

# PENGARUH IRADIASI GAMMA PADA SIFAT FISIKO-KIMIA AGAR- AGAR DALAM BENTUK PADAT

(EFFECT OF GAMMA RADIATION ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AGAR-  
AGAR IN SOLID STATE)

Erizal<sup>1</sup>, Basril A.<sup>1</sup>, Sudirman<sup>2,4</sup>, Thamrin W<sup>3</sup>, dan Emil Budiando<sup>4</sup>

<sup>1</sup>) Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN  
Jl. Lebak Bulus Raya No.49, Jakarta 12070

<sup>2</sup>) Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN

Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang Selatan

<sup>3</sup>) Pusat Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan,  
Jl.K.S. Tubun VI, Jakarta 10260

<sup>4</sup>) Departemen Kimia, FMIPA-Universitas Indonesia  
Kampus Baru UI, Depok

E-mail: [sudirman@batan.go.id](mailto:sudirman@batan.go.id)

Received : 6 Juni 2011; revised : 27 Juni 2011; accepted : 11 Juli 2011

## ABSTRAK

Dalam kerangka aplikasi radiasi pada pengembangan bahan polimer yang berasal dari tumbuhan laut, telah dievaluasi karakter fisiko-kimia agar-agar dalam bentuk padat (serbuk dan *film*) akibat pengaruh iradiasi gamma pada rentang dosis 0 kGy sampai 50 kGy. Viscometer, Instron dan *FT-IR* digunakan untuk memonitor perubahan struktur dan sifat mekanik agar-agar hasil iradiasi dan kontrol. Hasil menunjukkan meningkatnya dosis iradiasi menyebabkan viskositas intrinsik dan tegangan putus agar-agar menurun, sedangkan daya serap air meningkat. Pengaruh perubahan rantai molekul mendominasi reaksi degradasi agar-agar dalam bentuk serbuk dan *film*nya.

Kata Kunci : Agar-agar, Iradiasi, Sinar gamma

## ABSTRACT

*Application of radiation on development of polymeric materials derived from marine plants, has been conducted on physico-chemical properties of the agar-agar in solid form (powder and film). Influence of gamma irradiation at dose range of 0-50 kGy on physico-chemical properties of agar-agar was evaluated. Viscometer, Instron, and Fourier Transform Infra Red were used to monitor changes in the structure and mechanical properties of agar-agar after gamma irradiation. The results indicates that increasing dose of irradiation causes the intrinsic viscosity and tensile strength of the agar-agar decrease and increasing in water absorption. Effect of changes in the molecular chain dominates the agar-agar in the form of powder and film.*

Key words : Agar-agar, Irradiation, Gamma rays

## PENDAHULUAN

Iradiasi gamma dan berkas elektron merupakan alat (*tool*) yang paling populer dimanfaatkan untuk sterilisasi di bidang kesehatan dan pengawetan makanan (Abraham *et al.* 2010). Selain itu, kedua alat tersebut dapat dimanfaatkan untuk *surface coating* dan pembuatan *heat shrinkable cable* (Lucio *et al.* 2010). Kedua jenis sumber energi tersebut pada saat ini telah dimanfaatkan lebih jauh untuk

proses ikatan silang dan degradasi monomer/polimer. Keunggulan radiasi gamma dan berkas elektron antara lain adalah prosesnya relatif cepat, tidak ada residu yang tersisa, dan dosis iradiasi dapat diatur sesuai keperluan.

Beberapa jenis polimer polisakarida berasal dari laut antara lain kitosan, alginat, karaginan dan agar-agar merupakan bahan polimer alam yang potensial untuk diteliti dan

