



Peroxymonosulfate activation using CoFe₂O₄/Fe₂O₃ nanocomposite for Acid Orange removal

S xqj v nmLj r: j uMj .rv 1Wrwp2Yqnwp Mxxr1_ nw2J j Uq/

Yl qxxuxoI qnv dl j uYl mwl n- l[w^o n- r^o Yj rw S j ij A^o rj 166=55 Vnwj wp1S j ij A^o rj

GHYZ I Z@Nn-nrwl v rxnm v noj uwj wxlxv yx-rn l j o j u^o .^o r^o q^o j -rx±. lxv yx-r^o rxw -I xLn₇U₉4xLn₇U₈Ag C 51537: 153 51 53: j wm6. ^o n-n . ±l n . o t u A^o g k -d j . n m k A^o j l x y -n l r y r j . o x w v n -q x m B n l x v y x . r o x w j w m v x -y q x u p A x o . q n l j o j u^o .^o n -n . A^o n v j . d j u A l q j -j l . n -r e n m B n l j o j u^o .^o r^o q^o . q n q p q n . I x l x w n w - I x L n₇ U₉ . l n x q k r . n m . q n p -n j . n . n l m w l A^o x - q n j l m x -j w p n < - G U < . m p -j n j . o x w^o t j y n -x x A^o v x w x . ± u j . n - V S Y . j l . o^o j . o x w 3 n n n l . x o . n^o n -j u n x y n -r v n w j u y j -j v n . n - r w l u t m w p y N I I x L n₇ U₉ u j m r w p l j w m V S Y n x . j p n x w G U < m p -j n j . o x w^o n -n . ± m m n l j w m . q n l j o j u^o d j l . o^o r^o A^o j . o x ± w m . x r w l -n j . n^o r^o q . q n v n w . o x w m m y j -j v n . n - 3 S x -n x^o n -I I x L n₇ U₉ m r . y u j A^o n m j m z t j . n -n t . j k r u . A^o j w m^o j . j k u n . o x m p -j n m G U < o x -j . u n j . o x ± - l x w n l ± . o^o n l A^o u n . 3 G v j m m r . o x w l . q n . o x j u x -p j w l l j -k x w - Z U I . -n v x^o j u x o l x L n₇ U₉ .^o j . m m -n -v r w n m^o q n u n . q n l j o j u^o .^o j k r u . A^o .^o j . x k . n^o n m o x v . q n v n o j u u n j l q r w p r w . q n . -n j . n m . x u t . o x w 3 Y ± u j . n -j m l j u - Y U₉ .^o n -n m m w r n m j . . q n v j r w -n j l . o^o n . y n l m -n . y x w r k u n o x -G U < m p -j n j . o x w 3

QnA^o x-m (A^o ± u j . n -j m l j u A V n -x x A^o v x w x . ± u j . n A l x L n₇ U₉ 4 L n₇ U₈ A g l m x -j w p n < A l j o j u^o r .

1. INTRODUCTION

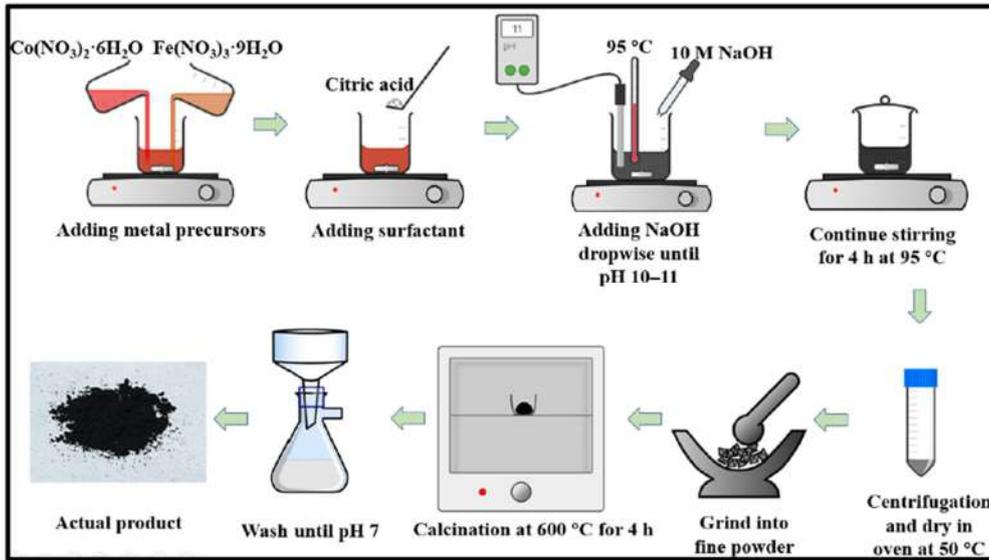
U^o n . q n m l j m . l . q n n v n -p r w p x -p j w l l x w j v r w j w . q j^o n l j ± n m^o j . n - y x u t . o x w 3 n x -p j w l y x u t . o j w . o q j . p -n j u A l x w . d k ± n . o x^o j . n - y x u t . o x w j -n . q n m r l q j -p n x o ± w -n j . n m n ± n w . l x w j r w p x -p j w l l x v y x ± w m . ± l q j . y q j -v j l n ± d j u l y q n w x u l y n . d l m m . j w m m A^o . o x v^o j -x ± . r w n t . -m . d 6 f 3 G v x w p . q n y x u t . o j w . l m A^o . j . q n l x v v x w . A w . q n . d l x -p j w l . ± k . o j w l n . j -n^o m m u A^o ± n m r w . q n r w n t . -m . 3 S x . o . q n m A^o . n x w x . k r w m . o x . q n g k -d n t -r w p . q n m A^o w p y -x l n .^o q n -n t y . x : 5* x o . q n v j -n m r l q j -p n m j . r w n t . -n j u n ± n w . d 7 f 3 J A^o n y n -r . . r w^o j . . n^o j . n -o x -j u x w p y n -x m m t n . o x . q n q r p q y q x . o x . j k r u . A^o y -x y n -A^o q r w m -r w p . q n u p q . y n w n -j . o x w j w m n^o n w t j u A^o m r . t y . r w p . q n y q x . o . A w . q n . r . o x o j z t j . d l y j w . 3 G l m x -j w p n < - G U < . r j^o n u t w x^o w x -p j w l m A^o . q j . r . r w n x y n w r^o n j w m -n j m u A^o . x u t k u n r w^o j . n -3 R t n v x . . x o . q n j e x m A^o . 1 G U < . n w m . o x k n m r . y x . n m k A^o . q n r w n t . -m . j w m y x . . n . . q -n j . . o x q ± v j w q n j u q m t n . o x . q n . o x d l r . A^o l r -r o j . o x w ± y x w n y x . ± n j w m m e e r w n . . d 8 D f 3

] j -x ± . j n f j w l n m . -n j . v n w . . n l q w x u p m . . ± l q j . j m x -y . o x w l . n^o j p n . -n j . v n w l j w m j n f j w l n m x x m j . o x w y -x l n . n . - G U V . q j^o n k n w j y y u m m . o x j m m n . . q n l q j u n w p n 3 G U V q j . k n n w y -x y x . n m j . j y x . . k u n v n . q x m . o x -n v x^o n . q n x -p j w l y x u t . o j w . r w^o j . . n^o j . n -^o r . q x ± . . q n p n w n -j . o x w x o . n l x w n j -A^o . j . n . d l f 3 G . y -n . n w o l . ± u j . n -j m l j u k j . n m G U V -Y X G U V . q j . m j^o w p -n j . n -j n w o x w j . j v x -n n l . o^o n . x u t . o x w . o x . q n x -p j w l y x u t . o j w . -n v x^o j u r w^o j . n -3 H A^o Y X G U V . . n l q w x u p A^o l . q n y n -r . n w . x -p j w l y x u t . o j w . j -n v r w n -j u e n m r w o x . v j u n - v x u l ± u n . j w m n^o n w t j u A^o l x w^o n -n m r w o x I U₇ j w m N₇U₃ M i n w -j u A^o l Y U₉ . -073]_{TNK} l d c f . r . p n w n -j . n m^o t j y n -x x A^o v x w x . ± u j . n -V S Y . j l . o^o j . o x w l j w m j . n -m . x o -n n x -n j l . o x w r . . -p p n -n n B

Yn^o n -j u v n . q x m l j w k n ± n m o x - . q n V S Y j l . o^o j . o x w r w l u t m w p . q n ± n x o [] l q n j . j w m -j w r . o x w v n o j u . d : f 3 G v x w p . q n v n . q x m l V S Y r . l x v v x w A^o j l . o^o j . n m k A^o ± r w p . -j w r . o x w v n o j u r w q x v x p n w n x ± . j w m q n . n -x p n w n x ± . . A^o n v . 3 N x^o n^o n -l . q n j l . o^o j . o x w r w q n . n -x p n w n x ± . . A^o n v r v x -n y -n a n -n m m t n . o x . q n n j . n x o . n y j -j . o x w j w m -n l x^o n -A^o o . q n . x u m l j o j u^o . o x v . q n . -n j . n m . x u t . o x w u n j m w p . o x u n . j n f n -n n w^o r -x w n w o j u n n l . o . l j w m v r w t r e n m x y n -j . o x w j u l x . o . m t n . o x w x k u p j . o x -A^o w m n x o n x . n -w j u n w n -p A^o . x ± l n . -n p 3 q n j . l r -j m j . o x w . d = b f 3

I x k j u -I x . k j . n m l j o j u^o . . q j^o n k n n w -n y x -n m j . . q n v x . . n l m w . l j o j u^o . r w V S Y j l . o^o j . o x w . o x p n w n -j n Y U₉ - d 6 f 3 Z x n j . n l j w t v n -x ± . x o l x l x w j r w p v j . n -t j u j . q n . n -x p n w n x ± . l j o j u^o . q j^o n k n n w . . ± m m m j . V S Y j l . o^o j . x -3 I x U I I x U₇ I I x₇ U₈ I I x U - U N . j w m I x₈ U₉ j -n . q n^o n m r n -n w . t r w m x o l x k j u x x m m l j o j u^o . 3 G v x w p . q n l j o j u^o . 1 I x U j w m I x₈ U₉ j -n v x -n l x v v x w A^o j y y u m m r w . q n m p -j n j . o x w x o x -p j w l y x u t . o j w .^o t j V S Y j l . o^o j . o x w d 6 6 k 6 f 3 N x^o n^o n -l . n^o n -j u . . ± m m . q j^o n x k . n^o n m . q n u n j l q r w p x o l x m t -r w p l j o j u^o d j l . o^o j . o x w x o V S Y d 6 8 f 3 Z x x^o n -l x v n . q r . m x^o w m m l I x₈ U₉ . q j . k n n w m y x . r . n m x w^o j -x ± . . ± y y x . . . ± l q j . v n o j u x x m m l r w n t . -n j u^o j . . n l v j p w n -d y j -d l u . l j w m j m x -k n w . 3 G u q x ± p q . q n . ± y y x -n m I x₈ U₉ . q n . n -x p n w n x ± . l j o j u^o . . q x^o n m r v y -x^o n m l j o j u^o d j l . o^o r . A^o l k n -n . m r . y n -r w j w m q p q n -n l x^o n -A^o o x v . q n^o j . . n^o j . n -l . q n v n o j u u n j l q r w p y -x k u n v^o j . w x . o t u A^o -n x u n n B G v x w p . q n v n o j u k j . n m l j o j u^o . 1 r -x w -L n . k j . n m l j o j u^o . j -n . q n v x . . y x y ± u j -u A^o . . ± m m m r w . q n j l . o^o j . o x w x o

Received : H w t j -A617578
Revised : L n k -t j -A6: 17578
Accepted : L n k -t j -A7517578



