รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สมใจ ศิริโภค. 2544. จุลชีววิทยาอุตสาหกรรม. กรุงเทพ : บางกอก ซอฟแวร์ เทคโนโลยี.

ภาษาอังกฤษ

Arja, M.O. and Pirkko, S. 2002. Enhanced production of *Trichoderma reesei* endoglucanase and use of the new cellulase preparations in producing the stonewashed effect on denim fabric. Applied and Environmental Microbiology. 68(8): 3056-3964.

Basu, A., A.D., Kamal, W., Lllahi, M., Khan, P., Stavrou, J.D., Lusty, D.R., Owens and Ryder, R. 2002. Digital imaging in diabetic retinopathy screening – a comparative study of two digital cameras. Practical Diabetes International. 19(9): 287-289.

Bornfleth, H., K., Aldinger, M., Hausmann, A., Jauch and Cremer, C. 1996. Comparative genomic hybridization imaging by the one-chip true-color CCD camera Kappa CF 15 MC. Cytometry. 24(1): 1-13.

Breuil, C. and Saddler, J.N. 1985. Comparison of the 3,5-dinitrosalicylic acid and Nelson-Somogyi methods of assaying for reducing sugars and determining cellulase activity. Enyzme and Microbial Technology. 1985(7): 327-332.

Breuil, C., P., Mayers and Saddler, J. N. 2004. Substrate conditions that influence the assays used for determining the β-glucosidase activity of cellulolytic microorganisms. Biotechnology and Bioengineering. 28(11): 1653-1656.

Buchanan, R.E. and Gibbons, N.E. 1974. Bergey's manual of determinative bacteriology. 8th Edition Baltimore: The William & Wilkins Company.

Buchert, J. and Heikinheimo, L. 1998. New cellulase processes for the textile industry. Carbohydrate Polymers. 22: 32-34.

Busto, M. D., Ortega, N., and Mateos-Perez, M. 1996. Location, kinetics and stability of cellulases induced in *Trichoderma reesei* cultures. Bioresource Technology. 57: 187-192.

Camassola, M., L.R., De-Bittencourt, N.T., Shenem, J., Andreaus and Dillon, A.J.P. 2004. Characterization of the cellulase complex of *Pennicillium echinulatum*. Biocatalysis and Biotransformation. 22(5-6): 391-396.

Computing science, Simon Fraser University. Basics of Color. [Online] Available from: http://www.cs.sfu.ca/CourseCentral/365/li/material/notes/Chap3/Chap3.3/Chap3.3.html [2006 Feb 25]

Coral, G., B., Arikan, M.N., Unaldi and Guvenmez, H. 2002. Some properties of crude carboxymethyl cellulase of *Aspergillus niger* Z10 wild-type strain. Turkish Journal of Biology. 26: 209-213.

Cowling, E.B. and Kirk, T.K. 1976. Properties of cellulose and lignocellulosic materials as substrate for enzymatic conversion process. Biotechnology and Bioengineering Symposium. 6: 95-123.

Dahot, M. U., and Noomrio, M. H. 1996. Microbial production of cellulases by *Aspergillus fumigatus* using wheat straw as a carbon source. Journal of Islamic Academy of Sciences. 9(4): 1-7.

Deacon, J. 1997. Modern Mycology. Blackwell Scientific, Oxford.

Deng, S.P. and Tabatabai, M.A. 1994. Cellulase activity in soils. Soil Biology and Biochemistry. 26(10): 1347-1354.

Domingues, F. C., Queiroz, J. A, Cabral, J. M. S., and Fonseca, L. P. 2000. The influence of culture conditions on myclial structure and cellulase production by *Trichoderma reesei* Rut C-30. Enzyme and Microbial Technology. 26: 394-401.

Dubois, M., K., Gilles, J.K. Hamilton, P.A., Rebers, and Smith, F. 1956. Colorimetric methods for determination of sugars and related substaces. Analytical Chemistry. 28: 350-356.

El-Gindy, A.A. 1991. Production of cellulases by *Myriococcum albomyces*. Zentralblatt für Mikrobiologie. 146(3): 193-196.

Gadgil, N.J., H.F., Daginawala, T., Chalrabarti and Khanna , P. 1995. Enhanced cellulase production by a mutant of *Trichoderma reesei*. Enzyme and Microbial Technology. 17: 942-946.

Garg, S.K. and Neelakantan, S. 2004. Production of SCP and cellulase by *Aspergillus terreus* from bagasse substrate. Biotechnology and Bioengineering. 24(11): 2407-2417.

Ghose, T.K. 1987. Measurement of cellulose activitities. Pure and Applied Chemistry. 59: 257-268.

