เอกสารอ้างอิง

จรุงจันทร์ ผลยีวิน, เสริมศรี คงศักดิ์ และ ธัญญวรรณ โกศลารักษ์. "กลิ่นของปุ๋ยอินทรีย์." รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2504.

นฤมล เรืองฤทธิ์นนท์. "เอนไซม์ย่อยสลายเซลลูโลสของ *Aspergillus fumigatus* Fresenius (V_1) ที่แยกได้จากกองขยะ." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

นิพนธ์ ตันติเวทย์ และ ปรีดี ดีรักษา. "การใช้สาร Agromax dilute และเชื้อจุลินทรีย์ Agromax Cellostat เป็นตัวเร่งในการผลิตปุ๋ยหมักจากกากอ้อย." รายงานวิจัยปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, 2523.

นิลิต ปัทมโยธิน. "การศึกษาเครื่องปฏิกรณ์ชีวภาพแบบตรึงขั้นสำหรับย่อยสลายฟางข้าว." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

ประเทือง ตรีเพชร. "คุณภาพทางเคมีของวัตถุทำปุ๋ยหมัก และปุ๋ยหมักที่ใช้ได้แล้ว." รายงานวิจัยปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2524.

ปรีดี ดีรักษา และ ปรัชญา ธัญญาดี. "การใช้สาร Agromax concentrate เป็นตัวเร่งในการผลิตปุ๋ยหมักจากเศษพืชชนิดต่าง ๆ." เอกสารเผยแพร่วิชาการ, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2523.

ปรัชญา ธัญญาดี. "การทำปุ๋ยหมักโดยคลุกเชื้อจุลินทรีย์." รายงานวิจัยปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2523.

ปรัชญา ธัญญาดี. "ความรู้เรื่องอินทรีย์วัตถุในดิน." ว. พัฒนาที่ดิน 20(216), (2516) : 37 - 53.

พิทยากร ลิ่มทอง. "จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ และปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการทำปุ๋ยหมัก." เอกสารประกอบคำบรรยายการอบรมการทำและการใช้ปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2523.

พิทยากร ลิ่มทอง และ ปรีดี ดีรักษา. "การศึกษาชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ Agromax Cellostat." รายงานวิจัยปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2521.

พิทยากร ลิ่มทอง และ ปรัชญา ธัญญาดี. "การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการในกองปุ๋ยหมักจากกากอ้อย เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์ Agromax-Cellostat." รายงานวิจัยปุ๋ยหมัก, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2523.

พินิจ สุวรรณชฎ. "การทดลองทำปุ๋ยหมักโดยใช้สารตัวเร่ง (compost accerelator) เปรียบเทียบกับอย่างอื่น." วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต ภาควิชากลกรรมและสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2496.

เพียรพรรค ทัศคร. "การอบแห้งข่านอ้อย." การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 6, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

เพลินจิต ทมยิตชงค์. "การเตรียมปุ๋ยหมักจากฟางข้าวและผักตบชวา โดยวิธีแปรผันเชื้อ *Aspergillus oryzae* Fugita." ว.วิจัยวิทยาศาสตร์ 8,(2526) : 156 - 165.

มะลิวัลย์ เทพพูลผล, พงเล็ก โมลกุล, ลำเนา เพชรฉะหวี และ วิศิษฐ์ ชูลติกุล. "การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา, ฟางข้าว และวัชพืช." รายงานวิจัยกองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2522.

รติยา จันทรเทียร. "การศึกษาการย่อยสลายของฟางข้าวหมัก." รายงานโครงการการ-เรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

สมศักดิ์ วังใน. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. หน้า 1 - 120, สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2528.

สุนทร วงศ์สวัสดิ์. "การแยกเชื้อและศึกษาความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลสของเชื้อรา." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาจุลชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2516.

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. "การใช้น้ำกากส่าจากโรงงานในการผลิตไบโอก๊าซและทำปุ๋ยอินทรีย์ข้นบท." จุลสารสภาวะแวดล้อม 3(2), (2527) : 1 - 14.

