เอกสารอ้างอิง

Agosin E., Daudin I. J., and Odier E., 1985. Screening of white-rot fungi or ^{14}C-lignin labeled and ^{14}C-whole-labeled wheat straw, Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 22:132.

Alic M., and Gold M.H. 1985. Genetic recombination in the lignin-degrading basidiomycete Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 50: 27-30.

_____, Letzring C, Gold M.H. 1987. Mating system and basidiospore formation in the lignin-de-grading basidiomycete Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 53: 1464-1469.

Ander P., and Eriksson K.E. 1975. Influence of carbohydrates on lignin degradation by the white-rot fungus Sporotrichum pulverulentum. Svensk Papperstidn 78: 643-652.

_____, Eriksson K.E. 1976. The importance of phenol oxidase activity in lignin degradation by the white-rot fungus Sporotrichum pulverulentum. Arch. Microbiol 109: 1-8.

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

_____, Eriksson, K.E. Kolar, M. C., Kringstad, K., Rannug U., and Ramel, C. 1977. Studies on the mutagenic properties of bleaching effluents. 1. Sven. Paperstich., 80:454-459.

_____, Eriksson K.E., and Yu H-s 1984. Metabolism of lignin-derived aromatic acids by wood-rotting fungi. J. Gen. Microbiol. 130: 63-68.

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

APHA., AWWA. and WPCF. 1992. Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 18th. Edition. APHA, Inc., NY.

Bar-Lev S.S., and Kirk T.K. 1981. Effects of molecular oxygen on lignin degradation by Phanerochaete chrysosporium. Biochem. Biophys. Res. Commun. 99 : 373-378.

_____, Kirk TK, and Chang H-m 1982. fungal treatment can reduce energy requirements 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 preparations. Appl. Environ. Microbiol 50: 971-976.

_____, Maccubbin A.E., Hodson R.E. 1984. Anaerobic biodegradation of the lignin an polysaccharide components of lignocellulose and synthetic lignin by sediment microflora. Appl. Environ. Microbiol. 47: 998-1004.

Bergman O., and Nilsson T. 1966. On the outside storage of pine chips at Lovholmen's paper mill. Res Notes R53 Dep Forest Prod Royal Coll Forest, Stockholm, 56 pp.

Bes B., Pettersson B., Lennholm H., Iversen T., and Eriksson K.E. 1987. Synthesis, structure and enzymatic degradation of an extracellular glucan produced in nitrogen-starved cultures of the white-rot fungus Phanerochaete chrysosporium. Biotechnol. Appl. Biochem. 9: 310-318.

Blanchette R.A. 1984a. Selective delignification of eastern hemlock by Ganoderma tsugae. Phytopathology 74: 153-160.

Boman B., Ek. M., Eriksson K.E., and Frostell B 1988. Some aspects on biological treatment of bleached pulp effluents. Nord. Pulp. Pap. Res. J 3: 13-18.

Boominathan, K. and Adinarayana Reddy, C. 1992. Handbook of Apply Mycology, Vol.4 : Fungal biotechnology. MARCEL DEKKER, INC. New York. p. 794-795.

Bowman J.M. 1983. Biodelignification. Pap. Technol. Ind. (May), 89-94.

Burdsall H.H. 1981. The Taxonomy of Sporotrichum pruinosum and Sporotrichum pulverulentum/Phanerochaete chrysosporium Mycologia. 73: 675-680.

_____, and Eslyn W.E. 1974. A new Phanerochaete with a chrysosporium imperfect state. Mycotaxon 1 : 123-133.

Buswell, J. A. 1991. Fungal degradation of lignin. In Handbook of Applied Mycology, Vol.1: Soil and Plants (D. K. Arora, Bharat Rai, K. G. Mukerji, and G. Knudsen (eds.), Marcel Dekker, New York.

_____, Mollet B. and Odier E. 1984. Ligninolytic enzyme production by Phanerochaete chrysosporium under conditions of nitrogen sufficiency. FEMS Microbiol Lett 25: 295-299.

_____, and Odier E. 1987. Lignin biodegradation. CRC. Crit. Rev. Biotechnol. 6: 1-60.

Campbell W.G. 1932. The chemistry of wood. III. The effect on wood substance of Ganoderma applanatum (Pers.) Pat., Fomes fomentarius (Linn.) Fr., Polyporus adustus (Willd.) Fr., Pleurotus ostreatus (Jacq.) Fr., Armillaria mellea (Vahl.) Fr., Trametes pini (Brot.) Fr., and Polystietus abietinus (Dicks.) Fr. Biochem. J. 26: 1829-1838.

Chen C.L., Chang H-m 1985. Chemistry of lignin biodegradation. In: Higuchi T(ed) Biosynthesis and biodegradation of wood components. Academic Press, Orlando, 535-556.

_____, Chang H-m, and Kirk T.K. 1982. Aromatic acids produced durin degradation of lignin in spruce wood by Phanerochaete chrysosporium. Holzforschung 36: 3-9.

_____, Chang H-m, and Kirk T.K. 1983a. Carboxylic acids produced through oxidative cleavage of aromatic rings during degradation of lignin in spruce wood by Phanerochaete chrysosporium. J. Wood Chem. Technol. 3: 35-53.

Chua G.S., Chen C.L., Chang H-m, and Kirk T.K. 1982. 13. C-NMR spectroscopic study of spruce lignin degraded by Phanerochaete chrysosporium. Holzforschung 36: 165-172.

_____, and Young L.Y. 1985 a. Anaerobic degradation of soluble fractions of [^{14}C-lignin] lignocellulose. Appl. Environ. Microbiol. 49: 345-349.

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

Cowling E.B., and Merrill W. 1966. Nitrogen in wood and its role in wood deterioration. Can. J. Bot. 44: 1539-1554.

Crawford, R.L. 1981. Lignin Biodegradation and Transformation. Wiley Interscience, New York.

_____, and Sutherland J.B. 1979. The role of Actinomycetes in the decomposition of lignocellulose. Dev-Ind Microbilo 20: 143-151.

Davidson R.W., Campbell W.A., and Blaisdell D.J. 1938. Differentiation of wood-decaying fungi by their. reactions on gallic or tannic acid medium. J. Agr. Res. 57: 683-695.

Dawson- Andoh B.E., Morrell J.J., Biermann C.J., and Hull J.L.. 1991. Effect of fungal pretreatment on strength and optical properties of softwood and hard wood kraft pulps. Tappi journa. October : 187 -189.

Dill I., Kraepelin G. 1986. Palo Podirdo: Model for extensive delignification of wood by Ganoderma applanatum. Appl. Environ. Microbiol. 52: 1305 -1312.

Eriksson K.E., 1981a. Cellulases of fungi. In: Hollaender A(ed) Trends in the biology of fermentation for fuels and chemicals. Plenum, New York, 19-32.

_____, 1981b. Microbial degradation of cellulose and lignin. The Ekman-Days 1981 Intern Symp Wood Pulp Chem., Stockholm, 3: 60-65.

_____, 1981c. Fungal degradation of wood components. Pure Appl Chem 53: 33-43.

_____, 1985. Swedish developments in biotechnology related to the pulp and paper industry. TAPPI J. 68(7): 46-55.

_____, 1987. Production of H_2O_2 in Phanerochaete chrysosporium during lignin degradation. Philos. Trans. R. Soc. Lond. A. 321: 455-459.

_____, Ander P., and Pettersson B. 1986a. Regulation of lignin degradation in Phanerochaete chrysosporium. In: Proc. 3rd. Intern. Conf. Biotechnol. in the Pulp and Paper Ind, Stockholm, 24-27.

_____, Blanchette R.A., and Ander P. 1990. Microbial and Enzymatic Degradatio of Wood and Wood Components. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

_____, and Goodell E.W. 1974. Pleiotropic mutants of the wood-rotting fungus Polyporus adustus lacking cellulase, mannanase and xylanase. Can. J. Microbiol. 20: 371-378.

_____, and Hamp S.G. 1978. Regulation of endo-1, 4-B-glucanase production in Sporotrichum pulverulentum. Eur. J. Biochem. 90: 183-190.

_____, and Kirk T.K. 1985. Biopulping, biobleaching and treatment of kraft bleaching effluents with white-rot fungi. Comprehensive Biotechnology, Vol. 3:15. Pergamon, New York, 271-294.

_____, Kolar, M. C., and Kringstad, K.1979. Studies on the mutagenic properties of bleaching effluents. 1. Sven. Paperstich., 82: 95-104.

Farrell R.L. 1987a. Industrial applications of lignin-transformaing enzymes. Philos. Trans. R. Soc. Lond. A. 321: 549-553.

Fenn P., Choi S., and Kirk T.K. 1981. Ligninolytic activity of Phanerochaete chrysosporium : physiology of suppression by NH_4+ and L-glutamate. Arch. Microbiol. 130: 66-71.

_____, and Kirk T.K. 1981. Relationship of nitrogen to the onset and suppression of ligninolytic activity and secondary metabolism in Phanerochaete chrysosporium. Arch. Microbiol. 130: 59-65.

Freer S.N., and Detroy R.W. 1982. Biological delignification of ^{14}C-labeled lignocelluloses by basidiomycetes: degradation and solubilization of the lignin and cellulose components. Mycologia 74: 943-951.

Gilbertson R.L., 1980. Wood-rotting fungi of North America. Mycologia 72: 1-49.

Gold M.H., and Cheng T.M. 1978. Induction of colonial growth and replica plating of the white rot basidiomycete Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 35: 1223-1225.

_____, Cheng T.M., and Alic M. 1983a. Formation, fusion, and regeneration of protoplasts from wild -type and auxotrophic strains of the white rot basidiomycete Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 46: 260-263.

_____, Cheng T.M. and Mayfield M.B. 1982a. Isolation and complementation studies of auxotrophic mutants of the lignin-degrading basidiomycete Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 44: 996-1000.

_____, Glenn J.K., Mayfield M.B., Morgan M.A., and Kutsuki J. 1982b. Biochemical and genetic studies on lignin degradation by Phanerochaete chrysosporium. In: Higuchi T, Chang H-m, Kirk T.K. (eds) Recent. advances in lignin biodegradation research. Uni. Publ. Co. Ltd. Tokyo, 219-232.

_____, Glenn, J. K., and Alic, 1988. M. Use of polymeric dyes in lignin biodegradation assays. Meth. Enzymol., 161: 74-78.

_____, 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 basidiomycete, Phanerochaete chrysosporium. Arch. Biochem. Biophys. 234: 353-362.

Haider K. and J. Trojanowski. 1975. Decomposition 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.

Hanselman K.W. 1982. Lignochemicals. Experientia 38: 176-189.

Hatakka A., and Uusi-Rauva A.K. 1983. Degradation of ^{14}C-labeled poplar wood lignin y selected white-rot fungi. Arch Microbiol 17: 235-242.

_____, and Uusi-Rauva A.K., 1983. Degradation of ^{14}C-labeled poplar wood lignin by selected white-rot fungi, Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. , 17: 350.

Highley T.L., Bar-Lev S.S., Kirk T.K., and Larsen M.J. 1983. Influence of O_2 and CO_2 on wood decay by heartrot and saprot fungi. Phytopathology 73: 630-633.