Global environment center foundation. 1997. Technology of water pollution continuous monitoring in Japan. [Online] Available from: http://nett21.gec.jp/CTT_DATA/index_wmon.html [2006 Feb 25]

Global medical instrumentation. 2006. Cary 5000 UV-VIS-NIR Spectrophotometer. [Online] Available from: http://www.gmi-inc.com/Categories/cary5000.htm [2006 Feb 25]

Gogary, S.E., A., Leite, O., Crivellaro, H.E., Dorry and Eveleigh, D.E. 1990. *Trichoderma reesei* cellulase-from mutants to induction. In Kubicek C.P., Eveleigh D.E., Esterbauer H., Steiner W. and E.M. Kubicek-Pranz, *Trichoderma reesei* Cellulases: Biochemistry, Genetics, Physiology and Application. 200-211. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.

Gokhale, D.V., S.G., Patil and Bastawde, K.B. 1991. Optimization of cellulase production by *Aspergillus niger* NCIM1207.

Guma, F.M., J.A., Teixeira and Mota , M. 1991. Direct determination of endoglucanase activity on cellulose insoluble fibres. Biotechnology Techniques. 5(5): 377-382.

Hansuebsai, A., K. Krisda and Pungrassamee, P. 2003. Using a scanner as a color measurement tool. Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University. 28(2): 60-63.

Holden, M. and Tracey, M.V. 1950. A Study of Enzymes that can Break Down Tobacco-Leaf Components. Biochemical Journal. 47: 407-414

Hurst, P.L., N., Jan, S.A. Patrick and Shepherd, M.G. 1977. Purification and properties of a cellulase from *Aspergillus niger*. Biochemical Journal. 165: 33-41.

Hurst, P.L., S.A., Patrick and Shepherd, M. 1977. Chemical modification of a cellulase from *Aspergillus niger*. Biochemical Journal. 167: 549-556.

Jecu, L. 2000. Solid state fermentation of agricultural wastes for endoglucanase production. Industrial Crops and Products. 11: 1-5.

Jeffries, T.W., V.W., Yang and Davis, M.W. 1998. Comparative study of xylanase kinetics using dinitrosalicylic, arsenomolybdate and ion chromatographic assays. Applied Biochemistry and Biotechnology. 70-72: 257-265.

Juhasz, T., Z., Szengyel, N., Szijarto and Reczey, K. 2004. Effect of pH on cellulase production of *Trichoderma reesei* RUT C30. Applied biochemistry and biotechnology. 113-116: 201-211.

Kang, S. W., Park, Y. S., Lee, J. S., Hong, S. I., and Kim, S. W. 2004. Production of cellulases and hemicellulases by *Aspergillus niger* KK2 from lignocellulosic biomass. Bioresource Technology. 91: 153-156.

Kennedy, J.F., G.O., Phillips and Williams, P.A. 1990. Cellulose sources and exploitation: Industrial utilization, Biotechnology and physico-chemical properties. London : Ellis Horwood Limited.

Krishna, S. H., Rao, K. C. S., Babu, S., and Reddy, D. S. 2000. Studies on the production and application of cellulase from *Trichoderma reesei* QM-9414. Bioprocess Engineering. 22 : 467-470.

Liming, Xia. and Xuelieng, S. 2004. High-yield cellulase production by *Trichoderma reesei* ZU-02 on corn cob residue. Bioresource Technology. 91: 259-262.

Linden, J.C. and Shiang, M. 1991. Bacterial cellulases: Regulation of synthesis. In Leatham G.F. and M.E. Himmel. Enzyme in biomass conversion. ACS Symposium Series 460. Washington DC: American Chemical Society.

Luo, M.R., G.H., Cui, J., Dakin and Morris, J. 2002. Applying digital cameras for grading textile fastness. In Golob V., Jeler S. and Stjepanovic Z. AIC color 2002 SI color & textiles. 142-147. Faculties of technical sciences. University of Maribor.

Lowe, S.E., M.K., Theodorou and Trinci, A.P. 1987. Cellulases and xylanase of an anaerobic rumen fungus grown on wheat straw, wheat straw holocellulose, cellulose and xylan. Applied and Environmental Microbiology. 56(6): 1216-1223.

Lynd, L.R., C.E., Wyman and Gerngross, T.U. 1999. Biocommodity engineering. Biotechnology Progress. 15: 777-793.

Lynd, L.R., W.J., Paul., V.Z.H., Willem and Pretorius, S. 2002. Microbial cellulose utilization: Fundamentals and Biotechnology. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 66(3): 506-577.

Malfait, M., B., Godden, Penninckx, M.J. 1984. Growth and cellulase production of *Micromonospora chalcae* and *Pseudonocardia thermophila*. Annales de microbiologie. 135B(1):79-89.

Mandels M. and D. Sternberg. 1976. Recent advances in cellulase technology. Journal of Fermentation Technology. 54(4): 267-86

Manzoni, M. and Cavazzoni, V. 1994. Saccharification of microcrystalline cellulose by cellulase of *Morchella conica* mushroom mycelium in comparison with a commercial cellulase. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 60(3): 299-303.