สุพจน์ เรืองฤทธินนท์, เกศะนี วิมลอนุพงษ์, พิไลสมร บูรณศิริ, ลักษมี รุ่งอรุณศรีสุข, สุรพล ทักษเดช และ สุวิมล อังคุลิงห์. "การศึกษาเพื่อการปรับปรุงคุณภาพดินภายหลังการปลูกอ้อยและมันสำปะหลัง." โครงการการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาข้นบท, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

อัญชริดา สวารชร. "การคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ Xylanase และศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิต." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524.

Acharya, C.N. "Comparison of Different Methods of Waste Material." Ind. J. Agri. Sco. 9(1939) : 817 - 833.

_____. "Preparation of Compost Manure from Town Wastes." Mise. Bull. Imp. Coun. Agri. Res. No. 60 pp. 42 - 60, 1949.

Aiba, S., Humphrey, A.E. and Millis, N.F. in Biochemical Engineering, 2nd ed., pp. 110 - 127. Academic Press, New York, 1973.

Alexander, M. in Introduction to Soil Microbiology, 2nd ed., pp. 128 - 173. John Wiley & Sons, New York, 1977.

Anonymous in Preliminary Report on a Study of the Composting of Garbage and Other Solid Organic Wastes. Civil Sanit. Bug. Dept., Michigan State Univ., U.S.A., 1955.

Appel, O. and Schikhorra. "Beitrage zur Kenntnis der Fusarien und der von Ihnen Hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten." Arb. Biol. Anst. Land. Forstw. 5(1906) : 155 - 188.

Aronovsky, S.I., Lanthrop, E.C. and Nelson, G. "Agricultural Residue Pulp - bleaching Studies on Straw." Pap. Trade J. 117(1943) : 38.

Aschner, M. "Cultivation of Cellulose Splitting Bacteria on Membranes of *Acetobacter xylinum*." J. Bact. 33(1937) : 249 - 252.

Bacon, S.S. "Garbage Composting for Mushroom Production." Appl. Microbiol. 13(1965) : 5.

Barnett, H.L. in Illustrate Genera of Imperfect Fungi, 2nd ed., pp. 1 - 241. Burgess Publishing, Minneapolis, 1965.

Barron, G.L. in The Genera of Hyphomycetes from Soil. pp. 207 - 208. R.E. Krieger Publishing Company, 1968.

Beaumont. in Artificial Manure. pp. 1 - 38, Orange Publishing, New York, 1920.

Berghem, L.E.R. and Pettersson, L.G. "The Mechanism of Enzymatic Cellulose Degradation : Purification of a Cellulolytic Enzyme from *T. viridae* Active on Highly Ordered Cellulose." European J. of Biochem. 37(1973) : 21 - 30.

Berghem, L.E.R. and Pettersson, L.G. "The Mechanism of Enzymatic Cellulose Degradation : Isolation and Some Properties of a B - Glucosidase from *T. viridae*." European J. of Biochem. 46(1974) : 295 - 305.

Block, S.S. "Garbage Composting for Mushroom Production." Appl. Microbiol. 13(1965) : 5.

Bravery, A.F. "Microbiological Breakdown of Cellulose in the Presence of Alternation Carbon Sources." J. Sci. Food Agri. 19(1968) : 133 - 135.

Bunce, M.E. "*Humicola stellatus*, a Thermophilic mold from Hay." Tran. Bri. Mucol. Soc. 44(1961) : 372 - 376.

Cardenas, R.R. and Varro, S., "Disposal of Urban Solid Wastes by Composting." in Symposium on Processing Agricultural and Municipal Wastes (Lnglett, G.E. ed.) pp. 183 - 204. Avi Publishing, Connecticut, 1973.

Carlyle, R.E. and Norman, A.G. "Microbial Thermogenesis in the Decomposition of Plant Materials." J. Bact. 41(6), (1941) : 699 - 724.

Chang, Y. "The Fungi of Wheat Straw Compost. II Biochemical Physiological Studies." Tran. Bri. Mycol. Soc. 50(1967) : 667 - 677.

Chang, Y. and Hudson, H.J. "The Fungi of Wheat Straw Compost I Ecological Studies." Tran. Bri. Mucol. Soc. 50(4), (1967) : 649 - 666.

