รายงานอ้างอิง

ภาษาไทย

รุ่งอรุณ วัฒนวงค์. 2532 เอกสารการสอนชุดวิชา วัสดุทางการพิมพ์ หน่วยที่ 9-15 โครงการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

สมชาติ รุ่งอินทร์. 2528. ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับงานวิเคราะห์ทดสอบและคำอธิบายศัพท์ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทดสอบ. กองการวิจัย. กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

สำนักงานเลขานุการโครงการฉลากเขียว. 2540. สำนักงานสิ่งแวดล้อมไทย. ข้อกำหนดของกระดาษฉลากเขียว. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานมาตราฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.

ภาษาอังกฤษ

Adler, E. 1997. Lignin-chemistry-past,present and future. Wood sci. Technol. 11 : 169-218.

Aitken, M.D., and Irvine, R.L. 1989. New developments in the application of enzyme for biomass processing. Biotech.Bioeng. 34 : 1251-1260.

Akhtar, M., Lentz, M.J., Blanchette, R.A. and Kirk, T.K. 1993. Corn steep liquou lowers the amount of inoculum for biopulping. Tappi J. 80(6) : 161-164.

Alder, P., Eriksson, K.E., and Yu H-S. 1984. Metabolism of lignin-derived aromatic acids by white-rot fungi. J.Gen.Microbiol. 130 : 63-68.

Ander, P., and Eriksson, K. E. 1987. Determination of phenoloxidase activity using vanillic acid decarboxylation and syringaldazine oxidation. Biotechnol.Appl.Biochem. 9 : 160-169.

Antai, S. P., and Crawford, S. L. 1982. Degradation of extrative-free lignocelluloses by *Coriolus versicolor* and *Poria placenta*. Eur. J.Appl.Microbiol.Biotechmnol. 14 : 165-168.

Arbeloa, M., Leseleuc, J. D. Goma, G., and Claude, J. 1992. An evaluation of the potential of lignin peroxidases to improve pulps. Tappi J. 75(3) : 215-221.

Baipai, P., and Bajpai, P. K. 1996. Application of xylanase in prebleaching of bamboo kraft pulp. Tappi J. 79(4) : 225-230.

Bar-Lev, S. S., and Kirk,T. K. 1981. Effects of molecular oxygen on lignin degradation by *P. chrysosporium*. Bichem.Biophys.Res.Comm. 99 : 373-378.

Bar-Lev, S S., Kirk, T .K., and Chang, H-m. . 1982. Fungal treatment can reduce energy requirement for secondary refining of TMP. Tappi J . 65(10) : 111-113.

Benner, R., and Hodson, R. 1985. Thermophilic anaerobic biodegradation of ^{14} C-lignin, ^{14} C-cellulose and ^{14} C-lignocellulose preparaions. Appl.Environ.Microbiol. 50 : 971-976.

Boominathan, K. and Adinarayana R. C. 1992. Handbook of Apply Mycology. vol. 4 : Fungal biotechnology. Marcel Dekker, INC. New York. pp. 794-795.

Bourbonnais, R., and Paice, M. G. 1996. Enzymatic delignification of kraft pulp using laccase and mediator. Tappi J. 79(6) : 199-204.

Burdshall, H. H, and Eslyn, W. 1974. A new *Phanerocheate chrysosporium* with a imperfect state. Mycotaxon. 1 : 123-133.

Buswell, J. A., and Odier, E. 1987. Lignin biodegradation. CRC. Crit. Rev.Biotechnol. 6 : 1-6.

Buswell, J. A. 1991. Fungal degradation of lignin. In D. K. Arora; and G. Knusen (eds.), Handbook of applied mycology.Vol. 1 : Soil and plants . pp. 509. Marcel Dekker : Newyork.

Camarero, S., Barrasa, J. M., Pelayo, M., and Martines, A. T. 1998. Evaluation of *Pleurotus* species or wheat-straw biobulping. J.pulp and paper science. 24(27) : 197-203.

Colberg, P. J., and Young, L. Y. 1985b. Aromatic and volatile acid intermediates observed duriung anaerobic metabolism of lignin-derived oligomers. Appl.Environ.Microbiol. 49 : 350-358.

Crawford, R. L. 1981 .Lignin biodegradation and tranformation. Wiley Interscience : New York. pp 352 .

Crawford, R. L, and Sutherland, J. B. 1979. The role of Actinomycetes in the decomposition of lignocellulose. Dev-Ind Microbiol. 20 : 143-151.

Datta, A. Bettermann, A. and Kirk,T.K. 1991. Identification of a specific lignin peroxidase among ligninolytic enzyme secreat by *Phanerocheate chrysosporium* during wood decay. Appl.Microbiology. 57(5) : 1453-1459.

Eriksson, K. E., Ander, P., and Petterson, B. 1986. Regulation of lignin degradation in *P. chrysosporium* In Biotechnology in the pulp and paper industry. Swedish Forest Products Research Laboratory. Stockholm, Sweden. pp 24-27

Faison, B. D. and Kirk,T .K. 1985. Factors involved in the regulation of a ligninase activity in *P.chrysosporium*. Appl.Environ.Microbiol. 49 : 299-304.