dikembangkan dengan menggunakan teknik iradiasi untuk pemanfaatan dalam bidang kesehatan, makanan dan pertanian. Kitosan dan alginat hasil degradasi teknik radiasi dalam bentuk oligomernya dapat digunakan sebagai *growth promoter* dan *seed germination* (Luan *et al.* 2005, Mishra *et al.* 2008, Chattopadhyay *et al.* 2000). Karaginan dapat dimanfaatkan sebagai pemadat dalam pembalut luka (Erizal 2008). Selain itu, kitosan, alginat dan karaginan dapat dimodifikasi dengan cara menjebaknya dalam struktur kerangka polimer sintetik (IPN, *Interpenetrating Polymer Network*) dengan teknik iradiasi yang dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan dan sebagai adsorben (Wang A 2010). Namun demikian, laporan yang berkaitan dengan penelitian modifikasi pada agar-agar menggunakan teknik radiasi hanya ada 2 penelitian yang dilaporkan hingga saat ini Aliste dkk (2000) melakukan iradiasi agar-agar, karaginan dan alginat pada rentang dosis 0 kGy sampai 10 kGy untuk tujuan pemanfaatannya sebagai *food additives*, dan melaporkan terjadinya penurunan viskositas intrinsik larutan dengan meningkatnya dosis iradiasi, dan Nisizawa (1991) mempelajari terjadinya ikatan silang pada hidrogel agar-agar hasil iradiasi.

Oleh karena belum adanya laporan penelitian yang lebih jauh mengenai perubahan sifat fisiko-kimia agar-agar akibat pengaruh iradiasi, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk modifikasi agar-agar mengingat bahwa agar-agar merupakan polisakarida yang potensial untuk dikembangkan selain sebagai bahan pengental dan penstabil viskositas produk bahan makanan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan iradiasi pada agar-agar dengan dosis relatif tinggi berkisar 10-50 kGy, untuk mendapatkan data-data yang signifikan pengaruh iradiasi pada agar-agar.

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh iradiasi gamma terhadap sifat fisiko-kimia agar-agar yang meliputi uji perubahan gugus fungsi menggunakan *FT-IR*, viskositas menggunakan viscosimeter, tegangan putus menggunakan Instron. Selain itu, dilakukan uji kemampuan absorpsi air secara gravimetri.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan**

Agar-agar dalam bentuk serbuk diperoleh dari Dept. Perikanan dan Kelautan, Slipi, Jakarta. Bahan kimia lainnya yang dipakai adalah kualitas p.a.

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah Spektrofotometer *FT-IR* Shimadzu, Jepang digunakan menganalisis perubahan struktur kimia agar-agar. Pengujian tegangan putus (*tensile strength*) digunakan Stereograph, Toyoseki, buatan Jepang yang dikalibrasi menggunakan pemberat standar ukuran 1 kg. *Viscosimeter Coolmate-105 IR*, buatan Jepang untuk menguji viskositas larutan yang telah dikalibrasi. Iradiasi bahan digunakan sumber iradiasi gamma dan dikalibrasi dengan dosimeter Fricke.

### **Metode**

#### **Pembuatan Film Agar-agar**

Satu gram agar-agar dilarutkan dalam air suling hingga volume campuran 100 mL pada suhu 60 °C, diaduk hingga homogen. Kemudian 10 mL larutan agar-agar dituangkan ke dalam wadah cetakan plastik PP (polipropilen) ukuran 10 cm x 10 cm x 3 cm. Selanjutnya larutan dikeringkan pada suhu 60 °C hingga diperoleh *film* plastik dengan berat konstan.

#### **Iradiasi Bahan**

Lima gram agar-agar dalam bentuk serbuk (60 mesh) dan plastik *film* agar-agar dengan ukuran 10 cm x 10 cm x 3 mm yang dikemas dalam plastik PP diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 0 ; 10; 30, 50 kGy (laju dosis 10 kGy/j). Selanjutnya pada bahan hasil iradiasi dilakukan uji sifat fisiko-kimianya.

#### **Pengujian Viskositas**

Lima mL larutan agar-agar dengan konsentrasi 10 % (b/v) hasil iradiasi dan kontrol dimasukkan ke dalam cawan stasioner dari viscometer. Kemudian larutan diputar dengan kecepatan 100 rpm pada suhu 25 °C. Setelah 5 menit perputaran, viskositas larutan dicatat. Setiap pengujian viskositas larutan dilakukan 5 kali.