Higuchi, T. 1990. a Biodegradation of lignin and its potential applications. In Bioprocess Engineering (T. K. Ghose, ed.), Ellis Harwood Limited, London, 1985, pp. 39-58.

_____, 1990b. Lignin biochemistry : Biosynthesis and biodegradation. Wood Sci. Technol., 24: 23-63.

_____, Chang, H.-M., and Kirk, T. K. (eds.) 1983. Recent Advances in Lignin Biodegradation Research. Tokyo Univ., 1983.

Hiroi, T., and Eriksson, K.E. 1976. Microbiological degradation of lignin. 1. Influence of cellulose on the degradation of lignins by the white rot fungus Pleurotus ostreatus. Sven. Paperstich., 7 9:157-161.

_____, and Tamai A. 1983. Degradation of beech wood components by a white-rot fungus, Grifola frondosa. In: Higuchi T, Chang H-m, Kirk TK. (eds) Res. adv. lignin biodegradation research, Uni. Publ, Tokyo, 34-43.

Holt D.M., and Jones E.B.G. 1983. Bacterial degradation of lignified wood cell walls in anaerobic aquatic. habitats. Appl. Environ. Microbiol. 46: 722-727.

Huynh, V.-B., Chang, H. M., Joyce, T.W., and Kirk, T. K.. 1985. Dechlorination of chloroorganics by a white -rot fungus. Tappi. J., 68: 98-102.

Ian D. Reid and Michael G. Paice. 1992. Frontiers in Industrial Mycology. Chapman & Hall, Inc. p112-126.

International Organization for Standardization, 1977. ISO 3688-1977 E, ISO 2469-1977 E.

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

Johnsrud S.C., and Eriksson K.E. 1985. Cross-breeding of selected and mutated homokaryotic strains of Phanerochaete chrysosporium K-3: new cellulase deficient strains with increased ability to degrade lignin. Appl. Microbiol. Biotechnol. 21: 320-327.

Kaiser J.P., and Hanselman K.W. 1982. Aromatic chemicals through anaerobic microbial conversion of lignin monomers. Experientia 38: 167-176.

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

Keyser P., Kirk T.K., and Zeikus J.G. 1978. Ligninolytic enzyme system of Phanerochaete chrysosporium : synthesized in the absence of lignin in response to nitrogen starvation. J. Bacteriol. 135: 790-797.

Khanna P.K., Dev Mittar, Marwaha S.S., and Kenedy J.F. 1990. Biobleaching of paper and pulpmill effuents Cellulose sources and exploitation. Part 2 ; 19. ELLIS HORWOOD LIMITED. p.155-161.

Kira A. Onysko. 1993. Biological Bleaching of Chemical Pulps. Biotech. Adv. vol.11, P. 179-198.

Kirk T.K. 1980. Physiology of lignin metabolism by white-rot fungi. In: Kirk TK, Higuchi T, Chang H-m (eds) Lignin biodegradation: microbiology, chemistry, and potential applications, Vol 2. CRC, Boca Raton, 51 -63.

_____, 1983a. Degradation and conversion of lignocelluloses. In: Smith JE, Berry DR, Kristiansen B (eds) The filamentous fungi, Vol 4, Fungal technology. Edward Arnold, London, 266-295.

_____, 1984. Degradation of lignin. In: Gibson DT (ed) Microbial degradation of organic compounds. Marcel Dekker, New York, 399-437.

_____, 1989. Advances in biotechnology pulp and paper manufacture: Overview of the 1989 international conference. Tappi: 33-43.

_____, and Chang H-m 1974. Decomposition of lignin by white-rot fungi I. Isolation of heavily degraded lignins from decayed spruce. Holzforschung 28 : 217-222.

_____, Chang H-m 1975. Decomposition of lignin by white-rot fungi II. Characterization of heavily degraded lignins from decayed spruce. Holzforschung 29: 56-64.

_____, and Chang H-m 1981. Potential applications of bio-ligninolytic systems. Enzyme Microb Technol 3: 189-196.

_____, Connors Wl J., Bleam R.D. Hacket W.F., and Zeikus J. G., 1975. Preparation and microbial decompostion of synthetic ^{14}C-lignins Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 72: 2515.

_____, Connors, W.J., and Zeikus, J. G. 1976. Requirement of a growth substrate during lignin degradation by two wood rotting fungi. Appl. Environ. Microbiol., 32: 192-196.

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

_____, Highley TL 1973 Quantitative changes in structural components of conifer woods during decay by white-and brown-rot fungi. Phytopathology 55: 739-745.

_____, Higuchi, T., Chang, H.-M. (eds.). 1978. Lignin Biodegradation: Microbiology, Chemistry, and Potential Applications, Vols. 1 and 2. CRC Press, Boca Raton.

_____, and Yang, H. H. 1979. Partial Delignification of Unbleached Kraft Pulp with Ligninolytic Fungi. Biotechnol. lett., 1: 347-352.

_____, Schultz E., Connors W.J., Lorenz L.F., and Zeikus J.G. 1978 a. Influence of culture parameters on lignin metabolism by Phanerochaete chrysosporium. Arch Microbiol 117: 277-285.

_____, Yang H.H., and Keyser P. 1978b. The chemistry and physiology of the fungal degradation of lignin. Dev Ind. Microbiol. 19: 51-61.

Kirkpatrick, N., Reid, I. D., Ziomek, E., Ho, C., and Paice, M. G. 1989. Relationship between fungal biomass production and the brightening of hardwood kraft pulp by Coriolus versicolor. Applied and Environmental Microbiology 55: 1147-1152.

_____, Reid, I.D., Ziomek, E., and Paice, M. G. 1990a. Biological bleaching of hardwood kraft pulp using Trametes (Coriolus) versicolor immobilized in polyurethane foam. Applied Microbiology and Biotechnology 33:105-108.

_____, Reid, I. D., Ziomek, E., and Paice, M. G. 1990b. Physiology of hardwood kraft pulp bleaching by Coriolus versicolor and use of foam immobilization for the production of mycelium-free bleached pulps. Pp. 125-130 in T.K. Kirk, and H.-m. Chang (eds.) Applications of Biotechnology of Pulp and Paper Manufacture. Butterworth, Stoneham, MA.

_____, Ziomek, E., and Reid, I. D. 1990C. Effect of increased oxygen availability on the biological bleaching of hardwood kraft pulp by Coriolus versicolor. Pp. 131-137 in T.K. Kirk and H.-m. Chang (eds.), Applications of Biotechnology of Pulp and Paper Manufacture. Butterworth. Stoneham, MA.

Kuster E. 1979. Bedeutung der Aktionomyceten fur den Abbau von Cellulose, Lignin and Huminstoffen im Boden. Z Pflanzenernahr Bodenkd 142: 365-374.

Kuwahara M., and Asada, Y. 1987. Production of ligninases, peroxidases and alcohol oxidase by Phanerochaete chrysosporius and its mutant. In Lignin Enzymic and Microbial Degradation (E. Odier, ed.), INRA, Paris, pp. 171-177.

Leatham G.F., Kirk T.K. 1983. Regulation of ligninolytic activity by nutrient nitrogen in white-rot basidiomycetes. FEMS. Microbiol. Lett. 16: 65-67.

Leisola M., Brown C., Laurila M., Ulmer D., and Fiechter A. 1982. Polysaccharide synthesis by Phanerochaete chrysosporium during degradation of kraft lignin. Eur. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 15: 180-184.

_____, and Fiechter A. 1985b. Ligninase production in agitated conditions by Phanerochaete chrysosporium. FEMS. Microbiol. Lett. 29: 33-36.

_____, Ulmer, D., Haltmeir, T., and Fiechter, A. Rapid solubilization and depolymerization of purified kraft lignin by thin layers of Phanerochaete chrysosporium. Appl. Microbiol. Biotechnol. , 17: 117-120, 1983.

Levi M.P., and Preston R.D. 1965. A chemical and microscopic examination of the action of the soft-rot fungus Chaetomium golbosum on beechwood (Fagus sylv). Holzforschung 19: 183-190.

Liebergott N., Van Lierop, B., Teodorescu, G., and Kubes G. J. 1984. Bleaching a softwood kraft pulp without chlorine. Tappi Journal 67(8): 77-80.

Lundquist, K., Kirk, T.K., and Connors, W.J. 1977. Fungal Degradation of kraft lignin and lignin sulfonates prepared from synthetic C-lignins. Archives of Microbiology 112:291-296.

McCarthy A.J. 1987. Lignocellulose-degrading actinomycetes. FEMS. Microbiol. Rev. 46: 145-163.

_____, and Broda P. 1984. Screening for lignin-degrading actionmycetes and characterization of their activity against [^{14}C] lignin-labelled wheat lignocellulose. J. Gen. Microbiol. 130: 2905-2913.

Nagieb Z.A., El-Meadaway S.A., and El-Gammal A.A. 1988. Chemical characterization of native and degraded lignins from both rice straw and cotton stalks decayed by white rot fungi. Holzforsch Holzverwert 40: 33-37.

Nobles M.K. 1958. Cultural characteristics as a guide to the taxonomy and phylogeny of the Polyporaceae. Can. J. Bot. 36: 893-926.

Nordman L. 1989. Utilization of chemical pulps. Pp. 617-630 in T.M. Grace, E. W. Malcolm, and J. J. Kocurek (eds.). Pulp and Paper Manufacture. Vol. 5. Alkaline Pulping. Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta.

Novobranova T.I. 1972. Species novae fungorum imperfectorum region Alma-Ataensi. (New species of fungi imperfecti in the Alma-Ata region). Akad Nauk USSR, Bot. Inst. Nov Sist Nizh Rastenii 9: 180-187.

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

Paszczynski A., Huynh V.B., and Crawford R. 1986. Comparison of ligninase-I and peroxidase-M2 from the white-rot fungus Phanerochaete chrysosporium. Arch Biochem Biophys 244: 750-765.

Pelczar Jr. J. 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 Phanerochaete chrysosporium. J. Biotechnol. 10: 161-170.

Pilon L., Barbe MC., Desrochers M., and Jurasek L. 1982a. Fungal treatment of mechanical pulps - its effect on paper properties. Biotechnol Bioeng 24: 2063-2076.

Pilon L., Desrochers M., Jurasek L., and Neumann P.J. 1982b. Increasing water retention of mechanical pulp by biological treatments. Tappi 65(6): 93-96.

Pryzybylowiez P., and J. Donoghue. 1988. Shiitake Growers Handbook. pp. 139-145. America; Kenda II/Hemt Publishing Company.

Reeve D.W. 1989. Bleaching technology. Pp. 391-424. In T.M. Grace, E.W. Malcolm, and M. J. Kocurek (eds.). Pulp and Paper Manufacture. Vol.5. Alkaline Pulping. Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Atlanta.

_____, and Earl, P. F. 1989. Chlorinated organic matter in bleached pulp production: Part I: Environmental impact and regulation of effluents. Pulp and Paper Canada 90(4): T128-132.