Fujita, K., Ryuichiro, K., Kokki, S., Yoshinori, K.,Tomoaki, N., and Yoshimasa, T. 1991 .Biobleaching of kraft pulp using white-rot fungus IZU-154. Tappi J. 74(6) : 123-127.

Giovannozzi-Sermanni, G., Annibale'D, A., Perani, C., Porri, A., Pastima, F., Minelli, V., Vitale, N.,and Gelsomino, A. 1994. Characteristics of paper hand sheets after combined biological pretretments and conventional pulping of wheat straw. Tappi J. 77(6) : 151-157.

Glazer, A. N, and Nikaido, H. 1995. Microbial biotechnology. W.H. Freeman and company. pp 662 .

Gold, M. H., Kuwahara, M., Chiu, A .A., and Glenn, J .K. 1984. Purification and characterization of an extracellular H_2O_2- requiring diarylpropane oxygenase from the white rot basidiomycetes *P.chrysosporium*. Arch.Biochem.Biophys. 234 : 353-362.

Greene, R. V. and Gould, J M. 1984. Substrate-induced H_2O_2 production in mycelia from the lignin-degrading fungus *P.chrysosporium*. Biochem.Biophys.Res.Commun. 117 : 275-281.

Haider, K, and Trojanowski. 1975. Decompoition of specifically ^{14}C-labelled phenols and dehydropolymer of coniferyl alcohol as models for lignin degradation by soft and white-rot fungi. Arch.Microbiol. 105 : 33.

Harvey, P .J, Schaemaker, H. E, and Palmer, J. M. 1986. Veratryl alcohol as a mediator and the role of radical cations in lignin biodegradation by *Phanerocheate chrysosporium*. FEMS.Lett. 195 : 242-246.

Havervey, P. J., Schoemaker, H. E., and Palmer, J .M. 1986. Veratryl alcohol as a mediator and the role of radiacal cations in lignin biodegradation by *P.chrysosporium* FEBS Lett. 195 : 242-246.

Hatakka, A. 1983. Degradation of ^{14}C-labelled poplar wood lignin by selected white-rot fungi. Arch. Microbiol. 17 : 235-242.

Higuchi, T. 1990. A biodegradation of lignin and its potential applications. In Bioprocess Engineering T.K. Ghose (eds.). Elis Harwood Limited. London. pp 39-58 .

Jeffries, T.W. 1983. Biotechnology and Biocatalysis. H. Verachtert , De Mot R.(eds.), Marcel Dekker. New York. pp. 349-394.

Jeffries, T. W., Choi, S., and Kirk,T. K. 1981. Nutritional regulation of lignin degradation by *P. chrysosporium*. Appl.Environ.Microbiol. 42 : 290-296.

Keyser, P., Kirk,T. K., and Zeikus, J.G. 1978. Ligninolytic enzyme system of *Phanerocheate chrysosporium* : synthesized in the absence of lignin inresponse nitrogen stavation. J.Bacteriod. 135 : 790-797.

Kern, H.W. 1983b. Action of the white-rot fungus *Sporotrichum pulverulentum* on lignosulfonates. Holzforschung. 37 : 287-292.

Kirk, T.K., and Chang, H-m. 1990. Steady-state and transient-state kinetic studies on the oxidation of 3,4 dimethoxybenzyl alcohol catalysed by the ligninase of *P.chrysosporium* Burds. J.Biol.Chem. 216. 1687-1693.

_____,and Farrel, R. L. 1987. Emzymatic combustion the microbial degradation of lignin. Ann.Rev.Microbiol. 41 : 465-505.

_____, and Highley, T. L. 1973. Quntitative chang in structural components of conifer wood during decay by white-rot fungi and brown-rot. Phytpphatology. 55 : 739-745.

_____, Higuchi, T., and Chang, H-m. 1978. Lignin biodegradation : Microbiology,Chemistry, and potential. Applications vols. 1,2. CRC press Boca Raton. pp. 436

_____ , and Shimada, M. 1985. Lignin biodegradation : The microorganism involved and the physiology and biochemistry of degradation by white-rot fungi. In Biosynthesis and biodegradation of wood components. T.Higuchi (eds.), pp. 579-605. Orlando,Florida: Acadamic Press.

_____, Schultz, E., Connors, W. J., Lorenz, L. F., and Zeikus. J. G. 1978a. Influence of culture parameters on :lignin metabolism by *P. chrysosporium* . Arch.Microbiol. 277-285.

_____, and Yang, H. H. 1979. Partial delignification of unbleached kraft pulp with ligninolytic fungi. Biotechnol.Lett. 1 : 347-352.

Leathan, G. F., Sachs, I. B., Myers, G. C., and Wegner, T. H. 1990 Distingnishing characteritics of biomechanical pulp. Tappi J. 73(9) : 249-254.

———.1986. The ligninolytic activitiess of *Lentinus edodes* and *Phanerocheate chrysosporium*. FEMS Microbiol. Lett. 24 : 51-58.