Lrp363YÁwqnr r xo·qnI xLnIj·j uÁ·

VS Y d: 66f3Ln2kj·nmwj wxv j·n·tj u· ±l q j· Ln7U81Ln8U9, jwm ãn-x2j unw· r-xw· -c] O j·n· ±mmj· VS Y j l·rj· x- mèn· x· qn qppq j k±wnj wlnl u° l x· ·l nw·r-xw nwj u o-mwruw· jwm yn-ã-v j wln d69f3 Oxw x xmm· j-n qn·n-xpnw±· lj·j uÁ· ° qd q j·n yxy±uj-uÁ rw·n· ·rj· nmj· VS Y j l·rj· x- ã-x-pj wd yxut·j w·-nv x°j uLx-Ln7U81·qn -nmèl·rxw xo Ln80 y-xv x·n· ·qn l xv krwj·rxw xo Ln70 ° r·q VS Y·x y-xmèl n YU9 d6: f3

Xnl nwuÁl krw nej udl x- v ±uv nej udl lj·j uÁ· qj°n knl xv n jw rw ±nw rwplj· · xolj·j uÁ· rw·qn·nv x°j ux o-pj wd l xwvj· rvj w· 3 Hwj·Á· yrwuÁ·yn x xmm· -GH7U9· qj°n pjrwmm p-nj·n· j nw·rxw·nl nwuÁl mèn· x· qn kn n- yn-ã-v j wln l xv yj·nm·x· qn· rwpun2v nej ux xmm· v r·x±·n· d6; f3 n· yrwu an-r·n· ° r·q· qn j n f j wj pn· xo qppq -n±·j kr·Á· jwm nj·Á· nyj·j·rxw qj°n knmw l xw mm·nm j· n nl·r°n VS Y j l·rj· x- rw·qn yn-r·nw·x-pj wd yxut·j w·-nv x°j uLwvj·-dl ±j·-l·qn yn-ã-v j wln· xo· yrwuac-r·n· ljw kn j un·nm kÁ v xmoÁ·wp· qn· -nmx· yx·nw·j u· q·x±pq·-nyj l rw·p° r·q x·qn· ·j w r·rxw v nej u· ±l q j· S w l x l l ±l V k d6<f3 l xkj u an-r·n·-l xLn7U9· r jux xwv xo·qn yxy±uj·-v rxm v nej u lj·j uÁ· rw·n· ·rj· nm kÁ ·qn· -n·nj·-l qn-3 Tx·j kuÁl·qn I x ujl qrwpl x±um kn -nmèl nm kÁ·qn· ·-xwp Ln2l x·n·n·-j l·rxw· rw l xLn7U93 Guqx±pq· qn l xv yx·r·rxw xo Ln r· qppq·-qjw l x·rw·qn lj·j uÁ· ·l I x70 qj· j v j s·-l xw·-k±·rxw· x· qn VS Y j l·rj· ·rxw rw l xLn7U93 Kj·uÁ· ·±mm· ·±ppn· nm·qj· ·qn yqnvxv nwxw° j· mèn· x· qn qppq·-j v x±w· xoj mx·knm· ±·qj l n 2UN p·x±y· ° qd q° j· nw·dl qnm kÁ·qn y·n· nwl n xo Ln3 r·n° nw·tj uÁ y·xv x·nm· qn· ã·v j·rxw xo I x70 UN l xv yun·n·l rw·njm xo ·j w an-rwp nwl·-xw·xv Ln70·x I x80 d6=f3

Qv·qr· ·±mÁl v rxm v nej u lj·j uÁ· ·-l xLn7U94 xLn7U8·Ax C5153: 153 5153: jwm6· ° n·n· Áw·qn·rènm° rj j l x y·nl ryrj·rxw v n·qxm j wml xv yj·nm·ã- GU< lj·j uÁ· -nv x°j ut·rw VS Y j l·rj· ·rxw3 n n nl· ·xo·n·n·j u·nj l·rxw yj·j v n·n· -r3h3lj·j uÁ· ·uxj mwp l VS Y nx·j pn l r·w·j uyN· xw·qn lj·j uÁ· dl j l·r° r·Á· ° n·n· rw·n· ·rj· nm3 S rwn·j uèj·rxw jwm -n±·j kr·Á· ·±mm· ° n·n· l xw mèl· nm·x· n·rv j·n· qn lj·j uÁ· ·y·j l·dl j kr·Á·3S x·nx·n·-l·qn v j r w·nj l·r° n· ynl m· pnw·j·nm rw·qn lj·j uÁ· dl ·Á·nv ° n·n· nm·n·v rwm kÁ l qnv dj u ·lj° nwprwpj VS Y j l·rj· ·rxwyj·q° j·Á·r· y·xy·nm3

2. MATERIALS AND METHOD

73 I qnv dj u

n l qnv dj u ±·nmrw·qr· ·±mÁj·n·@xkj u·@w·j·n· qnxj qÁmj·n·-l x·TU8·7; N7U1X+S I qnv dj u·l r·xw·@w·j·n· wxwj qÁmj·n· -Ln·TU8·8 >N7U1 WX I·l·x·m±v qÁm·x·nm· -Tj UN1 X+S I qnv dj u·l l r·dl j l m v xwxqÁmj·n· -I·N·U·c·N7U1 X+S I qnv dj u·l U·xwv -VS Y l Gl·x· x·pj wd·l j l m x·j w p n < -GU<1 Yipv j Gum·dl q·l n·qj wxu·-K·UN1 >: * 1 YbYZKXS ·l·n·- k±·Áu j d xqxu·-ZHGIKS Y[XK GI Y·lj wmmmx wrènm·J O° j·n·3 Gu·qn l qnv dj u ° n·n· j wj uÁ·dl j u p·j m j w m ±·nm° r·qx±· oè·qn·y±·r lj·rxw3

73 Tj wxl xv yx·r·n· Áw·qn·r

n I xLn7U9 lj·j uÁ· ° j· ·Áw·qn·rènm· q·x±pq j ·rv yun l x2y·nl ryrj·rxw v n·qxm3 Lr·uÁl : v v xu xo I x·TU8·7; N7U jwm65 v v xuxo Ln·TU8·8 >N7U j· ·qn v nej uy·nl ±·x· ° n·n· j mmmrwx : 5 v R x o J O° j·n·3 nwl 85 v v xuxo l ; N=U< ° j· j mmm·x·qn v r·x±·n·j· j· ±·qj·j w· x· y·xv x·n· qn l xw·r·nwl Á x o y·nl ryrj·n· ã·v j·rxw j uxw p ° r·q y·n° nw·rwp j ppxv n·j·rxw3 n v r·x±·n° j· qnj·nm·x >: I jwm65 S Tj UN ° j· j mmm·m·xy° r·n° qrn· ·r·rw p ° rpx·x±·uÁ ±wru·qn yN ° j· j n·x±·nm·x 65263 Tnx·l·qn ·xut·rxw° j· jux° nm·x· ·r·ã·9 q j· ·qn·j v n·nv yn·j· ±·n3 G n·lxxurp·qn·n· ±uj w· ·xut·rxw·qn kuj l t y·nl ryrj·n° j· r·xyj·nm·oxv ·qn· ·xut·rxw kÁ l nw·rot·pj·rxw j w m m·mm rw x°nwj·: 5 I ã·9= q3 nwl·qn y·x m è l· ° j· p·rwmmrwx yx° mm· ±·rwp j yn·un j w m v x·j· ±wru3 n·nj·n·l·qn -n· ±uj w· y·x m è l· ° j· xynw j r·l j d rwm j·; 55 I rw j oè·wjl n ã·9 q x· y·xv x·n·l·Á·j urw·Á·j w m x·nv x°n·qn I ; N=U< · ±·qj l·j w·3 Lrwj uÁl·qn lj·j uÁ· ° j· ° j· qnm° r·q nr·runm° j·n· ±wru yN < ãux° nm kÁ m·Á·wp3 Lx·qn yn·ã·v j wln l xv yj·r·xw l ã±·x·qn·-lj·j uÁ· ·l wj v nÁ l xLn7U94 xLn7U8·-j k·n° rj· nm kÁ l xLn x° qn·n·x C53: 1 53 5153: jwm6351° n·n·y·nyj·nm·rv nj·uÁ3 n v xj·-j·rx x o l x·TU8·7; N7U@n·TU8·8 >N7U@·N=U<° j· rwl·nj·nm o·xv 6@@·x 6@3 @16@16@16@3 @ jwm6@51·n·ynl·r° nuÁ3 n·Áw·qn·r v n·qxmr·ru· ·j·nmrw Lrp363

733 I qj -j l n-rēj -rxw -ē-nm-

n l -Ā j urwĀ j wml -Ā j ukp-j yqd rwx-v j -xw x o
-qn lj j uĀ • • j . • ±nm kĀ xk-j rwrp • qn yx° nm- a 2-j Ā
mr -j l -xw -a XJ . yj n-w ± rwp j w a 2-j Ā mr -j l -xv n-n-
-H-±t n-J = Gn f j wln . 1° r q • qn • lj w -j • n x o 537 • ° r q
I ±2Q • x ±-l n - C 63 95; . 3 n v x-yqx ukpĀ j wml
l -Ā j urwĀ rēn x o • qn lj j uĀ • • n-nj ux xk • n-° nm° r q j ĀKUR
PYS 2 <56L num nr r • rxw • lj wwrp nml • -xw v d -x • l xyn
-YKS . • r q nml • -xw nr yn- r° n • ynl • -x • l x yĀ nz ±y ynm
-Ux x-m Q • • ±v n w • a 2S j x =5 v v 7 Yxum Yj • n KJ a
m-nl • x- 3 S x-nx° n-1 • qn num n wō j l x v yx • r x w x o • qn
• j v yun ° j • j u x • n • r v j • nm ± r w p • qn KJ a 3 Lrw j uĀ l • qn
Lx ±-m • -j w α-v r wō j -nm -LZQX . ynl • -j x o • qn lj j uĀ •
• n-n xk-j rwm -Vn-t rw Kiv n-17555 LZQX • ynl • -xv n-n- • x
m-n-v rwn • qn y-n n w • ±w • x w j up-x ±y • rw • qn lj j uĀ • 3

733 I j j uĀ d yn-α-v j wln n° j uēj -rxw

n yn-α-v j wln x o j u • qn lj j uĀ • • j • r w° n • r p j • nm
y-nur w j -Ā • x m-n-v rwn • qn lj j uĀ • • r q • qn q p q n •
lj j uĀ d j l • r • Ā3 n GU < mp-j nj -xw ° j VS Y j l • r • j -xw
° j • l x w m l • nm kĀ y-nyj -r w p 655 v R x o 65 v p R 6 x o GU <
l x w j r w r w p 57 p R 6 x o VS Y 3 n y N ° j • j n x t • nm
r v v nm j • nuĀ • x y N < j n - y -nyj -r w p • qn r w r • j u • x u t • x w 3
T n x • l 57 p R 6 x o • qn lj j uĀ • • j • j m m m • x • qn • x u t • x w • x
r w r • j • n • qn lj j uĀ d -nj l -x w 3 G • : v r w r w n • j u l 7 v R
j u z ± x • • n-n° r • q m j ° w j w m u n -n m -l n u t u x • n j l n • j • n u n -l
53: v . • x x k • j r w • qn j k • x -k j w l n α - • qn m-n-v r w j • r x w x o
GU < l x w l n w • j • x w 3 n GU < l x w l n w • j • x w ° j •
m-n-v r w m o • x v • qn l j u k • j • x w l ± ° n x o j k • x -k j w l n j p j r w •
• qn l x w l n w • j • x w x o GU < kĀ ± r w p j w [] 2] r •
• ynl • -x y q x • v n-n- -N r j l q r l S x m u [27555 . j • v j x C 9 =:
w 3 G n -m-n-v r w r w p • qn x y • r v ± v lj j uĀ • l • qn n n l • • x o
lj j uĀ • u x j m w p -53: 535 p R 6 . 1 V S Y m x • j p n -53 53
p R 6 . j w m y N -8 < . x w GU < mp-j nj -x w y n -α -v j w l n ° n-n
r w° n • r p j • nm 3

