

PENGHILANGAN/PENURUNAN KADAR TURUNAN-TURUNAN PHENOL PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN ENZIM PEROKSIDASE DAN KOAGULAN

Oleh :

Aida Soelaeman *)

Abstract

An enzymatic method for removal of phenols from industrial wastewater was investigated. Peroxidase from horseradish was demonstrated to remove phenol and aromatic amines from aqueous solutions and to decolorize from phenolic industrial effluents. Phenol and phenol derivatives contained in wastewater can be removed by using peroxidase and coagulant.

I. PENDAHULUAN

Dari hasil penelitian terdahulu yang dimuat dalam Bulletin No.4, Volume XVII, Desember 1995, telah terlihat bahwa phenol yang terkandung dalam air limbah dapat dihilangkan/diturunkan kadarnya. Disamping itu untuk mengurangi banyaknya penggunaan enzim dapat juga digunakan koagulan agar supaya proses pengolahan air limbah tersebut menjadi lebih ekonomis. Pada penelitian kali ini, penyusun mencoba melakukan penelitian yang sama yaitu dengan menggunakan enzim peroksidase dan koagulan pada air limbah yang mengandung turunan-turunan phenol, antara lain :

- p - methoxy phenol
- o - methoxy phenol (Guaiacol)
- m - methoxy phenol
- m - hydroxy phenol (Resorcinol)
- o - hydroxy phenol (Catechol)

*) *Staf Peneliti*

*Balai Lit. Kimia Organik dan Fermentasi
Balai Besar Industri Kimia*

II. BAHAN DAN METODA

Bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain :

- Enzim Peroksidase berasal dari Wako Pure Chemical Industries Ltd, Japan yang mempunyai specific activity 100 unit/mg.
- H₂O₂ 30 % didapatkan dari Mitsubishi Gas Chemical Co Ltd, Japan.
- 2,2 - azino - di [3 - ethylbenzthiazoline sulfonat (6)] (ABTS) yang diperoleh dari Wako Pure Chemical Industries Ltd, Japan.

Pengujian Aktifitas Enzim Peroksidase:

Aktifitas enzyme peroksidase di uji dengan menggunakan ABTS sebagai substrat pada temperatur 25 °C (Putter dan Becker, 1983). Campuran reaksi mengandung 12 mM K₂HPO₄ / 88 mM KH₂PO₄ (pH=6,0), 18 mM ABTS dalam total volume 2,2 ml. 0,2 ml H₂O₂ 10 mM ditambahkan langsung kedalam campuran sebelum pengujian. Konsentrasi H₂O₂ diuji pada spectrophotometer dengan panjang gelombang -

240 nm, dan setelah penambahan 0,05 ml sample (contoh), panjang gelombang segera diubah menjadi 405 nm. Hilangnya phenol dapat dimonitor dengan menggunakan High Performance Liquid Chromatographic (HPLC), merk Jasco PU-980 (Japan Spectroscopic Tokyo, Japan), UV-Detector (Jasco UV - 970) dan integrator (Jasco 807 - II). Kolom yang digunakan, cosmil C₁₈ (5 μ, 4,6 mm, 1d x 25 cm, Narakaitesque, Kyoto Japan). Kecepatan aliran adalah 1,0 ml/menit dengan perbandingan methanol dan air adalah 1 : 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penghilangan kadar turunan - turunan phenol dalam air limbah dapat dihilangkan/diturunkan kadarnya dengan menggunakan enzim peroksidase dan koagulan, dimana penurunan/penghilangan kadar turunan phenol dalam air tersebut sangat tergantung kepada jumlah enzim peroksidase dan koagulan yang kita gunakan.

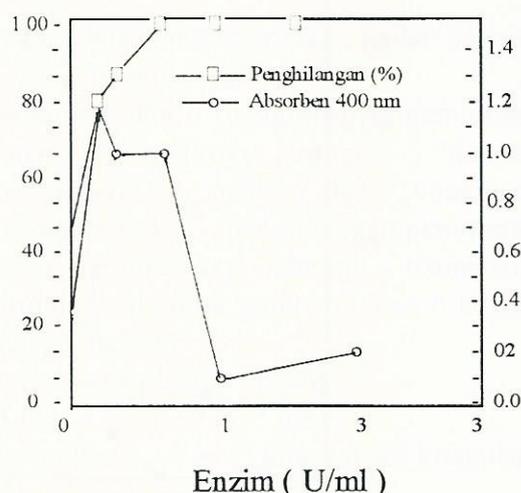
1. Penurunan/penghilangan kadar p-methoxy phenol.