Leisola, M., Schmidt, B., Thanei-wiss, U. and Fiechter, A. 1985. Aromatic ring cleavage of veratryl alcohol by *P.chyrsosporium*. FEBS Lett. 189 : 267-270.

———, Brown,C., Laurila, M., Ulmer, D., and Fiechter,A. 1982. Polysaccharide synthesis by *Phanerocheate chrysosporium* during degradation of kraft lignin. 15 : 180-184.

———, Ulmer, D., Haltmeir, T., and Fiecher, A. 1983. Rapid solubilization and depolymerization of purified kraft lignin by thin layer of *P.chrysosporium*. Appl.Microbiol.Biotechnol. 17 : 117-120.

Lundquist, K. and Kirk, T. K. 1978. De novo synthesis and decomposition of veratryl alcohol by a lignin-degradation basidiomycetes. Phytochemistry. 17 : 1676.

Odier, D., and Monties, B. 1983. Absence of microbial mineralization of lignin in anaerobic enrichment culture. Appl.Environ.Mirobiol. 46 : 661-665.

Paice, M. G., Jurasek, L., Bourbonnais R., and Archibald, F. 1989. Direct biological bleaching of hardwood kraft pulp with the fungus *Coriolus versicolor*. Tappi J. 71(3) : 191-194.

Palmer, J. M., Harvey, P. J., and Schoemaker, H. E. 1983. The role of peroxidases radical cations and oxygen in the degradation of lignin. Phil.Trans.Roy.Soc.Series A . pp. 320

Pelezar, Jr. J., Gottleib, S., and Day, W. C. 1950. Growth of *Polyporus versicolor* in a medium with lignin as the sole carbon source. Arch.Biochem. 25 : 449-451.

Pellinen, J., Abuhasen, J., Joyce, T.W., and Chang H-m. 1989. Biological delignification of pulp by *P.chrysosporium*. J.Biotechnol. 10 : 161-170.

Polvinen, K., Lehtonen, P., Leisola, M., and Visuri, K. 1991. Pilot-scale production and properties of lignin peroxidase. In : Enzymes in biomass conversion. Leatham, G.F and Himmel, M.E. (eds.). ACS Symposium Series. p. 225-235

Punnapayak, H. 1995. Prospects of lignocellulosic degradation by certain. JSPS-NRCT/DOST/LIP/VCC workshop on microbial degradation and utilization of lignocellulose and xenobiotics, Bangkok.

Reid, I. D. 1983. Effects of nitrogen supplement on degradation of aspen wood lignin and carbohydrate components by *P chrysosporium*. Appl.Environ.Microbiol. 45 : 830-837.

Reid, I. D., Chao, E. E., and Dawsan, PSS. 1985. Lignin degradation by *P.chrysosporium* in agitated culture. Can.J.Microbiol. 31 : 88-90.

Reid, I. D., Paice, M. G., Ho., and Jurasek, L. 1990. Biological bleaching of softwood kraft pulp with fungus *Trametes (Coriolus) versicolor*. Tappi J. 73(8) : 205-301.

Rosenberg, T.W., and Wilk, G.R. 1989. Importance of charge transfer reactions in lignin degradation. In : Enzyme system for lignocellulose degradation. Coughlan, M.P. (eds.),. Elsevier Science Publishing Co., INC. p.111-120.

Ruel, K., Barnoud, J.P., Jaseleau, S.C., and Eriksson. 1986. Ultrastructural aspects of birch wood degradation by *P.chrysosporium* and two of its cellulase deficient mutants. Holzforschung. 40 : 5-9.

Savory, J. G, and Pinion, L. C. 1958. Chemical aspects of decay of beech wood by *Cheatomium globosum*. Holzforschung. 12 : 99-103.

Schmidh, H. W.H., Haemmerli, S.D., Schoemaker, H.E. and Leisola, M. 1989. Oxidative degradation of 3,4-imethoxybenzyl alcohol and its methyl ether by the lignin peroxidase of *P.chrysosporium*. Biochemistry. 28 : 1776-1783.

Setliff, E. C., Marton, R., GranZow, S. G., and Erikson, K. L. 1990. Biomechanical pulping with white-rot fungi. Tappi J. 73(8) : 141-147.

Shimada, M., Nakatsubo, F., Kirk,T. K. and Higuchi,T. 1981 . Biosynthesis of the secondary metabolite veratryl alcohol in relation to lignin degradation in *P. chrysoporium*. Arch.Microbiol. 129 : 321-324.

Skerker, P.S., Farrell, R.L., Dolphin, D., Cui, F. and Wijisekera, T. 1990. Biominetic bleaching of kraft pulp. In : T.K. Kirk and H.-m. Chang (eds.), Biotechnology in pulp and paper manufacture : Applicationa and Fundamental Investigations. Butterworth-Heinemann, Boston, MA, pp. 210-230.

Tolan, J.S., 1992. Use of enzymes to decrease chlorine requirements in pulp bleaching . CPPA Annual Meeting Preprints : A 164-168.