Chavanich, S. Yoshioka, H., Nilubol, N. and Hayashida, S. Production and Characterization of Thermostable Xylanase from *Tolaromyces byssochlamydoids* YH-50." Agri. Biol. Chem. 4(3), (1981) : 579 - 586.

Clawson, W.J. Garret, W.W. and Richards, S. "Composition of Rice Straw." Calif. Agri. Ext. Serv. Publ. MA-1 1970 : 45 - 92.

Cochran, T.W. and Vercellotti, J.R. "Hexosamine Biosynthesis and Accumulation by Fungi in Liquid and Solid Media. "Carbohydrate Research 61(1978) : 529 - 543.

Cooney, D.G. and Emerson, R. in Thermophilic Fungi, an Account of Their Biology, Activities and Classification. pp. 1 - 188, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1964.

Cornfield, A.H. "Composting of Straw in Small Units." Plant and Soil 10(2), (1958) : 183 - 193.

Daji, J.A. and Iyengar, T.R. in Hand-book of Manures and Fertilizer. pp. 68 - 122. Indian Coun. Agri. Res., New Delhi, 1971.

Daji, J.A. and Rajagopala, I.T. Organic Manures (Others) Framyard Manure in Hand-book of Manures and Fertilizer. pp. 150 - 366. Indian Coun. Agri. Res., New Delhi, 1971.

Davidson, E.A. Polysaccharides in Carbohydrate Chemistry, pp. 347 - 348. Holt, Rinchart and Winston, Inc., New York, 1967.

Dubos, R.J. "The Decomposition of Cellulose by Aerobic Bacteria." J. Bact. 15(1928) : 223 - 234.

Dwivedi, C.P. and Ghose, T.K. "A Modle on Hydrolysis of Bagasse Cellulose by Enzyme from *T. reesei* QM 9414." J. Ferment. Tech. 54(1), (1979) : 15 - 24.

Eastwood, D.J. "The Fungus Flora of Composts." Tran. Bri. Mycol. Soc. 35(3), (1952) : 215 - 220.

Eggins, H.O.W. and Pugh, G.J.E. "Isolation of Cellulose-decomposing Fungi from the Soil." Nature 193(1962) : 94 - 95.

Ellis, M.B. in Dematiaceous Hyphomycetes. pp. 58 - 60, Eastern Press, Great Britain, 1971.

Erikson, D. "Temperature Growth Relationships of a Thermophilic Actinomycete, *Micromonospora vulgaris*." J. Gen. Microbiol. 6(1952) : 286 - 294.

Femor, T.R. and Wood, D.A. "The Microbiology and Enzymology of Wheat Straw Mushroom Compost Production." in Proceeding of a Symposium on Straw Decay and Workship on Assessment Techniques (Grossbard, E. ed.) pp. 105 - 112. John Wiley & Sons, New York, 1979.

Fergus, C.L. "Thermophilic and Thermotolerant Molds and Actinomycetes of Mushroom Compost during Peak Heating." Mycologia 56(1964) : 267 - 284.

Festenstein, G.N., Lacey, J., Skinner, F.A., Jenkins, P.A. and Pepys, J. "Self-heating of Hay and Grain in Dewar Flarks and the Development of Farmer's Lung Antigens." J. Gen. Microbiol. 41(1965) : 589 - 607.

Finstein, M.S. and Morris, M.L. "Microbiology of Municipal Solid Waste Composting." Adv. Appl. Microbiol. 19(1975) : 113 - 151.

Fowler, G.J. "Recent Experments on the Preparation of Organic Manure." Agri. Live-stock Indian 7(1930) : 711 - 717.

Galler, W.S. and Davey, C.B. "High Rate Poultry Manure Composting with Sawdust." in Livestock Waste Management and Pollution Abatement Proceeding, International Symposium, pp. 159 - 162. Amer. Soc. Agri. Eng., 1971.

Gaur, A.C. and Bhardwaj, K.K.R. "Influence of Sodium Humate on the Crop Plants Inoculated with Bacteria of Agricultural Importance." Plant and Soil 35(1971) : 613 - 621.

Golueke, C.G. in Composting. pp. 1 - 152. Rodale Press, Pennsylvania, 1972.