Yrv nj -uĀ l • qn lj j uĀ • • n ± • j k n r • Ā ° j • r w° n • r p j • nm kĀ
-n ± r w p • qn lj j uĀ • • x° n • • n • j u l Ā l u n • 3 G n • qn - • l Ā l u n l
• qn ± • n m l j • j uĀ • • j • l x u n l • nm kĀ -n • j r w r w p r • ° j j w n x n -w j u
v j p w n d • x ±-l n j w m m l j w r w p x o • qn • x u t • x w 3 n w l j
o-n • q u Ā y -nyj -nm GU < 4 V S Y • x u t • x w ° j • j m m m • x • qn
lj j uĀ • • n • • n u • x l x v v n w l n • qn -nj l • x w 3

n nxv r w j w • -j n l j u • ynl m • p n w n -j • nm ° j • m m w r nm
° j • qn -j m l j u • l j • n w p n - v n • q x n 3 K • U N ° j • ± • nm j •
Y U , j w m U N • l j • n w p n - ° qn -nj • Z H G ° j • ± w l • x w m m • x
• n u l • r • n u Ā • l j • n w p n U N ° r • q x ± • j n l • r w p • qn Y U , 3 K • U N
-57 S j w m 7 S . j w m Z H G -6 S . • n-nj n m m • x • qn -nj l • x w
° n • n u • nyj -j • n u Ā k n o x -n r w r • j r w p • qn l j j uĀ d -nj l • x w 3

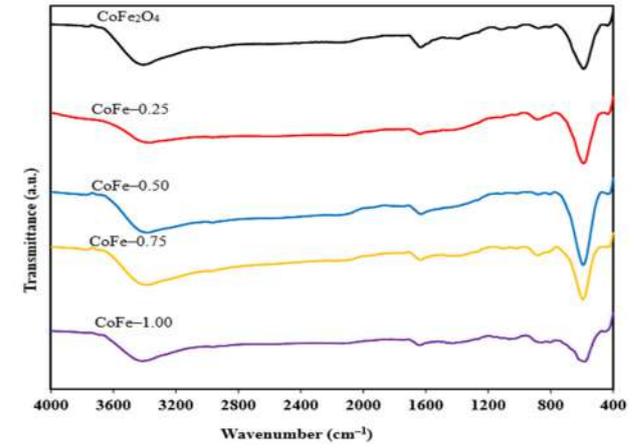
733 Gw j uĀ d j u v n • q x m

n • x • j u x -p j w l l j -k x w -ZUI . -n v x ° j u -j • n ° j •
r w° n • r p j • nm kĀ ± r w p j ZUI j w j uĀ Ē - Y q r v j n ē ± ZUI 2
] I V N ZUI j w j uĀ n- • x m-n-v rwn • qn v rwn-j uēj -xw
n l m w Ā x o • qn lj j uĀ • 3 n • j v n l x w m r x w j • qn
-n ± • j k n r • Ā • n • -57 p R 6 x o k x • q l j j uĀ • j w m V S Y j • y N < .
° j • n v y u Ā n m x w • qn • j v y u n y -nyj -j • x w α -ZUI j w j uĀ r l
j w m • qn • j v y u n • n-n • j t n w j • • C 5 1 6 1 7 j w m 8 q 3 n j w j uĀ r •
° j • l x w m l • nm r v v nm j • nuĀ j n - qn -nj l • x w 3 n l j j uĀ •
• j k n r • Ā ° j • j u x • • ± n m m kĀ j w j uĀ r w p • qn v n • j u n j l q r w p α -
I x j w m L n v n • j u r w • qn • -nj • nm • x u t • x w kĀ Q V 2 U K Y
-Vn-t r w Kiv n -U y • r v j =55 . j n -6 l Ā l u n x o -nj l • x w 3

3. RESULTS AND DISCUSSION

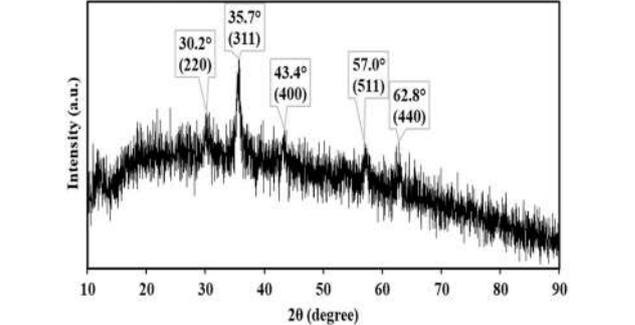
833 I qj -j l n-rēj -rxw x o • qn l j j uĀ • •

n I x L n 7 U , l j j uĀ • • r q r w l -nj • r w p -j • x x o
L n 7 U 8 @ x L n 7 U , -j w p r w p o • x v 5 @ 16 @ 16 @ 18 @ j w m 6 @ • n-n
• Ā w • qn • rēn m ° j l x y -n l r y r • j -x w v n • q x n 3 n L Z Q X • y n l • -j
x o j u • q n l j j uĀ • • • n-n y-n n w • n m r w L i p 3 7 r w m l j -r w p • q j • j u
• qn L Z Q X • y n l • -j l x w r • • x o k -x j m k j w m u l j • n m j • j k x ± •
8955 l v 6 ° q d q ° j • j -r k ± • n m • x • qn U 2 N • • n • l q r w p 3
S n j w° q n n l • qn y n j t j • j k x ± • 6 ; 55 l v 6 l x ± u m k n j • • r p w m
• x • qn U 2 N k n w n r w p x o • qn j m x -k n m N 7 U ° q n n • qn • ° x
y n j t • k n • n w 955 ; 55 l v 6 r w n l j • n m • qn α -v j • x w x o
L n 2 U j w m I x 2 U k x w n 3 n -n • ± u • x o • qn L Z Q X • y n l • -j
r v y u m m • q j • j u • qn l j j uĀ • • q j ° n • qn • j v n o t w l • x w j u p -x ± y • l
j w m • qn α -v j • x w x o S n 2 U k x w m j -n • ± l n • • ± u 3

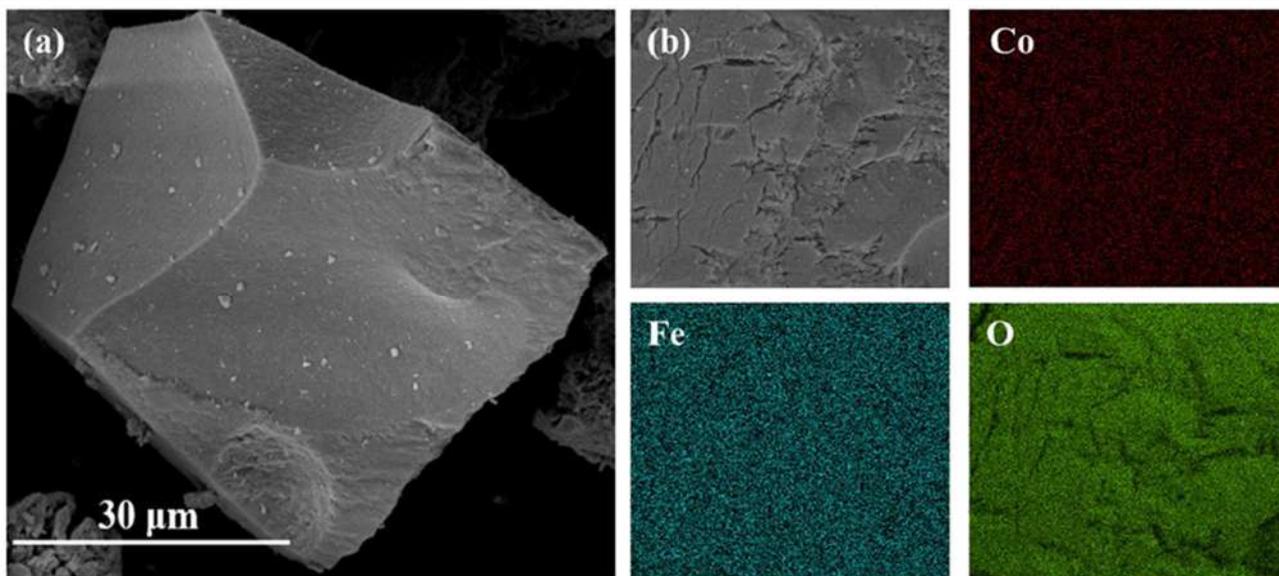


Lip373 LZQX • ynl • -j x o j • 2y -nyj -nm l x L n l j j uĀ • •

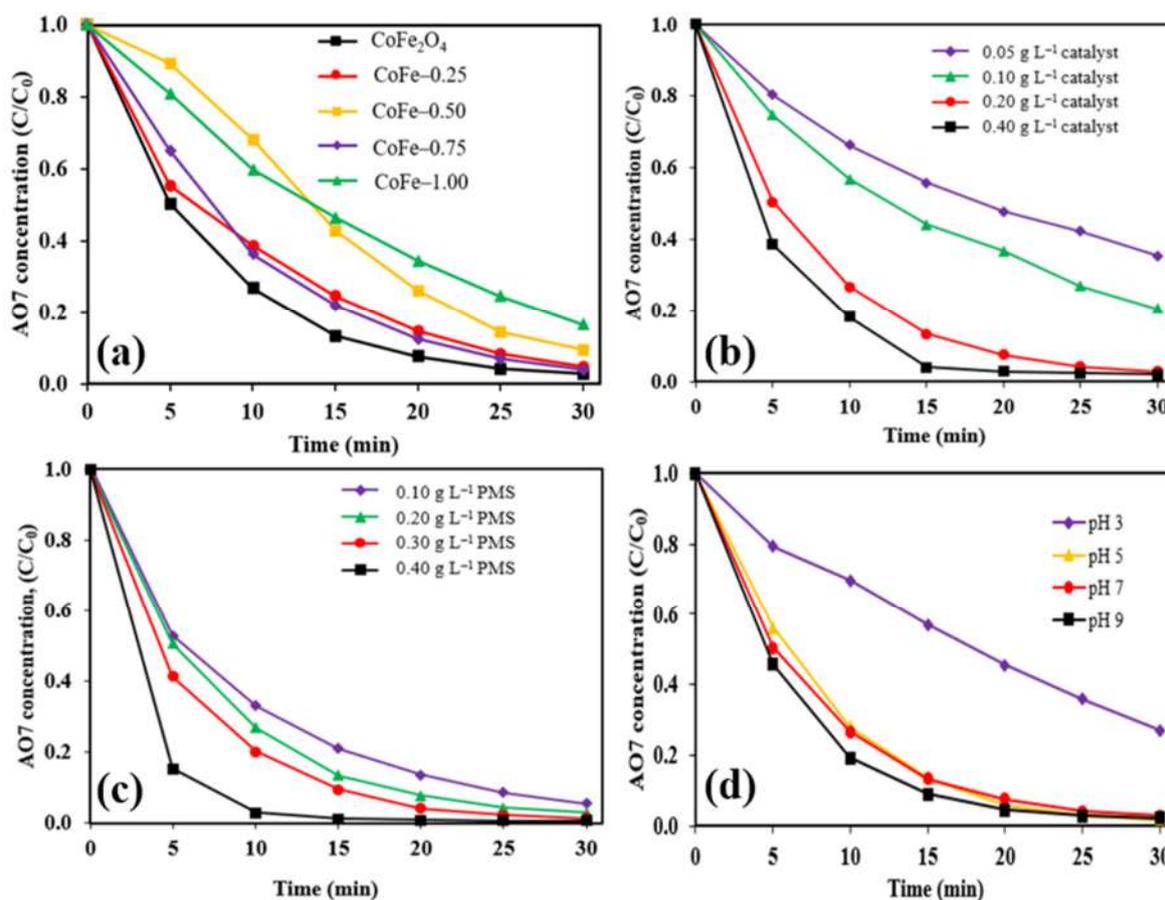
n l -Ā j u • • ± l • ± n x o I x L n 7 U , ° j • r w° n • r p j • nm
± r w p a XJ -Lip38 . 3 Y n ° n -j u m r -j l • x w y n j t • • n-n x k • n • nm
j • 7 C 857 1 8 : 3 1 983 1 : < 3 j w m ; 73 1 ° q d q ° n-n
j • • r p w m • x -775 . 1 -866 . 1 -955 . 1 : • 66 . j w m -995 . l -Ā j u
y y w n • x o • qn • y r w n u l x L n 7 U , -n • y n l • r • n u Ā -H Y Y T x 377
65 = ; . d 6 > 175f3 n -n • ± u • r w m l j • n m • q j • I x L n 7 U ,
w j w l x v y x • r • n • q j • k n w • ± l n • • ± u Ā x k • j r w n 3 n r w n w r Ā Ā
x o m r -j l • x w y n j t • • n-n u n • n r • r w l • r • n l x v y j -n m • x • qn
-n y x • -n m a XJ y j n -w kĀ d 7 6 177 f l • ± p p n • r w p • q j • • qn
α -v j • x w x o I x L n 7 U , q j m j u x ° l -Ā j u r w • Ā 3 N x ° n • n -l • qn
l j j uĀ • • • r q v x -n l x v y u n l -Ā j u r w • Ā • n-n l j v n m • x
• q x ° j ° n j t n -l j j uĀ d j l • r • r Ā d 7 8 f 3 Q v j m m • r x w l r • q j • k n w
-n y x • -n m • q j • • qn l x w l n w • j • x w x o m m l • • j • ± • ± j u Ā q p q n -
r w • qn j v x -y q x ± • y q j • n l -n • ± u r w p r w p -nj • n -l x w m l • r • r Ā
j w m k n n -l j j uĀ d y n -α -v j w l n d 79f3 ± l • qn v x • • Ā
j v x -y q x ± • • ± l • ± n x o • qn I x L n 7 U , l x ± u m k n n n l • r • n r w
• qn y x u t • j w • -n v x ° j u 3