Tran, A. V., and Chambers, R. P. 1987. Delignification of an unbleached hardwood kraft pulp by *P.chrysosporium*. Appl.Microbiol.Biotechnol. 25 : 484-490.

Yang, H-h., Effland, M. J., and Kirk,T. K. 1980. Factors in fluencing fungal degradation of lignin in a representative lignocellulosic, thermomechanical pulp. Biotechnol.Bioeng. 22 : 65-77.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การเตรียมอาหาร

Potato dextrose agar (PDA) มีองค์ประกอบดังนี้

มันฝรั่ง	200	กรัม
น้ำตาลแดร็กโตส	20	กรัม
วุ้น (Agar)	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

นำมันฝรั่งที่ล้างสะอาดแล้วมาหั่นเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกเต๋าขนาด 1 ลบ.ซม. ไปต้มในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร จนมันฝรั่งสุก โดยสังเกตได้จากเมื่อใช้มือบีบแล้ว มันฝรั่งจะแตกออกโดยง่าย จากนั้นใช้ตะแกรงหรือผ้าขาวบางกรองแยกเอาส่วนของน้ำมันฝรั่งออกมา เติมส่วนผสมที่เหลือลงไป คนให้ละลายหมด จากนั้นใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

Potato dextrose broth (PDB) มีองค์ประกอบดังนี้

มันฝรั่ง	200	กรัม
น้ำตาลแดร็กโตส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

ต้มน้ำมันฝรั่งในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จนกระทั่งมันฝรั่งสุก ใช้ผ้าขาวบางกรองเอาแต่ส่วนน้ำ เติมน้ำตาลแดร็กโตส คนละลายให้เข้ากัน ใช้น้ำกลั่นปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

อาหาร Potato dextrose broth 0.5 % glucose

ส่วนประกอบและวิธีการเตรียมเหมือนกับอาหารสูตร potato dextrose broth เพียงแต่มีการเติมกลูโคสเพิ่มลงไป 0.5 %

Production medium (ดัดแปลงจากสูตรของ Tien and Kirk, 1988)

1) Basal III medium (per liter)		100	มิลลิลิตร
ประกอบด้วย			
	KH_2PO_4	20	กรัม
	$MgSO_4$	5	กรัม
	$CaCl_2$	1	กรัม
2) 10% กลูโคส		100	มิลลิลิตร
3) แอมโมเนียมทาร์เทรต ($C_4H_{12}N_2O_6$)		8	กรัม/ลิตร
	ปริมาตร	25	มิลลิลิตร
4) veratryl alcohol (0.4 mM Stock)		100	มิลลิลิตร
5) 0.1 % Tween 80			

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการสกัดแยก crude เอนไซม์เพื่อนำมาตรวจวัดหาแอคติวิตี้ของเอนไซม์ลิกนิน เปอร์ออกซิเดส

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจวัดหาแอคติวิตี้ของเอนไซม์ ลิกนิน เปอร์ออกซิเดส

หลักการ

เอนไซม์ลิกนิน เปอร์ออกซิเดสจะทำหน้าที่เป็นตัวคะตะไลต์ในปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ veratryl alcohol ให้เปลี่ยนเป็น veratraldehyde ซึ่ง veratraldehyde ที่เกิดขึ้นสามารถตรวจวัดได้ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร (molar extinction coefficient เท่ากับ 9300 M^{-1} cm^{-1})

วิธีการตรวจวัดแอคติวิตี้ของเอนไซม์ ลิกนิน เปอร์ออกซิเดส (Tien and Kirk ,1988)

1. เตรียม reaction mixture ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ประกอบด้วย

1.1 800	µl	2 mM veratryl alcohol
1.2 400	µl	0.01 N citric acid pH 2.6
1.3 400	µl	1 mM H_2O_2
1.4 400	µl	5 mM sodium citrate buffer pH 3.0
1.5 2000	µl	crude enzyme

2. นำ reaction mixture ซึ่งประกอบด้วย 2 mM veratryl alcohol ปริมาตร 800 µl 0.01 N citric acid ปริมาตร 400 µl และ 5 mM sodium citrate buffer ปริมาตร 400 µl เติมลงไปในหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติม 1 mM H_2O_2 ปริมาตร 400 µl ลงไปทำปฏิกิริยาพร้อมกัน

3. บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปล่อยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปนาน 1 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectophotometer ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร

การคำนวณค่า Unit of enzyme ตามวิธีของ The International Union of Biochemistry

จากกฎของเบียร์และแลมเบิร์ต (Beer and Lambert's Law) กล่าวว่า
" ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้น"
หรือเขียนเป็นสมการ

$$A = \epsilon bc$$

$$\epsilon = A / bc$$

เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง

ϵ = molar extinction coefficient ($M^{-1} cm^{-1}$)

b = ความกว้างของคิวเวทท์ (cm)

c = ความเข้มข้นของสาร (Molar)