Michael, P.C. and Lars, L.G. 1988. Comparative biochemistry of fungal and bacterial cellulolytic enzyme systems. In Aubert J.P., P. Beguin and J. Millet. Biochemistry and Genetics of Cellulose Degradation. 11-30. New York: Academic Press.

Miettinen-Oinonen, A. and Suominen, P. 2002. Enhanced production of *Trichoderma reesei* endoglucanses and use of the new cellulase preparations in producing the stonewashed effect on denim fabric. Applied and Environmental Microbiology. 68(8): 3956-3964.

Miller, G.L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Analytical Chemistry. 31: 426-428.

Montenecourt, B. 1983. *Trichoderma reesei* cellulases. Trends in Biotechnology. 1: 156-161.

Murray, W.D. 1986. Symbiotic Relationship of *Bacteroides cellulosolvens* and *Clostridium saccharolyticum* in Cellulose Fermentation. Applied and Environmental Microbiology. 51(4): 710–714

Nadalini, F,C, A.A., Pizzirani-Kleiner and Carmona, E.C. 1999. Cellulolytic activity of wild type and mutant *Trichoderma pseudokoningii*. Journal of Basic Microbiology. 39(5-6): 351 – 356

Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry. 153: 375-381.

Nogawa, M., H., Takahashi, A., Kashiwagi, K., Ohshima, H., Okada and Morikawa, Y. 1997. Purification and characterization of exo-β-D-glucosaminidase from a cellulolytic fungus, *Trichoderma reesei* PC-3-7. Applied and Environmental Microbiology.

Ortega, N., Busto, M. D., and Perez-Mateos, M. 2001. Kinetics of cellulose saccharification by *Trichoderma reesei* cellulases. International Biodeterioration and Biodegradation. 47: 7-14.

Palonen, H. 2004. Role of lignin in the enzymatic hydrolysis of lignocellulose. Doctoral dissertation, Biotechnology, University of Technology.

Peitersen, N. 1975 Cellulase and protein production from mixed cultures of *Trichoderma viride* and a yeast. Biotechnology and bioengineering. 17(9): 1291-1299.

Pointer, M.R. 2000. Digital cameras for colour measurement. Proceedings of Colour Image Science 2000. University of Derby, UK. 71-82.

Pokorny, M., S., Zupancic, T., Steiner and Kreiner, W. 1990. Production and down-stream processing of cellulases on a pilot scale. In Kubicek C.P., Eveleigh D.E., Esterbauer H., Steiner W. and E.M. Kubicek-Pranz, Trichoderma reesei Cellulases: Biochemistry, Genetics, Physiology and Application. 168-184. Cambridge : The Royal Society of Chemistry.

Punnapayak, H., M., Kuhirun, and Pornthep, T. 1999. Cellulolytic fungi and the bioconversion of fiber form *Agave sisalana*. Science Asia. 25: 133-136.

Purves, W.K., G.H., Orians and Heller, H.C. 1994. Life: The Science of Biology 4th Edition. New york: W.H. Freeman & Company.

Rao, M., and Mithal, B.M. 1983. Productions of cellulase from *Pestalotiopsis versicolor*. Biotechnology and Bioengineering. 25: 2395-2398.

Rao, M. and Mishra, C. 1984. Properties and applications of *Penicillium funiculosum* cellulase immobilized on a soluble polymer. Biotechnology Letters. 6(5): 319-322

Reczey, K., Szengyel, Zs., Eklund, R. and Zacchi, G. 1996. Cellulase production by *T. reesei*. Bioresource Technology. 57: 25-30.

Reese, E.T., G.S., Ralph and Hillel, S.L. 1950. The biological degradation of soluble cellulose derivatives and its relationship to the mechanism of cellulose hydrolysis. Journal of Bacteriology. 59(4): 485-497.

Reese, E.T. and Mandels, M. 1984. Rolling with the times : production and applications of *Trichoderma reesei* cellulase. Annual Reports on Fermentation Pprocesses. 7: 1-20.

Rivers, D.B., S.J. Gracheck, L.C. Woodford, and Emert, G.H. 1984. Limitations of the NNS assay for reducing sugars from saccharified lignocellulosics. Biotechnology and Bioengineering. 26(7): 800-802.

Russell, J.B. 1987. Effect of extracellular pH on growth and proton motive force of *Bacteroides succinogenes*, a cellulolytic ruminal bacteriam. Applied and Environmental Microbiology. 53: 2379-2383.

Saloheimo, M., T., Nakari-Setala, M., Tenkanen and Penttila, M. 1997. cDNA cloning of a *Trichoderma reesei* cellulase and demonstration of endoglucanase activity by expression in yeast. European Journal of Biochemistry. 249: 584-591.

Sasaki, I. 1982. Enzymatic saccharification of rice hull cellulose. JARQ. 16(2): 144-150.

Semenov, A.M., B.P., Batomunkueva, D.V., Nizovtseva and Panikov, N.S. 1996. Method of determination of cellase activity in soils and in microbial cultures, and its calibration. Journal of Microbiological Methods. 24: 259-267.

