Æ ł gpŤř ÆŽQŰ ĺ ĆqKkQdža ůnjǿŢţ p Oţ Ê s Ćq l ţ
ŽłĘźł njǿŢţ O ǁ łyFk ÆŽQŰ ǰ Ž l ǁ
ǂhĥ ko ǂǂĤ ΘKŢĂDž ,ĤǂŤĤ ƷǿkŘ ,ąNs ťƵŽǁ ,Q l ǔř ťƵPY

ĆǾQŰ ĺpƵ yǿs ŧł ťƵƵ NǁKǁ ŽNǿs ǁKŚsNs ÆλpƐŨǾţ yl j ÆźłƵKg ÆĂťţ ǪƐū p Oǁťţ ǪƐū ĺ Kgĺ Ɛ g K

Ť ĺ ƐŰs Ű ŽKƐă ¡ʰÆźKťǁpƵ ...łΘƵyĺ ůʰÆǁKƟÆQŰ ù s Nźy Ž Ţţ ůʰ ĺ yFkĺƐŽs K ljƵyŽ Ţţ ¡ʰťYłƐ ǰǿs f 5 źƵYł
mrsamaeghani@umsh.ac.ir njǿŢţ O ǁ łyFk ťpƐū ÙO ǁ łyFk ťyŨ ǂ ǁY Ùžłyžg ÆĞ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY Ù l gpŤř ťłƵƵKǂš Ùžłyžg :ğNlsǫ ťyFksźNǁ

ŤĤ/ġĪ/ĤĬ : p Ɛźzř ŤĤ/ġĥ/ĥġ :OĺKźƵY

ťyǿŨš

*Æs ƵƐ Ćűǁkăǫ ǰźł ɛł Ùyğ .Oǂł k ǁQƩł ŘǁKĺăƐǾŮ ĺƐǫł KgǪsǿǁKūƵpƐŨǿǫ ƐNJǫ ΘłƐƩł ğƐǁŧ Ůĺ Ɛ ǂλ Æūyǿɛ ŭźƐs ĆūsNo ΘłɛźNǫ Ćλ :Ùyğ p ĆǫyÆǫ .Oǂł ťYNλ ÆλpƐŨǿǫ ĺKgĆźNs ŘǁKĺĚǫ ƵY ĺpƵ yǿs ŧł ΘłƵZNǁKǁ ÆźKźƐƩ ŧKλ yl j ÆźłƵKg ¡XRD ɛł ťYKĂƩǂł Kλ ťƵZNǁKǁ ĺKgÆūŤźp .yλǁ ǫKǂlǁ Oǁǫ ǫƐūp ÆĂťţ ǫƐū ĺKgĺƐǁgKλ ɛł ťYKĂƩǂł Kλ p ÆλƐ l o ΘƵNDž Ćλ Ćūǁkăǫ ǰźł :Kg p pƵ p YźNǫ Oǒ ǫǾ Kăłyf p Ŧ s źY Ƶǂǂǁ p pƵ ɛł ťYKĂƩǂł Kλ ΘłƵZNǁKǁ Ćλ Oǁs ǁ KgĺƐǁgλ Oǂs Kǂs f .yλǁ ǰǾūǿ ÆǁkÆǁǁ p Æ ǂλpƵ ÆǁpƐǁŨźł ţ NŨspƐŨǾǫ ÆŨźƐǁŨźł ƵKλ ƐĂDž ĆăÆǁ pH .yλǁ ǫKǂl ǁ Ĥğ CFU/mL ğYKūǫ KgĺƐǁgλ ĆǁPł Yłyǔo Kλ ũƐǫ ƷKǫɛ ΘKūǁkăǫ .yźYƐū ǰǾūǿ yλǁƵ ťyǁŧOūǁKŽǫ ɛł ťYKĂƩǂł Kλ p ťyλǁ OźÆźyǫ SPSS 16ƵŧəłǫƐǁ ɛł ťYKĂƩǂł Kλ ťyǫđ Oǂ Y Ćλ ΘKŮĚÂt .yǫđ Oǂ Y Ćλ ğYKūo p pƵ ɛł ťYKĂƩǂł Kλ ΘłƵZNǁKǁ (pH$_{ZPC}$) .yλǁ ĆǫəƐū ƐǒǁƵY ġ/ġĪ KgĺƷNǫɛđ ÆǫKŽo ƵY ĺƵłYÆǁūǫ Tăs .yλyλǁ ŘǾǪTo p Ćźƶ l o t ƷNǫɛđ p ANOVA ŮƷNs Ɛǁŕ ĺƷKǫđ ĺKgĺƷNǫɛđ ğKǁsźƐt ƵY ÆdžǁkƟKǁ ĆǁNūŠǾg p YƵłY ŽłƐĂ NǁKǁ ťYpyTţ ƵY ΘłƵZ ťɛłyλǁ Ćt YłY ŽKǂlǁ TEM p SEM ¡XRD Kλ ΘłƵZNǁKǁ ÆūŤźp ÆsƵƐλ :KgĆǁəKź ĺƐǁŧKλ yλǁƵ ǫyŮ ĆλKg ƐăĂ .yǫđ Oǂ Y Ćλ Ī/ĪĤ ZnO ĺłƐλ pH$_{ZPC}$ ƵłyÆǫ .yǫđ Oǂ Y Ćλ ĥğnm ĺpƵ yǿs ŧł ΘłƵZ NǁKǁ ƐăĂ .YƵłyλ YλΣp ΘłƵZ NǁKǁ ŽKǫɛ Θyǫ ƵY 2xMIC Oǒǫ ƵY łpɛNźŧpƐźđ 2 KǁNǫpYNs ř OǁūƵ Σ .YNλ KgĆźNs ĆǁĚλ ɛł Ɛǁū ƵƷλ ZnO Kλ 2 KŽo ƵY łpɛNźŧpƐźđ 2 KǁNǫpYNs ř ũƐǫ ŽKǫɛ ΘKūǁkăǫ ƵY ĺƐǁŧKλ ĆźNs p ΘłƵZ NǁKǁ Oǒǫ Ů ŽKǫɛ Kλ Ůźyλǁǫ ťyλƐ ĺKgĺƐǁgKλ YłyŭoŸ .Oǂł ťyǿs ƵƐĂDž Ćλ ZnO ƵNNJ f ƵY ĤĬĝ min .(P<ġ/ġĝĤ) Oǂł ťYNλ ĺƵłYÆźūǫ ÙĚǁƟǂł ĺƵłY
ǫƐū ĺKgĺƐǁgKλ Ùzf ĺłƐλ ÆǁsKǫ Ćźzū ŽłNλŮ Ćλ yźNλÆǫ p Ćǁ ǁ łY ÆźKźƐǁŧKλ yl j ƐĤ ĺpƵ yǿs ŧł ťƵZNǁKǁ Ćg YłY ŽKǂlǁ Gūǁkăǫ ǰźł :ĺƐǁŧūĆ l ǁ .YYƐū ťYKĂƩǂł ÆKǁƽƵZǰǾλ ĺKgOǁNĂŮ ĶǫKŮ ĺKgĺƐǁgKλ ťŤźp Ćλ ÆĂǫ p Oǁťţ*

ĺpƵ yǿs ŧł ÙÆλpƐŨǾǫyl j ƐĤ ÙÆĂǫ ǫƐū ĺƐǁŧKλ ÙOǁťţ ǫƐū ĺƐǁŧKλ :ĺyǾǫg ŽKūţłp

ŽKǁsƐĺ ÛYKźđ ǫƐƟ ÆŨ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY ÙO ǁ łyFk ťyŨ ǂ ǁY ÙnjǿŢţ O ǁ łyFk yl Ƶł 2 Kǁ ǁ ƵKŧ-Ĥ
ŽłyŽg Ùžłyžg ÆŨ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY ÙÆǁ ǁ łyFk ǫNǪŰ ΘKĂĂĚŢo ƶŧƐǫ NNJŰ ÙO ǁ łyFk ťyŨ ǂ ǁY ƵKǿ ǂ ǁY ÙnjǿŢţ O ǁ łyFk ĺłƐǁŧY -ĥ
ŽłyŽg Ùžłyžg ÆŨ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY ÙÆŨ ǁ ƶř ťyŨ ǂ ǁY ƵKǿ ǂ ǁY ÙÆŨ ǁ ƶř ÆsKǁ ǁ k pƩŨǾǫ ĺłƐǁŧY -Đ
ŽłyŽg Ùžłyžg ÆŨ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY ÙO ǁ łyFk ťyŨ ǂ ǁY ƵKźYKǁsŧ ÙÆǁsźƐ ƵKǫđ ĺłƐǁŧY - ħ
ŽłyŽg Ùžłyžg ÆŨ ǁ ƶř ǫNǪŰ ťKŨ ǂ ǁY ÙÆǁ ǁ łyFk ǫNǪŰ ΘKĂĂĚŢo ƶŧƐǫ NNJŰ ÙO ǁ łyFk ťyŨ ǂ ǁY ƵKǿ ǂ ǁY ÙnjǿŢţ O ǁ łyFk ĺłƐǁŧY - Ĩ