ค่า ϵ ของ veratrylaldehyde ที่ความยาวคลื่น 310 นาโนเมตร มีค่าเท่ากับ 9300 หมายความว่า

veratrylaldehyde 1 ไมโครโมล จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่ 310 นาโนเมตร เท่ากับ 9300 หรือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ 310 นาโนเมตร ที่เพิ่มขึ้น 9.3 หน่วย มีค่าเทียบเท่ากับปริมาณของ veratrylaldehyde ที่เกิดขึ้น 1 ไมโครโมล

นั่นคือ 1 หน่วยเอนไซม์ = ปริมาณของ veratrylaldehyde ที่เกิดขึ้น 1 ไมโครโมล ต่อ 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

จากการทดลองใช้เอนไซม์ 2 มิลลิลิตร. สมมุติให้ค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ X หน่วย
มี veratrylaldehyde เกิดขึ้นเท่ากับ X/ 9.3 x 2/1000 x 1000 ไมโครโมล
เอนไซม์ 2 มิลลิลิตร เกิด veratrylaldehyde เท่ากับ Y ไมโครโมล
ดังนั้นถ้าเอนไซม์ 1 มิลลิลิตร. Y/2 หน่วย/มล

ภาคผนวก ค

การหาค่าความสว่างของเยื่อ (Measurement of ISO brightness of pulps)
อ้างอิง ISO 3688-1977(E), ISO 2469-1977(E))

ความขาวสว่างของเยื่อ (pulp brightness) หมายถึง ค่าแฟคเตอร์ของการสะท้อนแสงของแผ่นเยื่อที่หนามากจนแสงไม่สามารถทะลุผ่าน ที่ความยาวคลื่นแสง 457 นาโนเมตร โดยถือว่า perfect reflecting diffuser มีค่า factor การสะท้อนแสงเป็น 100 ค่าความขาวสว่างมีหน่วยเป็นร้อยละ (%)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1) เครื่องตีเยื่อ (ISO 2469)
2) Spectrophotometer Elrepho 2000 (ISO 2469)
3) Two working standard
4) Buchner funnel เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 115 มิลลิเมตร ความจุไม่น้อยกว่า 500 มิลลิลิตร
5) Hydrolic disk-press
6) Disk เส้นผ่านศูนย์กลาง 160 มิลลิเมตร หนาประมาณ 1.0-1.5 มิลลิเมตร
7) กระดาษซับขนาด 25 กรัม/ตารางเมตร
8) กระดาษกรองเบอร์ 4 เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร

วิธีการเตรียมเยื่อ

เยื่อกระดาษที่จะนำมาวัดค่าความขาวสว่าง ควรเก็บในที่ปราศจากความร้อนแสง และมีความชื้นคงที่ โดยจะใช้เยื่อ 2 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ต่อ 1 แผ่น จำนวน 4 แผ่น

1) นำเยื่อมาแช่ในน้ำกลั่น โดยใช้เวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำเยื่อไปตีในเครื่องกระจายเยื่อความเร็ว 600 รอบต่อนาที
2) นำน้ำเยื่อที่ได้มาเทใส่ในกระบอกตวงปริมาตร 2 ลิตร ใช้น้ำกลั่นปรับปริมาณให้ครบ 2 ลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เยื่อกระจายตัวสม่ำเสมอ แบ่งน้ำเยื่อออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน
3) เทน้ำเยื่อปริมาตร 500 มิลลิลิตร ลงใน buchner funnel ซึ่งมีกระดาษกรองหนาวางอยู่ ใช้น้ำกลั่นฉีดให้เปียก เพื่อไล่ฟองออก จากนั้นดูดน้ำออกเมื่อน้ำแล้ว นำกระดาษกรองอีกแผ่นซึ่งทำเครื่องหมาย top side วางลงไป นำไปวางลงบนกระดาษซับ
4) นำเยื่อกระดาษมา press ตามลำดับขั้นตอนการวางดังนี้
   - แผ่น plate
   - กระดาษซับ 2 แผ่น ประกบกัน
   - test sheet
   - กระดาษซับ 2 แผ่น
   - แผ่น plate
   - กระดาษซับ 2 แผ่นป้องกันการบิดเบี้ยวของ plate
5) ทำการ press โดยใช้ pressure 300 Kpa โดยใช้เวลานาน 3 นาที
6) นำ sheet ที่ผ่านการ press มาวางลงบนกระดาษซับแผ่นใหม่ประกบทั้ง 2 ด้าน นำไปวางไว้บน ring ซึ่งทำจากเหล็กหรือพลาสติก เพื่อป้องกันการบิดงอของแผ่น sheet ในระหว่างที่ผึ่งตากแผ่น sheet ซึ่งใช้เวลานาน 24 ชั่วโมง

วิธีการวัดค่าความขาวสว่าง

1) อ่านค่า working standard ตรงกับ assing value + 0.3
2) กดปุ่ม (^) (7) จะปรากฏ Measuring brightness
3) วาง test sheet ด้าน top side ลงบนเครื่อง Elrepho จากนั้นกดปุ่มสีเหลืองบันทึกค่า brighness

การวัดค่าคัมปานัมเบอร์ของเยื่อ

(อ้างอิง T 236 cm – 85)