Golueke, C.G. in Biological Reclamation of Solid Waste. pp. 1 - 36, Rodale Press, Pennsylvania, 1977.

Golueke, C.G., Card, B.J. and McGauhey, P.H. "A Critical Evaluation of Inoculums in Composting." Appl. Microbiol. 2(1954) : 45 - 53.

Gray, K.R., Sherman, K. and Biddlestone, A.J. "A Review of Composting - Part 1." Process Biochem. 6(6), (1971) : 32 - 36.

Gregory, P.H. and Lacey, M.E. "Mycological examination of Dust from Mouldy Hay Associated with Farmer's Lung Disease." J. Gen. Microbiol. 30(1963) : 75 - 80.

Griffon, E. and Maublanc, A. "Dense Moisissures Thermophiles." Bull. Soc. Mycol. 27(1911) : 68 - 74.

Grossbard, E. "Problem of Assessing the Degree of Aerobic Decomposition of Straw." in Proceeding of a Symposium on Straw Decay and Workshop on Assessment Techniques (Grossbard, E. ed.) pp. 285 - 288. John Wiley & Sons, New York, 1979.

Halliwell, G. in Microbial β-Glucanase Progress in Industrial Microbiology Vol. 15. (Bull, M.J. ed.) pp. 1 - 61. Elsevire Scientific Publish Company, New York, 1979.

Hampton, H.A., Hawort, W.N. and Hirst, E.L. "Polysaccharides Part IV the Constitution of Xylan." J. Chem. Soc. 1929 : 1739 - 1753.

Han, Y.W. "Microbial Utilization of Straw." Adv. Appl. Microbio. 23(1978) : 119 - 153.

Han, Y.W. and Srinivasan, V.R. "Isolation and Characterization of a Cellulose Utilizing Bacterium." Appl. Microbiol. 16(8), (1968) : 1140 - 1145.

Hankin, L. and Anagnostakis, S. "Solid Media Containing Carboxymethylcellulose to Detect CX-Cellulose Activity of Microorganism." J. Gen. Microbiol. 98(1977) : 109 - 115.

Harmsen, C.W. "Onderzoekingen over de Aerobe Cellulose Ontleading in de Grond. (Investigation on the Aerobic Cellulose Decomposing in Soil.)" Ph.D. Thesis, Agricultural University, Wageningen, 1946.

Haworth, W.N., Hirst, E.L. and Oliver, E. "Polysaccharides Part XVIII the Constitution of Xylan." J. Chem. Soc. 1934 : 1917 - 1923.

Hayashida, S. and Yoshioka, H. "The Role of Carbohydrate Moiety on Thermostability of Cellulases from *Humicola insolens* YH-8." Biol. Chem. 44(3), (1980) : 481 - 487.

Hays, J.T. "Composting of Municipal Refuse." in Symposium Proceeding Agricultural and Municipal Wastes (Lnglett, G.E. ed.) Avi Publishing Company, Connecticut, 1973.

Hayes, W.A. "Microbiological Changes in Composting Wheat Straw and Horse Manure Mixture." Mushroom Sci. 7(1969) : 173 - 186.

Hayes, W.A. and Lim, W.C. "Wheat and Rice Straw Composts and Mushroom Production." in Proceeding of a Symposium on Straw Decay and Workshop on Assessment Technique (Grossbard, E. ed.) pp. 85 - 94. New York, 1979.

Hazra, A.K., Box, S.K. and Guha, B.C. "A Modified Cellulosic Medium for the Isolation of Cellulolytic Fungi from Infected Material and Soil." Science and Culture 24(1958) : 39.

Hesseltine, C.W. "Solid State Fermentations." Biotech. Bioeng. 14(1972) : 517 - 532.

Howard, A. "The Waste Products of Agricultural and Their Utilization as Humus." Royal Society Aritificial Report, 1933.

Howard, A. "The Waste Products in Agriculture." J. Roy. Soc. Arts 84(1935) : 120.

Hubert, E.E. "The Diagnosis of Decay in Wood." J. Agri. Res. 29(1924) : 523 - 565.

Hungate, R.E. "Anaerobic Mesophilic Cellulolytic Bacteria." Bact. Rev. 14(1950) : 1 - 49.