Penghilangan/penurunan kadar p-methoxy phenol dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 (penghilangan/penurunan kadar p-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan penghilangan/penurunan kadar p-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan). Adapun komposisi larutan awal untuk gambar 3 adalah sebagai berikut :

Koagulan : -
 p-methoxy phenol : 1 mM
 H₂O₂ : 1 mM
 Enzim peroksidase : bervariasi dari 0,01 - 2 μ/ml.

Gambar 1: Penghilangan/penurunan kadar p-methoxy phenol dengan menggunakan enzim peroksidase.

Gambar 1

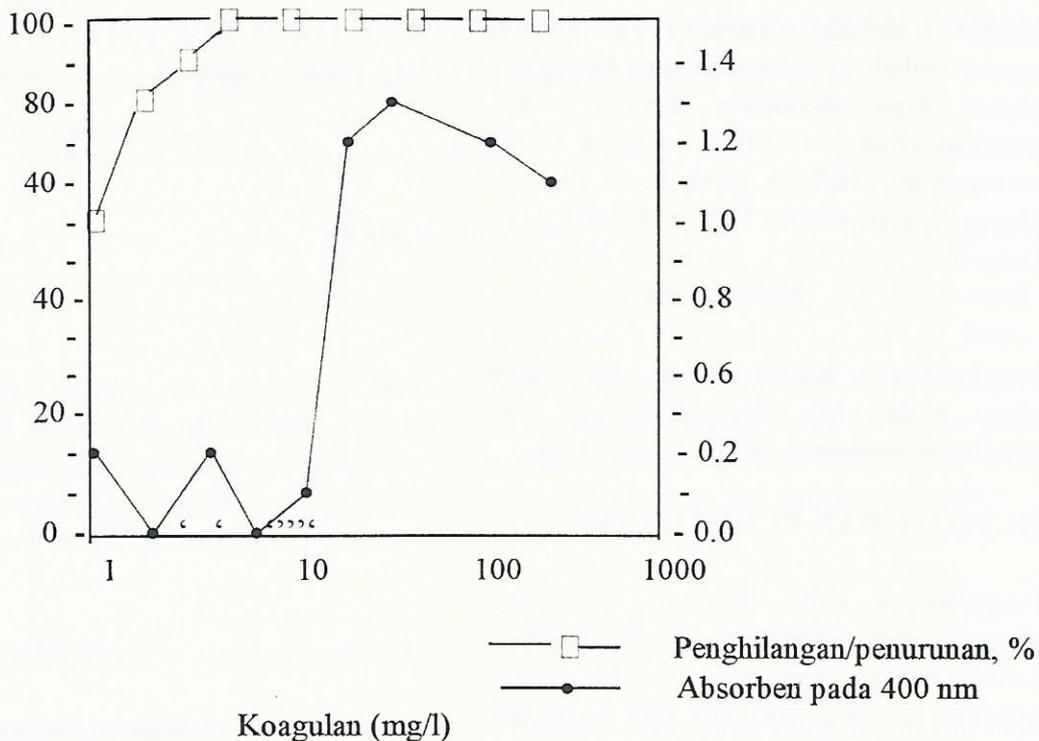


Gambar 1 :

Warna larutan diukur dengan panjang gelombang 400 nm. Perubahan kadar p-methoxy phenol dan terbentuknya warna dalam larutan terjadi karena meningkatnya kadar enzim peroksidase (untuk kadar enzim peroksidase dibawah 1 U/ml), karena terbentuknya warna hasil proses oksidasi. Warna larutan pada keaktifan enzim 1 u/ml adalah kecil yaitu 0,1 absorbance unit (mendekati jernih), tetapi pada kadar enzim yang lebih besar dari 1 u/ml, prosentase penghilangan/penurunan p-methoxy phenol mencapai 100 % dan larutan menjadi berwarna kekuning-kuningan, karena terbentuknya proses oksidasi yang berlebihan.