5 ǫ yǿsŧł ΘłʒŹ ÑĨĸĸŪ Ǵŧ yǼłŭYƐŧ ŭyğĸ‡ǫ Ûğĸźƨ¶ŧ€Ŋ ÁƐǪłd ŭYĸǫ p ŭYÑŊ ÁƐǫŧ€Ǿ‖ƨ‖‡ åƨ¶ŧ€Ŋ åłƨ‹ åƨ¶‡Ǿŋ ƠǿŽƽs ! ŧÑƵƵ åłʒłY łʒ | ǵʒ Ǵǫsǵd Á‡ŧkpƨ€ÙǿǫƠǼDžƵƵ 5 ǫ yǿsŧł ΘłʒŹÑĨĸĸŪ .(Ĥī)Ơsŧł ŭYłY ŽĸĸŦ YÑƵƵ ƨŧ ÁǪsǾĸ€ŧÑǪə Ơłĸf ʒY ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ÁłpƨÙǿǫ ylj ƨĦ ÁɛʒƨŊ ʒÑŏłǫ Ǵŋ Ǵūĭĸĸăǫ ǰźł Zero Point of) ǰǾǾüơ ÛMBC¡MIC ǰǾǾüơ ĸŋ åpʒ yǿsŧł ũƨǫ ŽĸǫƐ ÁɛʒƨŊ p åpʒ yǿsŧł ΘłʒŹÑĨĸĸŪ pH_{zpc} (Charge ʒY .yłł ǫĸ‰Ł 1,2x MIC ƠŏǫǓ pY ĸŋ 2 ĸŽơ ʒY åĸǵåƨ¶ǵgĸŋ ÁłpƨÙǿǫ ylj ƨĦ ÁɛʒƨŊ åpʒ ƨŋ ŭyłł ǫĸ‰Ł Ǵŋĸ‡ǫ Θĸüĭĸăǫ ΘʒÑDž åYĸźƐ ΘĸÁǾÆŦơ åpʒ yǿsŧł ΘłʒŹ ÑĨĸĸŪ ŽÑǿsĨĸŚsÑs ʒÑŏłǫ Ǵŋ ÁǪŭã ΘĸÁǾÆŦơ Ǵŧ Ơsŧ ƨŧƵ Ǵŋ ǫƐè p Ơsŧ Ǵǫəƨǔŭ Ǵŧ Ơsŧ ŭyłł ǫĸ‰Ł Ŧ‡ŏ Ơłĸf ʒY ΘłʒŹ ÑĨĸĸŪ ƨĦ ÁɛʒƨŊ Ǩŋĸåĸ ΘpĸÅơ ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ŽÑǿsĨĸŚsÑs ÁɛʒƨŊ ɾźĸǪĨĨ ĸŋ yłĦÑơÁǫ .yłłĸŋ ǴǪłłĦY åłǴŏfÊǫ

Ķǵ p pʒ p YłÑǫ

ŭʒŹÑĨĸĸŪ ŽÑǿsĨĸŚsÑs ǴǾĦơ ǴǪfƨǫ pY ÁĂ ÁłƐ‰ǿ Ǵūĭĸĸăǫ ǰźł ÁłpƨÙǿǫ ylj ŘǿsĨĸŚǫĭ ǰǾǾüơ åĸǵƠsơ ǫĸ‰Ł p åpʒ yǿsŧł .yłł łƩŁł ŭʒŹÑĨĸĸŪ

ΘèÑdžŢǫ ɛł åpʒ yǿsŧł ΘłʒŹ ÑĨĸĸŪ :åpʒ yǿsŧł ŭʒŹ ÑĨĸĸŪ ǴǾĦơ ÛΘłʒŹ ŭɛłyłł .yłł ǴǾĦơ ŭyƬǪǫ Θèĸźł ÛNano Amor ÁĨĸĸŚŽŧ ŗ ÑŨsƿƐŨǿǫ ɛłŭYĸÅǪsłĸźŭʒŹ ÑĨĸĸŪ åʒĸǪƠsĸs ΘĸĨĨǿŧƐơp åţÑĭÑəƐǫ Æ‡łŧłƐř ÁłpƨÙǪŭĦ ŗ ÑŨsƿƐŨǿǫ ĸź (SEM) Æ‡łpʒ ÁłpƨÙǪŭĦ p ǰǾǾüơ åłƐλ .yłł ǰǾǾüơ (XRD) 5 ŨźĦ Ǵüł‡ p łƐř p (TEM) ƨǾĸźd p pʒ ɛł Ûŭyłł ǴǾĦơ ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ! ŃdžŨǫ Tăs åƨǿūŭɛłyĦ åpʒ ƨλŭyłł ķƶΣ ŽţpƨǪǾĸ ɛĸū åĸǵğÑŨǩÑǫ åƨǿūŭɛłyĦ ÛBET ŧ’Ñǫsŧ ğÑǪŢǫ ǴǾĦơ åłƐλ .Ơsŧ ŭyłł Ǵǫəƨū ŭƐHλ Ûyǫĸ Tăs Ǵλ Ķŭƨ¶sŧ Ơ‡ŧ njǿŢǫ ƵY ŭʒŹÑĨĸĸŪ Ĥğ g/L ƠŏǫǓ ÛΘłʒŹÑĨĸĸŪ ł sĸĥǫ ŽyłŁ ŭyłŧłƐř åłƐλ p yłł ŭyƵpd ƵY ŽÑǿsĨĸŚsÑs ΘʒÑDž (Bandelin Sonorex RK 31H) Ŧǿ‰ÑsłƐǪĦ ƨĸŨǪsY ɛł ĸĦŭd ǫyŨ ɛł åƨǿūÑǫΣ Ơ‰Σ. yłł ŭYĸÅǪsłĦğ min ŽĸǫƐ Θyǫ Ǵλ ÁłpƨÙǿǫ Ơǿsĸs ƒ Θĸ‡ŧĸǫƐd åłƩΣł ĸŋ ŽĸǫƐǪğ ĸăƱ ɛpƨλ .yłłĸŋ ǴǾĦơ ĸǵŽÑǿsĨĸŚsÑs

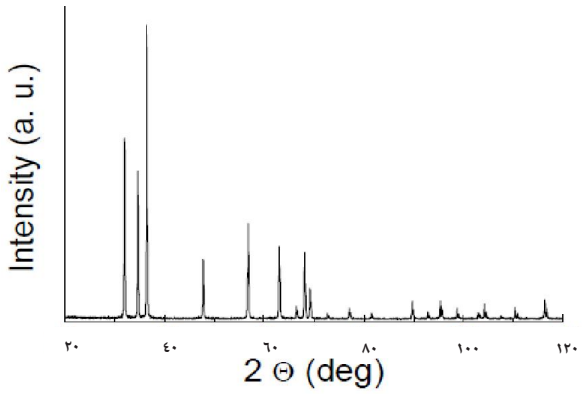
ǫĸ‰Ł Ơ‰Σ ŭYĸÅǪsłĸ YƵÑǫ åĸǵåƨ¶ǵgĸŋ :Áŧĸźƨ¶ŧ€Ŋ åĸǵǴ‰ÑŽŭ