Reid I.D. 1979. The influence of nutrient balance on lignin degradation by the white-rot fungus Phanerochaete chrysosporium. Can. J. Bot. 57: 2050-2058.

_____, 1983a. Effects of nitrogen supplements on degradation of aspen wood lignin and carbohydrate components by Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol. 45: 830-837.

_____, Chao EE., and Dawson PSS. 1985. Lignin degradation by Phanerochaete chrysosporium in agitated cultures. Can. J. Microbiol. 31: 88-90.

_____, Paice, M.G., Ho, C., and Jurasek, L. 1990. Biological bleaching of softwood kraft pulp with the fungus Trametes (Coriolus) versicolor. Tappi Journal 73(8): (in press).

_____, Seifert K.A. 1980. Lignin degradation by Phanerochaete chrysosporium in hyperbaric oxygen. Can. J. Microbiol. 26: 1168-1171.

_____, and Seifert K.A. 1982. Effect of an atmosphere of oxygen on growth, respiration and lignin degradation by white rot fungi. Can. J. Bot. 60: 252-260.

Rogers J.D. 1979. The Xylariaceae: systematic, biological and evolutionary aspects. Mycologia 71: 1-42.

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

Seifert K. 1966. Die chemische Veranderung der Buchenholz-Zellwand durch Moderfaule (Chaetomium globosum Kunze). Holz Roh-Werkst 24: 185-189.

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

Singh R.P. 1979. The Bleaching of Pulp. Standard Press, Inc., Atlanta, Georgia. p.15-25.

Sundmann G., Kirk, T. K., and Chang, H. M. 1981. Fungal decolorization of kraft bleach plant effluent. Fate of chromophoric material. Tapp. J. 64: 145-148.

Tai D., Terazawa M., Chen C-I., Chang H-m., and Kirk T.K. 1983a. Characterization of biodegraded lignins isolated from birch wood decayed by Phanerochaete chrysosporium. Proc. Intern. Symp. Wood Pulp Chem. Vol 4, Tsukuba, 144-149.

_____, Terazawa M., Chen C-L, Chang H-m, and Kirk T.K. 1983b. Biodegradation of guaiacyl and guaiacyl -syringyl lignins in wood by Phanerocheate chrysosporium. In: Higuchi T, Chang H-m, Kirk TK. (eds) Recent advances in lignin biodegradation research. Uni. Publ, Tokyo, 44-63.

Tappi Test Method 1994. Tappi Press Atlanta, GA.

Taylor B.F. 1983. Aerobic and anaerobic catabolism of vanillic acid and some other methoxy-aro-matic compounds by Pseudomonas sp. strain PN-1. Appl. Environ. Microbil. 46: 1286-1292.

Terazawa M., Kayama T., Chen C.L., and Tai D. 1987. Further characterization of solvent soluble components in the pre-extracted birch chips degraded by the fungus. Phanerochaete chrysosporium. Proc. Fourth. Intern. Symp. Wood Pulp Chem. Vol. 1, Paris, 147-150.

_____, Tai D., Chen C.L., Chang H-m., and Kirk T.K. 1983. Identification of the constituents of low molecular weight fraction obtained from birch wood degraded by Phanerochaete chrysosporium. Proc. Intern. Symp. Wood Pulp Chem. Vol. 4, 150-155.

Tien M. 1987. Properties of ligninase from Phanerochaete chryosporium and their applications. CRC Crit. Rev. Microbiol., 15: 141-168.

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

Ulmer D.C., Leisola, M. S. A., Schmidt, B. H., and Feichter, A. 1983. Rapid degradation of isolated lignins by Phanerochaete chrysosporium. Appl. Environ. Microbiol., 45: 1795-1801.

Umezawa T. 1988. Mechanisms for chemical reactions involved in lignin biodegradation by Phanerochaete chrysosporium. Wood Res., 75: 21-79.

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

Von Hofsten B., and von Hofsten A. 1974. Ultrastructure of a thermotolerant basidiomycete possibly suitable for production of food protein. Appl. Microbiol. 27: 1142-1148.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1) มอลท์ เอกซแทรก อการ์ (malt extract agar)

ผงมอลท์สกัด (malt extract) 2 กรัม
วุ้นผง 2 กรัม
น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร
นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันไอ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลานาน 15 นาที

2) Potato dextrose agar (PDA)

มันฝรั่ง	200 กรัม
น้ำตาล dextrose (glucose)	20 กรัม
Agar	20 กรัม
น้ำกลั่น	1 ลิตร

ต้มมันฝรั่งที่หั่นเป็นชิ้นขนาดเท่าลูกเต๋าในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ให้เดือดประมาณ 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบาง เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร ใส่ส่วนประกอบที่เหลือ คนจนละลายหมด นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

3) โพเตโต เดกซโตรส บรอท (potato dextrose broth) (Bangkok MIRCEN, 1979)

มันฝรั่ง 200 กรัม
กลูโคส 20 กรัม
น้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

เตรียมโดยหั่นมันฝรั่งเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดลูกบาศก์เซนติเมตร ต้มจนสุก กรองเอาแต่น้ำ เติมส่วนผสมดังกล่าวข้างต้น และน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันไอ 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลานาน 15 นาที

4) <u>การเตรียมเชื้อเริ่มต้น</u>

4.1 ภาวะที่เชื้อราสร้างสปอร์ (spore)

เตรียมเชื้อเริ่มต้นในรูปของสารแขวนลอยสปอร์(spore suspension) โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร เลี้ยงเชื้อโพเตโต เดกซโตรส อการ์ (potato dextrose agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซนติเกรด เป็นเวลานาน 5-7 วัน นำน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วมาละลายสปอร์ของเชื้อราดังกล่าว ปรับความเข้มข้นของสปอร์ เท่ากับ $1x10^{7}$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งนับจำนวนสปอร์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemacytometer)

4.2 ภาวะที่เชื้อราไม่สร้างสปอร์

เตรียมเชื้อเริ่มต้น ในรูปของสารแขวนลอยเส้นใย (mycelium suspension) โดยเลี้ยงเชื้อราดังกล่าวบนอาหารเลี้ยงเชื้อ โพเตโต เดกซโตรส อการ์ (potato dextrose agar) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซนติเกรดเป็นเวลานาน 2-3 วัน ถ่ายเชื้อราดังกล่าวลงใน 100 มิลลิลิตร ของอาหารเลี้ยงเชื้อ โพเตโต เดกซโตรส บรอท ที่บรรจุในขวดรูปกรวยขนาด 250 มิลลิลิตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซนติเกรด เป็นเวลานาน 7 วัน กรองเชื้อราดังกล่าวมาอบหาน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะได้ปริมาณ 0.01 กรัมต่อ 1 มิลลิลิตร

5) <u>สารละลายใช้ปรับความเป็นกรดเป็นด่าง</u>

5.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย และเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5.2 สารละลายกรดซัลฟูริค 1 นอร์มอล ละลายกรดซัลฟูริคเข้มข้น 28 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย 0.5 ลิตร ปล่อยให้เย็นแล้วเจือจางปริมาตรเป็น 1 ลิตร

6) <u>การฟอกเยื่อ (BLEACHING) โดยการใช้สารเคมี</u>

เป้าหมายของการฟอกเยื่อก็คือ ความต้องการที่จะตัง หรือกำจัดสารที่มีสีหรือสารที่ทำให้เยื่อมีสีออกไป เช่น กำจัดลิกนินที่เหลือจากการต้มเยื่อ หรือ

อนุพันธ์ของลิกนิน (Ligninderivatives) การที่จะทำสิ่งดังกล่าวได้ ตามที่เคยปฏิบัติกันมามักจะใช้คลอรีน และด่าง (Alkali) ร่วมกัน และเป็นขั้นตอนหลายขั้น แต่ในการฟอกสมัยปัจจุบันมักจะใช้วิธีการใหม่ ๆ เช่น ใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และออกซิเจนเป็นสารเคมีสำหรับฟอกเยื่อ ซึ่งจะมีผลดีต่อสภาวะแวดล้อมเพราะมลพิษที่เกิดจะน้อยกว่าการใช้สารเคมีในยุคก่อน

ขั้นตอนการฟอกเยื่อโดยทั่วไป มักจะประกอบด้วย :

		ค่าย่อ
Pre-bleaching	- Oxygen	O
	- Chlorination	C
	- Alkali extraction	E
Final-bleaching	- Hypochlorite	H
	- Chlorine dioxide	D
	- Peroxide	P

<u>คำจำกัดความ</u> :

ความเข้มข้นของเยื่อ (Pulp Consistency, pc %)

pc(%) = กรัมของเยื่อแห้ง * 100 / กรัมของเยื่อแห้ง + น้ำหนักของน้ำ*

* ในการคำนวณ จะคิดปริมาณสารเคมีที่ใช้เป็นน้ำด้วย

Oven dry content, o.d%

o.d % = กรัมของเยื่อแห้ง * 100 / กรัมของเยื่อเปียก

สารเคมีที่ใช้ (Chemical Charge)

จะคิดปริมาณของสารเคมีที่ใช้ฟอก ในรูปของเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักต่อ Oven dry pulpโดยทั่วไปมักจะใช้ในรูปดังต่อไปนี้

% C = % active chlorine on dry pulp

% E = % NaOH on dry pulp

% H = % hypochlorite on dry pulp, โดยอยู่ในรูปของactive

chlorine

% D = % chlorine dioxide on dry pulp โดยอยู่ในรูปของ active chlorine

% P = % hydrogen peroxide on dry pulp

การทดลองฟอกเยื่อเคมี

1. จุดประสงค์ศึกษาและทดลองฟอกเยื่อชนิดใดชนิดหนึ่งเพื่อให้ได้ข้อมูลด้าน
   1.1 ชนิดและปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อ
   1.2 ขั้นตอน และสภาวะที่เหมาะสมในการฟอกเยื่อ
2. เครื่องมือและอุปกรณ์
   2.1 ภาชนะสำหรับใส่เยื่อ เช่น ถุงพลาสติก
   2.2 Water Bath
   2.3 เครื่องกรองเยื่อและล้างเยื่อ
3. สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการฟอกส่วนใหญ่ได้แก่

3.1 น้ำคลอรีน เตรียมโดยการผ่าน ก๊าซคลอรีนลงในน้ำเย็น อุณหภูมิประมาณ 10 °C ให้มีความเข้มข้นประมาณ 5-6 g. available Cl_2/lit

3.2 น้ำยาไฮโปคลอไรต์ ใช้น้ำยาโซเดียมไฮโปคลอไรต์ หรือแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (NaClO or $Ca(OCl_2)$)

3.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) หรือ โซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) H_2O_2 ที่ใช้มีความเข้มข้น 35, 50 หรือ 70 % H_2O_2 by weight