Sengupta, S., M.L., Jana and Naskar, A.K. 2002. A note on the estimation of microbial glycosidase activities by dinitrosalicylic acid reagent. Applied Microbiology and Biotechnology. 53(6): 732 – 735.

Somogyi, M. 1951. Notes on sugar determination. Journal of Biochemistry. 195: 19-23.

Stals, I., S., Koen, D., Bart, B.V., Jozef and Claeyssens, M. 2004. Factors influencing glycosylation of *Trichoderma reesei* cellulases II: N-glycosylation of Cel7A core protein isolated from different strains. Glycobiology. 14(8): 725-737.

Stewart, J.C., L., Angela, M., Barbara and Parry, J.B. 1983. Xylanase and cellulase production by *Aspergillus fumigatus* fresenius. Biotechnology Letters. 5(8): 543-548.

Stutzenberger, F.J. 1972. Cellulolytic activity of *Thermomonaspora curvata*: Nutritional reguirements for cellulase production. Applied Microbiology. 24(1): 77-82.

Thomas, K. and Zeikus, J.G. 1981. Comparison of extracellular cellulase activitities of *Clostridium thermocellum* LQRI and *Trichoderma reesei* QM9414. Applied and Environmental Microbiology. 42(2): 231-240.

U.S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy. 2006. Biomass Basics. [Online] Available from: http://www1.eere.energy.gov/biomass/biomass_basics.html [2006, Jan 30]

Vlaev, S. D., Djejeva, G., Raykovska, V., and Schugerl, K. 1997. Cellulase production by *Trichoderma* sp. Grown on corn fibre substrate. Process Biochemistry. 32(7): 561-565.

Wen, Z., W., Liao and Chen, S. 2005. Production of cellulase by *Trichoderma reesei* from dairy manure. Bioresource Technology. 96(4): 491-499.

Wikipedia, The free encyclopedia. Lab color space. [Online] Available from http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space [2006 Jan 20]

Wilson, C.A. and Wood, T.M. 1991. The anaerobic fungus *Neocallimastix frontalis*: isolation and properties of a cellulosome-type enzyme fraction with the capacity to solubilize hydrogen-bond-ordered cellulose. Applied Microbiology and Biotechnology. 37(1) 125-129.

Winkelmann, G. 1992. Microbial Degradation of Natural Products. New York: John Wiley & Son Ltd.

Wood, T.M. 1971. The cellulase of Fusarium solani. Purification and specificity of the β-(1-4)-glucanase and the β-d-glucosidase components. Biochemical Journal. 121: 352-362.

Wood, T.M. and McCrae, S.I. 1978. The cellulase of *Trichoderma koningii*. Biochemical Journal. 171: 61-72

Wood, T.M. and Bhat, K.M. 1988. Methods for measuring cellulase activities. In Willis A.W. and Scott T.K, Methods in Enzymology. 160: 87-116. New York: Academic Press.

Wood, T.M. and McCrae, S.I. 1986. The cellulase of *Penicillium pinophilum*: Synergism between enzyme components in solubilizing cellulose with special reference to the involvement of two immunologically distinct cellobiohydrolases. Biochemical Journal. 234: 93-99.

Xiao-Bin, Y., Yun, H. S., and Koo, Y-M. 1999. Cellulase production in fed-batch culture by *Trichoderma reesei* Rut C30. Journal of Microbiology and Biotechnology. 9(1): 44-49.

Yoon, J.J. and Kim, Y.K. 2005. Degradation of crystalline cellulose by the brown-rot basidiomycete *Fomitopsis palutris*. the Journal of Microbiology. 43(6): 487-492.

Zabriskie, D.W., S.A.S.M., Qutabucldin and Dowing, K.W. 1980. Production of ethanol from cellulose using a soluble cellulose derivative as an intermediate. Biotechnology and Bioengineering Symposium. 10: 149-162.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการวิจัย

1. Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง	200	g
น้ำตาลเดกซ์โตรส	20	g
วุ้นผง	20	g
น้ำกลั่น	1	L

วิธีการเตรียม

1.1 นำมันฝรั่งปอกเปลือก ล้างให้สะอาด และนำมาหั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 200 กรัม นำไปต้มในน้ำกลั่นประมาณ 700 มิลลิลิตรเพื่อให้สุก ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

1.2 นำมากรองแต่ส่วนน้ำ เติมน้ำตาลเดกโตรส 20 กรัม ลงไปผสมให้ละลาย เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยให้มีปริมาตรของอาหารประมาณ 900 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรดและด่างให้อยู่ในช่วง 5.0 – 5.5 ด้วย HCl 1 นอร์มอล หรือ NaOH 1 นอร์มอล

1.3 เติมวุ้นผง 20 กรัม และนำไปต้มให้วุ้นละลาย ปรับปริมาตรสุดท้ายของอาหารให้เป็น 1 ลิตร ด้วยนำกลั่น นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. **Production medium** (Punnapayak et al., 1999)