ค่าคัมปานัมเบอร์ (Kappa number) ของเยื่อคือ จำนวนมิลลิลิตรของโปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต (KMnO4) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ที่ใช้ไปต่อเยื่อ 1 กรัม (น้ำหนักแห้ง) ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดโดยผลลัพธ์ที่จะได้จะถูกแปลงให้สมดุลย์กับปริมาณ 50% ของ 0.1 นอร์มัล โปแตสเซียมเปอร์มังกาเนต ที่ใช้เติมลงไปในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

1) เครื่องปั่นหรือเครื่องตีเยื่อ (blender)
2) แท่งคนแม่เหล็ก
3) เทอร์โมมิเตอร์
4) บีกกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร
5) บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร
6) บิวเรต 100 มิลลิลิตร
7) บิวเรต 50 มิลลิลิตร

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1) potassium permanganate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1 + 0.0005 N $KMnO_4$)
2) sodium thiosulfate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1+ 0.0005 N $Na_2S_2O_3$)
3) potassium iodide solution ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล หรือ 16.6% KI
4) sulfuric acid ความเข้มข้น 4 นอร์มัล (4 N H_2SO_4)
5) starch indicator solution 0.2%

วิธีการวัดค่าคับปานัมเบอร์

1) ปริมาณตัวอย่างของเยื่อที่ใช้จะต้องทำการลองผิดลองถูกเพื่อให้ปริมาณลิกนินสมดุลกับ 0.1 N KMnO4 จำนวน 50% ของที่เติมซึ่งขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยอาทิเช่น ชนิดของเยื่อ ความชื้นของเยื่อ กระบวนการต้มเยื่อ เป็นต้น ปริมาณเยื่อตาม standard เท่ากับ 50/ kappa number โดยประมาณ โดยที่จะปรับปริมาณของเยื่อที่ใช้จนกระทั่งมีปริมาณ consumed สารเคมีเป็น 50%

2) นำตัวอย่างของเยื่อที่ต้องการหาค่าคับปานัมเบอร์ มาตีกระจายในน้ำกลั่นจนกระทั่งเยื่อกระจายตัว

3) ใส่ตัวอย่างของเยื่อที่ผ่านการตีกระจายลงไปในบีกเกอร์ขนาด 2000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาณรวม 795 มิลลิลิตร ไปวางบน magnetic stirrer ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 25 $^{\circ}C$ +- 0.2 $^{\circ}C$

4) ปิเปต 0.1 N $KMnO_4$ จำนวน 100 มิลลิลิตร และ 4 N H_2SO_4 จำนวน 100 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์ 2000 มิลลิลิตร พร้อมๆกันจากนั้นปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 10 นาที

5) หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม 16.6% KI จำนวน 20 มิลลิลิตร

6) ไตเตรตหาปริมาณไอโอดีนอิสระ (I_2) ที่เกิดขึ้นด้วย 0.1 N $Na_2S_2O_3$ จะเกิดสารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้ง 5 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้มไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินจางหายไปจนไม่มีสี บันทึกปริมาตร 0.1 N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ก็จะทราบถึง 0.1 $KMnO_4$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา

7) การทำ Blank test

7.1) เติมน้ำ 800 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ 2000 มิลลิลิตร

7.2) เติม 4 N H_2SO_4 และ 0.1 $KMnO_4$ อย่างละ 100 มิลลิลิตร ลงไปพร้อมๆกัน

7.3) เติม 16.6% KI จำนวน 200 มิลลิลิตร

7.4) ไตเตรตด้วย 0.1 N $Na_2S_2O_3$จะได้สารละลายสีเหลืองอ่อนจึงเติมน้ำแป้ง สารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นไตเตรตต่อจนได้สารละลายใสไม่มีสีบันทึกปริมาตร 0.1 N ที่ใช้ $Na_2S_2O_3$

วิธีการคำนวณ

$$\text{Kappa number} = \frac{Pf}{W[1+0.013(25-t)]}$$

โดยที่ P = (b – a) N/ 0.1

P = จำนวนมิลลิลิตร 0.1 N ของ $KMnO_4$ ที่ถูกใช้ไปโดยตัวอย่าง

b = จำนวนมิลลิลิตร 0.1 N ของ $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไปในการทำ blank test

a = จำนวนมิลลิลิตร 0.1 N $Na_2S_2O_3$ ของที่ใช้ไปในการทดลองโดยตัวอย่างเยื่อ

W = หนักของเยื่อ (กรัม)

N = จำนวนนอร์มัลลิตี้ (Normality) ของ $Na_2S_2O_3$

f = factor สำหรับแปลงผลลัพธ์ให้สมดุลย์กับปริมาณ 50% ของ 0.1 N $KMnO_4$ ที่เติมลงไปในการทดลอง (ตารางค่า f)

t = อุณหภูมิระหว่างทำการทดลอง ($^{\circ}C$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Factors f to correct for different percentages of permanganate used

f	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
30	0.958	0.960	0.962	0.964	0.966	0.968	0.970	0.973	0.975	0.977
40	0.979	0.981	0.983	0.985	0.987	0.989	0.991	0.994	0.996	0.998
50	1.000	1.002	1.004	1.006	1.009	1.011	1.013	1.015	1.017	1.019
60	1.022	1.024	1.026	1.028	1.030	1.033	1.035	1.037	1.039	1.042
70	1.044									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