¡(ATCC 25922) ÁǪgĸǾ‖Ƨ‖‡ ŘǫĸŁ Áŧĸźƨ¶ŧ€Ŋ ylj ΘĸŧźĸƐǫƐd ÛÁĒǫ ŭpƨÙ ŬłÑ‰ɛł (ATCC 27853) łƐÑŭŧţpƨźd 2 ĸ‰ÑǫpYÑsř 2 ÑŧÑŧÑǪəaĸǪsłp (ATCC 25923) 2 Ñ‰ʒpł 2 ÑŧÑŧÑǪəaĸǪsł Ǵλ Ǵŧ yƵYÑλ Ơ‰Ræ ǫƐū åƨ¶ŧ€Ŋ (PTCC 1114) 5 źyǾǫƵyǾł yłłʒ ǴǾĦλ njźƐ‖ .yƵYÑλ ŭyłł åƵłYǴŬ‰ Ŧ‡ŏ ƶźƐə ΘʒÑDž ĸźÑsÑǪźƨơ Ơ‡ŧ njǿŢǫ p åƐłNǵ njźƐ‖ ĦĪ ºC åĸǪY ĸĦŭd ŭyŨ‡‰Y åţÑĭÑǾpƨÙǾǫ ŭĸŨ‡źĸǫƐd ɛł Ķǵåƨ¶ǵgĸŋ ǰźł .Ơsŧ Ƶĸūd ʒÑŧƶǫ åĸǵåƨ¶ǵgĸŋ YƵłyƵĸǪsł åĸǵǴźÑs .yƵyźYƨū ǴǾĦơ ÆŨ‖ƶř ĥħ h Θyǫ Ǵλ p yƵyłł ŭYĦY Ơ‡ŧ ÆŉÑŏ ʒĸūd Ơ‡ŧ njǿŢǫ åpʒ åƵłYǴŬ‰ ĦĪ ºC åĸǪY ĸŋ (RAD Production.co) ǴĸĸŏƩ ǫƐū ƵY ǴǾĦơ åłƐλ Æźĸźƨ¶ŧ€Ŋ ǴŉÑŽ‰ ɛł ÛŽÑǿsĸŋÑŨĦ Θyǫ ÆĂ ɛł 5 ř.yźYƨū ŽÑǿsĨĸŚsÑs ǴǾĦơ ŽÑǿǫ Ǵλ .yłł ŭYĸÅǪsł Æźĸźƨ¶ŧ€Ŋ ŽÑǿsĨĸŚsÑs yłĸŽźa Ŧǫ ǪǾ‰ łyǪĦ Ûƨpʒ Ɛg ƵY ΘĸŧźĸƐǫƐd ǫĸ‰Ł ΟĦΣ Æźĸźƨ¶ŧ€Ŋ ŽĸŋǾŽĂł åłƐλ .yłł ǴǾĦơ (mL Ɛg ƵY åƨ¶ŧ€Ŋ YyŰ Ĥ-Ĥ/Ĩ ×Ĥǵī) ķzΣ ÛyŋĸŽźa Ŧǫ ǪǾ‰ ŽÑǿsĨĸŚsÑs TǾƬDž ΘƵpyŧ YĸŁźł ɛł ºUNICO-2100) ǀ ÅƄłƐə ø Ææźǫ ƨǪǫÑǪəpƨǪǪŠsł ǴǪǾsp Ǵλ Ždŋĸĥĝnm ƧÑǫ ğÑĂ ŭYpyƬǫ ƵY (ŭyƬǪǫ ΘèĸźłpåƨǪǾūŭɛłyĦ ĩĥǵnm ƧÑǫ ğÑĂ ŭYpyƬǫ ƵY ķzΣ ŽłƩǾǫ .(Ĥĥ)yłł ǪǾǿŋĸǵ/ǵīı ǵ/ĤŭYpyƬǫ ƵY ķzΣ ŽłƩǾǫ ÁłpƨÙǿǫ ylj ŘǫĸŪ Ǵλ Ơǿsĸsƒ ǰǾǾüơ ŽłÑ‰Ū Ǵλ ƨǪǫĸŽŘř ǰźł :**MIC**yłłʒ ŭyǪƵYƨĸλ ƠŏǪǓ Řźłyƒ ǰǾǾüơ Ơ‡ŧ njǿŢǫ ƵY ĸǵǪsǾūƵł yłłʒ ɛł Ǵŧ ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ƠŏǪǓ ǰźƨǪŽt ÁźĸǵƠ‡ŧ njǿŢǫ 2 ĸsłƐλp (ĤĨ)YÑ‖ÁǪ ù áƨūơÛyłŧÁǫ ƠüĨĸŽǫ ΘłʒŹ ÑĨĸĸŪ ɛł ÁoƿĸÅǪǫ åĸǵƠŏǪǓ åłƵY ǴǫsÑǿĸŪ Ǫǫsǿs ƵY Ǵŧ .(Ĥĩ)yźYƨū ǰǾǾüơ ÛyƵǫsǵ ŽÑǿsĨĸŚsÑs ƵY åpʒ yǿsŧł ŽÑǪźƨơ njǿŢǫ ĥ mL åpĸf ǫłyğ ƐǵǴğ ǴŋÑλ Ĥĥɛŧpʒ ǰźł ƵY åpʒ yǿsŧł ŽÑǿsĨĸŚsÑs ŭŧYƐ‡pY ĸơ Gźł åĸǵǴÑλ Ǵλ 5 śs .yłł ŭYĸÅǪsł ÛYÑλ yğĸ‖ ŽÑ‰Ū Ǵλ ǴÑλ Ŧź) Ǵəĸljłǵ/ǵĤ Ơäʒ ĸλ ƐǒĭƵÑǫ åƐǪğĸ Ơ‰ĸsĥħ h Θyǫ Ǵλ p (yŧ‡Ł ǴǪUźʒ ʒd ƵY ÆÑǿsĨĸŚsÑs p YÑλ Θyǫ Ɛŧłyƒ p ĦĪ ºCåĸǪY Ûĥǵğrpm) ƵĦYƐŨǿ‖ ƵÑơĸÑĞ‡ ƵY Ơǿəĸ Ă‖ p ΘƵpyğ ŭyğĸ‡ǫ ĸλ ķłÑΣ p Ǵǫəƨū ƵĦƐä (ĥħ h ŽĸǫƐ Ơŏǫǔ ǰźǪŽt .yłł Ǵǫəƨūƨǒ‰ ƵY yłłʒ ǫyŨ ĸź Ûyłłʒ ΘƵÑDž Ǵλ ŭyłğYʒĸ‡Ł) ΘƵpyŧ Ǵŧ ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ƵÑǿsĨĸŚsÑs (Ơäʒ ǰźǪ‡ǿλ) Ơŏǫǔ ĸăƱyƒ ƵÑ‰Ū Ǵλ YĦYÆŽŭ ƵĸλŁ (ǪsǿĸūƵ‖ƨǪǪŬǿǫ ylłʒ Ơsƴ Ǵλ Ơäʒ ǰźł ƵY .yłł ǴǪƱǾĸ‖ ΘłʒŹÑĨĸĸŪ ylłʒ ŭyǼŧƟŭ‰ŽǪŭǿǫ

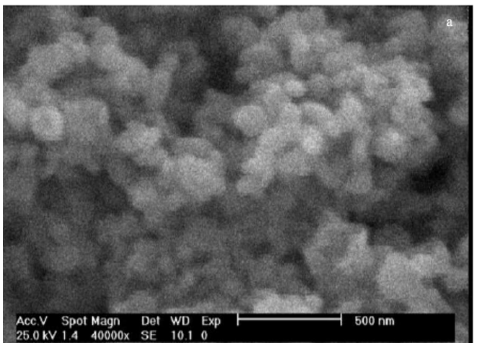
.yℓℓ ıs ǵ ŦÓoKℓ ıs ŀÑǽƐℓ ŧ KΛ ΘŀƷŹ ÑℓKℓ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs ώy Ǫd
ÆΛpƐČÓǪ ylj ΘŀƐǰŀ ÆıƷƐΛ ƷÑŏℓǪ ǴΛ :ǻƷŀzūG ıs ǽY p pƷ
ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs Λ ǻƷŀzūG ıs ǽY p pƷ ƾ ŀ ΘŀƷŹÑℓKℓ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs
ǻKǵG ıs ǽY ǴÓHơ ǻŀƐΛ .yℓ ώYKǻℓ ıs ŀ yℓKƷKə Ŧ Ǫ ǵ/Ĩ ÆǽKǽƐℓ ŧ KΛ
Yŀyΰơ ǴΛ ŀƷ ǨǽƐℓ ıs ŀ GℓÊΛ ǻKǵG ıs ǽY ÛƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs ǻPK f
ΘŀƷŹ ÑℓKℓ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs ƾ ŀ ώyℓ ǴÓHơ ǻKǵOŏǪŮ ƷY DŽU ŧ Ǫ
ƷKǫƾ ÙƐŐ ǨŌHY ΘKǽÑℓǪ ǴΛ ƐƵƷ ǴℓKℓℓ GǽΘyǪ ǴΛ p ώYŀY ƷŀƐä
ǫƾè .yℓÑ ℓ ǻƶŮKg ǻKǵG ıs ǽY kƶΣ ÊǪKg ΘŀƷŹÑℓKℓ Ko yℓ ώYŀY
ǻKǵGÓoÑÓΛ ÆǪℓd G ıs ǽY ƾ ŀ Kg ǀ ǽKǫƾd ǰǽŀ ƷY Ǵg Oơı ƩgƵ Ǵ Λ
t’ Ñ ŧ ÑÓǻ ıs KǪ ıs ǻŀƐΛ) ǰÓǪÓ ıs ÆŚǫd p (ǴǽÑ ıs Ǵ ıs ǻŀƐΛ) ǰÓ ıs ǽKǫKǪℓΣ
Ǵ Λ (HiMedia Laboratories Pvt. Limited) (5 ǽyÓǫƷyÓŀ
ǻƐÓūώƾŀyŀ KǵǻƐǪgKΛ yℓƷ ǫyŰ ǻKǵǴKǵ ƐăǟÎhh h yǵKℓ ƷŀÑℓŰ
.yŀyℓ ǴǪıs K ŦǫKHℓd ǰÓŮℓKÓǫ p

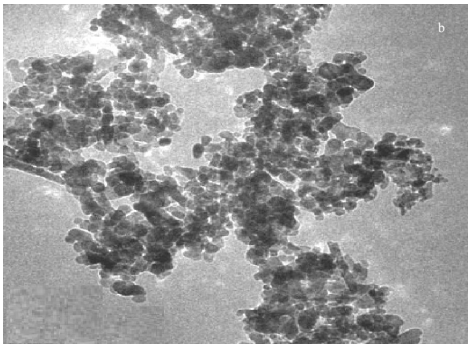
ǰÓÓūơ ǻŀƐΛ :**MBC** ΘŀƷŹÑℓKℓ Æūyŀŧŧ OơǫǪŮ Řǟŀyƒ ǰÓÓūơ
ǻpƷ ƐΛ yŦℓ ώyǽY ΘƷpyŧ KHℓd ƷY Ǵŧ ÆǽKǵǴÑǩ ŀ ŀMBC
KΛ p (Ĥh)yŀyℓ ώYŀY Yyƶǫ Oŧ Æ ℓÑƕ ƷKūd Oŧ njǿƬǫ
ǰÓǿŀ .OǽƐū ΘƷÑDž Æ ℓŧǫ p ƷKƷℓ ÆǩÑǪǫ ǻKǵOƵƷ p pƷ
ǴΛ Oơ ıs ƶd ǻKǵǻƐǪgKΛ Yŀyΰơ yℓƷ ǀ ǵŧ ŧ ƷŀyŦǫ Ǵŧ ǻŀǴǩÑǩ
ěŘĬ/ŘĬ ǀ ǵŧ) YÑΛ ǵ/ǵǵĤ ŀ ŀ ƐǪŧ ŧÓΛ ŀyƴgKℓ ǴǩÑǩ ƐĂDž ƷKǫƾ
ǴǩÑǩ ƷY .yℓ ƙKƲǪŧ MBC ƷŀÑℓŰ ǴΛ (ǵǻƐǪgKΛ ǴÓǿŀ Yŀyΰơ
ƷY ΘŀƷŹ ÑℓKℓ KΛ ǴHΣŀÑǫ ƷY ǵǻƐǪgKΛ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs ƷÓℓ ǵƐ ŧ
ƶd ǴΛ NjÑΛƐǫ CFU p ƷKƷℓ KΛ ŀyǪǀℓŀyℓ ŀƷŀƐä Oŧ ŧ njǿƬǫ
.yℓ ŘDžKf ƷKÓǿƷĂŀ Oŧ ŧ njǿƬǫ ƷY ǻƐǪŧ ŧKΛ yℓƷ ÆǽKŧÑơ
ǰǽŀ ƷY :ΘŀƷŹ ÑℓKℓ KΛ 2 KƷơ ƷY ǵǻƐǪgKΛ ũƐǫ ƷKǫƾ ǴũℓKĂǫ
ÆıƷƐΛ OơΣ yℓƷKə Ŧ Ǫ ǪÓℓ OŏǪŮ ƾ ŀ Kg ǀ ǽKǫƾd ƾ ŀ ǴǪfƐǫ
ǻPK f ǀ ǽKǫƾd ǻǵǴǩÑǩ .yℓ ώYKǻℓ ıs ŀ ǵǻƐǪgKΛ ũƐǫ ƷKǫƾ
KΛ p (ÆĂℓǫ ǵƐ ŧ) ΘŀƷŹ ÑℓKℓ ƷYƐŧ ǴəKljŀ ƷpyΛ Oŧ ŧ njǿƬǫ
p ώYKǫd MIC* ĥ p Ĥ ǻǵOŏǪŮ ƷY ΘŀƷŹÑℓKℓ ƷYƐŧ ǴəKljŀ
ƷY ǴℓKŏǪƐǫ ƷY ǵǻƐǪgKΛ .yŀyℓ TÓĖǪơ ÆǽKǽƐℓ ŧKΛ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs KΛ
ǻǵƷKǫƾ ƷY p yŀyℓ ώYŀY ƷŀƐä ÛÆǪℓä Ǩ f ŀƐǫ ƷY ƷÑŧƶǫ njǽƐ ‖
¡čĥċ ¡Ħǵċ p Ďĩċ minÛ(TÓĖǪơ Lj Ƭǫ Ǵ) Ĥ<t <ċ ÛƐĂDž
KΛ ǵǻƐǪgKΛ 2 KƷơ ŧ 5 ř Ďċ p ĩċ ¡Ĕċ ¡Ččċ ¡ČĨċ ¡Cēċ
ǴÑÛℓ ǻǵǴǩÑǩ ŧ ƷKǫƾ ƐǵƷKǽř ƷY ÛΘŀƷŹ ÑℓKℓ ƷÑÓ ıs ℓKŚ ıs Ñ ıs
p ώyℓ ǴǪ ‖ ŀYƐΛ Oŧ ŧ ǴÑƷ Û(ƐĤƐΛ Čċ) ŀ ıs Kǫƾ Oăƶ KΛ ώyℓ
.yŀyℓ ώYŀY Oŧ ŧ ÆÑƕ ƷKūd Oŧ ŧ njǿƬǫ ǻPK f ǻǵOÓǪŕ ƷY