Hurst, P.L., Sullivan, P.A. and Shepherd, M.G. "Substrate Specificity and Mode of Action of a Cellulase from *Aspergillus niger*." Biochem. J. 169(1978) : 389 - 395.

Hutchinson, H.B. and Clayton. J. "On the Decomposition of Cellulose by an Aerobic Organism (*Spirochaeta cytophage*) J. Agri. Sci. 9(1918) : 143 - 173.

Iterson, C.V. "Die Zersetzung von Cellulose Durch Aerobe Mikroorganism. (Decomposition of Cellulose by Aerobic Microorganism.) Centralblatt Bakt. Parasitenk. Abt. 11(1904) : 689 - 698.

Jackson, F.K. and Wad, Y.D. "The Sanitary Disposal and Agricultural Utilization of Habitation Wastes by the Indore Process." Inst. Plant Breed Indore Bull. No. 1, 1934.

Jochim, A.W.R. and Kandiah, S. "Chemical Studies in Compost Manure." Trop. Agricst. 83(1934) : 277 - 293.

Johnson, A.R. "Improved Method of Hexasamine Determination." Anal. Biochem. 44(1971) : 628 - 635.

Johnson, C.E. "The Wild World of Compost." Nat. Geo. 158(2), (1980) : 273 - 284.

Kane, B.E. and Mullins, J.T. "Thermophilic Fungi in a Municipal Waste Compost System." Mycologia 65(4), (1973) : 1087 - 1100.

Kershaw, M.A. "A General Review of Composting." Pro. Biochem. 3(5), (1968) : 53 - 56.

Kitpreechavanich, V., Hayashi, M. and Nagai, S. "Product of Xylan-degrading Enzymes by Thermophilic Fungi, *Aspergillus fumigatas* and *Humicola lanuginosa*." Annual Reports of ICME. 6(1983) : 35 - 43.

Klopotek, A.V., et al. "Uber das Vorkommen and Verhalten von Schimmelpilzen bei der Kompostierung Stadtischer Abfallstoffe." Antonie van Lecuwenhoek 28(1962) : 141 - 160.

Krainsky, A. "Die Aktinomyceten and I hre Bedeutung in der Natur." Centrbl. Bakt. 41(1914) : 649 - 688.

Lacey. J. in Actinomycetales : Characteristic and Practical Importance (Sykes, G. and Skinner, F.A., eds.) pp. 231 - 251. Academic Press, New York, 1973.

Limtong, S., Seki, T., Kinoshita, S., Taguchi, H. and Kummanta, J. "Production of Cellulase by Thermophilic Fungus Isolated in Thailand." JSPSNRCT Seminar on Agro-Industry Inchuding Microbial Technology, Japan, 1981.

Lotong, N., Kitpreechavanich, V., Tani, Y. and Okada, H. "Investigation of Xylanase Producing Microorganism in Thailand." Microbial Utilization of Renewable Resources, Vol 1, pp. 66 - 72. JSPSNRCT Seminar on Agro-Industry Including Microbial Technology, Japan, March 24 - 28, 1980.

Lynch, J.M. "Straw Residues as Substrates for Growth and Product Formation by Soil Microorganism." in Proceeding of a Symposium on Straw Decay and Workshop on Assessment Techniques (Grossbard, E. ed.) pp. 50 - 56. John Wiley & Sons, New York, 1979.

Mahloch, J.L. "Fungi Present during the Aerobic Cecomposition of Selected - Waste Substrates." Dev. Microbiol. 13(1972) : 308 - 316.

Malek, Y.A.E. and Monib, M. "Bacteriological and Chemical Studies in Rice Straw Compost. II Effect of Temperature on the Decomposition Process." J. Soil Sci. (U.A.R.) 9(1), (1969) : 13 - 24.

Malek, Y.A.E., Monib, M. and Zayed, M.N. "Bacteriological and Chemical Studies in Rice Straw Compost. I Composting of Rice Straw at Temperature Occuring under Field Condition." J. Soil. Sci. (U.A.R.) 1(1), (1961) : 51 - 66.