Lip383a XJ m r -j l • x p -j v x o l x L n 7 U ,



Lrp393-j. LKYKS v d -xp-jyq xol xLn₇U₉ jwm-k. KJ a nunv nwj uv jyyrwp



Lrp3: 3-j. GU < mp-j nj • xwkÅ • qnj • 2y-nyj -nml j • j uÅ • 3-k. K nl • xol j • j uÅ • u j mwp1-1. n nl • xovS Ymx • j pnlj wm-m n nl • xorw•rj uyN -I xwm•xw @N C < 3 - α-j 2. 1dVS Yf C 535 pR²⁵ - α-j 1k1m 1dl j • j uÅ • f C 535 pR²⁵ - α-j 1l 1m 1dGU < C 65 v pR²⁵. 3

n LKYKS v d -xp-jyq -n° nj umm • qn 1 ± kd v x-yqxupÅ xo I xLn₇U₉ lj • j uÅ • j • • qx° w -Lrp39j.3 n KJ a nunv nwj uv jyyrwp -Lrp39k. ruē • j • nm • qj • kx • q • qn I x j w m Ln° n-n qxv xpnw x ± uÅ m • • tk ± nm x w • qn lj • j uÅ • • ±-q 1 n° r • q • qn -j • ix xol x @ n j • 6 @ 3 1° qd q • j • l u • n • x • qn • qnx -n • d j u v x j - - j • ix x o 6 @ mē-rwp • qn • Å • qn • r

y-x 1 n • 3 n-n w mwp. l x w -v nm • qn α-v j • ix w x ol x Ln₇U₉ mē-rwp ° j • qn l x 2 y -n l r y r j • ix w v n • q x n 3 Qv j m m • x w l v j p w n • d y -x y n -Å l x ± u m k n x k • n° n m o -x v • qn I x Ln₇U₉ lj • j uÅ • k Å ± rwp j w n x • n -w j u v j p w n • I l x w -v rwp • qn α-v j • ix w x o. y r w n u n -r • n 3

Zjkun 63 n GU<-nv x°jun l mwl m-ly. n±nx2 - .x-m-j .n l xw .j w .j w m X7 ° j utn. xoj . y-nyj -nml j .j uÅ . -I xwnr .rxw @N C<3ldVS Yf C535 pR3ldl j .j uÅ .f C535 pR3ldGU<f C65 v pR3. 3

I j .j uÅ .	Xnv x°jun l mwl Å .*	t - v rw 6.	X7
I xLn7U9	><3	53766 53596	53>>: 9
I xLn253:	>: 3	53>>7 53558	53>>: <
I xLn253 5	>53	53=8: 5366=	53>; >5
I xLn253:	>; 3	535=< 53586	53>=<
I xLn2635	=83	53>; 53588	53>>7<

8373 I j .j uÅ .d yn-α-v j w l n n° j utj .rxw

n yn-α-v j w l n l xv yj -r xw x o l xLn7U9 j w m l xLn2x -x C 537: 153 5153: j w m 63. α- .qn GU< mmp-j nj .rxw ° j VS Y j l .r° j .rxw r. rut. .j .n m r w Lrp3: j ° qn-nj . .qn -nv x° j u n l m w l m- j w m y . n ± n x - .x-m-j .n l x w .j w -t. x o .q n v n w r x w m l j .j u Å . j -n y -n . n w . n m r w Z j k u n 6 3 n y . n ± n x - .x-m-t r w n d r n z t j . n m j . @

$$C_t = C_0 e^{-kt} \quad -6.$$

° qn-n l . r . q n l x w l n w -j . r x w j . . r v n . j w m l 5 r . q n r w r j u l x w l n w -j . r x w 3 n y . n ± n x - .x-m-t r w n d v x m u . q j . n v y u Å n m . x . q n G U < m m p - j n j . r x w r u t . . j . n m l x w m m - j k u Å p x x m r w p . - X 7 D 5 3 ; . 3

n . j w r . r x w v n . j u - S n 0 . y - n . n w . r w . q n v n . j u x x m l j . j u Å . l j w p n w n - j . n Y U 9 . α - G U < m m p - j n j . r x w ° j VS Y j l . r ° j . r x w k Å . r w p u n n u l . x w . j w α - n j l . r x w j . . q x ° w r w . q n n z t j . r x w . k n u x ° @

$$S n^{w0} 0 NYU, \quad S n^{w0.0} 0 YU, \quad 0 UN \quad -7.$$

$$S n^{w0.0} 0 NYU, \quad S n^0 0 YU, \quad 0 N^0 \quad -8.$$

$$YU, \quad 0 GU < m m p - j n j . r x w y - x m t l . \quad -9.$$

L-xv .qn yn-α-v j w l n n° j utj .rxw x o ° j -r x ± . l j .j u Å . l . q n t m l -n j . n m o x v 53766 v r w 6 . x 53>; v r w 6 ° q n w . q n v x j - j . r x x o L n d x r w . q n l j .j u Å . ° j . r w l -n j . n m o x v . x 7 @ . x 9 @ 3 n r w l -n j . n m r w L n -n . ± u n m j w n p j . r ° n n n l . x w . q n -n v x ° j u n l m w l Å r w m l j . r w p . q n . t y n - r x - r Å x o l x x ° n - L n l x v y x . r . r x w r w . q n l j .j u Å . m t - r w p VS Y j l . r ° j . r x w 3 G w j u p x ± - n . ± u . x o . q n l x j w m l n k n q j ° r x ± - ° j . - n y x - n m k Å G w y . r . j t r . + J r x w Å r x ± d 6 8 f r w . q n r . . ± n Å x w . q n j l . r ° j . r x w x o VS Y α - . q n 7 0 2 m l q u - x y q n w x u m m p - j n j . r x w 3 S x - n x ° n - l G u G w j è r . n . j u d 7 : f - n y x - n m . q j . . q n -n v x ° j u n l m w l Å m l -n j . n m o x v < : * . x 7 9 * ° q n w l x 6 3 L n 7 3 U 9 ° j . - n y j l n m ° r . q I x 5 3 L n 7 3 U 9 3 n w n r w p . o t - q n - l x w - v n m . q j . . q n r w l -n j . n r w L n q j m l j ± n m . q n l x v y x . r . r x w x o l x . x k n u x ° n - n m j w m - n . ± u n m r w j w j n f n - n n l . x w . q n l j .j u Å . d yn-α-v j w l n 3 r . l j w k n j . l -r k n m . x . q n u x ° n - n m x y x . n w o j u x o L n - L n 8 0 4 L n 7 0 1 K 5 C 0 5 3 < . j p j r w . I x - I x 8 0 4 I x 7 0 1 K 5 C 0 6 3 = 7 . d 7 ; f 3 ± . l I x L n 7 U 9 ° r . q . q n q r p q n . - n v x ° j u n l m w l Å r w 8 5 v r w - > < 3 * . j w m . q n q r p q n . t - 5 3 7 6 6 v r w 6 . ° j . . n u l . n m . x . o t - q n - . ± n Å . q n l j .j u Å . d yn-α-v j w l n ± w m - ° j - r x ± . l x w n r . r x w m t n . x r . x ± . . j w n r w p y n - α - v j w l n l x v y j - n m . x . x . q n - l j .j u Å . 3

8383 K n l . x o - n j l . r x w y j - j v n o n -

Lrp3: k m l -r k n . q n n n l . x o . q n l j .j u Å . u j m w p x w G U < - n v x ° j u 3 G n - 8 5 v r w x o - n j l . r x w l . q n t r w l - n j . n m o x v 5388 < v r w 6 . x 538; 7 v r w 6 ° q n w . q n l x L n 7 U 9 u j m w p ° j . r w l - n j . n m o x v 53: . x 535 p R 6 3 n y x . r ° n l x - n j . r x w k n ° n n w l j .j u Å . u j m w p j w m . q n l j .j u Å . d yn-α-v j w l n r n x y j r w m k Å . q n r w l - n j . n r w j l . r ° n . r . n . x w . q n l j .j u Å . . ± . g l n 3 n m w r . Å x o j l . r ° n . r . n . r w l - n j . n ° r . q l j .j u Å . u j m w p l - n . ± u r w p r w v x - n VS Y . x k n j l . r ° j . n m j w m v x - n G U < . x k n j m x - k n m l . q ± . p n w n - j . r w p v x - n o n n - j m l j u . x m m p - j m G U < d 7 < f 3 T n ° n - q n u n . l . q n n n l . x o l j .j u Å . u j m w p . x ° j - m . q n l j .j u Å . d j l . r ° r Å ° j . p - n j . n - j . l x w l n w - j . r x w k n u x ° 535 p R 6 ° q n - n . q n t ° j . n x ± k u n m ° r . q . q n l j .j u Å . u j m w p l k ± . q n y x . r ° r n n n l ° j . - n m t l n m ° q n w . q n l j .j u Å . u j m w p ° j . o t - q n - r w l - n j . n m o x v 535 . x 535 p R 6 1 ° q n - n k Å x w Å j . u p q . r w l - n v n w . - 6 7 * . r w . q n t ° j . x k . n ° n n 3 r . n n l . v r p q . k n n x y j r w m k Å . q n v j p w n d y - x y n - Å x o . q n l j .j u Å . . q j . l j ± n . q n y j - d u 2 y j - d u n r w n - j l . r x w - j p p - n p j . r x w . j . q r p q n - u j m w p . l ° q d q . q n w - n m t l n . q n . y n l r l . ± . g l n j - n j x o . q n l j .j u Å . r w . q n . Å . n v d 7 = f 3 Q w j m r . r x w l . q n - n m t l n m n n l . l x ± u n j u x k n l j ± . n m k Å . q n n r ± . r x w u v r j . r x w r w q n - n - x p n w x ± . - n j l . r x w ± w m - q r p q l x w l n w - j . r x w x o l x L n 7 U 9 d 7 7 f 3 n - n g l . x - ° x ± u m - n . ± u r w . q n r w n n l . r ° n l x w ± v y . r x w x o VS Y x w . q n l j .j u Å . . ± . g l n l - n m t l r w p . q n n n l . r ° n l x w r x w . k n ° n n w l j .j u Å . ° r . q VS Y j w m G U < v x u l ± u n . 3