Pada gambar 2 komposisi larutan awal adalah sebagai berikut :

- Enzim peroksidase : 0,01 u/ml
 - H₂O₂ : 1 mM
 - p-methoxy phenol : 1 mM
 - Koagulan : bervariasi dari 0 - 200 mg/l.



Gambar 2. : Penghilangan/penurunan kadar p-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan.

Pada gambar 2 terlihat bahwa tanpa menggunakan koagulan, prosentase penghilangan/penurunan p-methoxy phenol hanya dicapai 32 %. Tetapi bila ditambahkan koagulan kedalam larutan, prosentase penghilangan/penurunan p-methoxy phenol akan naik. Warna larutan akan menurun pada konsentrasi koagulan antara 5 - 10 mg/l, tetapi pada konsentrasi koagulan di atas 10 mg/l, warna dalam larutan akan bertambah, ini disebabkan karena jumlah koagulan yang berlebihan sehingga dapat menguraikan partikel hasil oksidasi.

2. Penghilangan/penurunan kadar o-methoxy phenol (Guaiacol).

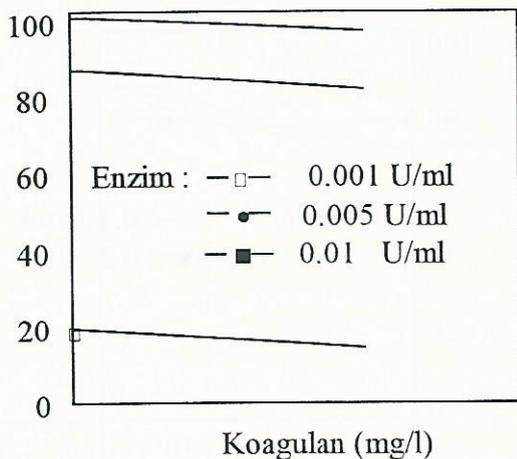
Gambar 3 dan 4 (penghilangan/penurunan kadar o-methoxy phenol dengan

menggunakan enzim dan koagulan dan reaksi oksidasi dari o-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan), memperlihatkan penghilangan/penurunan kadar dari o-methoxy phenol. Adapun komposisi larutan awal untuk gambar 3 atau 5 adalah sebagai berikut :

O-methoxy phenol : 1 mM
 H₂O₂ : 1 mM
 Koagulan : bervariasi 0 - 5 mg/l
 Enzim peroksida : bervariasi 0,001 - 0,1 u/ml

Gambar 3 menunjukkan bahwa tanpa penggunaan koagulan dan hanya menggunakan enzim peroksidase sebesar 0,01 u/ml, prosentase penghilangan/penurunan o-methoxy phenol mencapai 99 %. Namun pada penambahan koagulan, prosentase penghilangan / penurunan o - methoxy

phenol menurun, karena adanya pemakaian koagulan yang berlebihan sehingga dapat menguraikan partikel-partikel hasil oksidasi. Untuk menghilangkan/menurunkan kadar o-methoxy phenol dalam air limbah hanya membutuhkan sejumlah kecil dari enzim peroksidase dan tanpa penambahan koagulan, karena o-methoxy phenol sendiri sudah sangat efektif (reaktif).



Gambar 3 : Penghilangan / penurunan kadar o-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan.

Untuk gambar 4. komposisi larutan awal adalah sebagai berikut :

O-methoxy phenol : 1 mM
 H_2O_2 : 1 mM
 Koagulan : bervariasi dari 0 - 5 mg/l
 Enzim peroksidase: bervariasi dari 0,01 - 0,1 u/ml