Oơ Ů K ıs Če h ŧ ŀ yΰ Λ ƷKǫƾ Ɛǵ p ǴǽÑ ıs Ɛǵ ǻŀƐΛ KǵÆÑǪŧ Yŀyΰơ
.yŀyℓ ÆǪ p ƷKƷ ‖ ǻƷŀzū ǴKÕǪƐū
ÆƬăıs ǻKǵƷKΛ ƷƋ ÆĂ Ǵg pH ŧ ŀ ǻǴăÆÑ pH$_{ZPC}$:**pH$_{ZPC}$** ǰÓÓūơ
ŧ ŀ Ɛ ǪƾƷKŕ ǰǽŀ ǰÓÓūơ ǻŀƐΛ .Oơı ÛYÑ ‖ Æǫ ƐĂDž ƐŀƐΛ ƙ ƵKƷ
Ǵŀǵ/ĤM ¡ (Cermany- MERCK Inc.) ǫKūĂ Ŧ Ƶ ǧÑǪƬǫ
ǵ/ĤM Ŧ ǽƷyǽƐǪŧ yÓıs ŀ p YÑs ǻKǵǧÑǪƬǫ ŧ ŀ p OÓǿpƐǪŮĦ ƷĖÑÑŰ
mL Ʒŀyǽǫ .yǽYƐū ώYKǻℓ ıs ŀ pH ώyΰŧǧƐǪŧ ĶǫÑÛ ƷĖÑÑŰ Ǵ Λ
p ǴǪUǽƷ ĨǵmL ǰǩƷŀ YyŰ ĤĤ ƷY ŀƷ OÓǿpƐǪŮĦ ǧÑǪƬǫ ŧ ŀ Ħǵ
YÑs p yÓıs ŧ ŀ ώYKǻℓ ıs ŀ KΛ ĤĤ Ko ĥ ώYpyƬǫ ƷY KǵǧÑǪƬǫ pH
ÑℓKℓ ŧ ŀ ǵ/ĥ g ÆǫƐΣ ƷŀƵÓǫ .yǽYƐū ǪÓóΰơ ƷÑŧƶǫ ǴǪǽƷèÑǫ KΛ
.(ĤĪ)yǽYƐū ǴəKljŀ KǵǰǩƷŀ ŧ ŀ oŀyŧ Ɛǵ ƷY ǻPƷ yÓıs ŧ ŀ ΘŀƷŹ
ÑℓKℓ yǻKə p OÓǿpƐǪŮĦ ǻÑǪƬǫ ǰǩƷŀ Ŧ ǽ ɐǽKǪℓ ǧƐǪℓŧ ƷÑÓǫ ǴΛ
ƷKǫƾ ƷyℓƗ ǻƐÓs ŧ ŀ yΰ Λ .yℓƗ ǴǪəƐū ƐÓℓ ƷY yǵKǀ ƵŀÑÑŰ ǴΛ ώƷƬ
Hettich) ţÑÓĂǽƐǪℓKs ŧ ŀ 5 ř KǵǰǩƷŀ ŧ ŀ Ŧ ǽ Ɛǵ ÆǽKHℓd pH ÛãÑə
KΛ (ĤĨ min ΘyǪ ǴΛ Ħǵǵǵ rpm ƷpY KΛ Rotofix 32 ǧyǪ
(schott Germany CG-824) ƐǪǫpH ώKŮǪıs Y ŧ ŀ ώYKǻℓ ıs ŀ
pH$_{ZPC}$ ǴăÆℓd .yŀyℓ ƷŀƐŮơ ƷKΛ Ħ KǵǀℓHÑƲ .yǽYƐū ǀℓHÑƲ
.yǽYƐū ǰÓÓūơ pH ÆǽKHℓd ƐǽYKǽǫ ƐĦƐΛ ƷY ǴǪǿpŀ ƐǽYKǽǫ ǪıSƷ ŧ ŀ
p ÆĂØDžÑơ ƷKǫƾd ÛSPSS 16 ƷŀƵəŀǫƐ ŧ ŀ KǵώYŀY OǽƐǽyǫ ǻŀƐΛ
p ANOVA ÛƷÑıƐÓř ǻƷKǫƾd ǻKǵƷÑǫƵd) ÆĂKℓℓŀıs ŀ ƷKǫƾd
Tăıs ǻƷKǫƾd ŘǪǪƬơ p Ǵǽƶ ŀ ơ ƷY .yℓ ώYKǻℓ ıs ŀ ł sKǫ (t ƷÑǫƐd
.Oơı ώyℓ ǴǪəƐū ƐÓℓ ƷY ǵ/ǵĨ KǵƷÑǫƵd ǴǪǪŧ ƷY ǻƷŀYÆℓℓūǫ



ǻpƷ yÓıs ŧ ŀ ώƷƶ ÑℓKℓ XRDƐǽÑdžơ : ù ŀ-ĤŘŮ ‖
ĂǪĖƬơ ǰǽŀ ƷY ώYKǻℓ ıs ŀ YƷÑǫ





TEM (b و SEM (a :ÃÁôÉŢơ ǰ ǂɬ ƷƳ ȣƳKÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ǻƵȝ ýǿƽȶɬ ΘɬƷƵ ÑǨǨ ƐǂÑdžơ : ƙ -Ĥ ŘĞǁ

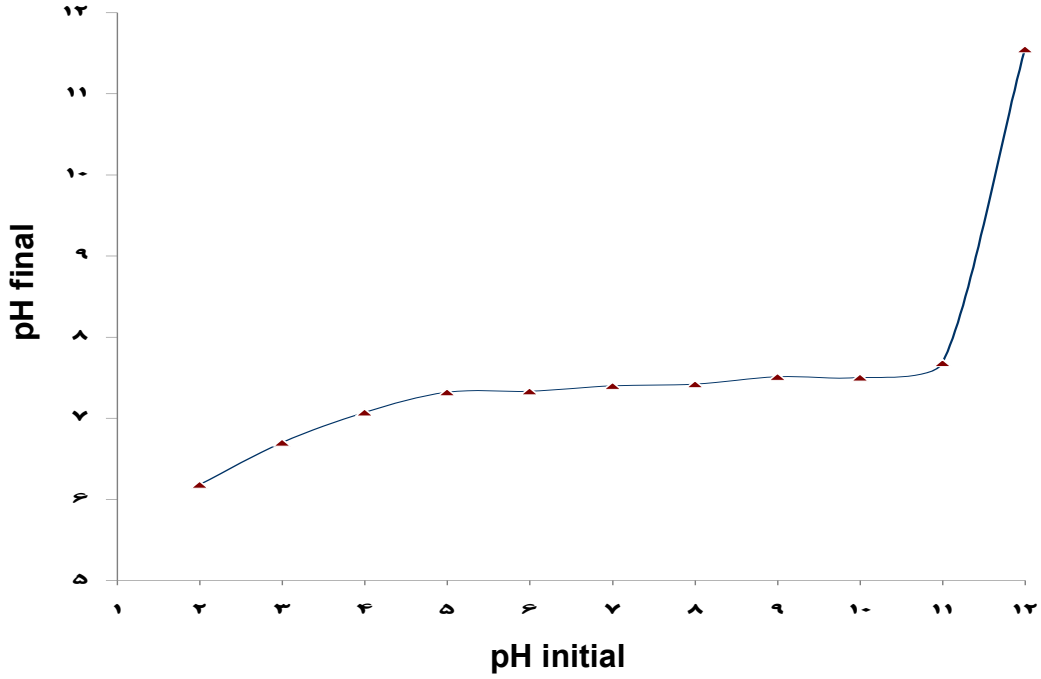
ǨǧǴǫəǨǂ

ȣƳKÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ȣƷƵ ÑǨǨ ΘǨdžU ǂǫ ǀ Uʎ ƿƳ ƷƳ ǴüĺǨăǫ ƨǂǨǫǨ