#### **Pengujian air terserap**

*Film* agar-agar baik hasil iradiasi maupun kontrol dengan ukuran 1 cm x 1 cm x 3 mm direndam dalam air suling selama 30 menit, lalu dikeluarkan dari bejana pengujian. Air permukaan pada ke dua permukaan *film* disapu/dilap dengan kertas saring dan *film* ditimbang. Kemudian *film* agar-agar dimasukkan kembali ke dalam bejana yang berisi air suling, dibiarkan terendam dalam air hingga 30 menit dan selanjutnya dilakukan pengerjaan yang sama seperti sebelumnya. Perlakuan seperti ini diulang untuk pengujian

waktu perendaman 30 menit selanjutnya hingga pengujian mencapai 150 menit. Akhirnya *film* agar-agar dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga berat konstan ( $W_1$ ). Air yang terserap pada plastik *film* agar-agar dihitung dengan persamaan,

$$\text{Air terserap} = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

dimana,

$W_0$ = berat *film* dalam kondisi basah (g)

$W_1$ = berat *film* kering (g)

### Pengujian Tegangan Putus

Pengujian tegangan putus dari *film* agar-agar baik kontrol maupun hasil iradiasi menggunakan Instron tester berdasarkan metode yang tertera dalam ASTM (*American Standard Mechanical Testing*) dengan kecepatan tarik 30mm/menit pada suhu 32 °C. Lapisan *film* agar-agar dengan ketebalan berkisar 0,06-0,08 mm dan panjang 5 cm dicetak dalam bentuk standar *dumbbell*, lalu dilakukan 5 kali pengujian untuk setiap sampel. Tegangan putus *film* dihitung dengan persamaan

$$\text{Tegangan putus} = F/A \dots\dots\dots(2)$$

dimana,

F = beban dari alat hingga bahan putus (kg)

A= luas penampang bahan (cm<sup>2</sup>)

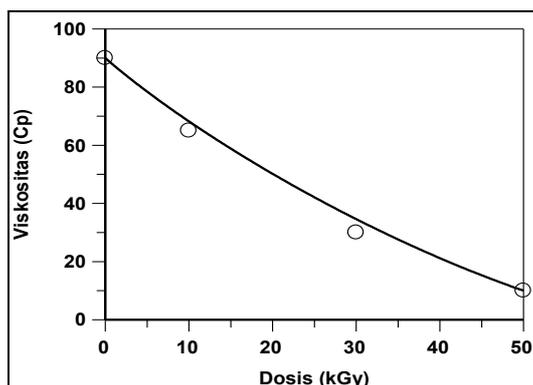
### Pengujian Spektra Infra Merah

Pengujian spektrum infra merah (*IR*) dimaksudkan untuk menganalisis kemungkinan terjadinya perubahan struktur kimia dari agar-agar akibat pengaruh iradiasi. Agar-agar dalam bentuk *film* dengan ketebalan 0,06-0,08 mm tanpa dilakukan perlakuan lebih lanjut dianalisis menggunakan ATR spektrofotometer *FT-IR-8001PC* series, Shimadzu, Jepang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh iradiasi terhadap viskositas intrinsik larutan agar-agar

Perubahan viskositas intrinsik larutan agar-agar terhadap beragam dosis iradiasi disajikan pada Gambar 1. Terlihat bahwa dengan meningkatnya dosis iradiasi hingga 50 kGy, viskositas intrinsik larutan agar-agar menurun sebagai fungsi eksponensial dari 90 cP pada dosis 0 kGy menjadi 5 cP pada dosis 50 kGy



Gambar 1. Hubungan dosis iradiasi terhadap viskositas larutan agar-agar

yang hubungan matematisnya dapat dituliskan dengan persamaan,

$$Y = 93.3311534 \cdot 10^{-2} X^{-4.057083244} \dots\dots (3)$$

Y = viskositas intrinsik (cP), dan

X = dosis iradiasi (kGy)

Aliste dkk. (2000) juga melaporkan hal sama yaitu kecenderungan viskositas intrinsik agar-agar yang menurun secara eksponensial dengan meningkatnya dosis iradiasi. Selain itu, dilaporkan pula pola kecenderungan yang sama menurunnya viskositas intrinsik dengan meningkatnya dosis iradiasi pada polisakarida karaginan dan alginat.