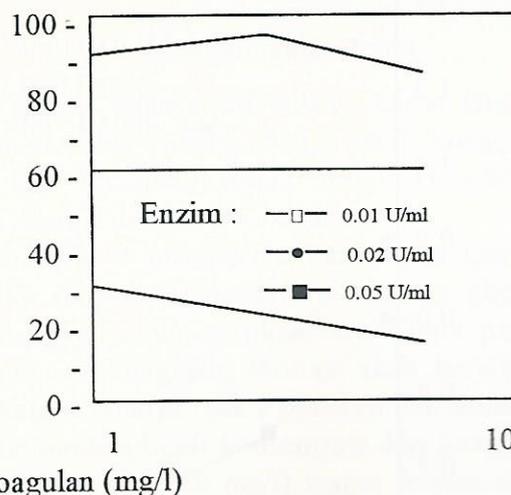
Gambar 4 : Menunjukkan bahwa dengan penambahan koagulan kedalam larutan maka prosentasi penghilangan/penurunan kadar o-methoxy phenol akan menurun dan larutan akan menjadi berwarna apabila adanya penambahan koagulan, ini disebabkan karena enzim peroksidase menjadi "inactivated" (tidak aktif) dan larutan

menjadi berwarna dikarenakan terbentuknya partikel hasil oksidasi.

3. Penghilangan/penurunan kadar m-methoxy phenol.

Gambar 5 dan 6 (penghilangan/penurunan kadar m-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan) menggambarkan penghilangan/penurunan kadar m-methoxy phenol. Komposisi larutan awal untuk gambar 5 dan 6 adalah sebagai berikut :

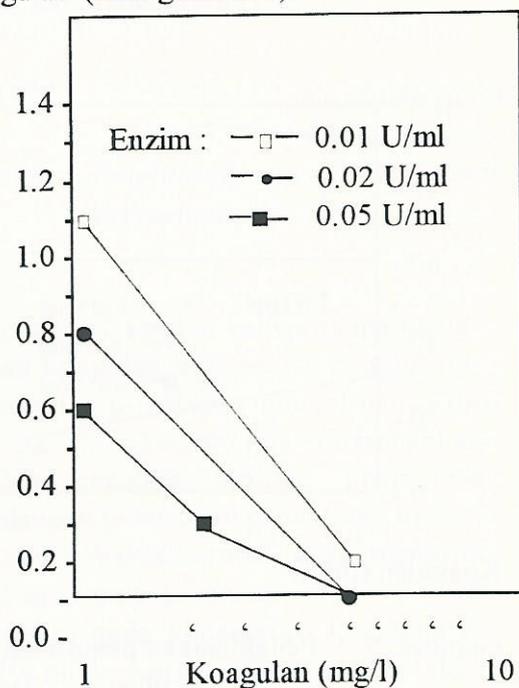
m-methoxy phenol : 1 mM
 H_2O_2 : 1 mM
 Koagulan : konsentrasi koagulan bervariasi.
 Enzim peroksidase : konsentrasi enzim - peroksidase bervariasi



Gambar 5 : Penghilangan/penurunan m-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa tanpa penggunaan koagulan, tetapi hanya menggunakan enzim peroksidase sebesar 0,05 u/ml, prosentase penghilangan/penurunan m-methoxy phenol mencapai 94 %.

Dengan penambahan koagulan kedalam larutan, prosentase penghilangan/penurunan kadar m-methoxy phenol tidak begitu berarti dan hampir sama keadaannya seperti tidak menggunakan koagulan. Untuk menghilangkan/penurunan kadar m-methoxy phenol cukup menggunakan enzim peroksidase dalam jumlah kecil dan tanpa menggunakan koagulan, karena m-methoxy phenol sangat reaktif. Warna larutan akan terbentuk jika tidak menggunakan koagulan karena enzim peroksidase dalam bentuk inactivated (tidak aktif), tetapi bila dalam larutan kita tambahkan koagulan, warna larutan akan menurun karena terbentuk reaksi koagulasi (lihat gambar 6).



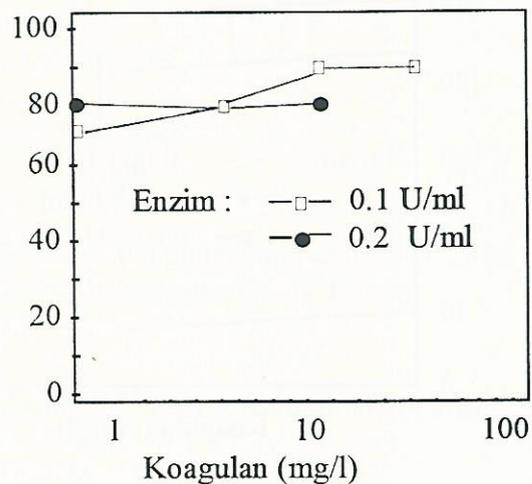
Gambar 6 : Reaksi oksidasi dari m-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan.