Cellulose	30.0	g
CaH_2PO_4	5.0	g
$MgSO_4$	1.0	g
$(NH_4)SO_4$	4.0	g
น้ำแช่ข้าวโพด	7.0	g
Tween 80	2.0	ml
$FeSO_4$	5.0	ml

$ZnSO_4$	5.0	ml
$MnSO_4$	5.0	ml
$CoCl_2$	5.0	ml

ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เท่ากับ 1 L

ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 5.0 -5.5

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้น $CaHPO_4$ และ α-cellulose เนื่องจากไม่ละลายน้ำ และ Tween 80 แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรใกล้ 1 ลิตร ปรับค่าความเป็นกรดและด่างให้เท่ากับ 5.0 ด้วย HCl 1 นอร์มอล หรือ NaOH 1 นอร์มอล แล้วจึงเติม Tween 80 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

หมายเหตุ $CaHPO_4$ และ α-cellulose ไม่ละลายน้ำ ต้องแบ่งชั่งใส่ภาชนะไว้ก่อน

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมี

1. **Dinitrosalicylic solution (DNS)** (Miller, 1959)

1. Potassium Sodium Tartrate ($NaKC_4H_4O_6.4H_2O$)	255	g
NaOH 4.5%	300	ml
2. Dinitrosalicylic acid 1%	880	ml
3. NaOH 10%	22	ml
Phenol 10g ในน้ำกลั่น 100 ml	69	ml
4. $NaHSO_3$	6.9	g

วิธีการเตรียม

1.1 ชั่ง Potassium Sodium Tartrate 255 g ละลายลงใน 300 ml NaOH 4.5%

1.2 เตรียมสารละลาย 880 ml Dinitrosalicylic acid 1%

1.3 เตรียม NaOH 10% ปริมาตร 22 ml ใส่ลงในสารละลาย Phenol 10% (w/v) ปริมาณ 69 ml

1.4 ชั่ง $NaHSO_3$ 6.9 g

1.5 นำสารละลายที่เตรียมได้ทั้งหมดมารวมกันเก็บไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลาอย่างน้อย 1 คืน จึงจะนำไปใช้ได้

2. 0.05M Sodium Citrate buffer pH 4.8

Tri-sodium Citrate dihydrate ($C_6H_5O_7Na_3.2H_2O$)	7.6466	g
Citric acid monohydrate ($C_6H_2O_7.2H_2O$)	5.0434	g

ปรับค่า pH ให้เท่ากับ 4.8 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เท่ากับ 1 L

วิธีการเตรียม

ชั่ง Tri-sodium Citrate dihydrate ($C_6H_5O_7Na_3.2H_2O$) จำนวน 7.6466 กรัม มาละลายใน น้ำกลั่น 990 มิลลิลิตร แล้วเติม Citric acid monohydrate ($C_6H_2O_7.2H_2O$) ลงไป 5.0434 กรัม ปรับ pH ให้เป็น 4.8 เติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3. **Somogyi-Nelson solution** (Nelson,1944; Somogyi,1951)

Alkaline copper reagent

Somogyi-Nelson A	**25**	**ml**
Na_2CO_3	25	g
Potassium Sodium Tartrate ($NaKC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$)	25	g
$NaHCO_3$	20	g
$NaSO_4$	200	g
ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เท่ากับ 1 L		
Somogyi-Nelson B	**1**	**ml**
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	15	g
น้ำกลั่น	100	ml
Conc. H_2SO_4	2	หยด
$NaSO_4$	200	g

Arsenomolybdate reagent

1. Ammonium molybdate	25	g
น้ำกลั่น	450	ml
Conc. H_2SO_4 *เติมพร้อมกับน้ำกลั่น	21	ml
2. $Na_2HAsO_4 \cdot 7H_2O$	3	g
น้ำกลั่น	25	ml

ภาคผนวก ค

กราฟมาตรฐานและการคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี

1. การทำกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานแบบปกติโดยวิธี DNS method

1.1 เตรียมสารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 และ 2.0 mg/ml

1.2 ใส่สารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ที่เตรียมได้ใส่ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ml

1.3 เติมสารละลาย DNS 3 ml

1.4 ต้มในน้ำเดือด 5 นาที

1.5 เติมน้ำกลั่น 20 ml

1.6 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

1.7 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software

1.8 นำค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีที่อ่านได้จากข้อ 6. และ 7. มาเขียนกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

2. การทำกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานแบบย่อส่วนโดยวิธี DNS method

2.1 เตรียมสารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 1.0 1.2 1.4 1.6 1.8 และ 2.0 mg/ml

2.2 ใส่สารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ที่เตรียมได้ใส่ลงในหลอดทดลองหลอดละ 0.2 ml