.Ơƽɬ ȣƴǁ ǴǂɬƷɬ ȣƴǁ ǫǨʅǁǂ ǻǨgƠƽơ ƨǂǨǫǨ ƿ ÃÁôÉŢơ ǰ ǂɬ ƷƳ ƿ ǻƷÑǫ ƷǨǫƠŘƽ ÆƽƷƐʎ ǻɬƐʎ : ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ȣƷƵÑǨǨ ΘǨdžU ǂǫ ȣƳKÅǫƽɬ (XRD) 5 Ğǂɬ Ǵüǁɬǂ ãƐÅơ ɛɬ ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ȣƷƵ ÑǨǨ ǻɛǨə ǻƿƷ ýǿƽgɬ ȣƷƵ ÑǨǨ XRD ƐǂÑdžơ (ù ǂ)Ĥ ŘŨǁ .Ơƽɬ ȣƴǁ ýǿƽgɬ ΘɬƷƵÑǨǨ SEM ƐǂÑdžơ (ƙ)Ĥ ŘĞǁ .yğƳÆǫ ƷǨǂ ɬƷ ΘǨüĺǨăǫ .yğƳÆǫ ƷǨǂ ɬƷ ÃÁôÉŢơ ǰ ǂɬ ƷƳ ȣƳKÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ǻƿƷ ΘɬƷƵÑǨǨ ǻƿƷ Ɛʎ TEM ƿ ÁǂǄƿƷ ÆǨƿƐǫĞĤ ŗ ÑĞƽƿƐĞǁǫ ǻɬƷƴ ǻƿƷýǿƽȶɬ ΘɬƷƵ Ġȶ ƳƴƳ ƷǨǂ ȣƳKÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ǻƿƷ ýǿƽgɬ .yǨǫƽǵ ĥğ nm ƐăǎǨ

ƷɬƵǿǫƿ ŪǨƷ ǺȣƐɬƴƳĤ Û ! ÑdžUǫ Tăƽ ƷɬƵǿǫ ÛŘŨǁ ÆƽƷƐʎ ƨǂǨǫǨ .Ơƽɬ ȣƴǁ ȣƳƷƿǎ Ĥ ğƿƴΣ ƷƳ ǻƿƷýǿƽȶɬ ΘɬƷƵÑǨǨ ! ÑǫƠƽ Ơƽ Ǵʅ Ī/ÎĤ ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ΘɬƷƵ ÑǨǨ pH_{ZPC} ¡ĥŘŨǁ 2 Ƙƽɬ Ɛʎ .Ơƽɬ ȣƴǫǎ

ƐǂƳYKĂǫ (ĥ ğƿƴΣ) ǰ ǁÑǫĤƳ σɬƐǀƿƐŨǿǫ ƿ ƿƷ ǫǨʅǁǂ ǴʅΣÑơ Ƙʅ ǴǾǫŰ ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ȣƷƵ ÑǨǨ ƷǨǫƠƽ ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ȣƷƵ ƷǨǫÑƽ ƴǁƷ ȣƴǁȶƷKHǫ Ơǒǫŭ ĤĨĩ/ĥĨ- ĤĥĨğ µg/mL ǴüĺǨăǫ ǰ ǂɬ ƷƳ ȣƳKÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ǻǨgǻƐǫgǨʅ ǴʅNjÑʅƐǫ ƴǁƷȣƴǁȶƷKHǫ Ơǒǫŭ ǰ ǽƐǫƷȶ ƷǨǫǫ ǰ ǂɬ ƷƳ Ǵȶ Ơƽɬ ȣƳÑʅ ǰ ǿšǪğ .Ơƽɬ ȣƳÑʅ ATCC 27853 ɬƐÑǂȶƿƐǂd 2 ǨǫÑǫƿƳÑƽř ƳÑʅ ĤĤĥ/-Ĩğğğ µg/mL ǨğǻƐǫgǨʅ ȣƴǁǂȶ Ơǒǫŭ Řǂɬƴſ



ǴüĺǨăǫ ǰ ǂɬ ƷƳ ƳǻÅǫƽɬ ƳƷÑǫ ǻƿƷ ýǿƽȶɬ ΘɬƷƵ ÑǨǨ **pH_{ZPC}** :ĥ ŘŨǁ

[illegible]

پارامترها	قطر ذرات (nm)	سطح ویژه (m^2/g)	شکل ذرات	رنگ	درصد خلوص (٪)
مقادیر	۲۰	۹۰	کروی	سفید	> ۹۹

[illegible]

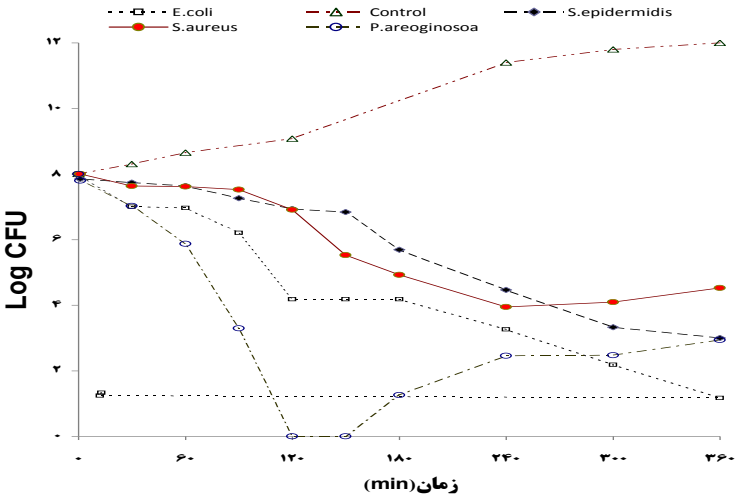
[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] (g/mLμ) MBC [illegible] MIC [illegible]

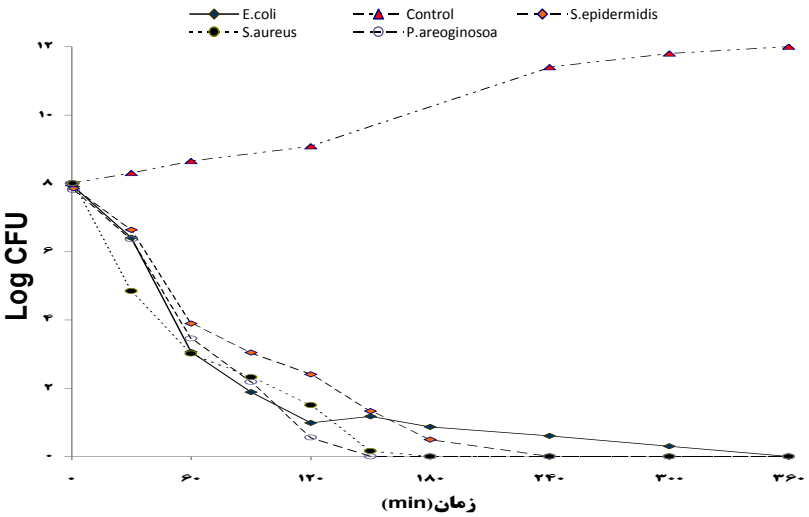
باکتری‌ها	MIC	MBC
اشرشیا کلی ATCC 25922	۱۲۵۰	۱۲۵۰
استافیلوکوک اپیدرمیدیس PTCC 1114	۶۲۵	۲۵۰۰
استافیلوکوک اورئوس ATCC 25923	۱۲۵۰	۵۰۰۰
پسودوموناس آیروژینوزا ATCC 27853	۱۵۶/۲۵	۳۱۲/۵



.ǻƿȝ yǿʂtɬ ΘɬȝZ ǸǸǿʂǸǴʂNƽ **1 x MIC** Ơðǫǔ ǩ 2 ǨȞǿ ȝY ù ǫǀǪǫ ǻǨǥȞǨǫƐ ȝY ǨǥǻƐǀǥǨ ǻɬƐ ũƐǫ ȝǨǫƐ ÆǸƮǪǫ : ùɬ-Ď ǨǓǁ