4. Penghilangan/penurunan kadar m-hydroxy phenol (Resorcinol).

Gambar 7 memperlihatkan penghilangan/

penurunan kadar m-hydroxy phenol (resorcinol), dengan komposisi larutan awal sebagai berikut :

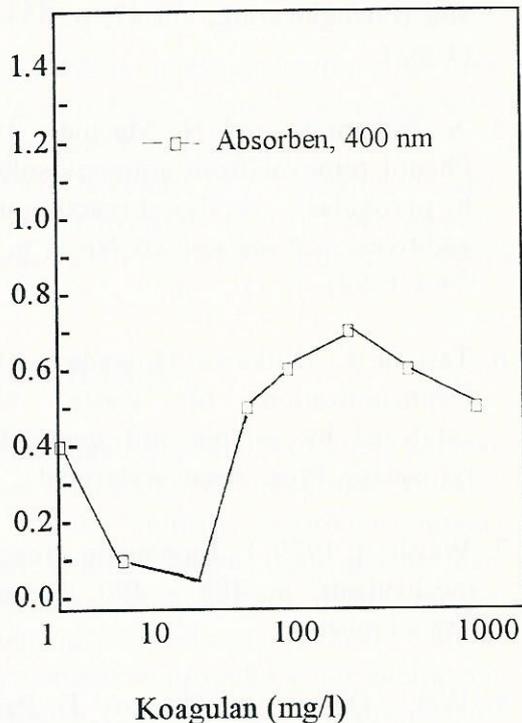
m-hydroxy phenol : 1 mM
 H₂O₂ : 1 mM
 Koagulan : konsentrasi koagulan bervariasi.
 Enzim peroksidase : konsentrasi enzim - peroksidase bervariasi



Gambar 7 : Penghilangan/penurunan kadar m-methoxy phenol dengan menggunakan enzim dan koagulan.

Tanpa penggunaan koagulan, hanya menggunakan enzim peroksidase sebesar 0,1 atau 0,2 u/ml, prosentase penghilangan/penurunan kadar m-hydroxy phenol hanya mencapai 80 %. Sekalipun dengan penambahan koagulan dalam larutan, prosentase penghilangan/penurunan m-hydroxy phenol tidak begitu berarti hanya mencapai 85 %, disamping itu dengan adanya penambahan koagulan larutan akan berwarna. Pada penambahan enzim peroksidase kedalam larutan yang mengandung m-hydroxy phenol, maka akan terjadi reaksi koagulasi. Pada gambar 8 (koagulasi hasil reaksi oksidasi dari m-hydroxy phenol dengan menggunakan

enzim) terlihat bahwa warna larutan akan menurun dengan penggunaan koagulan sebanyak 2 mg/l dan 5 mg/l karena terjadinya reaksi koagulasi. Tetapi pada penambahan konsentrasi dari koagulan, warna larutanpun akan bertambah, karena adanya koagulan yang berlebihan menguraikan partikel-partikel hasil oksidasi.



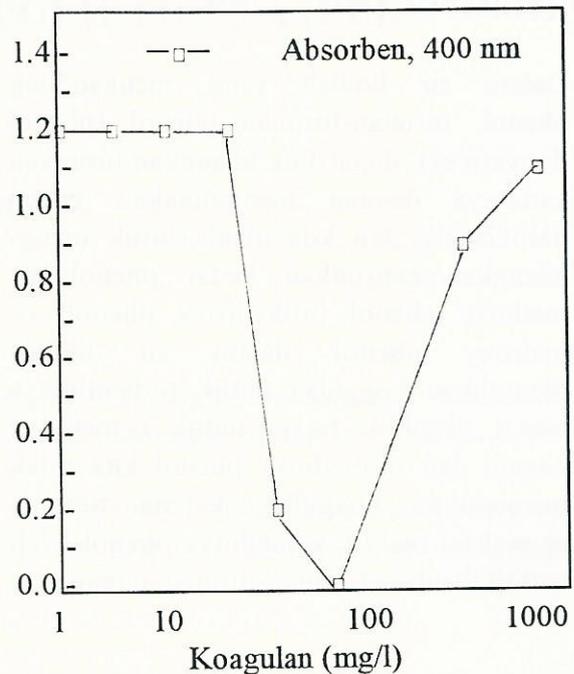
Gambar 8 : Koagulasi hasil reaksi oksidasi dari m-hydroxy phenol dengan menggunakan enzim.