2.3 เติมสารละลาย DNS 0.6 ml

2.4 ต้มในน้ำเดือด 5 นาที

2.5 เติมน้ำกลั่น 4 ml

2.6 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm โดยใช้เครื่อง สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

2.7 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software

2.8 นำค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีที่อ่านได้จากข้อ 6. และ 7. มาเขียนกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

3. การทำกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐานแบบปกติโดยวิธี Somogyi-Nelson method

3.1 เตรียมสารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.00 0.03 0.06 0.09 0.12 0.15 0.18 0.21 0.24 0.27 และ 0.30 mg/ml

3.2 ใส่สารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ที่เตรียมได้ใส่ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ml

3.3 เติมสาร Alkali Copper Reagent 1 ml

3.4 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที

3.5 เติมสารละลาย Arsenomolybdate 1 ml

3.6 เติมน้ำกลั่น 5 ml

3.7 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

3.8 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software

3.9 นำค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีที่อ่านได้จากข้อ 7. และ 8. มาเขียนกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

4. การทำกราฟน้ำตาลมาตรฐานแบบย่อส่วนโดยวิธี Somogyi-Nelson method

4.1 เตรียมสารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0.00 0.03 0.06 0.09 0.12 0.15 0.18 0.21 0.24 0.27 และ 0.30 mg/ml

4.2 ใส่สารละลายกลูโคสใน 50 mM sodium citrate buffer pH 4.8 ที่เตรียมได้ใส่ลงในหลอดทดลองหลอดละ 0.2 ml

4.3 เติมสาร Alkali Copper Reagent 0.2 ml

4.4 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที

4.5 เติมสารละลาย Arsenomolybdate 0.2 ml

4.6 เติมน้ำกลั่น 1 ml

4.7 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

4.8 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software

4.9 นำค่าการดูดกลืนแสง และค่าสีที่อ่านได้จากข้อ 7. และ 8. มาเขียนกราฟน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

5. **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบปกติ** (Ghose, 1987)

5.1 ใส่กระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาด 1x6 cm ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ชิ้น

5.2 เติม 0.05M sodium citrate buffer pH 4.8 ปริมาตร 1 ml

5.3 เติมตัวอย่างเอนไซม์ 0.5 ml

5.4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

5.5 เติมสารละลาย DNS 3 ml

5.6 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที

5.7 เติมน้ำกลั่น 20 ml

5.8 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

5.9 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software นำค่าสีที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

6. **การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบปกติ** (Somogyi, 1951)

6.1 ใส่กระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาด 1x6 cm ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ชิ้น

6.2 เติม 0.05M sodium citrate buffer pH 4.8 ปริมาตร 1 ml

6.3 เติมตัวอย่างเอนไซม์ 0.5 ml

6.4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

6.5 เติมสาร Alkali Copper Reagent 1 ml

6.6 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที

6.7 เติมสารละลาย Arsenomolybdate 1 ml

6.8 เติมน้ำกลั่น 5 ml

6.9 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

6.10 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software นำค่าสีที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

7. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method แบบย่อส่วน

7.1 ใส่กระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาด 1x1.2 cm ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ชิ้น

7.2 เติม 0.05M sodium citrate buffer pH 4.8 ปริมาตร 0.2 ml

7.3 เติมตัวอย่างเอนไซม์ 0.1 ml

7.4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

7.5 เติมสารละลาย DNS 0.6 ml

7.6 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 นาที

7.7 เติมน้ำกลั่น 4 ml

7.8 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

7.9 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software นำค่าสีที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

8. การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method แบบย่อส่วน

8.1 เติม 0.05M sodium citrate buffer pH 4.8 ปริมาตร 0.2 ml

8.2 ใส่กระดาษกรอง Whatman No.1 ขนาด 1x1.2 cm ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 ชิ้น

8.3 เติมตัวอย่างเอนไซม์ 0.1 ml

8.4 นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

8.5 เติมสาร Alkali Copper Reagent 0.2 ml

8.6 ต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 10 นาที

8.7 เติมสารละลาย Arsenomolybdate 0.2 ml

8.8 เติมน้ำกลั่น 1 ml

8.9 อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 nm โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

8.10 อ่านค่าสีของสารละลายโดยใช้โปรแกรม DIB Color Measurement Software นำค่าสีที่อ่านได้มาคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี โดยเปรียบเทียบกับค่าสีของน้ำตาลกลูโคสมาตรฐาน

9. เปรียบเทียบการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี DNS method ระหว่างการวิเคราะห์แบบปกติและแบบย่อส่วน

ขั้นตอนการวิเคราะห์	แบบปกติ	แบบย่อส่วน
กระดาษกรอง Whatman No.1	1x6 cm	1x1.2 cm
0.05M sodium citrate buffer pH 4.8	1.0 ml	0.2 ml
ตัวอย่างเซลลูเลส	0.5 ml	0.1 ml
บ่มที่อุณหภูมิ 50°C	1.0 h	1.0 h
DNS	3.0 ml	0.6 ml
ต้มในน้ำเดือด	5.0 min	5.0 min
น้ำกลั่น	20 ml	4.0 ml

10. เปรียบเทียบการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson method ระหว่างการวิเคราะห์แบบปกติและแบบย่อส่วน

ขั้นตอนการวิเคราะห์	แบบปกติ	แบบย่อส่วน
กระดาษกรอง Whatman No.1	1x6 cm	1x1.2 cm
0.05M sodium citrate buffer pH 4.8	1.0 ml	0.2 ml
ตัวอย่างเซลลูเลส	0.5 ml	0.1 ml
บ่มที่อุณหภูมิ 50°C	1.0 h	1.0 h
Alkali copper reagent	1.0 ml	0.2 ml
ต้มในน้ำเดือด	10 min	10 min
Arsenomolybdate	1.0 ml	0.2 ml
น้ำกลั่น	5.0 ml	1 ml

11. การคำนวณเซลลูเลสแอกทิวิตี

1 unit enzyme = ปริมาณกลูโคส 1 μmol ที่เกิดขึ้นภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

= ปริมาณกลูโคส 0.180 mg ที่เกิดขึ้นภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

กลูโคส 0.180 mg = 1 μmol

กลูโคส $T_1 - T_0$ mg = $\frac{(T_1 - T_0)}{0.180}$ μmol

ในเวลา 60 นาที มีกลูโคส = $\frac{(T_1 - T_0)}{0.180}$ μmol

ในเวลา 1 นาที จะมีกลูโคส = $\frac{(T_1 - T_0)}{0.180 \times 60}$ μmol/min

จากเซลลูเลสเริ่มต้น 0.5 ml มีกลูโคส = $\frac{(T_1 - T_0)}{0.180 \times 60}$ μmol/min

ดังนั้นเซลลูเลส 1.0 ml จะมีกลูโคส = $\frac{(T_1 - T_0)}{0.180 \times 60 \times 0.5}$ Unit/ml

นั่นคือเซลลูเลสแอกทิวิตี (FPU) = $0.185(T_1 - T_0)$ Unit/ml

แอกทิวิตีจำเพาะ (specific activity) = $\frac{0.185\,(T_1 - T_0)}{\text{Protein}}$ Unit/mg

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี DNS method

Oneway Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	3	0.000	2.485	0.078
Within Groups	0.003	32	0.000		
Total	0.003	35			

Post Hoc Tests

Multiple comparisons

Scheffe

(I) TREAT	Mean	(J) TREAT	Mean	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Normal Spec	0.052	Normal Img	0.056	-0.004	0.004	0.812	-0.017	0.009
		Small Spec	0.066	-0.012	0.004	0.087	-0.024	0.001
		Small Img	0.078	-0.006	0.004	0.534	-0.019	0.006
Normal Img	0.056	Normal Spec	0.052	0.004	0.004	0.812	-0.009	0.017
		Small Spec	0.066	-0.007	0.004	0.422	-0.020	0.005
		Small Img	0.078	-0.002	0.004	0.966	-0.015	0.011
Small Spec	0.066	Normal Spec	0.052	0.012	0.004	0.087	-0.001	0.024
		Normal Img	0.056	0.007	0.004	0.422	-0.005	0.020
		Small Img	0.078	0.005	0.004	0.707	-0.008	0.018
Small Img	0.078	Normal Spec	0.052	0.006	0.004	0.534	-0.006	0.019
		Normal Img	0.056	0.002	0.004	0.966	-0.011	0.015
		Small Spec	0.066	-0.005	0.004	0.707	-0.018	0.008

Homogenous subsets

TREAT	N	Subset for alpha = .05
		1
Normal Spec	9	0.052
Normal Img	9	0.056
Small Img	9	0.058
Small Spec	9	0.063
Sig.		0.087

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

หมายเหตุ :
NORMAL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบปกติ
NORMAL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบย่อส่วน
SMALL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบปกติ
SMALL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบย่อส่วน

2. การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเชลลูเลสที่ผลิตได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี DNS method

Oneway Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.018	3	0.006	0.968	0.420
Within Groups	0.193	32	0.006		
Total	0.211	35			

Post Hoc Tests

Multiple comparisons

Scheffe

(I) TREAT	Mean	(J) TREAT	Mean	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Normal Spec	0.802	Normal Img	0.793	0.009	0.037	0.996	-0.099	0.117
		Small Spec	1.135	-0.041	0.037	0.743	-0.149	0.067
		Small Img	1.103	-0.037	0.037	0.796	-0.145	0.071
Normal Img	0.793	Normal Spec	0.802	-0.009	0.037	0.996	-0.117	0.099
		Small Spec	1.135	-0.050	0.037	0.605	-0.158	0.058
		Small Img	1.103	-0.046	0.037	0.664	-0.154	0.062
Small Spec	1.135	Normal Spec	0.802	0.041	0.037	0.743	-0.067	0.149
		Normal Img	0.793	0.050	0.037	0.605	-0.058	0.158
		Small Img	1.103	0.004	0.037	1.000	-0.104	0.112
Small Img	1.103	Normal Spec	0.802	0.037	0.037	0.796	-0.071	0.145
		Normal Img	0.793	0.046	0.037	0.664	-0.062	0.154
		Small Spec	1.135	-0.004	0.037	1.000	-0.112	0.104