Viskositas intrinsik ( $\eta$ ) mencerminkan besar-kecilnya lilitan (*entanglement*) rantai pada polimer dalam larutan (Nisizawa 1991). Oleh karena itu, viskositas intrinsik  $\eta$  sangat berkaitan erat dengan berat molekul rata-rata dari polimer. Dengan demikian dapatlah diduga bahwa dengan meningkatnya dosis iradiasi, jumlah lilitan dan berat molekul akan berkurang disebabkan putusnya rantai molekul (degradasi) dalam agar-agar akibat induksi paparan iradiasi <sup>60</sup>Co. Sebagai akibatnya viskositas intrinsik larutan agar-agar pada dosis > 10 kGy akan menurun.

### Pengaruh iradiasi terhadap tegangan putus *film* agar-agar

Agar-agar ditinjau dari struktur kimianya yang terdiri dari senyawa-senyawa derivat glukosa yang umumnya didominasi oleh gugus-gugus hidroksi (OH) sangat mudah membentuk ikatan hidrogen jika dilarutkan dalam air. Sebagai akibatnya larutan agar-agar dalam air

jika dikeringkan dengan mudah membentuk padatan yang berupa *film*.

Kekuatan tarik atau tegangan putus merupakan salah satu parameter yang penting sifat mekanik dari plastik yang menggambarkan kelenturannya. Hubungan pengaruh iradiasi terhadap tegangan putus dari *film* agar-agar baik kontrol (0 kGy) dan hasil iradiasi hingga 50 kGy disajikan pada Gambar 2. Terlihat bahwa dengan meningkatnya dosis iradiasi, tegangan putus *film* agar-agar yang pada awalnya (0 kGy) adalah 58,40 MPa mengalami penurunan menjadi 26,80 MPa pada dosis 50 kGy.

Tegangan putus dari suatu bahan menggambarkan kekuatan tarik antar molekul dalam struktur jaringannya yang dapat berupa struktur kristal atau amorf. Semakin besar kandungan struktur kristalnya, maka semakin besar tegangan putusnya. Energi iradiasi gamma pada umumnya lebih mudah merusak struktur amorf dibandingkan struktur kristal pada senyawa polisakarida yang menimbulkan titik-titik keretakan pada *film*nya (Sopyan 2011).

Titik-titik keretakan pada bahan ini diduga kuat disebabkan terjadinya degradasi pada bahan. Oleh karena agar-agar merupakan bahan yang berstruktur amorf dan mudah tergedradasi akibat pengaruh iradiasi <sup>60</sup>Co, maka hal inilah diduga kuat dengan meningkatnya dosis iradiasi tegangan putus *film* agar-agar menurun.

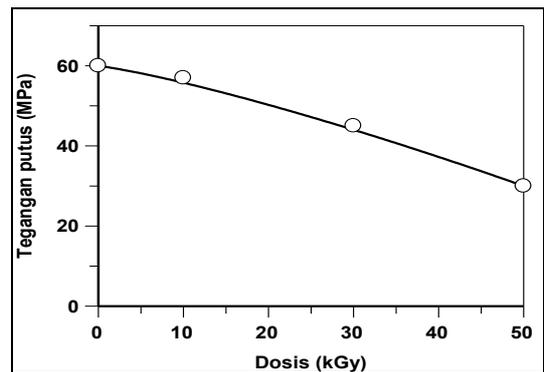
**Pengaruh iradiasi terhadap daya serap air agar-agar**

Pengaruh dosis iradiasi terhadap daya serap air (air terserap) dari agar-agar bentuk *film* yang direndam dalam air suling baik kontrol (0 kGy) dan hasil iradiasi disajikan pada Tabel 1, terlihat bahwa dengan meningkatnya dosis iradiasi hingga 10 kGy dengan lama perendaman hingga 150 menit, kemampuan daya serap air meningkat. Sedangkan dengan meningkat dosis iradiasi hingga 30 kGy, kemampuan menyerap air hanya dapat terukur hingga waktu 90 menit.

Selain itu, meningkatnya dosis iradiasi hingga 50 kGy, daya serap *film* agar-agar tidak dapat diuji setelah direndam dalam air selang waktu 30 menit dan selanjutnya. Hal ini diduga kuat rusaknya struktur jaringan *double helix* agarosa pembentuk agar-agar oleh akibat iradiasi, sehingga molekul air dengan mudah masuk ke dalam struktur jaringannya.