3.4 Caustic Soda ใช้ในการฟอกในขั้นตอน E-stage, H-stage และในการฟอกด้วย Peroxide

3.5 Sodium Silicate ใช้ในการฟอกด้วย Peroxide ปกติใช้ 41.6 °Be'

3.6 Organic Chelating Agents สำหรับกำจัดพวกโลหะในเยื่อก่อนฟอกด้วย Peroxide

3.7 Sodium bisulfite หรือ Sulfur dioxide ใช้กำจัด residual peroxide

3.8 Magnesium Sulfate ใช้ในการฟอก Peroxide

4. วิธีการทดลอง

4.1 การเตรียมเยื่อ

เยื่อที่จะใช้ในการฟอก ควรทดสอบคุณสมบัติไว้ก่อน โดยเฉพาะค่าคัปปานัมเบอร์ เพื่อสามารถกำหนดปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟอก, หาความชื้น เพื่อคำนวณปริมาณเยื่อที่จะใช้ในการฟอก โดยกำหนดการฟอกแต่ละครั้งใช้ปริมาณน้ำหนักเยื่อแห้งเท่ากับ 200 กรัม และค่า Brightness

4.2 การเตรียมสารเคมีฟอกเยื่อ สารเคมีที่ใช้ในการฟอกมี

4.2.1 น้ำคลอรีน เตรียมโดยพ่นแก๊สคลอรีนลงในน้ำเย็น (อุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส) น้ำคลอรีนที่ได้มีความเข้มข้นประมาณ 5-6 กรัม/ลิตร (g.available Cl_2/liter)

4.2.2 น้ำยาไฮโปคลอไรต์ เตรียมโดยละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Calcium hypochlorite powder or bleaching powder), $Ca(OCl)_2$ ซึ่งมี available chlorine ประมาณ 34 % ลงในน้ำกลั่นเป็น bleach liquor มีความเข้มข้นประมาณ 30 g available Cl_2/liter

4.3 วิธีการฟอกเยื่อ ในการทดลองฟอกเยื่อเคมีประกอบด้วย ขั้นตอนการฟอกหลักได้แก่

C คือ Chlorination การฟอกด้วยคลอรีน

E คือ Alkaline Extraction การล้างสกัดด้วยด่าง

H คือ Hypochlorite bleaching การฟอกด้วยน้ำยาไฮโปคลอไรต์

4.3.1 Chlorination Stage ขั้นตอนนี้ใช้น้ำคลอรีนเป็นสารเคมีในการฟอกค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ประมาณ 1-2 ความข้นของเยื่อ (Consistency) 3 % การฟอกบรรจุภายในถุงพลาสติกปิดสนิท โดยผสมน้ำคลอรีนให้เข้ากับเยื่อก่อนแล้วทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยา 30-45 นาที ภายใต้อุณหภูมิห้อง หลังจากการฟอกแล้ววัดหาค่า pH และปริมาณคลอรีนที่เหลือ จากนั้นล้างเยื่อให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น โดยใช้เครื่องกรองล้างเยื่อแบบลมดูด (Suction) ในการฟอกขั้นตอนนี้อาจผสม ClO_2 ลงในน้ำยาคลอรีนเป็นตัวฟอกและดำเนินการฟอกเช่นเดียวกัน

4.3.2 Alkaline Extraction ขั้นตอนนี้เป็นการสกัดเอาคลอโร

ลิกนินที่เกิดขึ้นจากการ Chlorination ออกโดยใช้โซดาไฟ (NaOH) 2 % ต่อเยื่อแห้ง ควบคุมการสกัดที่อุณหภูมิ 65-70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ค่า pH 11-12 ความข้นเยื่อ 10 % การสกัดทำในถุงพลาสติกทนความร้อน โดยบรรจุเยื่อ พร้อมน้ำยาโซดาไฟลงในถุงพลาสติกแล้วแช่ทิ้งในอ่างน้ำร้อน(Water bath) ที่ควบคุมอุณหภูมิตามต้องการ เสร็จแล้วล้างเยื่อจนสะอาด ด้วยน้ำกลั่น

4.3.3 Hypochlorite bleachine การฟอกขั้นนี้ฟอกด้วยน้ำยาไฮโปคลอไรต์ความข้นเยื่อ 6% หรือ 10% อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้เวลาฟอก 3 ชั่วโมง และควบคุม pH ไม่ต่ำกว่า 8 โดยใช้โซดาไฟเป็นตัวปรับค่า pH ซึ่งใช้ประมาณ 0.3 - 0.5 % NaOH ต่อเยื่อแห้งการฟอกขั้นตอนนี้ฟอกในถุงพลาสติกและแช่ในอ่างน้ำอุ่นเช่นกัน หลังจากการฟอกแล้วทดสอบ pH หาปริมาณไฮโปคลอไรต์ที่เหลือค้างอยู่และล้างเยื่อให้สะอาด

5. แนวทางการทดลอง

ในการทดลองฟอกเยื่อแบบหลายขั้นตอน มีวิธีการฟอก ซึ่งจัดลำดับขั้นตอน และจำนวนขั้นตอนได้หลายแบบ แล้วแต่ความยากง่าย ในการฟอกเยื่อแต่ละชนิด ซึ่งได้จากวัตถุดิบและวิธีการต้มเยื่อที่แตกต่างกัน เยื่อบางชนิดสามารถฟอกได้ง่ายด้วยขั้นตอนสั้น เช่น CEH บางอย่างอาจต้องฟอกด้วยขั้นตอนที่มากขึ้น เช่น CEHH หรือ CEHD, CEDED หรือ CEHEH, การเลือกขั้นตอนการทดลองหรือแนวทางการทดลองพิจารณาโดยใช้ปัจจัยเหล่านี้เป็นหลัก

5.1 ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการฟอก พิจารณาเบื้องต้นได้จากค่าเปอร์มังกาเนสนัมเบอร์ของเยื่อ

5.2 การฟอกด้วยคลอรีน ต้องติดตามด้วยการสกัดด้วยด่าง และมีขั้นตอนที่ใช้สารเคมีฟอกโดยตรงอีกขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากการฟอกด้วยคลอรีนเป็นการแยกลิกนินออก โดยเปลี่ยนรูปเป็นคลอโรลิกนิน ซึ่งละลายได้ดีในด่างร้อน

5.3 การฟอกด้วยไฮโปคลอไรต์ ทำให้คุณสมบัติความเหนียวและ D.P. ของเยื่อลดลงมากกว่าการฟอกด้วยคลอรีน และคลอรีนไดออกไซด์ ดังนั้นการแบ่งปริมาณสารเคมีในการฟอกโดยทั่วไปและใช้ที่ขั้นตอน Chlorination มาก (ทั่วไปการฟอก CEH ใช้ 70-80 % ของ Chlorine requirement ทั้งหมด ที่เหลือฟอกด้วยไฮโปคลอไรต์) หรือพยายามแบ่งขั้นตอนการฟอกด้วยไฮโปคลอไรต์เป็นหลายขั้นตอน

5.4 ขั้นตอนการฟอก

การฟอกแต่ละขั้นตอน จะต้องกำหนดหรือทราบสภาวะที่จะฟอกได้แก่

1. Chemical used and Bleaching Sequence
2. Consistency
3. Temperature
4. Beaching Time

7) <u>การฟอกเยื่อชานอ้อยและเยื่อยูคาลิปตัสของ บริษัท เยื่อกระดาษสยาม จำกัด</u>

การฟอกเยื่อ CE/PHH

มี 4 ขั้นตอน คือ

C-E/P-H-H และเป็นแบบต่อเนื่อง

C หมายถึง การฟอกเยื่อด้วย Chlorine

E/P หมายถึง การสกัดเยื่อด้วย Caustic Soda และมีการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไปเล็กน้อย

H หมายถึง การฟอกเยื่อด้วย Hypochlorite

H หมายถึง การฟอกเยื่อด้วย Hypochlorite

ขบวนการผลิตเยื่อชานอ้อยฟอกขาวและเยื่อยูคาลิปตัสฟอกขาว ของบริษัทเยื่อกระดาษสยาม ใช้ระบบการฟอกแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน CEHH

ขั้นตอนที่ 1 C-STAGE

ขั้นตอนนี้ฟอกเยื่อโดยใช้ Chlorine การควบคุมในขบวนการผลิต

1. ความเข้มข้นของเยื่อ 3.0% โดยน้ำหนัก
2. เวลาในการฟอก 60 นาที
3. อุณหภูมิในการฟอก 38 °C

ขั้นตอนที่ 2 E-STAGE

ขั้นตอนนี้ฟอกเยื่อโดยสกัดคลอโรลิกนิน การควบคุมในขบวนการผลิต

1. ความเข้มข้นของเยื่อ 10% โดยน้ำหนัก
2. เวลาในการฟอก 120 นาที
3. อุณหภูมิในการฟอก 65 °C

ขั้นตอนที่ 3 H-STAGE (H_1)

ขั้นตอนนี้ฟอกเยื่อโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ การควบคุมในขบวนการผลิต

1. ความเข้มข้นของเยื่อ 10% โดยน้ำหนัก
2. เวลาในการฟอก 150 นาที
3. อุณหภูมิในการฟอก 50 °C

ขั้นตอนที่ 4 H-STAGE (H_2)

ขั้นตอนนี้ฟอกเยื่อโดยใช้โซเดียมไฮโปคลอไรต์ การควบคุมในขบวนการผลิต

1. ความเข้มข้นของเยื่อ 10% โดยน้ำหนัก
2. เวลาในการฟอก 150 นาที
3. อุณหภูมิ 50 °C

7.1 วิธีการทดลอง

7.1.1 การเตรียมเยื่อ

1. ชั่งน้ำหนักเยื่อตามที่ต้องการฟอก หลังจากคิดจากน้ำหนักแห้ง (100 g. หรือ 500 g.)

2. ทดสอบความเข้มข้นของสารเคมีที่ต้องใช้และทดสอบ K No./ Kappa No. ของเยื่อ

7.1.2 การฟอก C-STAGE

1. เติมน้ำคลอรีนตามปริมาณที่กำหนด และปรับ Consistency แล้วคลุกเคล้าให้ผสมกับเยื่อจนทั่วถึง วัดค่า pH วางถุงที่ใส่เยื่อฟอกใน Water Bath ที่อุณหภูมิตามกำหนด

2. เมื่อได้เวลาตาม Retention Time ของการฟอก นำเยื่อจากถุงมาวัด pH ก่อนล้างด้วยน้ำกลั่น นำ Filtrate จากการล้างไปหาค่า Residual Chlorine

7.1.3 การฟอก E-STAGE

1. นำเยื่อที่ล้างจาก C-Stage ที่ Consistency สูงกว่าที่จะฟอกใน E-Stage มาใส่ Caustic Soda Solution ตามปริมาณที่กำหนด ปรับ Consistency แล้ววัดค่า pH ทิ้งไว้ใน Water Bath ที่ 65 °C ตามเวลาที่กำหนด

2. เมื่อครบกำหนดเวลา นำเยื่อจากถุงมาวัดค่า pH ล้างด้วยน้ำกลั่น นำน้ำ Filtrate มาทดสอบ Residual Alkali

7.1.4 การฟอก H-STAGE

1. นำเยื่อจากการล้างใน E-Stage ที่ Consistency สูงกว่าการฟอกในขั้นนี้เล็กน้อยมาใส่ด้วยไฮโปคลอไรต์ และปรับ pH ด้วย Caustic Soda หลังจากปรับค่า Consistency ใส่ไว้ที่ Water Bath ที่อุณหภูมิประมาณ 50 °C นานตามกำหนด

2. นำมาวัดค่า pH และล้างเหมือนกับขั้นตอนอื่นหาค่า Residual Hypochlorite

3. ชั่งน้ำหนักของเยื่อหา Moisture เพื่อหา Yield

4. ทำแผ่นทดสอบ Brightness

8) <u>การฟอกเยื่อด้วย Peroxide</u>

ขั้นตอนการทดลอง

1. Pretreatment เยื่อด้วย Chelating Agent (เช่น EDTA) 0.1 % on BD. wt. Unbleached Pulp ที่ Consistency 0.5-3.0 % (ใช้ประมาณ 2.0 %) ที่อุณหภูมิห้องนานประมาณ 15 นาที แล้ว drain น้ำออกจากเยื่อ

2. ฟอกด้วย H_2O_2 (ประมาณตามกำหนด) และผสม NaOH 1.6-1.7 % as Total Alkali และ Sodium Silicate 4-5 % on BD.Unbleached Pulp ที่ Consistency 10 %

3. ปรับค่า pH ด้วย NaOH ให้ pH เริ่มต้น 10.5-11.0 และใช้อุณหภูมิในการฟอก 50 °C(ช่วง 35-55 °C) เวลา 2 ชั่วโมง(ช่วงที่ใช้ได้ 1-5 ชั่วโมง)

4. หลังจากการฟอกล้างด้วย Sodium Bisulfite เพื่อกำจัด Residual Peroxide แล้ว Neutralize ด้วย H_2SO_4 ให้ได้ pH 4.5

5. ทดสอบค่าความชื้นเพื่อคิด Bleaching Yield ทำแผ่นทดสอบ Brightness

9) <u>การทดสอบความเข้มข้นของสารเคมี</u> :

9.1 <u>การทดสอบน้ำคลอรีน</u> :

1. ปิเปตน้ำคลอรีน 10 ml. ลงในบีกเกอร์หรือขวดรูปชมพู่ขนาดบรรจุ 400 ml. ซึ่งมีน้ำกลั่น 200 ml. ผสมอยู่กับ Acetic acid (20 %) 10 ml. และ KI Solution (เข้มข้น 16.6 %) จะได้สารละลายสีน้ำตาลเข้ม

2. ไตเตรตด้วย 0.1 N. $Na_2S_2O_3$ โดยใช้น้ำแป้ง (0.5-1.0 %) เป็นอินดิเคเตอร์

Equations :

$$Cl_2 + 2KI \longrightarrow 2\,K\,Cl + I_2$$

$$I_2 + 2Na_2S_2O_3 \longrightarrow 2\,NaI + Na_2S_4O_6$$

การคำนวณ :

g.available chlorine/lit = ml. ของ 0.1 N. $Na_2S_2O_3$ x 0.355

9.2 <u>การทดสอบหา Residual Chlorine</u> :

1. ใช้วิธีการทดสอบเช่นเดียวกับ (5.1)

การคำนวณ :

% Cl_2 on bd. pulp = (0.355xml.ของ 0.1 N.$Na_2S_2O_3$*) x (100-% consistency) / 100 x % consistency

* ในการคิดคลอรีนสูญเสียและทำปฏิกิริยากับ Starch ให้คิดปริมาณของ $Na_2S_2O_3$ ที่ไตเตรตหักออกด้วย 0.2

9.3 <u>การทดสอบ Bleach Liquor เพื่อหา Available Chlorine</u>

1. ใส่น้ำกลั่น 200 ml.,20 % acetic acid หรือ 1N.H_2SO_4 20 ml.และ KI Solution(16.6 %) 20 ml. ลงในขวดหรือบิกเกอร์ขนาด 400 ml.

2. ปิเปต NaClO หรือ Bleach liquor 5 ml. ลงในบีกเกอร์ดังกล่าวแล้ว ไตเตรตด้วย 0.1 N.$Na_2S_2O_3$ โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

Equations :

$$NaOCl + NaCl + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + Cl_2 + H_2O$$

$$\text{or } Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow 2CaSO_4 + 2H_2O + Cl_2$$

$$2\,Na_2S_2O_3 + I_2 \longrightarrow 2\,NaI + Na_2S_4O_6$$

การคำนวณ :

g. available chlorine/lit = ml. ของ $Na_2S_2O_3$ x 0.709

* กรณี NaClO เข้มข้นประมาณ 90-120 g available Cl_2/lit ควรใช้ตัวอย่าง 1 ml.

9.4 การทดสอบ Hypochlorite residual

ทดสอบเช่นเดียวกันกับ (9.3)

การคำนวณ :

% Cl_2 on bd. pulp = ml. of $Na_2S_2O_3$ x 0.355 (100 - % Consistency) / 100 x % Consistency

9.5 การทดสอบ Peroxide

1. ปิเปต 5.0 ml. ของ peroxide solution ลงในขวด Erlenmeyer เติมให้เป็นกรดด้วย 20 % sulfuric acid (H_2SO_4) 10-20 ml.

2. ไตเตรตด้วย 0.1 N.$KMnO_4$ จนได้สีชมพูอ่อน

การคำนวณ : * H_2O_2 ; g/lit = 0.336 xml. of 0.1 N.$KMnO_4$

* Na_2O_2, g/lit = 0.803 xml. of 0.1 N. $KMnO_4$

9.6 การทดสอบ Alkali ใน peroxide Solution

1. ปิเปต 5.0 ml. ของ peroxide Solution ลงในขวด Erenmeyer เติมด้วยน้ำกลั่น 50-100 ml. เติม Phenol Red 3-4 หยด

2. ไตเตรตด้วย 0.1N. H_2SO_4 จนได้สีเหลืองจาง(Straw-Yellow)

การคำนวณ : NaOH, g/lit = ml. ของ H_2SO_4 x 0.803

9.7 การทดสอบ Residual Alkali จากการฟอก E-Stage

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ Filtrate 100 ml. ลงในขวด Erenmeyer หรือบีกเกอร์ที่มีน้ำกลั่น 100 ml.

2. ไตเตรตกับ 0.1 N.HCl จนได้ pH 8.0

การคำนวณ :

% Residual Alkali on bd. pulp = ml.ของ 0.1 N.HCl x 4 (100 - % Consistency)/(100 (10 x %Consistency))

9.8 การทดสอบความเข้มข้นของ Na_2SO_3 Solution

1. เติมน้ำกลั่น 100 ml. 0.1 N. I_2 Solution 10 ml. และ 0.1 N. HCl 10 ml.ลงในขวด Erenmeyer ขนาด 250 ml. แล้วปิเปต Na_2SO_3 solution ลงไปด้วย 50 ml.
2. ไตเตรตด้วย 0.1 N. $Na_2S_2O_3$ โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์

การคำนวณ :

ความเข้มข้นของ Na_2SO_3, g/lit = (ml. 0.1 N.I_2 - ml. 0.1 N.$Na_2S_2O_3$) x 0.1 x 126.04 / (50 x 2)

9.9 <u>การทดสอบ Alkali ใน Bleach Liquor</u>

1. ปิเปต bleaching solution 10 ml. ลงใน beaker ขนาด 400 ml. ที่มีน้ำกลั่น 100 ml. เติม 3% H_2O_2 Solution (neutral) 0.5 ml. จนกว่าสารละลายในบิกเกอร์ จะไม่เกิดสีน้ำเงินเมื่อทำปฏิกิริยากับ Starch-iodide solution
2. คนด้วยแท่งแก้วเพื่อไล่ออกซิเจนหรือใช้การต้มไล่ออกซิเจน
3. เติม methyl orange 2-3 หยด แล้วไตเตรตกับ 0.1 N HCl จนได้สีชมพู (อย่างถาวร) แล้วเติม 0.1 N. HCl จนเกินพอ(ประมาณ 5 ml.) จดปริมาณ HCl ที่ใช้
4. ไตเตรตกลับด้วย 0.1 N.NaOH จนได้สีเหลือง

การคำนวณ จาก ml. ของ HCl ที่ใช้ - ml. ของ NaOH = HCl consumed

ml. ของ 0.1 N. HCl x 0.40 = g. alkali as NaOH/lit.

ml. ของ 0.1 N. HCl consumed x 0.37 = g alkali as $Ca(OH)_2$

10) <u>การหาเปอร์เซนต์ความชื้นของเยื่อกระดาษ</u>

ชั่งตัวอย่างเพื่อหาน้ำหนักสด 10.0 กรัม โดยใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ทราบน้ำหนักแห้ง นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 2 ชม. ตั้งไว้ให้เย็น นำมาชั่งด้วยเครื่องชั่ง 2 ตำแหน่งเมื่อได้น้ำหนักแห้งแล้วนำไปเปรียบเทียบกับน้ำหนักก่อนอบ และน้ำหนักที่ลดลงคือ ค่าของความชื้น คำนวณเป็นเปอร์เซนต์ความชื้นได้ดังนี้

เปอร์เซนต์ความชื้น = (น้ำหนักสด - น้ำหนักแห้ง) x 100 / น้ำหนักสด

11) การหา Consistency โดยวิธีอบแห้ง

(อ้างอิง TAPPI T 240-OS-75)

จุดประสงค์

กำหนดวิธีการหา Consistency ของเยื่อโดยวิธีอบแห้ง

อุปกรณ์

1. เครื่องกรองโดยใช้ลมดูด (Suction Filter)
2. กระดาษกรอง No.1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 - 15 ซม.
3. เครื่องชั่งอย่างละเอียดอ่านทศนิยมได้ 2 ตำแหน่ง
4. กระบอกตวง 1000 ซีซี.
5. ถ้วยเก็บตัวอย่าง 250 ซีซี.
6. ตู้อบไฟฟ้า ควบคุมอุณหภูมิ 100 - 105 °C
7. กระดาษซับ

การเก็บตัวอย่าง

1. ตัวอย่างเยื่อซึ่ง Consistency ต่ำกว่า 1.0 % เช่นตัวอย่างจาก Primary Head Box และ Secondary Head Box เก็บตัวอย่างครั้งละ 1 ลิตร
2. ตัวอย่างเยื่อซึ่ง Consistency สูงกว่า 1.0 % เก็บตัวอย่างเต็มถ้วย 250 ซีซี.

การทดสอบ

1. ตัวอย่างเยื่อซึ่ง Consistency ต่ำกว่า 1.0 %

1.1 อบกระดาษกรองที่ 105 °C เป็นเวลา 2.5 ชม. ชั่งทราบน้ำหนักกระดาษกรองแห้ง

1.2 วางกระดาษกรองในกรวยกรองแล้วใช้น้ำกลั่นฉีดให้ทั่ว พร้อมกับเปิดวาล์วลมดูด

1.3 เทตัวอย่างเยื่อ 1 ลิตร ลงในกรวยกรอง ปรับแรงลมดูดให้มากขึ้นจนพอเหมาะ

1.4 ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างเยื่อที่เกาะขอบกรวยลงไปบนกระดาษกรองให้หมดสังเกตดูว่าไม่มีหยดน้ำผ่านกรวย ปิดวาล์วลมดูด

1.5 นำกระดาษกรอง และเยื่อวางบนกระดาษซับ นำเข้าตู้อบที่ 105 °C จนน้ำหนักคงที่ (ประมาณ 2-2.5 ชม.)