.yǁ ȸYǨǺǀʂɬ ȸȝZǸǸǨ Ȟƿyʎ Ơ ɬ njǿƮǫ Ɛɬ ğƐǀȸt ǻɬƐʎ

ȝţƿȝyǿg ǔyǿʂtɬƐřǸƽ Ǩǫǩǁ (ROS) ǸǾǀtɬȝ ȞŤǿʂtɬ ǻǨgǤǀNū ǸǾǿɬyǿʂtɬ 2 Ɛǀʂɬ Ǵʎ Ɛɮǀǫ ǨǾʂtƿȝyǿg ğǨŮǽYɬȝ ƿ yǿʂtƿƐř Æūyʎǁ Qtɬ Ɛǀǫ Ơ'Ǩƒ Ŧǽ ΘɬȝZ ǸǸǨ SEM 5 ŮŰ ȝY .YǸǁ Ŧ šǸt ȝǨǿʂʎ ǻǨgğǨǀʂǽƐt ŭȞɮơ ɛɬ ÉǁǨ Ǵt Ơʂɬ YǸΣǸǫ YƐĂǫ ȝǸĂ Ǵʎ Ŧ šǸt ȝǨǿʂʎ ȸɛɬyɬ ǨǾǨY Ǵʎ ƿ Ơʂɬ ΘɬȝZǸǸǨ yğYÆǫ Ȟǩǂǁ SEM ÙɬƐūƿƐÙǾǫ ǰǾʂǪǥǴ ÙƠʂǾȸyğǩǂǫ ǨǨ Ǵ Ɛɬ ȝY ȞǩǁÆūyʎtɬƐř ƿ ǻţǸǸǸƐǫ ÙȞǨǫƠǨʂ Ǵʎ ǴΣǸơ ǨǨ ΘɬȝZ ΘɬȝZ ǸǸǨ ȞǸǿʂǸǴʂNƽ ȝY Ǵt yǽǁ ΘɬȝZ Ȟyǁ Ŧǽ Yƹǀ Qǥ ĥ ğƿyΣ Ǵʎ ǴΣǸơ ǨǨ .(Ĥĥ)yʎǨǻ ŭȞǫǁǫ Ơ'Ǩƒ ÙΘǩǂǽǫƐđ ȝY ȸȝZ ǸǸǨ ÆūyʎtƠÙǨǨȞǫ Ơ'ǾDžǨƠ ÙΘɬȝZ ǸǸǨ Ơǫǫǔ ǀ ǽɮƐǽɬ ǨǨ ÐNA ǀ ǽɮƐǽɬ ƿ ȸyǫƐ ΘɬYǸΣǸǫ ǻɬƐǽ ǨHʎȸ ÆʂƐǫʂY /ȸŤǽƿ Tăʂ ǀ ǽɮƐǽɬ ǰǽɬƐ'ǨǨǽ ƿ ȸƐɬyʎH ǀ ǵǩt .(ĤǏ)YǸǁÆǫ ǨHʎȸd ǻƿȝ Ɛǽ ǸǾǀtɬȝ ǻǨgȸƿƐū Yɬyǔơ ǀ ǽɮƐǽɬ Ǩǽ ȸɬƐȞǵ ! ǸdžUǫ ƠǿȞʂ ǀ ǽɮƐǽɬ ǻɬƐǽ ǨgȞǸǀtǨə ǰǽƐǫQĤǫ ȞɬǸǀǔ Ǵʎ ΘɬȝZ Tăʂ ğǨūə ǻǨgȸƿƐū ǀ ǽɮƐǽɬ yǽǁ .Ơʂɬ ȸyǁ ƐtZ ΘɬȝZ ǸǸǨ ǻƐǾūǨǔǁ ǻɬƐǽ ğǨūə ǻǨgȞǨǔǫ ȞɬǸǀǔ Ǵʎ ÆƮăʂ (ǸǾǀtɬȝ ƐūȞǨǾʎ TEM ǻǨg 5 ŮŰ ǰǾǂƮȞǵg .yʎǀʂg Qǒʎǫ ǻƿƐt ǨǓǁ ĀǾǽƮơ ǰǽɬ ȝY ȸYǨǺǀʂɬ YȝǸǫ ΘɬȝZǸǸǨ Ǵt Ơʂɬ ǓǸljǸǫ ǰǽɬ ƐǾǾǔơ ƤǓǨʎ ΘɬȝZ ȸɛɬyʎH ǀ ǵǩt .yʎȝɬY ȝɬƐǻ ǸǸǨ ȸYƿyƮǫ ȝY ɬ ǁʂ Ǵ ǫǾǁ ȝY ƿ ǨHʎȸd ÆǽǨǾȞǾǁǸǓǽɛǾə ƿ ǻȝǨǫƠǨʂ ǻǨgÆūŤǽƿ ÆȞʂ ! ǸǸƠ ǀ ǽɮƐǽɬ ƿ ȸyʎƐ ΘɬYǸΣǸǫ ǻɬƐʎ ǨHʎȸd ÆʂƐǫʂY /ȸŤǽƿ Tăʂ ǀ ǽɮƐǽɬ ǰǽɬƐ'ǨǨǽ ƿ ȸƐɬyʎH ǀ ǵǩt .(ĤǏ)YǸǁÆǫ ǨHʎȸd ǻƿȝ Ɛʎ ǸǾǀtɬȝ ǻǨgȸƿƐū Yɬyǔơ ǀ ǽɮƐǽɬ Ǩǽ ȸɬƐȞǵ ! ǸdžUǫ ƠǿȞʂ ǀ ǽɮƐǽɬ ǻɬƐǽ ǨgȞǸǀtǨə ǰǽƐǫQĤǫ ȞɬǸǀǔ Ǵʎ ΘɬȝZ Tăʂ ğǨūə ǻǨgȸƿƐū ǀ ǽɮƐǽɬ yǽǁ .Ơʂɬ ȸyǁ ƐtZ ΘɬȝZ ǸǸǨ ǻƐǾūǨǔǁ ǻɬƐǽ ğǨūə ǻǨgȞǨǔǫ ȞɬǸǀǔ Ǵʎ ÆƮăʂ (ǸǾǀtɬȝ



ǻƿȝ yǿʂtɬ ΘɬȝZ ǸǸǿʂǸǴʂNƽ **MIC*1** Ơðǫǔ ǩ 2 ǨȞǿ ȝY ù ǫǀǪǫ ǻǨgȞǨǫƐ ȝY ǨǥǻƐǀǥǨ ǻɬƐʎ ũƐǫ ȝǨǫƐ ÆǸƮǪǫ : k -Ď ǨǓǁ

Θɬ3Z ÑIKII ƠðǫÛ | ǽɬƵǝɬ Kl .Ơsɬ ĠıǝKź | ǽɬƵǝɬ KǵǺƵlgKλ ĠÓǪŰ ÆźKźƵ[tKλ yIlƷ ĠIÑūŠÓǵ YÑΣÑǫ ǺKǵĠźÑs ƷY MIC ǰÓÓūơ ƷY ĠÓǩpɬ ƠðǫÛ Ġλ ΘɬƵZ ÑIKII Æɬ+tǺƵ[tKλ ƵɬÆơƷKIIŰ Ġλ yɬ+Ilʊyǵk+ǫ ŰÑljÑǫ ǰǽɬ Ġt Ơsɬ ĠıǝɬP ÆźKźƵ[tKλ ĠÓǩpɬ ƠðǫÛ p ΘɬƵZ ÑIKII ƨźKQII 2 Ksɬ Ƶλ .(ĤĬ)Ơsɬ ʊyIl ƭtƵ Ǫǵ ǰÓÆÆŤǫ ƵŰźY njsÑơ ƷÑÓsIKŚsÑs Æūyʊ+g p yIlƷ ÆūyʊIt ƠüIKƷǫ ƵɬĥğpyΣ ǰǽɬ.Ơsɬ Ǫǵ ƵλĀIIăIǫ ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ ĠÓǪŰ ǺpƷ yÓsɬ ΘɬƵZ ÑIKII ÑIKII MBC p MIC ƵźYKźǫ ƷÝÑλ Ǫǵ Ġλ ŦźYƵǁ ƩūƷKÓλ Ġlǫ̈́ p Ruparelia .Ơsɬ ŦźYƵǁ Ǫǵ Ġλ ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ ŘλKźǫ ƷY ΘɬƵZ ƵɬèKƷ[ɬ Ġt yʊÓsƵ Ġlǫ̈́ ǰǽɬ Ġλ YÑƠ ĠūIKăǫ ƷY ƷɬƵkŰƷǵ KǵŦƷǁ YÑΣp ƠǪŰ Ġλ ƷÑÓsIKŚsÑs ƷY ΘɬƵZÑIKII ǺƵźzřǔƷlơ Ġλ ĠΣÑơ Kl ǰǽƵKDλ Ü(Ĥħ)yKźǽ | ǽɬƵǝɬ Ǻzǔǫ Ơ+t njǾTǫ ƷY ǰŰƷǫ KHWD Æ+tkpƵÜÓǫ ƠƟDžKƠ ƵλΘɬƵZ ÑIKII ʊƵɬyʊ | ÆI Æ+tǺƵ[tKλ ÆźɬƷKg ΘɬƵZ ÑIKII ǺƵźzř ŭƷlơ ƠƟDžKƠ Ġt Ơsɬ yǵY ƷɬƵ̃a ƵÓ‰Kơ ƠTơ ɬƷ MIC/MBC ƵźYKźǫ ĠlǫÓ̈́ ƷY p KHWD .(ĥġ)Ơsɬ ʊyIl ƵtƵ ƵÓ‰ ƷɬƷKŰƷǵ p Gan njsÑơ YƷÑǫ ǰǽɬ Ġt ǺKǵĠźÑs ǺpƷ Ƶλ ǺpƷ yÓsɬ ΘɬƵZ ÑIKII ƵɬƵljkf ĠūIKăǫ ƷY ATCC ɬƵÑźtƤƵźd 2 KIIÑǫPYÑsř ɬ ÓơƵơ Ġλ ÆsƷƵλ YƷÑǫ t'Ñ‡ÑǪÓəKǫsɬ <ATCC 25922 ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ < 27853 ATCC 2 ÑɬƷPɬ t'Ñ‡ÑǪÓəKǫsɬ < PTCC 1114 5 źyÓǫƷyÓɬɬ ǺpƷ yÓsɬ ΘƷZÑIKII ƵɬƵλY ΘƷKIIŰ Ġλ .Ơsɬ ʊYÑλ 25923 .Ơsɬ Ơ‖ǫ ǫƵū ǺKǵǺƵ[gKλ ƵɬƵ+Ól ÆĂIǫ ǫƵū ǺKǵǺƵ[gKλ Ƶλ ɬƵdžTǫ ΘɬƵZÑIKII Æ+tǺƵ[tKλ ÆźɬƷKg Ġt ƠĂū ƷɬÑơÆǫ Kǫɬ .(Ĥħ)Ơsól Ġlǫsɬ(ÆĂIǫ ǫƵū Kź Ơ‖ǫ ǫƵū) ÆłÑǪs ʊƷɬÑźY ʊƷZÑIKII Ơðǫ̈́ | ǽɬƵǝɬ Kl Ġt YɬY ƷK+l ĠūIKăǫ ǰǽɬ ź źKQII ǰÓÓšǪǵ YKlźɬ yIlƷ ǫyŰ ĠłKǵ ƵăIJ KǵǺƵ[gKλ ĠƷǵ ǺɬƵλ ŮÑljÑǫ ǰǽɬ ĠIIIKɬ.yIlKλ njIIoƵǫ ΘɬƵZ ÑIKII ƵơèKλ ǺKǵƠðǫÛ ÑIKII ÆłpƵÜÓǫ yljƠÓǪKĂø Ơðǫ̈́ ÆăƠ ĠăJƷ ƵūƷKÓλ yɬÑơÆƷ̃ ƠǭpKźǫ YKlźɬ ǧKƷǭf‡ ƵơèKλ ǺKǵƠðǫÛ ƷY ɬƵźƵ ŮyIlKλ ΘɬƵZ ũƵǫ ƷKǫƵ ÆsƷƵλ Ġt ǰǽɬ Ġλ ĠΣÑơ Kl .YƷɬY YÑΣp ǺƷKūƵźs ǺƵơèKλ Ơ‰sKsf ƵɬÆ+tǺƵ[tKλ Ơðǫ̈́ ĂIJyƒ ǰÓÓūơ Ġλ Ơ‖sI ƵIJÀ ÆdžÓU+ơ ĂǫKŰ ƷɬÑÑŰ Ġλ ǰǽƵKDλ (ĥĤpĤĩ)Ơsɬ ƷɬYƷÑơƵλ ĠIơKIl ÆłpƵÜÓǫ yljĂǫɬÑŰ Æ+tǺƵ[tKλ ĂÓsIKǭf ÆsƷƵλ ǺɬƵλ ΘɬƵZÑIKII ÆūyʊIt Ơ‰ÓǺĂ ÆsƷƵλ ĠūIKăǫ ǰǽɬ ƷY .Ơsɬ ʊyIl