อธิบายคำศัพท์เกี่ยวกับเยื่อกระดาษ

Hardwood ไม้จากต้นไม้จำพวก angiosperm โดยทั่วไปมีใบกว้าง (broad leaved) ยกเว้นไม้บางชนิด เช่น สนทะเลและสนปดิพัทธ์ในเขตอบอุ่นไม้พวกนี้จะปลัดใบ (deciduous) เส้นใยมีความยาวประมาณ 1-2 มม. ตัวอย่างได้แก่ ยูคาลิปตัส birch aspen และไม้ใบกว้างต่างๆในประเทศไทย

Softwood ไม้พวก coniferous หรือ gymnosperm มีใบเป็นรูปเข็มไม่ผลัดใบ ตัวอย่างเช่น spruce pine และ fir ในประเทศไทยมี 2 ชนิดคือ สน 2ใบและสนสามใบ เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 3 มม. หรือเรียกว่าเยื่อใยยาว

Kappa number เป็นดัชนีบ่งชี้ปริมาณลิกนินที่เหลือในเยื่อ หมายถึง จำนวนมิลลิลิตรของด่างทับทิมเข้มข้น 0.1 N ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับเยื่อแห้ง 1 กรัม ตามสภาวะที่กำหนดตามมาตราฐาน kappa number

Brightness ความขาวสว่าง หมายถึง reflectivity ของแผ่นเยื่อหรือกระดาษวัดที่คลื่นช่วงแสง 457 nm. เปรียบเทียบกับ MgO [ISO 2469-1977 (E) ใช้ perfect reflecting diffuser] โดยถือว่า MgO มี reflectivity เป็น 100% อุปกรณ์วัดค่าความขาวสว่างได้แก่ Elrepho, photovolt

Consistency ความข้นของน้ำเยื่อคิดเป็นอัตราส่วนร้อยละของน้ำหนักแห้งในน้ำเยื่อ

$$\text{Consistency (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเยื่อแห้ง} \times 100}{\text{น้ำหนักเยื่อแห้ง+น้ำหนักน้ำ}}$$

เนื่องจากน้ำดยื่อหรือ pulp slurry มิใดเป็นสารละลายแท้จริง จึงเรียก consistency ว่า ความข้น ในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษแบ่งความข้นเป็น 3 ระดับ คือ low consistency (0-6%) medium consistency (6-20%) และ high consistency (20-40%)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ตาราง ANOVA

ตารางที่ 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณการสร้างเอนไซม์ที่ภาวะต่างๆโดยมีปัจจัยของสายพันธุ์ของเชื้อรา (A) ชนิดของอาหาร (B) และระดับ pH เริ่มต้นของอาหาร (C)

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
MAIN EFFECTS				
A : สายพันธุ์	1	0.03	0.0291	1137.82 *
B : ชนิดอาหาร	1	0.01	0.009	337.50 *
C : ระดับ pH อาหาร	4	0.01	0.003	131.29 *
INTERACTIONS				
AB	1	0.01	0.005	214.50 *
AC	4	0.01	0.002	81.18 *
BC	4	0.01	0.002	73.46 *
ABC	4	0.01	0.002	81.53 *
Error	40	0.00	0.0000255	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวสว่างของเชื่อผ่านการฟอกที่ภาวะต่างๆโดยมีปัจจัยของสายพันธุ์ของเชื้อรา (A) ชนิดของอาหาร (B) และระดับ pH เริ่มต้นของอาหาร (C)

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
MAIN EFFECTS				
A : สายพันธุ์	1	472.59	472.58	28722.92 *
B : ชนิดอาหาร	1	11.52	11.52	700.13 *
C : ระดับ pH อาหาร	4	115.17	28.80	749.99 *
INTERACTIONS				
AB	1	0.32	.032	19.17 *
AC	4	104.15	26.04	582.52 *
BC	4	55.26	13.82	839.69 *
ABC	4	91.50	22.88	390.33 *
Error	40	0.66	0.016	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัปปานัมเบอร์ของเชื้อที่ผ่านการฟอกที่ภาวะต่างๆโดยมี ปัจจัยของสายพันธุ์ของเชื้อรา (A) ชนิดของอาหาร (B) และระดับ pH เริ่มต้นของอาหาร (C)