Homogenous subsets

TREAT	N	Subset for alpha = .05
		1
Normal Img	9	0.793
Normal Spec	9	0.802
Small Img	9	0.839
Small Spec	9	0.843
Sig.		0.605

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

หมายเหตุ : NORMAL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบปกติ

NORMAL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบย่อส่วน

SMALL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบปกติ

SMALL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบย่อส่วน

3. การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ QM9414 โดยวิธี Somogyi-Nelson method

Oneway Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.001	3	0.000	2.526	0.075
Within Groups	0.003	32	0.000		
Total	0.004	35			

Post Hoc Tests

Multiple comparisons

Scheffe

(I) TREAT	Mean	(J) TREAT	Mean	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Normal Spec	0.064	Normal Img	0.058	-0.012	0.005	0.134	-0.026	0.002
		Small Spec	0.067	-0.001	0.005	0.998	-0.015	0.014
		Small Img	0.072	-0.006	0.005	0.710	-0.020	0.009
Normal Img	0.058	Normal Spec	0.064	0.012	0.005	0.134	-0.002	0.026
		Small Spec	0.067	0.011	0.005	0.184	-0.003	0.026
		Small Img	0.072	0.006	0.005	0.660	-0.008	0.021
Small Spec	0.067	Normal Spec	0.064	0.001	0.005	0.998	-0.014	0.015
		Normal Img	0.058	-0.011	0.005	0.184	-0.026	0.003
		Small Img	0.072	-0.005	0.005	0.803	-0.019	0.010
Small Img	0.072	Normal Spec	0.064	0.006	0.005	0.710	-0.009	0.020
		Normal Img	0.058	-0.006	0.005	0.660	-0.021	0.008
		Small Spec	0.067	0.005	0.005	0.803	-0.010	0.019

Homogenous subsets

TREAT	N	Subset for alpha = .05
		1
Normal Spec	9	0.066
Small Spec	9	0.067
Small Img	9	0.071
Normal Img	9	0.078
Sig.		0.134

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

*__หมายเหตุ__ : NORMAL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบปกติ
NORMAL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบย่อส่วน
SMALL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบปกติ
SMALL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบย่อส่วน

4. การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีของเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเซลลูเลสที่ผลิตได้จากเชื้อรา *T. reesei* สายพันธุ์ Rut C-30 โดยวิธี Somogyi-Nelson method

Oneway Anova

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.031	3	0.010	0.500	0.685
Within Groups	0.669	32	0.021		
Total	0.701	35			

Post Hoc Tests

Multiple comparisons

Scheffe

(I) TREAT	Mean	(J) TREAT	Mean	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Normal Spec	0.843	Normal Img	0.839	0.032	0.068	0.974	-0.169	0.233
		Small Spec	1.057	0.078	0.068	0.729	-0.123	0.279
		Small Img	1.075	0.060	0.068	0.853	-0.141	0.261
Normal Img	0.839	Normal Spec	0.843	-0.032	0.068	0.974	-0.233	0.169
		Small Spec	1.057	0.046	0.068	0.929	-0.155	0.247
		Small Img	1.075	0.028	0.068	0.982	-0.173	0.229
Small Spec	1.057	Normal Spec	0.843	-0.078	0.068	0.729	-0.279	0.123
		Normal Img	0.839	-0.046	0.068	0.929	-0.247	0.155
		Small Img	1.075	-0.018	0.068	0.995	-0.219	0.184
Small Img	1.075	Normal Spec	0.843	-0.060	0.068	0.853	-0.261	0.141
		Normal Img	0.839	-0.028	0.068	0.982	-0.229	0.173
		Small Spec	1.057	0.018	0.068	0.995	-0.184	0.219

Homogenous subsets

TREAT	N	Subset for alpha = .05
		1
Small Spec	9	1.057
Small Img	9	1.075
Normal Img	9	1.103
Normal Spec	9	1.135
Sig.		0.729

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a Uses Harmonic Mean Sample Size = 9.000.

*__หมายเหตุ__ : NORMAL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบปกติ
NORMAL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยวิธีสเปคโตรโฟโตเมทรี แบบย่อส่วน
SMALL SPEC = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบปกติ
SMALL IMG = การวัดเซลลูเลสแอกทิวิตีโดยผ่านระบบประมวลผลทางภาพ แบบย่อส่วน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวกันยาวรรณ สถิราวุธ เกิดเมื่อวันที่ 8 กันยายน พ.ศ.2523 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2548