ƨźKQII 2 Kɬ ƵλY.yźYƵū ÆsƷƵλ Ǫǵ p pƵ ǰǽɬ Kl ǺpƷ yÓsɬ | ǵKt MIC*Ĥ ƠðǫÛ ƷY ùĬɬ-Ħ ĂŰǁ ƷY ʊyǫơ ƠsY Ġλ ƵŰźY Ġλ ƠIIsI ɬƵÑźtpƵźơ 2 KIIÑǫPYÑsř ǺKǵǺƵ[gKλ ƠÓūŽΣ Ġs ƠÓūŽΣ | ǵKt yIIpƵ p Ơsɬ ʊYÑλ Ƶ[üźƵs ƷKÓsλ KǵǺƵ[gKλ ƠðǫÛ | ǽɬƵǝɬ Kl .Ơsɬ ʊYÑλ Ǫǵ Kl ĠlK+ǫ KIIźƵĂơ ƵŰźY ǺƵ[tKλ ƠÓūŽΣ | ǵKt ƠŰƵs MIC*Ĥ Ġλ ΘɬƵZÑIKII ŽÑÓsIKŚsÑs ǧƵ[ɬ ĥ ğpyΣ ǰǽɬ.Ơsɬ Ǫǵ Ƶλ Āllălǫ ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ ĠÓǪŰ ǺpƷ yÓsɬ ΘɬƵZ ÑIKII ÑIKII MBC p MIC ƵźYKźǫ ŽÝÑλ Ǫǵ Ġλ ŦźYƵǁ ƩūƷKÓλ Ġlǫ̈́ p Ruparelia .Ơsɬ ŦźYƵǁ Ǫǵ Ġλ ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ ŘλKźǫ ƷY ΘɬƵZ ƵɬèKƷ[ɬ Ġt yʊÓsƵ Ġlǫ̈́ ǰǽɬ Ġλ YÑƠ ĠūIKăǫ ƷY ŽɬƵkŰƷǵ KǵŦƷǁ YÑΣp ƠǪŰ Ġλ ŽÑÓsIKŚsÑs ƷY ΘɬƵZÑIKII ǺƵźzřǔƷlơ Ġλ ĠΣÑơ Kl ǰǽƵKDλ Ü(Ĥħ)yKźǽ | ǽɬƵǝɬ Ǻzǔǫ Ơ+t njǾTǫ ƷY ǰŰƷǫ KHWD Æ+tkpƵÜÓǫ ƠƟDžKƠ ƵλΘɬƵZ ÑIKII ʊƵɬyʊ | ÆI Æ+tǺƵ[tKλ ÆźɬƷKg ΘɬƵZ ÑIKII ǺƵźzř ŭƷlơ ƠƟDžKƠ Ġt Ơsɬ yǵY ƷɬƵ̃a ƵÓ‰Kơ ƠTơ ɬƷ MIC/MBC ƵźYKźǫ ĠlǫÓ̈́ ƷY p KHWD .(ĥġ)Ơsɬ ʊyIl ƵtƵ ƵÓ‰ ƷɬƷKŰƷǵ p Gan njsÑơ YƷÑǫ ǰǽɬ Ġt ǺKǵĠźÑs ǺpƷ Ƶλ ǺpƷ yÓsɬ ΘɬƵZ ÑIKII ƵɬƵljkf ĠūIKăǫ ƷY ATCC ɬƵÑźtpƵźơ 2 KIIÑǫPYÑsř ɬ ÓơƵơ Ġλ ÆsƷƵλ YƷÑǫ t'Ñ‡ÑǪÓəKǫsɬ <ATCC 25922 ÆǫtKÓ‖Ɛ‖ɬ < 27853 ATCC 2 ÑɬƷPɬ t'Ñ‡ÑǪÓəKǫsɬ < PTCC 1114 5 źyÓǫƷyÓɬɬ ǺpƷ yÓsɬ ΘƷZÑIKII ƵɬƵλY ΘƷKIIŰ Ġλ .Ơsɬ ʊYÑλ 25923 .Ơsɬ Ơ‖ǫ ǫƵū ǺKǵǺƵ[gKλ ƵɬƵ+Ól ÆĂIǫ ǫƵū ǺKǵǺƵ[gKλ Ƶλ ɬƵdžTǫ ΘɬƵZÑIKII Æ+tǺƵ[tKλ ÆźɬƷKg Ġt ƠĂū ƷɬÑơÆǫ Kǫɬ .(ĥĤ)Ơsól Ġlǫsɬ(ÆĂIǫ ǫƵū Kź Ơ‖ǫ ǫƵū) ÆłÑǪs ʊƷɬÑźY ʊƷZÑIKII Ơðǫ̈́ | ǽɬƵǝɬ Kl Ġt YɬY ƷK+l ĠūIKăǫ ǰǽɬ ź źKQII ǰÓÓšǪǵ YKlźɬ yIlƷ ǫyŰ ĠłKǵ ƵăIJ KǵǺƵ[gKλ ĠƷǵ ǺɬƵλ ŮÑljÑǫ ǰǽɬ ĠIIIKɬ.yIlKλ njIIoƵǫ ΘɬƵZ ÑIKII ƵơèKλ ǺKǵƠðǫÛ ÑIKII ÆłpƵÜÓǫ yljƠÓǪKĂø Ơðǫ̈́ ÆăƠ ĠăJƷ ƵūƷKÓλ yɬÑơÆƷ̃ ƠǭpKźǫ YKlźɬ ǧKƷǭf‡ ƵơèKλ ǺKǵƠðǫÛ ƷY ɬƵźƵ ŮyIlKλ ΘɬƵZ ũƵǫ ƷKǫƵ ÆsƷƵλ Ġt ǰǽɬ Ġλ ĠΣÑơ Kl .YƷɬY YÑΣp ǺƷKūƵźs ǺƵơèKλ Ơ‰sKsf ƵɬÆ+tǺƵ[tKλ Ơðǫ̈́ ĂIJyƒ ǰÓÓūơ Ġλ Ơ‖sI ƵIJÀ ÆdžÓU+ơ ĂǫKŰ ƷɬÑÑŰ Ġλ ǰǽƵKDλ (ĥĤpĤĩ)Ơsɬ ƷɬYƷÑơƵλ ĠIơKIl ÆłpƵÜÓǫ yljĂǫɬÑŰ Æ+tǺƵ[tKλ ĂÓsIKǭf ÆsƷƵλ ǺɬƵλ ΘɬƵZÑIKII ÆūyʊIt Ơ‰ÓǺĂ ÆsƷƵλ ĠūIKăǫ ǰǽɬ ƷY .Ơsɬ ʊyIl

مواد و روش‌ها

در این مطالعه تجربی، نانوذرات اکسید روی با روش رسوب‌دهی شیمیایی تهیه شدند. ابتدا محلول ۰/۱ مولار نیترات روی در آب مقطر تهیه شد و سپس محلول ۰/۱ مولار سدیم هیدروکسید به آن اضافه شد. رسوب حاصل پس از شستشو با آب مقطر و اتانول، در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. برای تعیین pH_{ZPC} نانوذرات، مقدار ۰/۱ گرم از نانوذرات در ۵۰ میلی‌لیتر محلول‌های با pH مختلف (۲ تا ۱۲) تهیه شد و pH نهایی پس از ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد. نقطه‌ای که در آن تغییر pH صفر است، pH_{ZPC} در نظر گرفته شد.

برای بررسی اثر pH بر حذف فلزات، محلول‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هر فلز (کادمیوم، سرب، نیکل و کبالت) تهیه شد و pH آن‌ها با محلول‌های ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید و سدیم هیدروکسید در محدوده ۲ تا ۱۰ تنظیم شد. مقدار ۰/۱ گرم از نانوذرات به ۵۰ میلی‌لیتر از هر محلول اضافه شد و پس از ۲۴ ساعت هم‌زدن در دمای اتاق، غلظت فلز باقی‌مانده با دستگاه جذب اتمی شعله‌ای اندازه‌گیری شد. درصد حذف و ظرفیت جذب تعادلی محاسبه شد.

برای بررسی اثر غلظت اولیه، محلول‌های با غلظت‌های ۵۰ تا ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد و مقدار ۰/۱ گرم از نانوذرات به ۵۰ میلی‌لیتر از هر محلول اضافه شد. pH محلول‌ها در مقدار بهینه تنظیم شد و پس از ۲۴ ساعت هم‌زدن، غلظت تعادلی اندازه‌گیری شد. داده‌های تعادلی با مدل‌های ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ برازش شدند. برای بررسی اثر زمان تماس، محلول‌ها در بازه‌های زمانی ۱۵ دقیقه تا ۲۴ ساعت هم زده شدند و غلظت فلز در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری شد. داده‌های سینتیکی با مدل‌های شبه‌مرتبه اول و شبه‌مرتبه دوم برازش شدند.