1.6 ชั่งทราบน้ำหนักกระดาษกรองและน้ำหนักเยื่อ

1.7 การคำนวณ Consistency % = 0.1 x (น้ำหนักเยื่อ + น้ำหนักกระดาษกรอง) - นน.กระดาษกรองอบแห้ง

2. ตัวอย่างเยื่อซึ่ง Consistency สูงกว่า 1.0 %

2.1 ดำเนินการทดสอบตาม 1.1 และ 1.2

2.2 ชั่งตัวอย่างเยื่อจากถ้วยเก็บตัวอย่างขนาด 250 ซีซี. ทั้งหมด

2.3 เทตัวอย่างซึ่งชั่งทราบ นน.แล้วลงในกรวยกรอง ดำเนินการทดสอบตาม 1.4, 1.5 และ 1.6

2.4 การคำนวณ, Consistency % = (นน.เยื่อแห้ง + กระดาษกรอง) - นน.กระดาษกรองอบแห้ง x 100 / นน.ตัวอย่างเปียก

12) การหาค่าความขาวของเยื่อและกระดาษ (Measurement of ISO Brightness of Pulps)

(อ้างอิง ISO 3688-1977(E), ISO2469-1977(E))

คำจำกัดความ

ความขาวสว่างของเยื่อ (pulp brightness) หมายถึง ค่าแฟคเตอร์การสะท้อนแสง ของแผ่นเยื่อที่หนามากจนแสงไม่ผ่านทะลุ วัดที่ช่วงคลื่นแสง 457 นาโนเมตร โดยถือว่า perfect reflecting diffuser มีค่า factor การสะท้อนแสงเป็น 100 ค่าความขาวสว่างรายงานหน่วยเป็นร้อยละ (%)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าความขาวสว่างของเยื่อไม่ฟอก, เยื่อกึ่งฟอก และเยื่อฟอก

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องตีเยื่อ (ISO 2469)
2. Spectrophotometer Elrepho 2000 (ISO 2469)
3. Two Working Standards
4. Buchner เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 115 mm. ความจุไม่น้อยกว่า 500 ml.
5. Hydraulic disk-press
6. pH meter
7. Disk เส้นผ่าศูนย์กลาง 160 mm. หนาประมาณ 1-1.5 mm.

8. กระดาษซับ ขนาด 250 g/m^2 และปราศจาก fluorescent

9. กระดาษกรองหนา No.4 เส้นผ่าศูนย์กลาง 110 mm.

10. กระดาษกรองบาง No.4 เส้นผ่าศูนย์กลาง 125 mm.

สารเคมี

1. EDTA, เข้มข้น 5 g/l

2. Sodium hydroxide, เข้มข้น IN (40 g/l)

3. Sulphuric acid, เข้มข้น IN (28 ml/l)

4. Ditilled water, ปราศจาก iron และ copper ions

การเก็บตัวอย่าง

เยื่อและกระดาษที่จะนำมาวัด Brightness ควรเก็บในที่ปราศจากความร้อน แสง และความชื้นคงที่ เตรียมเยื่อประมาณ 200 g/m^2 หรือ 2 กรัมแห้งต่อ 1 แผ่น จำนวน 4 แผ่น

วิธีการเตรียมเยื่อ

1. ฉีกแผ่นเยื่อแช่ในน้ำกลั่น 6 ลิตร ที่มี EDTA 4 ml เป็นเวลาครึ่งชั่วโมง แล้วไปตีในเครื่องตีเยื่อ

2. Slush pulp หาความเข้มข้น ตวงปริมาตรให้ได้น้ำหนักที่ต้องการ แล้วเติม EDTA 4 ml

3. ปรับ pH ให้อยู่ช่วง 4.0 - 5.5 ก่อนเตรียมแผ่นวัดความขาวสว่าง

4. เทเยื่อ 2 กรัมแห้งลงใน Buchnec funnel ซึ่งมีกระดาษกรองหนาวางอยู่ ใช้น้ำกลั่นฉีดให้เปียก แล้ววางแผ่นกระดาษกรองบาง อย่าให้มีฟองอากาศ แล้วดูดน้ำออก พอเสร็จดึงแผ่นกระดาษกรองหนาออก นำแผ่นใหม่มาทาบบันทึกว่า top side

5. นำมา press ตามลำดับ ดังนี้

- แผ่น plate
- กระดาษซับ 2 แผ่น
- test sheet
- กระดาษซับ 2 แผ่น
- แผ่น plate
- กระดาษซับ 2 แผ่น

- test sheet

ทำการ press 1 min โดยใช้ pressure 300 kPa

6. ตาก test sheet 2.5 -4 hr. จนมีความชื้น 5-10 % ที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการวัด Brightness

1. อ่านค่า Working Standard ตรงกับ Assing Value $\pm$ 0.3
2. กดปุ่ม (^) (7) ปรากฏ "Measuring Brightness"
3. วาง test sheet ด้าน top side ลงบน Elrepho วัดโดยกดปุ่มเหลือง บันทึกค่า Brightness ต่อ Test Sheet
4. รายงานค่าความขาวสว่างเป็นค่าเฉลี่ย %ISO Brightness ใกล้เคียงกัน 0.5 %

13) การทดสอบแคปปานัมเบอร์ของเยื่อ

(อ้างอิง T236 cm-85)

ค่าจำกัดความ

Kappa No. คือ จำนวนมิลลิลิตร ของโปตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.1 นอร์มัล (0.1N $KMnO_4$) ที่ใช้ไปต่อเยื่อ 1 กรัมแห้ง ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดโดยผลลัพธ์ที่ จะได้จะถูกแปลงให้สมดุลย์กับปริมาณ 50 % ของ 0.1N $KMnO_4$ ที่เติมลงไปในการทดลอง

วัตถุประสงค์

1. ทดสอบปริมาณลิกนินในเยื่อชนิดต่างๆ ที่มีผลผลิต (Pulp Yield) ต่ำกว่า 60 % เช่น Chemical Pulps, Semichemical Pulps, Unbleached Pulps และ Semibleached Pulps และอาจใช้ได้กับเยื่อที่มีผลผลิตมากกว่า 70 %
2. ทดสอบความต้องการและความสามารถในการฟอกเยื่อดังข้อ 1

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องตีเยื่อ (Disintegrators)
2. Magnetic Stirrer
3. เครื่องควบคุมอุณหภูมิ25°C $\pm$ 0.2 °C
4. บีเกอร์ 2000 ml

5. ปิเปต 100 ml (two 100 ml automatic pipets)

6. บิวเรต 50 ml

7. เครื่องกรองโดยใช้ลมดูด

8. กระดาษกรองหมายเลข 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 9-15 cm.

9. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี

1. Potassium Permanganate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1N $\pm$ 0.0005N $KMnO_4$)

2. Sodium Thiosulfate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1N $\pm$ 0.0005N $Na_2S_2O_3$)

3. Potassium Iodide Solution ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล หรือ 16.6 % KI

4. Sulfuric Acid ความเข้มข้น 4 นอร์มัล (4N H_2SO_4)

5. Starch Indicator Solution 0.2%

วิธีการทดสอบ

1. ปริมาณตัวอย่างเยื่อที่ใช้จะต้องทำการลองผิดลองถูก เพื่อให้ปริมาณลิกนินสมดุลกับ 0.1N $KMnO_4$ จำนวน 50 % ของที่เติม ซึ่งขึ้นกับแฟคเตอร์หลายตัวด้วยกัน เช่น ชนิดของเยื่อ, กรรมวิธีการต้มเยื่อนั้น เป็นต้น ปริมาณเยื่อตาม Std. = 50/Kappa โดยประมาณ โดยที่ปรับปริมาณ เยื่อที่ใช้จนกระทั่งมีประมาณ Consumed สารเคมีเป็น 50%

2. ตีตัวอย่างเยื่อในเครื่องตีเยื่อโดยใช้น้ำกลั่น ประมาณ 500 ml หรือน้อยกว่าตีจนกระทั่งเยื่อกระจายตัว

3. ใส่ตัวอย่างเยื่อที่ตีแล้วลงในบีกเกอร์ขนาด 2000 ml เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรรวม 795 ml เปิดสวิทช์ของ Magnetic Stirrer (25 °C $\pm$ 0.2 °C)

4. ปิเปต 0.1N $KMnO_4$ จำนวน 100 ml และ 4N H_2SO_4 จำนวน 100 ml ผสมกันในบีกเกอร์ 250 ml (25 °C) เติมลงในบีกเกอร์ข้อ 3 ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 10 นาที

5. หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติม 16.6 % KI จำนวน 20 ml (กระบอกตวง)

6. ไตเตรตหาปริมาณไอโอดีนอิสระ (I_2) ที่เกิดขึ้นด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้ง 2-3 หยด จะได้สารละลายสีน้ำเงินเข้มไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินจางหายใสไม่มีสี บันทึกปริมาณของ 0.1N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ก็ทราบถึง 0.1N $KMnO_4$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยา

7. การทำ Blank Test

7.1 เติมน้ำจำนวน 800 ml ลงในบีกเกอร์ 2000 ml เปิดสวิทช์ของ Magnetic Stirrer

7.2 เติม 4N H_2SO_4 100 ml 0.1N $KMnO_4$ 100 ml ผสมกัน

7.3 เติม 16.6% KI จำนวน 20 ml

7.4 ไตเตรตด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้งได้สารละลายสีน้ำเงิน จากนั้นไตเตรตต่อจนได้สารละลายใสไม่มีสีบันทึกปริมาณของ 0.2N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้

<u>การคำนวณ</u> Kappa No. = $Pf/W\ [1 + 0.013\ (25-t)]$

$P = (b-a)\ N\ /\ 0.1$

โดยที่ P = จำนวนมิลลิลิตร 0.1N, $KMnO_4$ ที่ใช้ไปโดยตัวอย่าง

b = จำนวนมิลลิลิตร 0.1N, $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ไปในการทำ Blank Test

a = จำนวนมิลลิลิตร 0.1N, $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการทดลองโดยตัวอย่างเยื่อ

N = จำนวนนอร์มัลริตี้ (Normality) ของ $Na_2S_2O_3$

f = แฟคเตอร์สำหรับแปลงผลลัพธ์ให้สมดุลย์กับปริมาณ 50% ของ 0.1N $KMnO_4$ ที่เติมลงไปในการทดลอง (ค่าตาราง 1)

t = อุณหภูมิขณะทำการทดลอง, °C

Table 1 Factors "f" to Correct for Different Percentages of Permanganate Used

f +	0	1	2	3	4
30	0.958	0.960	0.962	0.964	0.966
40	0.979	0.981	0.983	0.985	0.987
50	1.000	1.002	1.004	1.006	1.009
60	1.022	1.024	1.026	1.028	1.030
70	1.044				

f +	5	6	7	8	9
30	0.968	0.970	0.973	0.975	0.977
40	0.989	0.991	0.994	0.996	0.998
50	1.011	1.013	1.015	1.017	1.019
60	1.033	1.035	1.037	1.039	1.042

Table 2 Factors "f" to Correct for Different Percentages of Permanganate Used

P	0	1	2	3	4
30	0.958	0.960	0.962	0.964	0.966
40	0.979	0.981	0.983	0.985	0.987
50	1.000	1.002	1.004	1.006	1.009
60	1.022	1.024	1.026	1.028	1.030
70	1.044	1.046	1.048	1.050	1.052

P	5	6	7	8	9
30	0.968	0.970	0.973	0.975	0.977
40	0.989	0.991	0.994	0.996	0.998
50	1.011	1.013	1.015	1.017	1.019
60	1.033	1.035	1.037	1.039	1.042
70	1.055	1.057	1.060	1.062	1.064

ค่า "f" คำนวณจากสูตร K = Pf

โดยที่ Log K = Log (p/W) + 0.00093 (P-50)

f = Factor for Correction to a 50% Permanganate Consumption

W = Grams of Moisture-Free Pulp in the Specimen (จากตารางข้างต้นใช้ W = 1 กรัม)

P = ml. of 0.1 N Permanganate Consumed by the Specimen

Table 3 Correction factor for temp. variation in Kappa No. Det

Ct = (1 + 0.013 (25-T))

T	22	24	25	26	27
CT	1.0391.0.26	1.013	1.000	0.987	0.974

T	28	29	30	31	32	33
CT	0.961	0.948	0.935	0.922	0.909	0.896

14) การทดสอบเปอร์แมงกาเนตนัมเบอร์ของเยื่อ (PERMANGANATE NUMBER OF PULP)

อ้างอิง T214 su-71

คำจำกัดความ

Permanganate Number (K. No.) คือ จำนวนมิลลิลิตรของโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.1 นอร์มัล (0.1N $KMnO_4$) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับลิกนินซึ่งอยู่ในเยื่อแห้ง 1 กรัม ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์

1. ทดสอบหาปริมาณลิกนินในเยื่อ หลังจากผ่านกระบวนการย่อยเยื่อทางเคมี (Chemical Pulping) เพื่อควบคุมกรรมวิธีการต้มเยื่อโดยกำหนดให้มีปริมาณลิกนินไม่เกิน 6 %

2. ทดสอบความต้องการ และความสามารถในการฟอกเยื่อ โดยหาปริมาณลิกนินในเยื่อก่อนฟอก และเยื่อที่อยู่ระหว่างขั้นตอนการฟอก

เครื่องอุปกรณ์

1. Magnetic Stirrer
2. บีกเกอร์ 2,000 มิลลิลิตร
3. บิวเรต 50 มิลลิลิตร
4. เครื่องกรองโดยใช้ลมดูด
5. กระดาษกรองหมายเลข 1 เส้นผ่านศูนย์กลาง 9-15 เซนติเมตร
6. นาฬิกาจับเวลา

สารเคมี 1. Potassium Permanganate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1N $KMnO_4$)

2. Sodium Thiosulfate ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล (0.1N $Na_2S_2O_3$)

3. Potassium Iodide Solution ความเข้มข้น 16.6 % (16.6 % KI)

4. Sulfuric Acid ความเข้มข้น 4 นอร์มัล (4N H_2SO_4)

5. Starch Indicator Solution

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งเยื่อตัวอย่างประมาณ 20 กรัมแห้ง เติมน้ำให้มีปริมาตรประมาณ 2-2.5 ลิตร ตีเยื่อให้กระจายตัวประมาณ 5 นาที เติมน้ำกลั่นให้ได้ Consistency ประมาณ 0.2 % คนให้เยื่อกระจายตัวแล้วตวงด้วยกระบอกตวง 1 ลิตร กรองหา Consistency

2. เมื่อทราบค่า Consistency แล้ว ตวงตัวอย่างให้ได้ปริมาณเยื่อแห้ง 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ 2,000 มิลลิลิตร

3. ก. <u>ในกรณีที่เยื่อนั้นมีปริมาณลิกนินน้อยคือมีค่า K. No. น้อยกว่า 20</u>

1. เติมน้ำลงในบีกเกอร์ 2,000 มิลลิลิตร (ในข้อ 2) จนมีปริมาตรรวม 700 มิลลิลิตร เปิดสวิทช์ของ Magnetic Stirrer

2. เติม 4.0N H_2SO_4 จำนวน 25 มิลลิลิตร

3. เติม 0.1N $KMnO_4$ จำนวน 25 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว โดยใช้บิวเรตปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 5นาที โดยเริ่มจับเวลาเมื่อเติม 0.1N $KMnO_4$ ไปเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมด

ข. <u>ในกรณีที่เยื่อนั้นมีค่า K No. มากกว่า 20</u>

1. เติมน้ำลงในบีกเกอร์ 2,000 มิลลิลิตร (ในข้อ 2) จนมีปริมาตรรวม 1,120 มิลลิลิตร เปิดสวิทช์ของ Magnetic Stirrer

2. เติม 4.0N H_2SO_4 จำนวน 40 มิลลิลิตร

3. เติม 0.1N $KMnO_4$ จำนวน 40 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว โดยใช้บิวเรต ปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 5 นาที โดยเริ่มจับเวลาเมื่อเติม 0.1N $KMnO_4$ ไปเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของทั้งหมด

หมายเหตุ <u>ในกรณีที่เยื่อนั้นมีค่า K No. มากกว่า 35 ควรหาเป็น Kappa Number (T236)</u>

4. หลังจากปล่อยให้เกิดปฏิกิริยานาน 5 นาที แล้วหยุดด้วยการเติมสารละลาย 16.6 % KI จำนวน 5 มิลลิลิตร

5. ไตเตรตสารละลายด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้ง (Starch Indicator Solution) จำนวน 1-2 มิลลิลิตร จนได้ละลายสีน้ำเงินเข้ม ไตเตรตต่อไปจนสีน้ำเงินหายไปได้สารละลายใสไม่มีสี บันทึกปริมาณของ 0.1N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้

6. การทำ Blank Test

6.1 เติมน้ำจำนวน 1,120 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ 2,000 มิลลิลิตร เปิดสวิทช์ของ Magnetic Stirrer

6.2 เติม 4.0N H_2SO_4 จำนวน 40 มิลลิลิตร

6.3 เติม 0.1N $KMnO_4$ จำนวน 40 มิลลิลิตร

6.4 เติม 16.6 % KI จำนวน 5 มิลลิลิตร

6.4 ไตเตรตด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3$ จนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน จึงเติมน้ำแป้งซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ จากนั้นไตเตรตต่อไปจนได้สารละลายใสไม่มีสี บันทึกปริมาณของ 0.1N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้

การคำนวณ

Permanganate Number (K No.) = (A - B) / W

A = จำนวนมิลลิลิตร 0.1N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการทำ Blank Test

B = จำนวนมิลลิลิตร 0.1N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ในการทดลองโดยตัวอย่างเยื่อ

W = น้ำหนักกรัมแห้งของตัวอย่างเยื่อที่ใช้

15) การหาค่า ซี.โอ.ดี. (C.O.D.: chemical oxygen demand) โดยวิธี Dilution method (APHA AWWA and WPCF, 1992)

เครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการกลั่นแบบไหลกลับคืน (reflux apparatus) ประกอบด้วย

1. ขวดก้นกลม(round bottom flask) ขนาดความจุ 250 มิลลิลิตร

2. เครื่องควบแน่น (condensors) ความยาว 45 เซนติเมตร

3. เครื่องให้ความร้อน (hot plate หรือ heating mantle) ซึ่งสามารถให้กำลังอย่างน้อย 9 วัตต์ต่อตารางนิ้ว ต่อพื้นที่ผิวของขวดก้นกลม

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.25 นอร์มอล ละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่อบแห้งดีแล้ว หนัก 12.259 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟามิค (sulfamic acid) 0.12 กรัม แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น1 ลิตร

2. สารละลายกรดซัลฟูริค ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 22

กรัม ในกรดซัลฟูริคเข้มข้นบรรจุขวดขนาด 9 ปอนด์ (2.25 ลิตร) เนื่องจากซิลเวอร์ซัลเฟต ละลายยากอาจต้องใช้เวลานาน 1-2 วัน จึงละลายหมด

3. สารละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตไตแตรนต์ (standard ferrous ammonium sulfate titrant) 0.1 นอร์มอล ละลายเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH)_4(SO_4)_2.6H_2O$) 39 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทำให้เย็น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายเฟอโรอิน อินดิเคเตอร์ (ferroin indicator solution) ละลาย 1,10-phamonthroline monohydrate ($C_{12}H_8N_2.H_2O$) หนัก 1.485กรัม พร้อมกับเฟอริคซัลเฟต หนัก 0.695 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 100 มิลลิลิตร

5. เมอร์คิวริคซัลเฟต ($HgSO_4$) ชนิดเป็นผลึกบริสุทธิ์

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

ใส่เมอร์คิวริคซัลเฟต หนัก 0.4 กรัม และลูกแก้ว 5-10 เม็ด (อบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซนติเกรด เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) ลงในขวดกลั่น เติมตัวอย่างน้ำซึ่งเจือจางพอเหมาะแล้ว 20 มิลลิลิตร เติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.250 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมสารละลายกรดซัลฟูริคลงไปปริมาตร 30 มิลลิลิตร เขย่าสารผสมให้เข้ากันดี กลั่นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น แล้วฉีดล้างส่วนที่ค้างอยู่ในเครื่องควบแน่นด้วยน้ำกลั่นก่อนถอดขวดน้ำกลั่นออก เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ส่วนผสมมีปริมาตรเป็น 140 มิลลิลิตร โดยประมาณปล่อยให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องไตเตรตสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต ด้วยสารละลายมาตรฐาน เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต ใช้เฟอโรอินเป็นอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด จนกระทั่งส่วนผสม เปลี่ยนจากสีน้ำเงินแกมเขียว เป็นสีน้ำตาลแดง แสดงว่าถึงจุดยุติ

สำหรับตัวเทียบศูนย์(blank) ใช้น้ำกลั่น ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แทนตัวอย่างน้ำ

<u>การคำนวณ</u>

ซี.โอ.ดี. = $(a-b) \times c \times 8000$ / มิลลิลิตรของตัวอย่าง มิลลิกรัม/ลิตร

a = มิลลิลิตรของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ใช้กับตัวเทียบศูนย์

b = มิลลิลิตรของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตใช้กับน้ำตัวอย่าง

c = ความเข้มข้นเป็นนอร์มอลของเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต

16) การหาค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D. :biochemical oxygen demand) (APHA AWWA and WPCF, 1992)

เครื่องมือ

1. ขวดอินคิวเบท (incubation bottle) หรือขวด บี.โอ.ดี. ขนาด 200-300 มิลลิลิตร

2. เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซนติเกรด

3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆ เช่น บิวเรท ขวดรูปกรวย กระบอกตวง เป็นต้น