**Pengujian Spektra FT-IR**

Untuk mengetahui lebih jauh kemungkinan yang terjadi pada agar-agar akibat iradiasi

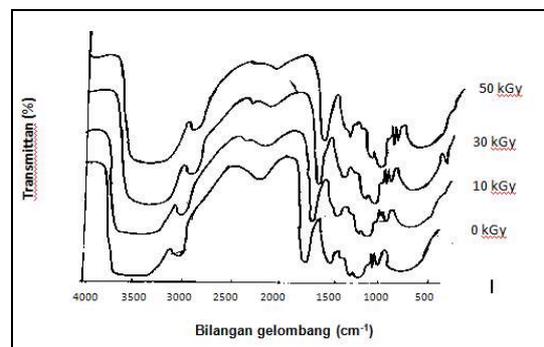


Gambar 2. Hubungan tegangan putus *film* agar-agar terhadap dosis iradiasi

Tabel 1. Persentase air terserap *film* agar-agar hasil iradiasi

Dosis (kGy)	Air terserap (%) sebagai fungsi waktu (menit)				
	30	60	90	120	150
0	7,90	9,49	10,88	11,94	12,98
10	11,84	14,76	15,82	16,19	16,24
30	15,07	19,10	19,49	tdd	tdd
50	tdd	tdd	tdd	tdd	tdd

Keterangan : tdd = tidak dapat diukur, lembek dan rapuh.



Gambar 3. Spektra FT-IR agar-agar hasil iradiasi 0,10,30, dan 50 kGy

gamma dilakukan analisis spektrum FT-IR *film* agar-agar baik kontrol maupun hasil iradiasi yang disajikan pada Gambar 3. Terlihat bahwa gugus OH, C-H, C=O dan C-O-C yang secara berturut-turut terletak pada daerah bilangan gelombang 3357 cm<sup>-1</sup>, 2935 cm<sup>-1</sup>, 1606 cm<sup>-1</sup> dan 1150 cm<sup>-1</sup> sampai 1040 cm<sup>-1</sup>. Dengan membandingkan jenis dan letak gugus-gugus fungsi pembentuk agar-agar kontrol dan hasil iradiasi hingga 50 kGy, terlihat bahwa perlakuan iradiasi pada agar-agar *film* tidak menyebabkan timbulnya puncak-puncak gugus-

gugus fungsi baru dalam spektrumnya dibandingkan kontrol.

Namun demikian, tinggi puncak pada daerah  $1150\text{ cm}^{-1}$  sampai  $1040\text{ cm}^{-1}$  yang mewakili gugus C-O-C pada rantai glikosida dalam agar meningkat dengan meningkatnya dosis iradiasi hingga 50 kGy. Hal ini menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah gugus C-O-C yang disebabkan reaksi depolimerasi agar sebagai akibat iradiasi sinar gamma.

## KESIMPULAN

Agar-agar yang merupakan salah satu jenis polisakarida alam yang terdiri dari monomer-monomer galaktosa, jika diiradiasi baik dalam bentuk serbuk atau *film* dengan sinar gamma pada rentang dosis 0-50 kGy akan menghasilkan produk dengan sifat fisiko-kimia (viskositas dan tegangan putus) yang relatif lebih rendah dibandingkan kontrol (0 kGy). Dosis iradiasi 10 kGy merupakan dosis optimum untuk iradiasi agar-agar, karena daya serap air masih dapat dipertahankan hingga selang waktu perendaman 150 menit. Reaksi degradasi mendominasi agar-agar jika dipapari radiasi sinar gamma.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan pada rekan-rekan di fasilitas Iradiator Karet (IRKA), PATIR-BATAN yang telah banyak membantu dalam iradiasi sampel, serta Dr. Haryono, Kimia LIPI Serpong yang telah membantu analisis FT-IR.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, A.C., Czayka M.A., Fisch M.R. 2010. Irradiation of polypropylene syringe barrels and the resulting physical and chemical property changes. *Radiat. Phys. And Chem.* (79): 83-92.
- Aliste,A.J., Fernando F.V., Nelida L.D.M. 2000. Radiation effects on agar, alginates and carrageenan to be used as food additives. *Rad. Phys.Chem.* (57): 305-308.
- Amita, C., Bajpai J., Bajpai A.K., Sandhu S.S., Nikita J., Jayeeta B. 2011. Cryogenic fabrication of savlon loaded macroporous blends of alginate and polyvinyl alcohol (PVA). Swelling, deswelling, and antibacterial behaviors. *Carbohydrate Polymers* (83): 876-882.
- Andhikari, B., Howes T., Bhandari B.R., Langrish T.A.G. 2009. Enhancement of plant growth stimulation activity of irradiated alginate by fraction. *Radiat.Phys.Chem.* (78): 769-799.
- Chattopadhyay, S., Chaki T.K., Bhowmick A.K. 2010. Heat shrinkability of electron beam modified thermoplastic elastomeric *films* from blends of ethylene-vinyl acetate copolymer and polyethylene. *Radiat. Phys.Chem.* (59): 501-510.
- David, H.Y., Morgan A.F., Mark R.F. 2011. Validation of 11 kGy as a radiation sterilization dose for frozen bone allografts. *The Journal of Arthroplasty.* (26): 303-308.
- Erizal. 2008. Pengaruh pembalut hidrogel polivinilpirrolidon-karaginan hasil iradiasi dan waktu penyembuhan pada reduksi diameter luka bakar tikus putih wistar. *Indonesian Journal of Chemistry* (8): 271-277.
- Kyriakos, A., Rignakos A. 2010. Food irradiation techniques. *Irradiation and Food Commodities* : 23-42.
- Luan, I.Q., Ha V.T.T, Nagasawa N., Kume T., Yoshii F., Nakanishi T.M. 2005. Biological effect of irradiated chitosan on plants in vitro. *Biotechnology and Applied Biochemistry* (41): 49-57.
- Lucio, C.S., Francisco A.K.L., Marcel A.G.B., Alex C.S., Luci D.B.M. 2010. Influence of gamma radiation on properties of cornanon Brazillian wood species used in artwork, *Progress in Nuclear Energy* (52): 93-103.
- Maity, J.P., Kar S., Banerje S., Chacreborty A., Santra S.C. 2009. Effects of gamma irradiation on long storage seeds of oryzasativa (cv.233) and their surface infecting fungal diversity. *Radiat. Phys.Chem.* (78): 1006-1010.
- Mishra, J.K., Chang Y.W., Lee B.C., Ryu S.H. 2008. Mechanical properties and heat shrinkability of electron beam crosslinked polyethylene-octene copolymer. *Radiat.Phys.Chem.* (77): 675-679.

- Mrad, O., Sannier J., Chodur C.A., Rosillo Y., Agnelly F., Aubert P., Vigneron J., Etcheberry N.A., Yagouchi N. 2010. A comparison of plasma and electron beam-sterilization of PU catheters. *Radiat. Phys. and chem.* (79): 93-103.
- Nge,K.L., Nitar N., Chandkrachang S., Steven W. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Plant Science* (170): 1185-1190.
- Nisizawa, M. 1991. Studies on irradiation of agar-agar in the solid state : on the changes of thermal property of agar-agar hydrogel produced by radiation. *Appl. Scie.* (42): 2713-2716.
- Shen,K., Hu Q., Wang Z., QuJ. 2011. Effect of <sup>60</sup>Co on the properties of chitosan rod. *Materials Scie. & Engineering C*: 1-27.
- Sopyan, I., 2001. Kimia Polimer, Pradnya Paramita, Jakarta: 63-65.
- Tham, L.X. Nagasawa N., Matsushita T., Ishioka N., Ito T., Kume T. 2001. Effect of radiation degraded chitosan on plants stress with vanadium. *Radiation Phys. Chem.* (61) 171-175.
- Wang, W. and Wang A. 2010. Synthesis and swelling properties of pH –sensitive semi –IPN superabsorbent hydrogels based on sodium alginate –g-poly(sodium acrylate) and polyvinylpyrrolidone. *Carbohydrate Polymers* (80): 1028-1036.
- Zheng,Y. and Huang D. 2010. Chitosan –g-poly(acrylic acid) hydrogel with crosslinked polymeric networks for Ni 2+ recovery. *Analytica Chimica Acta*: 1-8.