Mandels, M. and Reese, E.T. "Fungal Cellulases and the Microbial Decomposition of Cellulosic Fabric." in Proceeding of the Twentieth General Meeting of the Society for Industrial Microbiology. Dev. Ind. Microbiol. 5(1963) : 5 - 20.

Maridels, M. and STernberg, D. "Recent Advances in Cellulase Technology." J. Ferment. Technol. 54(4), (1976) : 267 - 286.

Martinez, D.V.G., Shinmyo, A. and Demain, A.L. "Studies on Cellulase Production by *Clostridium thermocellum*." Eur. J. Appl. Microbiol. Biotech. 9(1980) : 189 - 197.

McBeth, I.G. "Studies on the Decomposition of Cellulose in Soils." Soil Sci. 1(1961) : 437 - 487.

Minnich, J. and Hunt, M. in The Rodale Guide to Composting. pp. 1 - 405. Rodale Press, Pennsylvania, 1979.

Mizukoshi, S., Sugi, H., Mori, H. and Ichihashi, M. "Production of Cellulase from *Pellicularia filamentosa*." J. Ferment. Tech. 55(5), (1977) : 548 - 552.

Montenecourt, B.S. and Eveleigh, D.E. "Hypercellulolytic Mutants and Their Role in Saccharification." in Second Annual Symposium on Fuels from Biomass (Shuster, W.V. ed.) pp. 613 - 617. Rensselae Polytechnic Institute Troy, New York, 1978.

Muller, F.M. "On the Relationship between the Properties of Straw Pulp and Properties of Straw." Tech. Ass. Paper Pulp. Ind. 43(1960) : 209 - 218.

Murao, S., Kanamoto, J. and Arai, M. "Isolation and Identification of a Cellulolytic Enzymn Producing Microorganism." J. Ferment. Tech. 57(3), (1979) : 151 - 156.

Nelson, N. "A Photometric Adaptation of Somogyi Method for the Determination of Glucose." J. Bio. Chem. 153(1944) : 375 - 380.

Nishio, M. and Kusano, S. "Fluctuation Patterns of Microbial Numbers in Soil Applied with Compost." Soil. Sci. Plant. Nutr. 26(4), (1980) : 581 - 593.

Nishio, M., Kurisu, H. and Nagai, S. "Thermophilic Cellulase Production by *Taralomyces sp.* in Solid State Cultivation." J. Ferment. Tech. 59(5), (1981) : 407 - 410.

Nisizawa, K. "Mode of the Action of Cellulases." J. Ferment. Tech. 51(4), (1973) : 267 - 304.

Norkrans, B. "Cellulose and Cellulolysis." Adv. Appl. Microbiol. 9(1967) : 91 - 125.

Norman, A.G. and Fuller, W.H. "Cellulose Decomposition by Micro-organism." Adv. in Enz. 11(1942) : 239 - 264.

Obrist, W. "Additive and Window Composting of Ground Household Refuse." Compost Science 6(3), (1966) : 27 - 29.

Okada, H., Kinoshita, S. and Panbangred, W. "Xylanase Produced by *Bacillus pumilus* Isolated from Soil of Thailand." Microbial Utilization of Renewable Resources, Vol.1, pp. 54 - 65. JSPSNRCT Seminar on Agro-Industry Inchuding Microbial Technology, Japan, March 24 - 28, 1980.

Olkowski, H. in The City People's Book of Raising Food. pp. 1 - 315. Rodale Press, Pennsylvania, 1975.

Pettersson, L.G. "The Mechanism of Enzymatic Hydrolysis of Cellulose by *T. viridae*." in Symposium on Enzymatic Hydrolysis of Cellulose. pp. 255 - 261. Finland, 12 - 14 March, 1975.

Pfeiffer, E. in Bio-dynamic Farming and Gardening. pp. 1 - 124, Anthroposophic Press, 1943.

Poincelot, R.P. in The Biochemistry and Methodology of Composting. pp. 1 - 727. Connecticut Agricultural Experiment Stations, New Haven, 1972.

Rao, S.N.S. in Soil Microorganism and Plant Growth. pp. 1 - 289. Oxford & IBH Publishing, New Delhi, 1977.

Raper, K.B. and Fennell, D.I. in The Genus Aspergillus. pp. 1 - 686. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1977.