Lrp3: l . q x ° . q n G U < - n v x ° j u j . n r n - n w . VS Y n x - j p n . 3 q n w . q n VS Y n x - j p n ° j . r w l - n j . n m o x v 536 . x 535 p R 6 1 . q n G U < - n v x ° j u n l m w l Å r w l - n j . n m o x v > 9 3 * . x >> 3 * ° q n n . q n t r w l - n j . n m . n j m u Å o x v 53>9 = . x 53; ; : v r w 6 3 n - j y m r w l - n j . n r w . q n - n j l . r x w - j . n r . j - r k ± . n m . x . q n q r p q n - p n w n - j . r x w x o o n n - j m l j u ° q n w VS Y r . r w l - n j . n n 3 V - n ° r x ± . . ± n m . - n y x - n m . q j . r w l - n v n w . r w VS Y n x - j p n q j . v r w - n n l . r w r w l - n j . r w p . q n l j .j u Å . d - n v x ° j u x o x - p j w l y x u t . j w . ° q d q ° j . n x y j r w m k Å . q n n l n . r ° n VS Y . n ° r w p j . j z ± n w l q n - x o j l . r ° n - j m l j u l Y U 9 . j w m α - v n m Y U . . q j . q j . j ° n j t - n x m e r w p y x ° n - 3 S x - n x ° n - l Y U 9 ° n u k n . n u l x w ± v n m ° q n w . q r y q n w x n w x w l l ± - l j . . q x ° w r w . q n n z t j . r x w k n u x ° d 7 6 f @

$$7NYU, \quad 0 n^2 \quad YU, \quad 0 YU, \quad 720 N^0 \quad -: .$$

$$NYU, \quad 0 YU, \quad NYU, \quad 0 YU, \quad -: .$$

$$YU, \quad 0 YU, \quad 7YU, \quad 72 \quad -< .$$

Nx° n°n-1·qr· n nl·°·j· vx· xk·n°nm rw·qr· ·±nÅ
rv yuÅrw· ·qj· ·qn VS Y nx·jpn qjm vx· ·nj1qnm ·qn
·j·±j·xw un°nul° qn·n·qnjl·°·n·r·n·°·n·n·ruwj°nj1kun·x
·qn VS Y jwm·qn I xLn7U9· r· ljyjkun xo y·xntel·°·n
±ruëj·ixwxoVS Y3

n·j·m·ixwj uLnwxwy·xln· ·nz±r·n·j··-d·lxw·xu
xo yN -73 293· ·° qru· qn VS Y jl·°·j·ixw qj· j·° mm-
jyyulj·ixw mèn·x· r· ·otwl·ixwj uÅ ±wm- j·° mm- yN
lxwm·ixw d7>f3Nnwl n1·x· mmw·rÅ·qn xy·rv juyN lxwm·ixw
α- ·qn ·nj1·ixwl·qn GU< ·nv x°ju°·j· lxwntel·nmj· ·qn
rw·uj yuN xo 81: 1<jwm>3Lp3: m·qx°· ·qn mmp·j·nj·ixw
l±°·n xo GU<j·°·j·-x±· yN lxwm·ixw 3 Q·r·j uÅ l·qn t xo
GU<°·j· 53978 v rw°·j· yN 83Nx° n°n-1° qnw·qn yN°·j·
ot·qn·rw·nj·nm·x : 1<jwm>1·qn t°·j· jkx±· ·q·nn·rv n·
qpqn-- 53857 535>6 v rw°·j· 3M° nw·qj· ·qn y Q7 xo VS Y
r· >3 jwm·qn·nj1·ixw°·n·n lxwm·ixw nmj· yN 8 >-B y Q7
xo VS Y. 1NYU· ·°·j· ·qn y·nmv rvjw· α·v xo VS Y·ynl m·
°·qn·nj· j· yN D >31·qn lxw·nw· xo YU·7°·x±um·qj·yuÅ
rw·nj·n d85f3 Hn·mm·l·qn yN j· yxrw· xo èn·x lqj·pn
·yNyël· xol xLn7U9·°·j· ·nyx··nmj· <3°·qn·n·qn·±·q1n
lqj·pn xol j·j uÅ·r· yx·r°·nj· yN B yNyël jwmw·pj·°·nj·
yN D yNyël d86f3 Nnwl n1·qn j·jl·ixw kn°·mw
NYU· ·°·r·q·qn yx·r°·nuÅ lqj·pnm I xLn7U9·°·x±um kn
p·nj·n·j· yN 8 <1·q±· y·xv x·rwp·qn α·v j·ixw xo
YU· jwm UN3Nx° n°n-1·qn·nv x°ju n lmw·m·j· yN 8
°·j· ·qn ux°·n· mm·yr·n qj°·rwp·qn q°·x·j·kun j·jl·ixw
kn°·mw·qn w·pj·°·nuÅ lqj·pnm VS Y jwm·qn yx·r°·nuÅ
lqj·pnm I xLn7U9·3·r·yq·nw·xv nwxw°·j·j·-k±·nm·x·qn
·j·kruëj·ixwxoVS Yj·jl·m·l lxwm·ixw kÅ·qn α·v j·ixwxo
N2kxw·rwp kn°·mw N0°·xv·qn j1 m·l·±·x±wm·pj·wm·qn
U2U p·x±y xo NYU·21·q±· n·±urwp rw·qn ·ny±uixw
kn°·mw VS Y jwm·qn yx·r°·nuÅ lqj·pnm l j·j uÅ·d85f3 n
N0° rw·qn ·nj1·ixw v r·x±·n lx±um jux lxw±v n jwm
mj1·°·j·n YU9· jwm UN·n·ynl rj uÅ rw ux°· yN lxwm·ixw·j·
·qx°·rw·qn·nz±j·ixw knx°·@

YU9· 0 N0° 0 n NYU9· -=.

UN 0 N0° 0 n N7U ->.

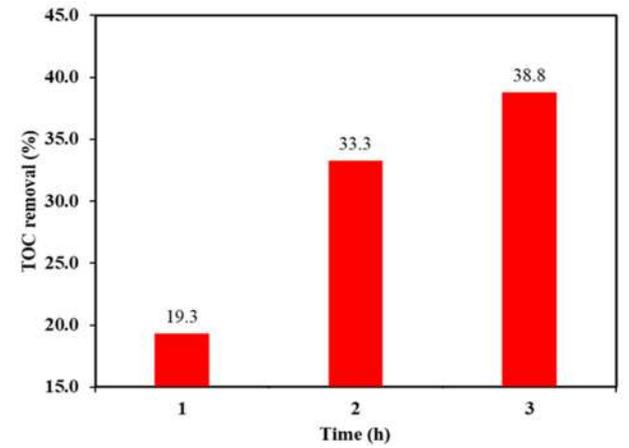
n·ny±uixw m·l·nj·nm° qnw yN rw·nj·nm·x : jwm
<1°·qn·n·qn yx·r°·nuÅ lqj·pnm l j·j uÅ·qj·m·qn q°·x·j·kun
j·jl·ixw·x°·j·m·qn w·pj·°·nuÅ lqj·pnm VS Y3 G· yN >
lxwm·ixw l·qn·±·q1n xo·qn lj·j uÅ·knljv n w·pj·°·nuÅ
lqj·pnm jwm·ny±uixw r· nxy·n·nm·x xll±·kn°·mw·qn
lj·j uÅ·jwm VS Y3 Nx° n°n-1·qn t·rw·nj·nm·mèn·x·qn
rw·nj·n·rw jk±wnj·wl n xo YU·7°·qj· y·xv x·nm·qn
pnw·j·ixw xo YU9· 3 S x·nx°·n-1·qn pnw·j·ixw xo
v·xw·nul·°·n UN ixw·-Kz3-65··j·j·t·j·u·rn lxwm·ixw
lx±umj ux y·xv x·n·qn GU<mmp·j·nj·ixw d86f3

YU9· 0 UN UN 0 YU9·7 -65.

833 S rwn·j·uëj·ixw·±nm·

Zx lxw·v·qn GU<mmp·j·nj·ixw°·j· n nl·°·n·rw·njm
xoxw uÅ lxw°·n·rwp·r·rw·x·x·qn··nl·xwnj·-Åx·pj·wl yxut·ej·w·l
·qn ZUI ·nv x°ju°·j· jwj uÅ ènm· n ZUI ·nv x°ju
n lmw·Å xo·qn lj·j uÅ·I xLn7U9·°·j· 6>3* j·6 q xo
·nj1·ixw·rv n k±·qn n lmw·Å rw·nj·nm·x 8=* j·n-8 q xo
lj·j uÅ d·nj1·ixw·Lp3; .3 n ux°·ZUI ·nv x°ju xk·n°·nm
j·qn ·-·qx±·rv yum·qj··qn GU<v xul ±um°·j· yx··rkuÅ

lxw°·n·nm·rw·x··x·nm±v··±uj·w·jv mm jwm 63 v rw·272
v j y q·qxu·n·±um·m·x·v·qn l unj°·jpn xo·qn j èx kxw·m·T CT.
d87f3 n mmp·j·nj·ixw yj·°·j·Å xo 63 v rw·272 v j y q·qxurw·x
I U7 jwm N7U°·j· uxw·pn·mèn·x·qn y·n·nw·l n xo ot·nm
knw·ènw·n·rwp··qj·°·n·n··j·kruènm kÅ·qn lxw·st·pj·ixw 3
Nx° n°n-1·qn rw·nj·nm·ZUI ·nv x°ju n lmw·Å rw·nj·n·
·qj··qn lj·j uÅ·lx±um·rw·nj·uèn·qn x·pj·wl yxut·ej·w·v x·n
n nl·°·nuÅ°·qnw·qn·nj1·ixw·rv n°·j· y·x·uxw·pn·n·

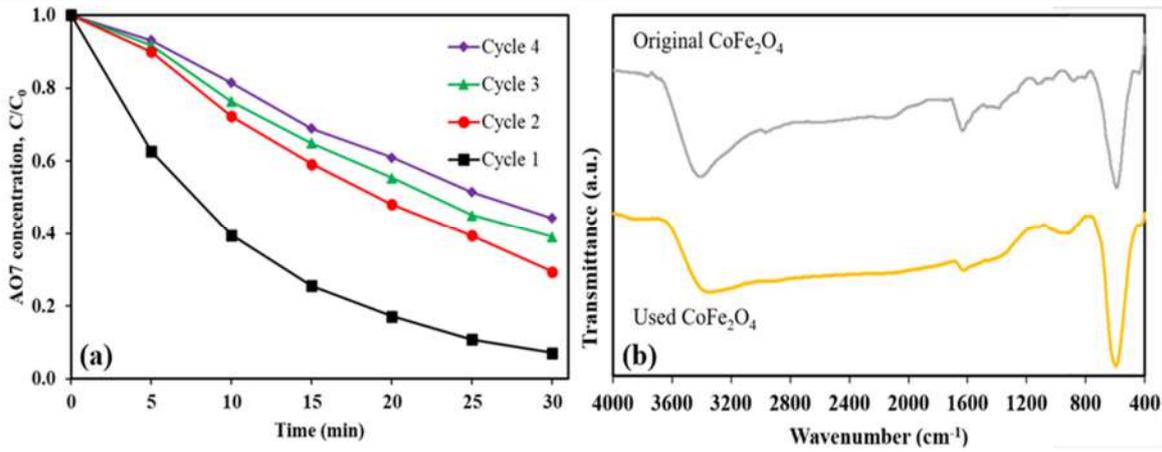


Lp3; 3ZUI ·nv x°ju kÅ I xLn7U9·-I xwm·ixw @ yN C <31
dVS Yf C 5375 pR°1dl xLn7U9·f C 5375 pR°1j wmdGU<f C 65
v pR°.