สารเคมี

1. น้ำกลั่นบริสุทธิ์ คุณภาพสูง ปราศจากคลอรีน คลอรารีน อัลคาไลนิตี้ กรด และสารอินทรีย์ มีทองแดงไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

2. สารละลาย ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ ละลายโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 8.5 กรัม ไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HOP_4) 21.75 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HOP_4.7H_2O$) 33.4 กรัม และแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้ควรมีความเป็นกรดเป็นด่าง เท่ากับ 7.2

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต ละลายแมกนีเซียมซัลเฟต 22.5 กรัม ในน้ำกลั่น และเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ละลายแคลเซียมคลอไรด์($CaCl_2$) ที่อบแห้ง 27.5 กรัม ในน้ำกลั่น และเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายเฟอริคคลอไรด์ ละลายเฟอริคคลอไรด์ ($FeCl_3$

6. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มอล ละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) ที่อบแห้ง 1.575 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้สลายตัวได้ง่าย จึงควรเตรียมเฉพาะเวลาใช้เท่านั้น

7. สารละลายกรดหรือด่าง 1 นอร์มอล สำหรับใช้ปรับความเป็นกรด

เป็นด่างให้เป็นกลาง

8. การเติมน้ำเชื้อ (seeding) การเติมน้ำเชื้อก็เพื่อต้องการให้มีจำนวนบักเตรีเพียงพอในการย่อยสลายสารอินทรย์ในน้ำเสีย น้ำเสียประเภทสารอินทรีย์ เช่น น้ำโสโครกจากบ้านเรือน ซึ่งมีบักเตรีอยู่เป็นจำนวนมากแล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องเติมน้ำเชื้อลงไปอีก ส่วนตัวอย่างที่มีเชื้อบักเตรีอยู่น้อยหรือไม่มีเลยจะต้องเติมเชื้อลงในน้ำที่ใช้เจือจาง น้ำเชื้อมาตรฐานเตรียมได้จากน้ำโสโครกจากบ้านเรือน แล้วปล่อยให้ตกตะกอนแล้วนำไปอบเพาะเชื้อในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซนติเกรด เป็นเวลานาน 24-36 ชั่วโมง จึงดูดเอาส่วนบนมาใช้ โดยทั่วไปแล้วใช้น้ำเชื้อมาตรฐาน 1-2 มิลลิลิตร ต่อน้ำที่เจือจาง 1 ลิตร

<u>วิธีการวิเคราะห์</u>

1. การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาณที่ต้องการใช้ 1 ลิตร ใส่ลงในภาชนะที่สะอาด เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ สารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ โดยใช้สารละลายแต่ละชนิดอย่างละ 1 มิลลิลิตร ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร พ่นอากาศที่สะอาดเพื่อเพิ่มปริมาณสารละลายออกซิเจนให้กับน้ำเจือจาง เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมง เติมน้ำเชื้อ 2 มิลลิลิตรต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้

2. วิธีเจือจาง นำน้ำตัวอย่างมาเจือจางในระดับต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด จึงเลือกตัวอย่างเพื่อเจือจางในขั้นที่สูง และต่ำกว่าที่อยู่ติดกันอีก 2 ขั้น ค่อย ๆ รินน้ำตัวอย่าง 300 - 500 มิลลิลิตร ลงในกระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยพยายามอย่าให้มีฟองอากาศ เติมตัวอย่างน้ำที่ต้องการหาค่า บี.โอ.ดี. จำนวนที่ต้องการแล้วเติมน้ำเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันอย่าให้เกิดฟองอากาศ ค่อย ๆ รินใส่ขวด บี.โอ.ดี. 3 ขวด ปิดจุก นำไปบ่มในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซนติเกรด 2 ขวด ขวดที่เหลือนำไปหาค่าสารละลายออกซิเจน (dissolved oxygen: D.O.) ทันที เพื่อทราบค่าสารละลายออกซิเจน ที่จุดเริ่มต้น (D_o) สำหรับอีก 2 ขวด นำมาหาค่า สารละลายออกซิเจนเมื่อครบ 5 วัน (D_5)

17) การหาปริมาณสารละลายออกซิเจน (dissolved oxygen:D.O.)โดยวิธี Azide Modification of the Iodometric Method (APHA AWWA and WPCF, 1992)

เครื่องมือ

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟตละลายแมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$

2. สารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-อาไซด์ ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัม และโซเดียมไอโอไดด์ (NaI) 135 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วเติมจนเป็น 1 ลิตร เสร็จแล้วเติมโซเดียมอาไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ที่ละลายในน้ำกลั่น 40 มิลลิกรัม

3. กรดซัลฟูริค เข้มข้น

4. น้ำแป้ง ละลายแป้งมัน 5 กรัม ในน้ำกลั่น ประมาณ 50 มิลลิลิตร ค่อยๆเทลงในน้ำกลั่นประมาณ 800 มิลลิลิตร ที่ต้มจนเดือดและคนจนเป็นเนื้อเดียว เติมน้ำอีกจนเป็น 1 ลิตร ปล่อยให้เดือดประมาณ 5 นาที ปล่อยทิ้งให้เย็น เติมกรดซาลิไซลิค (salicylic acid) 1.25 กรัม หรือใช้โทลูอิน (toluene) 2-3หยด ลงในสารละลายน้ำแป้ง เพื่อกันบูด

5. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มอล ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) 6.205 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มจนเดือดและปล่อยให้เย็นลง แล้วเติมจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้สามารถเก็บรักษาให้คงสภาพอยู่ได้โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัมต่อลิตร

วิธีการวิเคราะห์

จากตัวอย่างน้ำที่เก็บไว้ ในขวดปริมาตร 250-300 มิลลิลิตร เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟต 2 มิลลิลิตร และเติมสารละลายอัลคาไล-ไอโอไดด์-อาไซด์ ตามลงไปทันที 2 มิลลิลิตร ให้ปลายหลอดจมอยู่ในตัวอย่างน้ำ ปิดจุกระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ จับขวดคว่ำลงแบบพลิกข้อมืออย่างน้อย 15 ครั้ง ตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนที่เกิดขึ้นนอนก้น รอจนได้น้ำใสส่วนบนประมาณ 100 มิลลิลิตร เปิดจุก แล้วเติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นลงไปทันที 2 มิลลิลิตร ปิดจุกค่อย ๆ เขย่าจนกระทั่งตะกอนละลายหมด ตวงสารละลายที่ได้ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปกรวยขนาด 500 มิลลิลิตร นำไปไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียม

แล้วไตเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

การคำนวณ

บี.โอ.ดี. = $(D_o - D_5) / P$ มิลลิลิตร/ลิตร

D_o = DO ของตัวอย่างที่ได้ทำการเจือจางแล้วเป็นเวลา 15 นาที

D_5 = DO ของตัวอย่างที่ได้ทำการเจือจางแล้วเพาะเลี้ยงไว้เป็นเวลา 5วัน

P = ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้

18) วิธีการวัดสีของน้ำโดย Spectrophotometric Method (APHA AWWA and WPCF, 1992)

การวัดสีของตัวอย่างน้ำโดยใช้เครื่อง spectrophotometer เป็นการขจัดข้อผิดพลาดเนื่องจากตาของแต่ละคน

เครื่องมือ

1. spectrophotometer
2. cell

สารเคมี

Stock color solution 500 units ละลาย 1.246 กรัม K_2PtCl_6 (สมมูลย์กับ 500 มล.Pt) และ 1.00 กรัม $CoCl_2.6H_2O$ (สมมูลย์กับ 250 มล.Co) ในน้ำกลั่นซึ่งเติม 100 มล. conc. HCl เขย่าแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มล.

วิธีทำ

1. เตรียมอนุกรมของ standards โดยปิเปต stock color solution ตามตารางข้างล่างนี้ แล้วเติมน้ำกลั่นจนเป็นปริมาตร 50 มล.

UNIT COLOR	ML. STOCK COLOR
80	8
100	10
120	12
140	14
160	16
180	18
200	20
220	22
240	24
260	26
280	28
300	30
320	32
340	34
360	36
380	38

2. นำอนุกรม standard มาวัดค่าAbsorbant(AB) ที่ wavelength 355 nm และนำค่า AB ที่ได้มาพลอตกราฟระหว่าง UNIT COLOR กับค่า AB เป็น standard curve

3. นำตัวอย่างน้ำมาวัดค่า AB ที่ wavelength 355 nm แล้วมาเทียบกับstandard curve ถ้าตัวอย่างน้ำมีสีเกินค่า standard ให้ทำการเจือจางก่อนด้วยน้ำกลั่น

UNIT COLOR	AB
80	0.196
100	0.244
120	0.274
140	0.319
160	0.384
180	0.424
200	0.490
220	0.541
240	0.594
260	0.649
280	0.671
300	0.719
320	0.767
340	0.861
360	0.915
380	0.970

X	Y	X^2	Y^2	X*Y	PRED.Y
80.0	0.196	6400.00	0.04	15.68	0.202
100.0	0.244	10000.00	0.05	22.40	0.250
120.0	0.274	14400.00	0.08	32.88	0.298
140.0	0.319	19600.00	0.10	44.66	0.346
160.0	0.384	25600.00	0.15	61.44	0.395
180.0	0.424	32400.00	0.18	76.32	0.443
200.0	0.490	40000.00	0.24	98.00	0.491
220.0	0.541	48400.00	0.29	119.02	0.539
240.0	0.594	57600.00	0.35	142.56	0.587
260.0	0.649	67600.00	0.42	168.74	0.635
280.0	0.671	78400.00	0.45	187.88	0.684
300.0	0.719	90000.00	0.52	215.70	0.732
320.0	0.767	102400.00	0.59	245.44	0.780
340.0	0.861	115600.00	0.74	292.74	0.828
360.0	0.915	129600.00	0.84	329.40	0.876
380.0	0.970	144400.00	0.94	368.60	0.924

16.00 = n

3680.00 = SUM OF X

9.00 = SUM OF Y

982400.00 = SUM OF X^2

5.97 = SUM OF Y^2

2421.46 = SUM OF X*Y

230.00 = X MEAN

0.56 = Y MEAN

136000.00 = SUM OF X*X-((SUM OF X)*2)/n

0.91 = SUM OF Y*2-((SUM OF Y)*2)/n

351.93 = SUM OF X*Y-(SUM OF X)*(SUM OF Y)/n

0.02 = ST. DEV. OF POINT ABOUT REGRESSION

DATA RANGE

0.00 = X MIN.

380.00 = X MAN.

0.196 = Y MIN.

0.970 = Y MAX.

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศรีสุดา ธรรมวิชุกร เกิดวันที่ 19 มิถุนายน 2513 จังหวัดราชบุรี ได้รับปริญญาวิทยาศาตร์บัณฑิต สาขาพฤกษศาสตร์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535 ได้เข้าศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ เมื่อเทอมต้นปี 2536 สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2537