5. Penghilangan/penurunan kadar o-hydroxy phenol (catechol).

Pada tabel 1 terlihat hasil oksidasi catechol dengan enzim peroksidase dengan/tanpa penggunaan koagulan.

Tabel 1 : Reaksi oksida Catchol dengan enzim

Enzim (U/ml)	H ₂ O ₂ (mM)	Koagulan (mg/l)	Penghilangan/penurunan (%)	Absorben (nm)	
				400	600
0.1	1	0	57.14	0.763	0.247
0.1	2	0	89.45	1.374	0.514
0.1	2	10	91.81	1.387	0.535



Gambar 9 : Koagulasi hasil reaksi oksidasi dari o-hydroxy phenol dengan menggunakan enzim.

Dengan adanya koagulan, warna larutan tidak akan hilang dan reaksi koagulasi akan tercapai setelah o-hydroxy phenol bereaksi dengan peroksidase.

Gambar 9 memperlihatkan reaksi koagulasi dari hasil oksidasi o-hydroxy phenol dengan enzim peroksidase. Tanpa penggunaan koagulan, larutan akan berwarna karena adanya reaksi oksidasi dan semakin bertambah besar konsentrasi dari koagulan (20 mg/l dan 50 mg/l) warna larutan akan berkurang, karena terjadinya reaksi koagulasi. Tetapi pada konsentrasi dari koagulan lebih dari 50 mg/l, larutan akan bertambah berwarna, ini dikarenakan adanya kelebihan koagulan yang dapat menguraikan partikel-partikel hasil oksidasi.

KESIMPULAN

Dalam air limbah yang mengandung phenol, turunan-turunan phenol (phenol derivatives), dapat kita hilangkan/turunkan kadarnya dengan menggunakan enzim peroksidase dan koagulan. Untuk menghilangkan/penurunkan kadar phenol, p-methoxy phenol, m-hydroxy phenol, o-hydroxy phenol dalam air limbah dibutuhkan koagulan untuk terbentuknya reaksi oksidasi, tetapi untuk o-methoxy phenol dan m-methoxy phenol kita tidak memerlukan koagulan, karena turunan phenol ini reaktif. o-methoxy phenol lebih reaktif diantara turunan-turunan phenol.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. Gregory F. Payne, Wei - Qiang Sun, and Afshin sohrabi, Tyrosinase reaction/chitosan adsorption for selectively removing phenols from aqueous mixtures. *Biotechnology and Bioengineering*, vol 40, p.1011 - 1018 (1992).
2. Klibanov A.M. and Morris E.D. (1980) Horseradish peroxidase for the removal of carcinogenic aromatic amines from water.
3. Putter J and Becker R (1983). Peroxidase in methods of enzymatic analysis (edited by Bergmeyer J and Gra BLM). 3 rd edition, vol 3.
4. Shinji Wada, Hiroyasu Ichikawa, and Kenji Tatsumi, 1993, Removal of phenol from waste water by soluble and immobilized tyrosinase, *Biotechnology and Bioengineering*, vol 42, p. 854-858 (1983).
5. S. Nakamoto and N. Machida, 1991. Phenol removal from aqueous solution by peroxidase - catalyzed reaction using additives. *Wat.res* vol 26 No.1, p. 49-54, (1992).
6. Tasumi, K, Ichikawa, H, wada.S, 1991. Dephenolization of waste water catalyzed by soluble and immobilized tyrosinase. *Proc. Asian waterqual*.
7. Walsh (1979) Enzymatic reaction mechanisms, p. 488 - 490. Freeman, San - Francisco.
8. Wei - Qiang sun, Gregory F. Payne, Monica S.G.L. Moas, Jennifer H. Chu, and Kimberlee K. wallace 1992, Tyrosinase reaction/chitosan adsorption for removing phenols from waste water. *Biotechnol. Prog.* 8 : 179 - 186.

-----ooooo00000ooooo-----