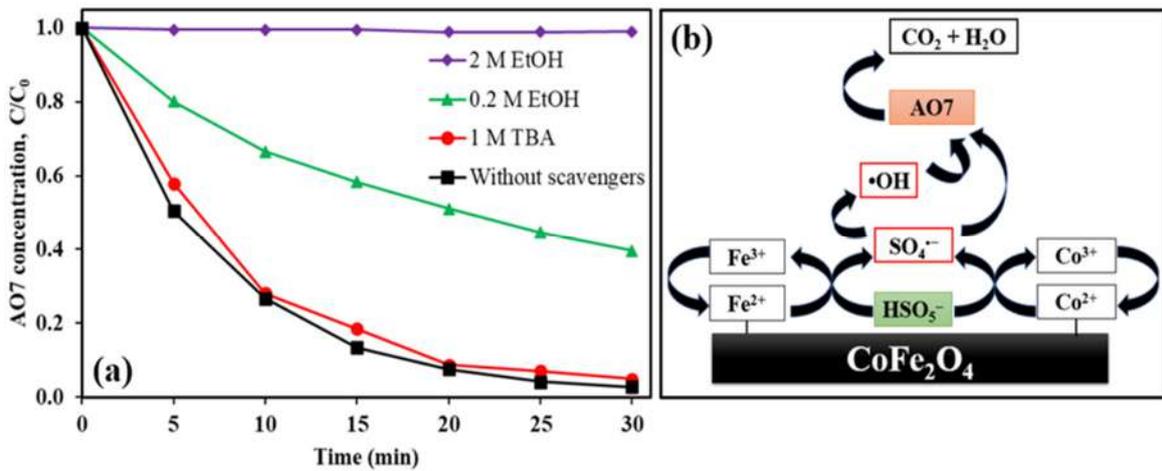
833 Y·j·kru·Å jwm·n±·j·kru·Å

n·nl·x°·n·-Å·xoj lj·j uÅ·r·j l·rd·l·uj·ynl·°·xv·qn
nl·xw·v·dl·jwm·qn nw°·r·xw·nw·ju yn·ynl·°·n·3 Zx
rw°·n·°·pj·n·qn n±·j·kru·Å l·xw·nl±·°·n l Å un·xo·qn
GU<·nv x°ju kÅ VS Yjl·°·j·ixw°·n·n lj·-mmx±·±·rwp·qn
·jv n lj·j uÅ·3Lp3·j·ruë··j·n·qn n±·j·kru·Å xo I xLn7U9
α·GU<·nv x°ju°·rj VS Yjl·°·j·ixw α·9 l Å un·3G·n·qn
·l Å un l·qn·nv x°ju n lmw·Å xo GU<m·l·nj·n·kÅ jkx±·
77* 1°·qn·nj·α·qn w·x·q·nn lxw·nl±·°·n l Å un·qn
·nm·l·ixw·rw·j·n xo GU<·nv x°ju m·l·nj·n·-: 265* j·n·
nj1 q l Å un·3 n·nm·l·nm·yn·α·v jwl n lx±um kn mèn·x·qn
rw°·rj·kun ux··xol j·j uÅ·m·rwp·nj1·ixw l jwm·qn j m·x·y·ixw
xo GU<v xul ±um·jwm·x·r·mmp·j·nj·ixw·rw·n·v·nmj·n·xw
·qn lj·j uÅ·jl·°·n·r·n·°·qd q kxlt rwp·qn·±·q1n jl·°·n
·r·n·3 njm·x·y·ixw°·j·lxw·v·nmkÅ·qn w°·j·k·x·kj·wl n
kjw·ny·n·nw·j·j·kx±·>55 lv °·rw·qn LZQ·ynl·±·v xo·qn
lj·j uÅ·j·n·nj1·ixw·j··qx°·rw·Lp3<k3 n w°·ynjt
lx±um kn j·-k±·nm·x·qn I C1 knw·rwp°·qd q°·j·
lxw·r·nw·x·qn··±·±·n xo GU<3 n lj·j uÅ·°·j·ljyjkun
xo mmp·j·nrwp GU<lxw·rw·st·x±·uÅ α·α±·l Å un·°·r·qx±·
°·j·qrwp jwm m·Arwp l rv yuÅrw·qj··qn lx y·nl·ry·r·j·ixw
v n·qx·m lx±um·Åw·qn·rèn·jw n lmw·jwm·n±·j·kun lj·j uÅ·
α·x·pj·wl yxut·ej·w·nv x°ju°·rj VS Yjl·°·j·ixw 3

Yrwl n I x jwm Ln°·n·qn jl·°·n·°·j·w·r·ixw v neju
y·-dl·ry·j·rwp·rw·qn VS Yjl·°·j·ixw l·qn I x jwm Ln unjl qrw·p
α·qn lj·j uÅ·°·n·n jwj uÅ ènm°·qn·n·j·-j1·n·jv x±w·xo I x
-538=v pR°·°·j·α±wm·rw·qn·-nj·nm·xut·ixw·j·n-6 l Å un
xo·nj1·ixw l·qn·nj·qn unjl qrw·p xo Ln v neju°·j·vx·
mm·nl·nm·n I x unjl qrw·p°·j·ux°·n·qjw 6 v pR°1°·qd q
q u°·r·qrw·qn·j·w·pn xo·qn nw°·r·xw·nw·ju uz±j uÅ·j·wnj·m
α·-·±·q1n°·j·n·-MH 8=8= 7557.3 n·n·n·±·rw·m·l·j·n
·qj··qn lj·j uÅ·r·nj·°·nuÅ·j·kun j·n·nj1·rwp°·r·q VS Y1
m·yr·n·qj°·rwp·j·ux°·l·-Å·j·urw·r·Å3



Lp3 <3-j. Xn±jkru·ÅxoI xLn₇U₉ lj·j uÅ· -I xwm·ixw (@yN C <1 dl xLn₇U₉f C 5375 pR²⁶1dVS Yf C 5375 pR²⁶1dGU<f C 65 v pR²⁶. 3-k. LZØ·ynl·-j xoqnI xLn₇U₉lj·j uÅ·knx-nj wnj n-±·n3



Lp3 =3-j. Øw ±nwl n xo nr n-nw·l qnv dju·lj° nwpn- xw GU< mp-j nj ·ixw rw VS Y4I xLn₇U₉ ·Å·nv -I xwm·ixw (@yN C <1 dl xLn₇U₉f C 5375 pR²⁶1dVS Yf C 5375 pR²⁶1dGU<f C 65 v pR²⁶. j wm-k. y-xyx·nmv nl qj w·v α-GU< mp-j nj ·ixw rwI xLn₇U₉4 VS Y·Å·nv 3

83 3 Qnw·r lj·ixwxo-njl·r°·n·ynl m·

Zx mm·n-v rwn ·qn nxv rwj w·-j ml ju·ynl m· pnwn-j·nm rw ·qn VS Y4I xLn₇U₉ ·Å·nv ll xv yn·r·r° n t rwn·d jyy-xjl q ° j·lj -mmx±·kÅl xwntl ·rwp·-j ml j uz ±nwl qrw·n·· 3K·UN ° j·±·nmj· ·qn l qnv dju·lj° nwpn-α-kx·q UN jwmYU₉ 1 ° qn-nj· ZHG° j·jl·nmj· ·qn l qnv dju·lj° nwpn-α- UN3 Mnwn-j uÅlj l qnv dju·lj° nwpn-·qj·r·n·nwl ·r° n·ex j·ynl r l ·j ml ju·ynl m·qx±umyx·n· ·qn αux° rwp y-xyn·m·@ -r· ± l mw· - 8 x-nm- xo v jpw·±m· nr n-nwl n rw ·qn -njl·r° r·m· kn° nww ° j·±x±· ·ynl m· y-n·nw·l -r· rwn· ·ex x·qn- l xnx·rwp x·x·mj w· ·±l q j· VS Yl jwm -m· vx· rw·n·an-rwp ·qn lj·j uÅ·dl jl·r° r·Å x-lj±·rwp nmjl·r° j·ixw xo lj·j uÅ·jl·r° n·r·n· d88f3M° nw·qn ux° n-njl·r° r·Å xo ZHG °x° j-m YU₉ -t C 93 65· S^{±·±}·±. l xv yj-nm ·x r· -njl·r° r·Å·x° j-m UN -t C; 3 65· S^{±·±}·±. d89B: f° qd q ·j·r·n· ·qn y-xyn·m· xo j·n·nwl ·r° n l qnv dju·lj° nwpn-l ZHG° j·±·nmj· ·qn UN rw·qr· ·±mÅ3G· y-n·nwn·nmrw Lp3 =j l ·qn -nv x° ju n l mw·Å xo GU< ° j· >>3* rw 85 v rw ° r·qx±·j mmw·j wÅz±nwl qn-3 nj mm·ixw xo 6S ZHG qj· lj±·nmj· ·upq· mml-nj·n·-73* ·rw·qn -nv x° ju n l mw·Å 3 Nx° n° n-l ·qn -nv x° ju n l mw·Å -nntl·n· ·pwr lj·j uÅ·ex ; 53* ° qnw 53S K·UN ° j· j mmm3 - qnw ·qn

l xwl nw·-j·ixw xo K·UN ° j· æ-qn·rwl -nj·nmnd n·r° nuÅ·x 7S 1 ·qn lj·j uÅ·dl yn-α-v jwl n ° j· ·±yy·n·nm ° r·q ·qn -nv x° ju n l mw·Å xo B 6* 3Nx° n° n-l ·qn nx·nv nuÅ ux° n l mw·Å lj w kn nxyj rwnm kÅ ·qn rwl -nj·n rw° r l x·r·Å j wm ·qn mml-nj·n rw nr ±·ixw l xn l mw· m±n ·x ·qn nxl n·r° n K·UN3 n qj l x- n·±nmmrw·qn·ux° mr ±·ixw xo VS Yj wm lj·j uÅ·j wm qnwl n m·-±y·nm·qn·Å·nv 3L±-qn-v x-nl ·qn -j·nl xw·j w· xo GU< ° r·q jwm° r·qx±· UN ·lj° nwpn-° n-n l xv yj -nm·x n·rv j·n·qn l xwl nw·-j·ixw xo-j ml ju·ynl m·j· ·qx° wrw·qn nz±j ·ixw knux° @

$$\% \text{Concentration of } \text{SO}_4^{\cdot -} = \frac{k \text{ with HO}^\cdot \text{ scavenger}}{k \text{ without scavenger}} \times 100$$

* l xwl nw·-j·ixw xo YU₉ ° j· lj dl ±j·nmj· =: * ° qn ·qn * l xwl nw·-j·ixw xo UN ° j· lj dl ±j·nmj· 6: * 3 n -n·±· ° j·mj·n·qj·kx·q YU₉ jwm UN ° n-n jl·r° nuÅ rw° x ul nm rw mp-j nj·ixw xo GU< k±· YU₉ ° j· ·qn nxv rwj w· jl·r° n -j ml j upnwn-j·nm·xv ·qn VS Yj l·r° j·ixw 3 n yx··rkun v nl qj w·v α- ·qn VS Y j l·r° j·nm kÅ I xLn₇U₉ r· ru·-j·nm rw Lp3=k3 GU< v xul ±n· rwr·j uÅ ° n-n j mx-knmxw·qn lj·j uÅ· ·±·qj l nl αux° nm kÅ·qn -nmx × l Ål·n· xo l x⁷⁰4I x⁸⁰ j wml n⁷⁰4Ln⁸⁰3J ±-rwp ·qn -nmx × l Ål·n· l