برای بررسی اثر مزاحم‌ها، محلول‌های حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از هر فلز با افزودن سدیم کلرید، کلسیم کلرید و منیزیم سولفات در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ مولار تهیه شد و ظرفیت جذب تعادلی در حضور مزاحم‌ها اندازه‌گیری شد. برای بررسی قابلیت استفاده مجدد، نانوذرات پس از جذب با محلول ۰/۱ مولار هیدروکلریک اسید شستشو داده شدند و سپس خشک شدند. این فرایند جذب و واجذب پنج بار تکرار شد و ظرفیت جذب در هر چرخه محاسبه شد.

نتایج

نتایج نشان داد که pH_{ZPC} نانوذرات برابر با ۷/۲ است. بیشترین حذف فلزات در pH بالاتر از این مقدار مشاهده شد. در pH برابر با ۶، درصد حذف کادمیوم، سرب، نیکل و کبالت به ترتیب ۹۸، ۹۹، ۷۴ و ۷۱ درصد بود. در pH برابر با ۴، درصد حذف کادمیوم و سرب به ترتیب ۶۲ و ۷۵ درصد بود. داده‌های تعادلی با مدل لانگمویر بهتر برازش شدند ($R^2 > 0/99$) و ظرفیت جذب تک‌لایه برای کادمیوم ۱۲۵ میلی‌گرم بر گرم محاسبه شد.

سینتیک جذب از مدل شبه‌مرتبه دوم پیروی کرد ($R^2 > 0/99$) و ثابت سرعت برای کادمیوم $0/0042$ گرم بر میلی‌گرم در دقیقه محاسبه شد. در حضور ۰/۵ مولار کلسیم کلرید، ظرفیت جذب کادمیوم ۱۸ درصد کاهش یافت. پس از پنج چرخه جذب و واجذب، ظرفیت جذب کادمیوم ۸۶ درصد مقدار اولیه بود. نتایج نشان داد که نانوذرات اکسید روی تهیه‌شده با روش رسوب‌دهی شیمیایی، جاذب مناسبی برای حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی هستند.

1.Hoseinzadeh E, Samargandi M.R, Alikhani M.Y. Evaluation of synergetic effect of commercial zinc oxide and copper oxide nanoparticles against gram posetive and gram negative bacteria by fraction inhibitory concentration index. Journal of Zanjan University of Medical Sciences. 2012; 20(82): in press (in Persian).

2.Hoseinzadeh E, Samargandi M.R, Alikhani M.Y, Roshanaei Gh, Asgari G. Antimicrobial efficacy of zinc oxide nanoparticles against gram negative and positive bacteria. Iranian Journal of Health and Environment. 2012;14(5):13-9 (in Persian).

3.Hadi M, Shokoohi R, Namvar AME, Karimi M, Aminabad MS. Antibiotic resistance of isolated bacteria from urban and hospital wastewaters in Hamadan City. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(1):105-14 (in Persian).

4.Hoseinzadeh E, Samargandi MR, Alikhani MY, Godini H, Shams Khorramabadi Gh. Sensitivity coefficient and death kinetics of Escherichia coli and Staphylococcus aureus to zinc oxide and copper oxide nanoparticles. Journal of Isfahan Medical School. 2012;30(200):1-11 (in Persian).

5.Fang M, Chen J-H, Xu X-L, Yang P-H, Hildebrand HF. Antibacterial activities of inorganic agents on six bacteria associated with oral infections by two susceptibility tests. International Journal of Antimicrobial Agents. 2006;27(6):513-7.

6.Sondi I, Salopek-Sondi B. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria. Journal of Colloid and Interface Science. 2004;275(1):177-82.

7.Sinha R, Karan R, Sinha A, Khare SK. Interaction and nanotoxic effect of ZnO and Ag nanoparticles on mesophilic and halophilic bacterial cells. Bioresource Technology. 2011;102(2):1516-20.

8.Xie Y, He Y, Irwin PL, Jin T, Shi X. Antibacterial activity and mechanism of zinc oxide nanoparticles on Campylobacter jejuni. Applied and Environmental Microbiology. 2011;77(7):2325-31.

9.Kalantar E, Maleki A, Khosravi M, Mahmodi S. Evaluation of ultrasoundwaves effect on antibiotic resistance Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus aureus isolated from hospital and their comparison with standard species. Iranian Journal of Health and Environment. 2010;3(3):319-26 (in Persian).

10. Tawale JS, Dey KK, Pasricha R, Sood KN, Srivastava AK. Synthesis and characterization of ZnO tetrapods for optical and antibacterial applications. Thin Solid Films. 2011;519(3):1244-7.

11. Zhang L, Ding Y, Povey M, York D. ZnO nanofluids as potential antibacterial agent. Progress in Natural Science. 2008;18(8):939-44.

12. Atmaca S, Gul K, Clcek R. The effect of zinc on microbial growth. Journal of Medical Sciences. 1998;8:595-7.

13. Dastjerdi R, Montazer M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: Focus on anti-microbial properties. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2010;79(1):5-18.

14. Ruparelia JP, Chatterjee AK, Duttagupta SP, Mukherji S. Strain specificity in antimicrobial activity of silver and copper nanoparticles. Acta Biomaterialia. 2008;4(3):707-16.

15. Qi L, Xu Z, Jiang X, Hu C, Zou X. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. Carbohydrate Research. 2004;339(16):2693-700.

16. National Committee for Clinical Laboratory Standards. Methods for determining bactericidal activity of antimicrobial agents; Approved guideline. Wayne, PA: NCCLS; 1999. Report No.: Document M26-A.

17. Samarghandy MR, Hoseinzadeh E, Taghavi M, Hoseinzadeh S. Biosorption of Reactive Black 5 from aqueous solution using acid-treated biomass from potato peel waste. Bioresources. 2011;6(4):4840-55.

18. Akhavan O, Ghaderi E. Cu and CuO nanoparticles immobilized by silica thin films as antibacterial materials and photocatalysts. Surface and Coatings Technology. 2010;205(1):219-23.

19. Blinova I, Ivask A, Heinlaan M, Mortimer M, Kahru A. Ecotoxicity of nanoparticles of CuO and ZnO in natural water. Environmental Pollution. 2010;158(1):41-7.

20.Gan X, Liu T, Zhong J, Liu X, Li G. Effect of silver nanoparticles on the electron transfer reactivity and the catalytic activity of myoglobin. ChemBioChem. 2004;5(12):1686-91.
21.Food and Drug Administration. Guidance for industry microbiological data for systemic antibacterial drug products - Development, Analysis, and Presentation. New Hampshire: U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER); 2009.
22.Tiwari DK, Behari J, Sen P. Time and dose-dependent antimicrobial potential of Ag nanoparticles synthesized by top-down approach. Current Sciences. 2008;95(5):647-56.
23.Dimitri AS. Prediction of surface charge on oxides in salt solutions: Revisions for 1:1 (M+L-) electrolytes. Geochimica et Cosmochimica Acta. 2005;69(2):225-57.
24.Lytle DA, Rice EW, Johnson CH, Fox KR. Electrophoretic mobilities of Escherichia coli O157:H7 and Wild-type Escherichia coli strains. Applied and Environmental Microbiology. 1999; 65(7):3222–5.

Antimicrobial Efficacy of Zinc Oxide Nanoparticles Suspension Against Gram Negative and Gram Positive Bacteria

Edris Hoseinzadeh[1], *Mohammad Reza Samargandi[2], Mohammad Yosef Alikhani[3], Ghodratollah Roshanaei[4], Ghorban Asgari[2]

[1]Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran
[2]Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran
[3]Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Hamadan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran
[4]Department of Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

Received; 09 May 2012 Accepted; 05 August 2012

ABSTRACT

Background and Objectives: Along with the rapid development of human life, controlling harmful effects of microorganisms would be unavoidable. The objective of this study was to evaluate antibacterial efficacy of zinc oxide nanoparticles on different microbial strains.

Material and Methods: This experimental study was done using gram negative and gram positive bacteria in nutrient media. Nanoparticle characterization was determined using X-ray diffraction (XRD), scanning and transmission electron microscopy (SEM and TEM). Bacterial sensitivity to nanoparticles was tested using a disk diffusion test and minimum inhibitory concentration (MIC). Time–kill studies and other tests were carried out using 108 CFU/mL of bacteria at baseline. A point of zero charge, pHzpc, of nanoparticle was investigated using the batch equilibration method. Obtained data were managed by SPSS Ver.16 and were analyzed through the Pearson, analysis of variance (ANOVA) and Student's independent t-tests. 0.05 was selected as significant level for all tests.

Results: Characterization results from XRD, SEM, and TEM showed that particles are in nano range and they do not contain any discernible crystalline impurity. The average ZnO nanoparticles diameter was 20 nm. The pHZPC for ZnO was found to be 7.51. The P. aeruginosa strain exhibited larger diameter inhibition zone (DIZ) to ZnO nanoparticle compared with other strains. Population of P.aeroginosa for 2 x MIC concentration was reduced to zero in the presence of nano ZnO within 150 min. The bacterial CFU had significant difference with contact time, nanoparticles loading, and bacterial strain ($P<0.001$).

Conclusion: This study demonstrated that antibacterial activity of ZnO can be a candidates for the elimination of gram negative and gram positive bacteria, particularly in nasocomial infection agent control.

Keyword: Gram negative bacteria, Gram positive bacteria, Antimicrobial effect, ZnO

***Corresponding Author**: *mrsamarghani@umsha.ac.ir*
***Tel:** +98 811 8380025 **Fax:** +98 811 8380509*