Raper, K.B. and Thom, C. in A Manual of the Penicillia. pp. 1 - 875. The Williams & Wilkins Company, Baltimore, 1949.

Regan, R.W. and Jeris, J.S. "A Review of the Decomposition of Cellulose and Refuse." Compost Sci. 11(1970) : 17 - 22.

Reuszer, H.W. Composts, Peat and Sewage Sludge in Year-book of Agriculture. pp. 237 - 245. The United Department of Agriculture, Washington, 1957.

Russell, E.W. in Soil Conditions and Plant Growth, 10th ed., pp. 283 - 387. English Language Book Society and Longman, 1961.

Sanborn, J.R. "The China Blue-aurin-cellulose Medium for the Physiological Study of Cellulose Destroyer." J. Bact. 14(1927) : 395 - 397.

Sasaki, H., Kamagata, Y., Takao, S., Matangkasombut, P. and Bhumirata, A." Selection and Classification of Active Cellulose Decomposing Fungi." JSPSNRCT SEminar on Agro-Industry Including Microbial Technology, Japan 3(1983) : 65 - 76.

Saunders, P.R., Sin, R.G.H. and Genest, R.N. "A Cellulolytic Enzyme Preparation from *Myrothecium verrucaria*." J. Biol. Chem. 174 (1948) : 697 - 703.

Scales, F.M. "A New Method of Precipitationg cellulose for Cellulose Agar." Centralblatt. Bakt. Parasitenk. Abt. 44(1961) : 661 - 663.

Schaffnit, E. and Herman, K.M. "Ulber den Einfluss der Bodenreaktion auf die Lebensweise von Pilzparasiten und das ver Halten Ihre Wirtspflanzen." Phytopath. Ztschr. 2(1930) : 99.

Schepmann, W. in Uber die Zersetzung der Jute in Schiffs und Lager Raumen. Diss. Univ. Bonn., 1926.

Scott, J.C. "Studies on the Control of Faecal-borne Diseases No.XIX Field Tests with Composts in Corporating." J. Expt. Agri. 17(1949) : 73 - 82.

Scott, J.C. A Fundamental Approach to Some of the Problems of World Hunger in Health and Agriculture in China. pp. 151 - 221. Faber and Faber Limited, London, 1957.

Selby, K. and Maitland, C.G. "The Cellulase of *T. viridae* : Separating of the Components Involved in the Solubilization of Cotton." Biochem. J. 104(1967) : 716 - 724.

Shinmyo, A., Martinez, D.V. G. and Demain, A.L. "Studies on the Extracellular Cellulolytic Enzyme Complex Produced by *Clostridium thermocellum*." J. Appl. Biochem. 1(1979) : 202 - 209.

Sihanonth, P. and Furusaka, C. "Determination of Microorganism during the Decomposition of Kice Straw." Annual Reports of ICME 6(1983) : 253 - 259.

Sin, R.G.H. and Reese, E.T. "Decomposition of Cellulose by Micro-organism." Bot. Rev. 19(7), (1953) : 377 - 416.

Smith, G. in An Introduction to Industrail Mycology. 6th ed., pp. 137 - 171, E. Arnold Publisher, London, 1969.

Smithson, F. "Grass Opal in British Soils." J. Soil Sci. 9(1958) : 148 - 154.

Snedecor, W.G. and Cochran, W.G. in Statistical Methods. pp. 1 - 593, Iowa State University Press, U.S.A., 1967.

Soest, V.P.J. and Jones, L.M.P. "Effect of Silica in Forages upon Digestibility." J. Dairy Sci. 51(1968) : 1644 - 1648.

Someya, T. "Counting Methods of Aerobic Cellulose Decompose in Paddy Soils." Rep. Inst. Agri. Res. 31(1980) : 43 - 58.

Somogyi, M. "A New Reagent for the Determination of Sugar." J. Bio. Chem. 160(1945) : 61 - 68.

Stacey, M. "Straw as a Potential Raw Material for Chemicals." Agri. Prog. 51(1976) : 69 - 75.

Staniforth, A.R. in Cereal Straw. pp. 1 - 175. Clarender Press, Oxford, 1979.