VS Y l x t u m k n j l . r j . n m . x p n w n - j . n . q n Y U , j w m U N α - . q n G U < m p - j n j . r x w 3 n m p - j n j . r x w y - x m t l . . ° n - n . q n w - n u j . n m r w x . q n . x u t . r x w j w m o - n n j l . r . n . r . n . x o . q n l j . j u t . . ° n - n - n p n w n - j . n m n n - n n x × y - x l n . . l x t u m x l l ± - l Ā u l j u Ā ± w r u . q n V S Y ° j . o t u Ā l x w ± v n m n

4. CONCLUSIONS

Qv . q r . . . ± m Ā l j q p p q u Ā . j k u n j w m v j p w n . d I x L n , U , l j . j u t . . ° j . . ± l l n . . o t u Ā . Ā w . q n . r e n m ° j l x y - n l r y r . j . r x w v n . q x n 3 n m m w r . Ā x o I x L n , U , q j . k n n w l x w - v n m k Ā a X J 1 L K Y K S j w m L Z O X . y n l . . x . l x y Ā 3 n r w l - n j . n r w . q n - j . r x x o L n @ x r w . q n l j . j u t . . ° q j m j v j n f n - n n n l . r w . q n l j . j u t . . d l y n - α - v j w l n 3 n I x L n , U , q j . q n q p q n . y n - α - v j w l n ° q n - n j . q n m p - j n j . r x w x o G U < - n j l q m m > < 3 * r w 8 5 v r w ° r . q j t ° j u t n x o 5 3 7 6 6 v r w ° j . w n t . - j u y N l x w n r . r x w 3 n r w ± w l n . x o n r n - n w . l j . j u t . . d l - n j l . r x w y j - j v n - n - r 3 h 3 y N 1 l j . j u t . . u x j m w p j w m V S Y n x . j p n . x w . q n - j . n x o - n v x ° j u q j ° n j u x k n n w . . ± m m n 3 n l j . j u t . . d l y n - α - v j w l n r w l - n j . n ° r . q . q n r w l - n j . n r w k x . q y N 1 l j . j u t . . u x j m w p j w m V S Y n x . j p n 3 n q p q n - r w q t r . r x w x w G U < m p - j n j . r x w k Ā K . U N . q j w k Ā Z H G r u t . - j . n . q j . Y U , - j n l j u r . q n n x v r w j w . y n l m . p n w n - j . n m o x v . q n j l . r j . r x w x o V S Y 3 L ± - q n - v x - n l . q n I x L n , U , l j . j u t . . r - n t . j k u n α - j . u n j . . α ± - l x w n l ± . r n l Ā u n . ° r . q x ± . j w Ā . - n j . v n w x w . q n l j . j u t . . l j w m l j w l x w r w t x ± . u Ā v r w n - j u e n x - p j w l y x u t . j w . 3 Z - j l n j v x ± w x o I x u n j l q r w p - 5 3 8 = v p R ° . l j w k n m . n l . n m o x v . q n . - n j . n m . x u t . r x w ° q n n L n u n j l q r w p ° j . ± w m . n l . n m n 3 n I x L n , U , l j . j u t . . r . y - j l . d j k u n m t n . x r . v j p w n . d l y - x y n - Ā ° q d q y - x ° m m . q n j n f j w j p n x o n j . Ā . n y j - j . r x w 4 - n l x ° n - Ā j n - . q n l j . j u t . . d l - n j . v n w x o ° j . n ° j . n - 3

AUTHOR INFORMATION

I x - n . y x w m w p G t . q x - / K v j n u @ q ° n w n j F ± v 3 Ā

UXI Q

S x q j v n m l j r j u m j . r v @ 5 5 5 2 5 5 5 8 2 6 < > = 2 > < a _ n w 2 j j U q @ 5 5 5 2 5 5 5 7 2 6 = 9 = 2 < ; 6 <

REFERENCES

d6f S 3 S m j w r l G 3 G t e j v u Ā l T 3 G q v n m l S 3 L j r j u l Z - j w α - v j . r x w y - x n t l . . j w m v n l q j w r . d l y j . q ° j Ā x o u n ° x x x j l r w m p - j n j . r x w r w j z t n x ± . . x u t . r x w ± r w p j n f j w l n m x x m j . r x w y - x l n . n . r w . q n y - n . n w l n x o H t] U 9 j w m ° r . r k u n u p q . n n x z t r . r . n w n . . x o v n . j u t - p j w l o j v n ° x - t .] m ° y - x s n l . 1 J n - j u w 3 _ j n - Z - n j . 3 - 7 5 7 5 . 8 7 : 8 8 9 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 5 5 9 4 n f . 3 5 7 5 3 7 : 6 7 9 3

d7f Q 3 X n q v j w l Z 3 Y q j q e j n l G 3 Y j q j - 1 Y 3 N ± . j r w l L 3 S j q v x x n l S 3 N 3 Y m m z ± n l S 3 3 Y m m z ± n l S 3 3 X j . q m l K n l . x o X n j l . r n H j l t : j e x n Ā n x w . x n u y - x l n . n . - n j . n m . x I j w m T 1 Ā u w p l V n n - P 3 7 5 6 = - 7 5 6 = . 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 < 6 < 4 V K K X P 3 = 5 7 4 Y [V V 2 7 3

d8f N 3 3 V n - n - j 1 X n v x ° j u x o j l m x - j w p n < m Ā n o x v ° j . n ° j . n - @ X n ° m ° 1 7 5 7 5 G n f 3 Y l r 3 K w p 3 Z n l q w x u 3 O 3 I x w 3 G Y K Z 7 5 7 5 3 - 7 5 7 5 . 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 > 4 G Y K Z 9 = 8 > 7 3 7 5 7 5 3 6 6 = 7 = 6 3

d9f B H - x . 1 G 3 H j q j m t - 1 Z x x l @ y j l . x o I 3 3 G l m

U - j w p n < x w H n q j ° r x ± j - u l N j n v j . x u x p d j u j w m Y x v n H x l q n v d j u V j - j v n - n - x o R j k n x - x q r j L r w p n - u w p - 1 O w 3 B Y l r 3 X n . 3 K w r - x w 3 Y l r 3 8 - 7 5 6 : . 7 = 9 7 > 5 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 7 > = 8 4 O Y X K Y Z 7 5 6 : 2 V 5 7 = 9 2 5 7 > 5 3

d: f B _ j w p l Y 3 _ j w p l G l . r j . r x w x o y n - ± u j . n - V Y . j w m y n - x x Ā v x w x . ± u j . n - V S Y . j w m j y y u l j . r x w α - . q n m p - j n j . r x w x o n v n - p r w p l x w j v r w j w . 1 I q n v 3 K w p 3 P 3 8 8 9 - 7 5 6 = . 6 : 5 7 6 : 6 < 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 s 3 n s 3 5 6 < 3 6 3 : > 3

d; f b 3 J n w p l X 3 c q j x l G n f j w l n m U x m j . r x w V - x l n . n . - G U V . r w _ j . n ° j . n - Z - n j . v n w 1 I ± - 3 V x u t . 3 X n y x - > 3 6 - 7 5 6 : . 6 ; < 6 < ; 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 5 < 4 Y 9 5 < 7 ; 2 5 6 : 2 5 5 6 : 2 4 Z G H R K Y 4 7 3

d< f S 3 3 M j . r v 1 c 3 3 I q x x w p l V 3 3 Q x x l Y 3 3 R x ° 1 S 3 N 3 G k n t - j q v j w l b 3 3 N x 1 S 3 S x q j v j m l 3 3 3 Y ± Ā j ° j w l P 3 _ 3 R v 1 _ 3 J j U q l G y y u l j . r x w x o H x l q j - j . L ± w l . r x w j u S j . n - j u α - X n v n n j . r x w x o U - p j w l V x u t . j w . r w _ j . n - @ G w U ° n - 2 m ° 1 I j j u t 7 5 7 7 1] x u t 6 7 1 V j p n 7 6 5 3 6 7 - 7 5 7 7 . 7 6 5 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 8 8 > 5 4 I G Z G R 6 7 5 7 5 7 6 5 3

d= f _ 3 b 3 T p l c 3 b 3 I q x x w p l S 3 3 M j . r v 1 L 3 Q q x n - ± w w : j l Q 3 b 3 3 R r w l _ 3 3 U q l O v i p q . r w x . q n y n - α - v j w l n j w m t r w n . d . x o q l n v j . t 2 m - r n m w . x p n w 2 x y n m y x - x ± . l j - k x w j . y n - x x Ā v x w x . ± u j . n j l . r j . x - α - p j . r x x j l r w - n v x ° j u l B _ j . n - V - x l n . K w p 3 : 5 - 7 5 7 7 . 6 5 8 7 8 > 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 P 3 _ V K 3 7 5 7 7 3 6 5 8 7 8 > 3

d> f S 3 3 M j . r v 1 G 3] n t . q j 1 M 3 R r : j t 1 Y 3 3 R x ° 1 Z 3 3 N j v m x w l S 3 N 3 N ± . r w l _ 3 J j U q l O y x - j w l n x o l j - k x w . . ± l . ± - n α - w . x p n w j w m . ± u t - l x 2 n x y r w p . x y - x v x . n . ± y n - x - l r y - x x x j l r w - n v x ° j u ° j y n - x x Ā v x w x . ± u j . n j l . r j . r x w l P 3 I x u x m O w n - q l n Y l r 3 ; 8 9 - 7 5 7 8 . : = ; ; 5 5 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 P 3 O 3 5 7 7 3 6 7 3 < 7 3

d65f R 3 I q n w l 3 L ± l I 3 N x ± l b 3 j w p l a 3 c q j w p l G l x v y - n 2 q n w r n j . n . v n w . x o l j . j u t . . d l y n - α - v j w l n . x o v w 7 x 8 w j w x y j - d l u n . α - y n - x x Ā v x w x . ± u j . n j l . r j . r x w m t - r w p k r . y q n w x u j m p - j n j . r x w l I j . j u t . . 3 6 6 - 7 5 7 6 . > > 8 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 8 8 > 5 4 I G Z G R 6 6 5 = 5 > > 8 4 Y 6 3

d66f L 3 M q j w k j - r l S 3 S x - j m l G y y u l j . r x w x o y n - x x Ā v x w x . ± u j . n j w m r . j l . r j . r x w v n . q x m α - m p - j n j . r x w x o n w r - x w n w o j u x - p j w l y x u t . j w . @ X n ° m ° 1 I q n v 3 K w p 3 B 8 6 5 - 7 5 6 < . 9 6 ; 7 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 s 3 n s 3 5 6 ; 3 6 3 ; 9 3

d67f V 3 N ± l S 3 R x w p l I x k j u 2 j . j u t . . n m . ± u j . n - j m l j u t k j . n m j n f j w l n m x x m j . r x w @ G - n ° m ° x w q n . n - x p n w n x ± . l j . j u t . . j w m j y y u l j . r x w 1 G y y u l j . j . u t . H K w r - x w 3 6 = 6 - 7 5 6 ; . 6 5 8 6 6 < 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 P 3 G V I G Z H 3 7 5 6 : 3 < 3 7 9 3

d68f M 3 3 G w y . r o j t r 1 J 3 3 J r x w Ā r x ± l J n p - j n j . r x w x o U - p j w l I x w j v r w j w . r w _ j . n - ° r . q Y ± u j . n X j m l j u M n w n - j . n m k Ā . q n I x w t w l . r x w x o V n - x x Ā v x w x . ± u j . n ° r . q I x k j u 1 K w r - x w 3 Y l r 3 Z n l q w x u 8 8 < - 7 5 5 8 . 9 < > 5 9 < > < 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 7 6 4 K Y 5 7 ; 8 < > 7 3