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
MAIN EFFECTS				
A : สายพันธุ์	1	158.40	158.405	9025.07 *
B : ชนิดอาหาร	1	4.60	4.59	261.98 *
C : ระดับ pH อาหาร	4	24.99	6.247	355.94 *
INTERACTIONS				
AB	1	0.57	0.566	32.28 *
AC	4	21.24	5.31	302.56 *
BC	4	9.85	2.462	140.27 *
ABC	4	12.57	3.141	178.97 *
Error	40	0.70	0.018	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณการสร้างเอนไซม์โดยเชื้อรา *P. chrysosporium* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาในการฟอกเยื่อ (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.0002	0.0321	267.5^{NS}
Treatment	15	0.165	0.01	83.33 *
A : อุณหภูมิ	3	0.0812	0.027	225 *
B : ระยะเวลาฟอกเยื่อ	3	0.064	0.021	175*
INTERACTION				
AB	9	0.019	0.0021	17.5 *
Error	30	0.0036	0.00012	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวสว่างของเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วยเชื้อรา *P. chrysosporium* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาในการฟอกเยื่อ (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.059	0.0295	8.94 ^{NS}
Treatment	15	1060.99	0.0019	0.576 ^{NS}
A : อุณหภูมิ	3	815.29	271.76	82351.5 *
B : ระยะเวลาฟอกเยื่อ	3	196.61	65.54	19860.6 *
INTERACTION				
AB	9	49.09	5.45	1651.5 *
Error	30	0.101	0.0033	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัปปานัมเบอร์ของเชื้อที่ผ่านการฟอกด้วยเชื้อรา *P. chrysosporium* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาฟอกเชื้อ (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.0125	0.005	3.125 ^{NS}
Treatment	15	225.78	15.05	9410.0 *
A : อุณหภูมิ	3	160.86	53.62	33512 5 *
B : ระยะเวลาฟอกเชื้อ	3	39.11	13.04	8150.0 *
INTERACTION				
AB	9	25.81	2.86	1787.5 *
Error	30	0.05	0.0016	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าปริมาณการสร้างเอนไซม์โดยเชื้อรา *G. lucidum* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาฟอกเชื่อ(B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.00015	0.000075	0.806 ^{NS}
Treatment	15	0.0198	0.00132	14.19 *
A : อุณหภูมิ	3	0.015	0.005	53.76 *
B : ระยะเวลาฟอกเชื่อ	3	0.004	0.0013	13.98 *
INTERACTION				
AB	9	0.0008	0.000088	0.95 ^{NS}
Error	30	0.0028	0.000093	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวสว่างของเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วยเชื้อรา *G. lucidum* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาฟอกเยื่อ (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.01	0.005	5.00 ^{NS}
Treatment	15	335.31	22.35	22350*
A : อุณหภูมิ	3	228.09	76.03	76030 *
B : ระยะเวลาฟอกเยื่อ	3	59.56	19.85	19850 *
INTERACTION				
AB	9	47.66	5.30	5300 *
Error	30	0.03	0.001	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัปปานัมเบอร์ของเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วยเชื้อรา *G. lucidum* ในอาหารสูตร production ที่ภาวะของอุณหภูมิ (A) และระยะเวลาฟอกเยื่อ(B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.0068	0.0034	3.4 *
Treatment	15	81.39	5.43	5430 *
A : อุณหภูมิ	3	54.44	18.18	18150 *
B : ระยะเวลาฟอกเยื่อ	3	21.73	7.24	7240 *
INTERACTION				
AB	9	5.19	0.58	580 *
Error	30	0.03	0.001	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าความขาวสว่างของเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วย crude เอนไซม์ ที่ ภาวะอุณหภูมิ (A) และ ความเป็นกรด-ด่าง (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.005	0.0025	0.37 ^{NS}
Treatment	19	429.46	22.60	3373.13 *
A : อุณหภูมิ	3	50.61	16.87	2517.91 *
B :ระดับ pH ของสารละลายเยื่อ	4	345.45	86.36	12889.55 *
INTERACTION				
AB	12	33.40	2.78	414.93 *
Error	38	0.255	0.0067	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัปปานัมเบอร์ของเยื่อที่ผ่านการฟอกด้วย crude เอนไซม์ ที่ภาวะอุณหภูมิ (A) และ ความเป็นกรด-ด่าง (B) ต่างๆ

Source of Variation	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F - Value
Replicate	2	0.005	0.0025	1.0 ^{NS}
Treatment	19	109.54	5.77	2308 *
A : อุณหภูมิ	3	10.09	3.36	1344 *
B : ระดับ pH ของสารละลายเยื่อ	4	94.87	23.72	9488 *
INTERACTION				
AB	12	4.58	0.38	152 *
Error	38	0.095	0.0025	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 29 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าความขาวสว่างของเยื่อเมื่อใช้อัตราส่วนของเอนไซม์ต่อเยื่อต่างๆกัน

Soure of variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F - Value
Treatment	3	111.04	37.01	246.73 *
Error	8	1.2	0.015	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ตารางที่ 30 การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าคัปปานัมเบอร์ของเยื่อเมื่อใช้อัตราส่วนของเอนไซม์ต่อเยื่อต่างๆกัน

Soure of variation	Degree of freedom	Sum of Square	Mean Square	F - Value
Treatment	3	33.48	11.16	1488 *
Error	8	0.06	0.0075	

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเรือนแก้ว ประพฤติ เกิดวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2515. ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538 สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย