani na slikama 7 i 8. Dok je kriva za  $tg \delta - T$  (sl. 7) za tretman na 50 °C praktično identična sa onom za netretirani primerak, kriva za tretman na 100 °C se drastično razlikuje. S obzirom na činjenicu da je to temperatura na kojoj započinje ili se odvija hladna kristalizacija, znači da se najpre, sa povećavanjem pokretljivosti polimernih lanaca povećava slobodni volumen čime se stvaraju uslovi za prodor ulja u strukturu. Ovo ima dopunski plastificirajući uticaj što se odražava na drastično povećavanje dielektričnih gubitaka, odnosno na pojavu velikog, jasno oformljenog pika u temperaturnom području između 30 i 80 °C. Drugi pik koji odgovara procesu završavanja kristalizacije praktično se poklapa sa onima za proces hladne kristalizacije kod netretiranog i tretiranog primerka na 50 °C.

Kod primerka tretiranog na 175 °C, najveći deo procesa kristalizacije je već završen i zato, kao rezultat snimanja, pik je znatno manji i pomaknut je ka višim temperaturama. Promene dielektrične konstante (sl. 8) odgovaraju već diskutovanim promenama dielektričnih gubitaka. Kriva za tretman na 175 °C govori o već završenoj kristalizaciji. Kristalizacija je izazvana visokom temperaturom, a podpomognuta je prisustvom maslinovog ulja. Uticaj ulja je potvrđen ispitivanjem uzorka iz PET kontejnera, termički tretiranih na 110 °C, 30 minuta, 2 i 4 sata, u odsustvu ulja. Na odgovarajućim zavisnostima odsustvuju efekti u temperaturnom području, do 80 °C.





Slika 8. Temperaturna zavisnost dielektrične konstante za PET kontejner netretiranog (k) i termički tretiranog u maslinovom ulju 2 sata (k-50; k-100 i k-175); na temperaturi od 50, 100 i 175 °C; brzina zagrevanja 5 °C/min.; 1 kHz



Slika 9. Temperaturna zavisnost dielektrične konstante i faktora dielektričnih gubitaka za PET kontejner (brzina zagrevanja 5 °C/min; 1 kHz); netretiranog (k) i tretiranog u 96%-nom alkoholu 5 nedelja na sobnoj temperaturi

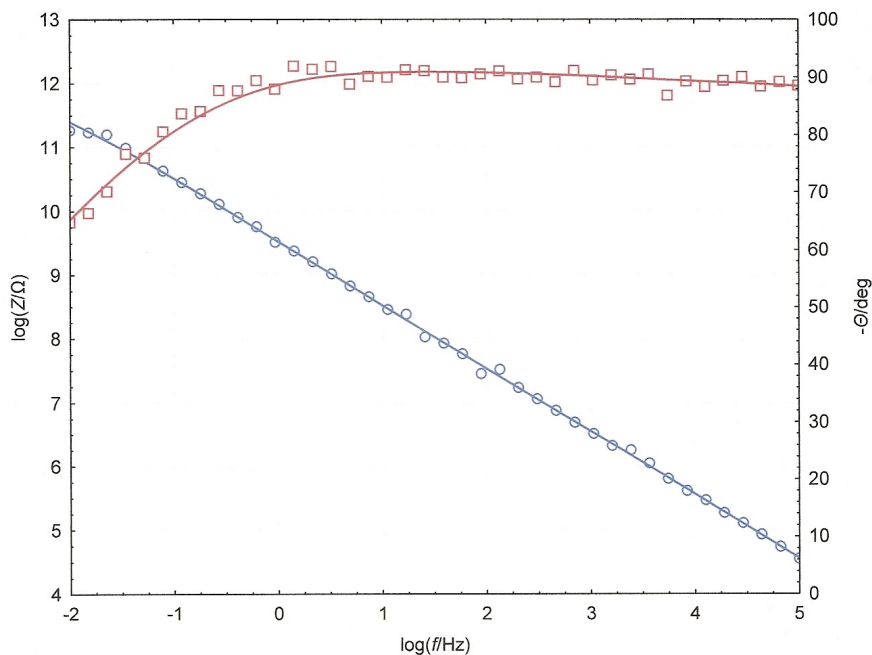
Da bi se proverilo dali eventualno alkohol (jedan od simulanata u kojima se ispituje eventualna migracija komponenata iz plastike) na neki način utiče na PET kontejner, probe iz

PET kontejnera su potapane u 15 ml 96 %-nog alkohola i čuvane na sobnoj temperaturi 5 nedelja. Pre snimanja, primerci su transparentni, a zavisnost  $\varepsilon' - T$  je prikazana na slici 9. Pik koji odgovara hladnoj kristalizaciji je tešnji u odnosu na isti za netretirani PET što može da znači da su se u toku 5 nedelja u alkoholu odvijali izvesni procesi relaksacije i restrukturiranja. Naime, ovo upućuje na moguću sorpciju izvesne količine alkohola sa plastificirajućim dejstvom. Promena mase nakon sorpcije je 0.4%.

Napravljen je pokušaj da se sorpcija acetona i maslinovog ulja potvrdi primenom odgovarajuće boje. Tako, probe iz aPET-a su potapane u 15 ml acetona, obojenog crvenim mastilom, 24 sata na sobnoj temperaturi i 30 minuta, 2 i 4 sata, na 45 °C. Sve su probe izgubile transparentnost i dobile mat, intenzivno roze obojenje.

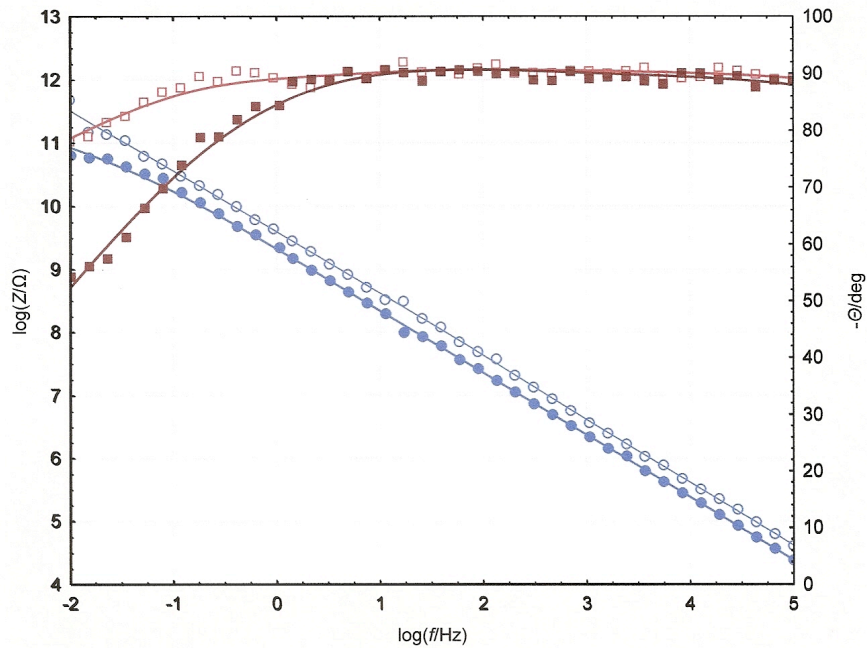
S obzirom da je predpostavljena sorpcija maslinovog ulja na 100 °C, proba iz PET kontejnera je potopljena u maslinovo ulje (15 ml) obojeno bojom Sudan III i ostavljena da stoji 2 sata na 100 °C. Primerak uglavnom ostaje još uvek transparentan, ali je obojen roze sa crvenim tačkastim petnima koja najverovatnije ukazuju na defektnija mesta u strukturi. Ova se petna ne mogu ukloniti alkoholom.

Analiza primeraka iz PET kontejnera, pre i posle termičke kristalizacije i kristalizacije u acetonu, pomoću IS je potvrdila rezultate dobijene DET analizom.



Slika 10. Bode-ovi dijagrami za netretirani PET kontejner, sobna temperatura

Iz Bode-ovih dijagrama (sl. 10 i 11) se vidi da termički kristalizovan aPET ima veće vrednosti za  $Z$ , od onoga koji je kristalizovan u acetonu. Takođe, kod uzorka kristalizovanog u acetonu, ugao  $\theta$  počinje da opada kod viših frekvencija. Sve ovo govori da termički kristalizovan PET ima manju provodljivost od kristalizovanog u acetonu, što je u saglasnosti sa diskutovanim rezultatima za iste uzorke, dobijenih pomoću DETA.



Slika 11. Bodeovi dijagrami za termički kristalizovan PET kontejner (-o-; -□-) i PET kontejner tretiran u acetonu (-•-; -■-); sobna temperatura

Tabela 1. Izračunate vrednosti za pokazatelje dielektričnih svojstava (20 °C)

Primerak PET kontejnera	$\epsilon'$ (1 kHz)	$\text{tg } \delta$ (1 kHz)	$\rho$ (ohm cm)
Dominantno amorfni, pre kristalizacije	3.28	0.009	$8.06 \cdot 10^{12}$
Iskristalizovan termički	2.97	0.006	$1.04 \cdot 10^{13}$
Iskristalizovan u acetonu (na sobnoj temperaturi)	3.53	0.016	$3.38 \cdot 10^{12}$

U tabeli 1 su predstavljene izračunate vrednosti za  $\epsilon'$  i  $\text{tg } \delta$  kod frekvencije od 1 kHz (20 °C), kod koje su isti pokazatelji određivani pomoću DETA. Vidi se da su vrednosti prekično identične.

Izračunate vrednosti za specifični električni otpor takođe potvrđuju diskutovano o razlikama u provodljivosti.

#### 4. ZAKLJUČAK

DETA i IS nisu standardne instrumentalne tehnike za karakterizaciju ambalaže za hranu, odnosno, prema literturnim podacima relativno retko se koriste u tu svrhu. Međutim, ovim radom je pokazano da DETA i IS, preko pokazatelja dielektričnih svojstava, mogu da ukažu na strukturne karakteristike polimernog materijala, kao i na promene u strukturi u zavisnosti od temperature ili u kontaktu sa različitim medijumima od značaja za ambalažu za hranu. Promene u strukturi ambalažnog materijala mogu da dovedu do migracije eventualnih

kontaminanata iz ambalaže u hranu, ili do sorpcije komponenata iz hrane u ambalažu. Budući, da u oba slučaja mogu da se jave posledice po kvalitet i bezbednost hrane, od značaja je da se uspostave tešnje korelacije za strukturne promene u različitim uslovima, a ovim je radom pokazano da i ove korišćene tehnike mogu da daju doprinos u tom pravcu.

## LITERATURA

- [1] Poly(ethylene terephthalate)(PET) for Food Packaging Applications, Report on Packaging Materials, International Life Sciences Institute, 2000.
- [2] M. Haldimann, A. Blanc, V. Dudler, Exposure to antimony from poly(ethylene terephthalate)(PET) trays used in ready-to-eat meals, *Food Additiv Contam*, 24 (2007) pp.860-868.
- [3] H. Bach, X. Dauchy, S. Etienne, Characterization of Poly(ethylene terephthalate)(PET) used in commercial bottles water, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 5(2009) 012005.
- [4] G.J.M. Fechine., M.S. Rabello, R.M. Souto Maior, L.H. Catalani, Surface characterization of photodegraded Poly(ethylene terephthalate). The effect of ultraviolet absorbers, *Polymer*, 45 (2004) pp. 2303-2308.
- [5] I.E. Helmroth, Release of additives from packaging plastics, Ph.D. thesis, Wageningen Iniversity, The Netherlands, 2002.
- [6] Ch. Simoneau, Recent Developments in the Analysis of Specific Migrants from Food Contact Materials, Safetechnopack Brokerage event, Istanbul, JRC, June 2009.
- [7] A. Porjazoska, T. Grcev, M. Cvetkovska, O. Karal-Yilmaz, M.B. Baysal, Thermal aging of poly(D,L-lactide-co-glycolide) films followed by impedance spectroscopy and dielectric thermal analyses, *Bulletin of the Chemists and Technologists of Macedonia*, 21(2) (2002) pp.199-206.
- [8] D. Price, Dielectric Thermal Analysis, IPTME, Loughborough University, D.M.Price@lboro.ac.uk(2006).
- [9] <http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~sanongnl/course.html>
- [10] T. Begley et al., Evaluation of migration models that might be used in support of regulations for food-contact plastics, *Food Additives and Contaminants*, 22(1)(2005) pp. 73-90

D. Chamovska, D. Lazova, T. Grchev, M. Cvetkovska

*UDK 621.798.1:678.5*

*Scientific paper*

## **PET PACKAGING CHARACTERIZATION BY MEANS OF DIELECTRIC THERMAL ANALYSIS AND IMPEDANCE SPECTROSCOPY**

Dragica Chamovska, Daniela Lazova, Toma Grchev, Maja Cvetkovska  
dragica@tmf.ukim.edu.mk

*SS. Cyril and Methodius University, Faculty of Technology and Metallurgy, Skopje,  
R. Macedonia,*

### ***Abstract***

*Chemical inertness and physical properties like adequate gas barrier, transparency, light weight and good recyclability, have made poly(ethylene therephtalate) (PET) particularly suitable in food packaging applications, especially in beverages and drinking water. However, several studies have shown the presence of compounds not expected a priori in packed food or bottled water and other beverages. One of the possible sources of these substances is a migration of constituents like monomers, catalysts, additives, degradation products, impurities in starting substances etc, from PET packaging. Therefore, migration of possible contaminants from PET, in normal and extreme conditions, is extensively studied and huge amount of data are reported elsewhere. As the migration process from plastics is closely related to the structure and physical properties of the packaging material, the aim of this work was to study structural changes of PET packaging in different media and under different conditions, and to correlate the data with the possibilities for migration of possible contaminants into the food in contact.*

*It was shown that both techniques, especially DETA, could indicate structural changes into the polymer material, under certain conditions related with packaging applications, which could promote migration process.*

**Key words:** *PET packaging, containers, BoPET foil, bottles, characterization, DETA, IS.*