d69f _ 3 J j U q l Z 3 3 R v 1 J n - r p w j w m j y y u l j . r x w x o q n . n - x p n w n x ± . l j . j u t . . j . y n - x x Ā n r . ± u j . n j l . r j . x - α - x - p j w l . - n v x ° j u @ G w x ° n - 2 m ° 1 I q n v 3 K w p 3 B 8 : = - 7 5 6 > . 6 6 5 6 8 8 3 q y . @ 4 n x r 3 - p 4 6 5 3 6 5 6 ; 4 s 3 n s 3 5 6 = 3 > 3 5 8 3

d6: f L3S nwp1S 3Yxwp1H3Yxwp1b3_ nrl W3I jx1b3I jx1 Kwj wl nm mmp-j nj ·xw xo Xqxnj v rwn H °ij 2Ln7U8 v d-x·yqn·n· rwnl nm yn- ±uj ·n ·x pnwn-j ·n -nj1 ·r·n x·xmērw·p ·ynl m·1I qnv x·yqn·n3798 -7575. 67: 8773 q y. @4nrx3-p465356; 4 P NKS UYVNKXK3756>37: 8773

d6; f I 3I qnwl R3Rt±1b3Rr1_ 3Rr1R3c qx±1b3Rj wl b3Rr1 Q·rpq· rwx qn·n·xpnwnx± lj·j·u·d mmp-j nj ·xw xo ·±uj v n·qj ērw kA yn-x·x·xw·±uj ·n jl·r·j ·nm ° r·q I ±1 x7U9 nm-r° nmo·xv kv nj ul x·xj ij ·n1I qnv 3Kwp3 B 8=9 -7575. 6787: <3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756>3787: <3

d6<f a 3c qnwp1a 3T±1J 3c qj wp1S 3R° 1a 3bnlP3S j lc 3Rwl S 3 L±1 S n·j·uj·k·nm lj·j·u·d · α- yn- ±uj ·n jwm yn-x·x·xw·±uj ·n jl·r·j ·xw rw qn·n·xpnwnx± · ° j·A @ G -n° m° 1I qnv 3Kwp3B97> -7577. 6878783q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756>378783

d6=f W3 bj wp1 N3 I qxr1 Y3X GūGknml J 3 J 3 J rxwA rx±1 Qxw l xkj u v rxnmxnm wj wxl j·j·u·d · @Nn·n·xpnwnx± yn-x·x·xw·±uj ·n jl·r·j ·xw l xkj u unjl qrwpl jwm α-xv j pwn·d y-xyn·m· α- n° r-xw nwj u jyyul j·xw l Gyyū I j·j·u·d H Kw° r-xw3 = -755>. 9; 7 9; >3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P GVI GZH3755=353683

d6>f Z3 N±j wp1 c 3 Wt±1 c 3 N±1 a 3 R±1 Tx° nu v n·qxmx xo y·nyj ·rwp qm·j·l qd j uyx·x± I xLn7U9 kA ·qn l r·d j l m3 ··r·nm ·xūpnu j ±·x·xv k± ·xw α- ·±yn-l jyj l rx- 1B3Kwn-pA Yx·j pn38: -7576. 6577=; 3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P KYZ3756>3777=; 3

d75f K3Y±j·j·m1G3S ±ēj ttr1G3Tx·oj wrl T3O·ozxv j ql Z3Qj ·x1Y3O·j·j·l Vqx·xj·j·u·d jl·r·A xov j pwn·d lx-n2 qnu I xLn7U9F c wU wj wxyj ·d un · α- y±r lj·xw xov n·q·Anwn kutnl S j·n-3Xn·3Ky·n·3< -7575. 5=: 5683q y. @4nrx3-p465356=475: 82: >64 GHGLJ 63

d76f a 3 Rr1 N3 _ j wp1 M3 c qj wp1 Z3 c qx±1 L3 _ ±1 NAmx·qn-v ju·Aw·qn·r xov j pwn·d wj w2 xLn7U9 lj·j·u·d ·j wnr· nwqj wl nm mmp-j nj ·xw xoj v x·d ruw kA jl·r·j ·nm yn-v xw·±uj ·n1 _ j·n- Yl3 Znl qwxū =9 -7576. 8; 6; 8; 7=3 q y. @4nrx3-p465376; ; 4 _ YZ37563; 53

d77f V3T r±1I 3Rr1I 3Bj IJ 3_ j wp1Y3Rt±1Lj l n·Aw·qn·r xo I xLn7U9 v j pwn·d wj wv j ·n·j ukA wj ·±j ul nuūx·n ·nv yj ·n j wnl j·j·u·d yn·α-v j w l n rw qn·n·xpnwnx± jl·r·j ·xw xo yn-x·x·xw·±uj ·n1 B YxūMnu Yl3 Znl qwxū >8 -7575. 96> 97<3 q y. @4nrx3-p465355<4Y65>>6256>25: 66=2>4S KZXO Y3

d78f b3 Hj x1 Z3Z3 Rv 1 X3 _ j wp1 X3 J 3 _ nk·n-1 a 3 N±1 [·nj 3 ··r·nm xwn2 ·ny ·Aw·qn·r xo l xkj u α-r·n rv y·npw·j·nm l n·j·v d v nv k·j·wn α- · ±uj v n·qx·j·ēx un mmp-j nj ·xw ° ij yn-x·x·xw·±uj ·n jl·r·j ·xw l I qnv 3 Kwp3B898 -756=. <8< <9<3q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756=383653

d79f B3c qj wp1 Q3Bj wp1N3_ j wp1Y3N±1Lutx·mm2Qmēl nm J Awj v d Y±·q·l n Ynu2Xnl xw ·±1 ·xw V·x·mēl n· [wxy n l ·nmA K l mw· U·x·pnw2K° xū·xw I j·j·u·d ·1 Tjwx Rn 3 6> -756>. :85 :8<3 q y. @4nrx3-p46535764GI Y3T GTURK 3=H599; ; 4 Y[VVRhLQRK4TR=H599; ; hYQ5563J L3

d7: f G3 GūGwj ēr1 _ 3N3 Gkmuaj qnv 1 I 3 Njwl S 3T3 Tj nj px±nj 1R3YApnu±1S 3Q3G·q wr·1V3Lj ij·j·1 3Q Yqj ·v j l J 3 J rxwA rx±1 I xkj u α-r·n wj wxyj ·d un · ° r·q l xw·xunm l xv yx·r·xw2yn·x·xw·±uj ·n v nmj ·nm mmp-j nj ·xw xo 72y qnw Aknwērv mj ēx un2 : 2±uxwl j l ml Gyyū I j·j·u·d H Kw° r-xw3 776 -756=. 7; ; 7<>3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P GV2 I GZH3756<3=3: 93

d7; f _ 3J j Uq1] 3_ 3I qj wp1c 3Z3N±1X3Mxnr1Z3Z3Rv 1 Kwj wl rwp ·qn lj·j·u·d jl·r·A xop2 8T9 ·q·x±pq S n mxyrwp ·S n C I ±1 I x jwm Ln. α- ·nūl ·r·n ·±uj ·qj ēx un mmp-j nj ·xw ° ij ·n·x·x·k·j·nm j n f j w l nm x·xmj ·xw y·x l n·1I qnv 3Kwp3B878 -756<. 7; 5 7; >3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756<3935<3

d7<f L3Wrl_ 3I q±1H3a ±1I j·j·u·d mmp-j nj ·xw xol j nwn rw j z±nx± ·xū·xw kA l xkj u S I S 96 jl·r·j ·xw xo yn-x·x·xw·±uj ·n1 Gyyū I j·j·u·d H Kw° r-xw3 689 68: -7568. 879 8873 q y. @4nrx3-p465356; 4 P GVI GZH375683638=3

d7=f B Lj wl R3 M±1 J 3 _ ±1 c 3 Rr±1 S j l r w j ° r·n ·LnY. jl·r·j ·xw xo yn- ±uj ·n α- ·qn mmp-j nj ·xw xo y2 qx·xj wruw @±·q·l n ·nj l ·xw v nl qj w·v j w m ·±u±·2v nmj ·nm l A l urwp xo r-xw ·ynl m·1 I qnv 3 Kwp3 B 888 -756=. ; : < ; ; 93 q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756<3>36<: 3

d7>f b3I qnwl B3bj wJ 3U±A j wp1R3Wj wL3Nj wL3 3I qnwl Nn·n·xpnwnx± uA lj·j·u·d nm yn- ±uj ·n kA I ±S pLn ij·An·nm nx±kun x·xm α- ·qn mmp-j nj ·xw xo y qnw xul Gyyū I j·j·u·d G Mnw3 : 8= -756<. 6> 7; 3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P GVI GZG3756<383753

d85f I 3 Zj wl T3 Mj x1 J 3 L±1 B3 J nwp1 R3 J nwp1 K l mw· mmp-j nj ·xw xoyj ·j l n·j v xū° r·q wj w·lj unmv j pwn·d I xLn7U9 jwm S wLn7U9 j·j·q n·n·xpnwnx± lj·j·u·d · xo yn-x·x·xw·±uj ·n1 Yny3 V±·rō Znl qwxū 6<: -756<. 9< : <3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P YKVV[X3756; 3636; 3

d86f b3Xnwl R3Rwl B3S j l B3bj wp1 B3Lnwp1 c 3Lj wl Y±uj ·n ·j ml j u rwnl nmō·xv yn-x·x·xw·±uj ·n kA v j pwn·d α-x·yrwu S Ln7U9 ·S C I x1I ±1S wlj w m c w j·qn·n·xpnwnx± lj·j·u·d ·rw ·qn ° j·n-1 Gyyū I j·j·u·d H Kw° r-xw3 6; : -756: . : <7 : <=3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P GVI GZH37569353: 63

d87f Q3Yqj wpl a 3_ j wp1 B3Rr1 N3_ j wp1 T3Rt±1 T3Bj wp1 b3 _ ±1 YAw·n·pn·d mmp-j nj ·xw xo Gl m U·j w p n < -GU<. mAn kA J HJ yj·v j jwm yn- ±uj ·n1 I qnv 3 Kwp3 B 866 -756<. 8<= 8=93 q y. @4nrx3-p465356; 4 P K3756; 363583

d88f _ 3J j Uq1 c 3J xwp1 Z3Z3 Rv 1 Mnw·j ·xw xo ·±uj ·n ·j ml j u ·q·x±pq qn·n·xpnwnx± lj·j·u·d r α- x·pj wl l xw·j v r w j w· -nv x° j u @ I ±·nw· mm° nuxyv nw·l l qj unwpn· jwm y·x·ynl ·1 Gyyū I j·j·u·d H Kw° r-xw3 6>9 -756; . 6; > 7563 q y. @4nrx3-p465356; 4 s j y l j ·k3756; 393583

d89f V3R3Qx1c 3b 3I qxxwp1S 3L3Mj·rv 1L3Qqxn±wv·j l T3L3Bj j q -1K3Yj y±·j l _ 3J 3Uq1V·xv x·xw j un nl ·x o I j mxyrwp xw H7Ln9U> j· yn-x·x·xw·±uj ·n jl·r·j ·x- α- pj·r x·xj l r w ·nv x° j u l I qnv x·yqn·n3 85< -7577. 68: ; 6>3 q y. @4nrx3-p465356; 4 P NKS UYVNKXK3757738: ; 6>3

d8: f c 3I qxxwp1S 3Mj.rv 1Z3c qx±1Z3Njv mxwl
 S 3N3 N±.rw1 L3 Qqxn±wwr:j1 _ 3 J j Uq1 n
 rw ±nwl n xo H qn·n·xj·xv lxwl nwe·j·xw xw ·qn
 yqA rlxlnv djuy·xyn·m xo T1H2x2nynm krlxqj -
 α- yn·x·Av xwx·±uj·n jl·p·j·xw rw lry·x x·jlrw
 -nv x°jul B_j·n- V·xln· Kwp3:6 -7578. 6589;=3
 q y·@4nrx3-p465356; 4PP_VK35773589;=3



This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).