Stapp, C. and Borstels, H. "Microbiological Investigation on Decomposition of Forest Litter." Centralblatt. Brakt. Pavasitenk. Abt. 90(1934) : 28 - 66.

Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. in Principal and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Science. pp. 98 - 193. McGraw-Hill Book Company, New York, 1960.

Stephens, G.R. and Heichel G.H. "Agricultural and Forest Products as Sources of Cellulose." in Cellulose as a Chemical and Energy Resource. Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 5 pp. 77 - 80. John Wiley & Sons, Inc., Sydney, 1975.

Stevens, R.B. in Mycology Guidebook. pp. 364 - 366. Univ. of Wash. Press, Washington, 1974.

Stevenson, I.L. "The Effect of Sonic Vibration on the Bacterial Plate Count of Soil." Plant and Soil 10(1), (1958) ; 1 - 8.

Stutzenberger, F.J. "Cellulolytic Activity of *Thermomonospora curvata* : Optimal Assay. Conditions, Partial Purification, and Product of the Cellulase." Appl. Microbiol. 24(1), (1972) : 83 - 90.

Stutzenberger, F.J., Kaufman, A.J. and Lossin, R.D. "Cellulolytic A Activity in Municipal Solid Waste Composting." Can. J. of Microbio. 16(1970) : 553 - 560.

Suzuki, M., Thepoolpon, M., Morakul, P., Petchawee, S. and Cholitkul, W." Soil Chemical Studies on Rotting Process of Plant Remains in Relation to Fertility of Upland Soils in Thailand." Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand, 1980.

Taiganides, E.P. Composting of Feelot Wastes in Animal Wastes (Taiganides, E.P. ed.) pp. 241 - 251. Appl. Sci. Publisher, London, 1977.

Thomas, K. and Zeikus, J.G. "Comparison of Extracellular Cellulose Activities of *Clostridium thermocellum* LGRI and *Trichoderma reesei* AM. 9414." Appl. Environ. Microbiol. 42(2), (1981) : 231 - 240.

Toda, S., Suzuki, H. and Nisizawa, K. "Some Enzymatic Properties and the Substrate Specificaties of *Trichoderma cellulases* with Special Reference to Their Activity Toward Xylan." J. Ferment. Tech. 49(6), (1971) : 499 - 521.

Tong, C.C., Cole, A.L. and Shepherd, M.G. "Purification and Properties of the Cellulases from the Thermophilic Fungus *Thermoascus aurantiacu aurantiacus*." Biochem. J. 191(1980) : 83 - 94.

Toth, S.T. "Composting Agricultural and Industrial Organic Wastes." in Symposium Processing Agricultureal and Municipal Wastes (Lenglett, G.E. ed.) Avi. Publishing Company, Connecticut, 1973.

Isao, P.H. "Selective Media for Isolation of Pathogenic Fungi." Annual Rev. Phytopathol. 8(1964) : 157 - 186.

Updegraff, D.M. "Microbiological Aspects of Solid-Waste Composting." Dev. Ind. Microbiol. 13(1972) : 16 - 24.

Waksman, S.A. "Cellulose and Its Decomposition in the Soil by Microorganism." in Proceeding of the International Society of Soil Culture 7(4), (1926) : 293 - 304.

Waksman, S.A. "The Microbiology of Cellulose Decomposition and Some Economic Problems Involved." Bot. Rev. 6(12), (1940) : 637 - 665.

Waksman, S.A., Umbreit, W.W. and Cordon, T.C. "Thermophilic Actinomycetes and Fungi in Soils and in Composts." Soil Sci. 47(1939) : 37 - 61.

Walkley, A. and Black, I.A. "An Examination of the Degtgareff Method for Determination Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chronic Acid Titration Method." Soil. Sci. 37(1934) : 29 - 38.

Warcup. J.H. "The Soil Plate Method for Isolation of Fungi from Soil." Nature 166(1950) : 117 - 118.

Ward, J.E. and Cowley, G.T. "Thermophilic Fungi of Some Central South Carolina Forest Soils." Mycologia 64(1972) : 200 - 207.

Weimer. P.J. and Zeikus, J.G. "Fermentation of Cellulose and Cellobiose by *Clostridium Thermocellum* in the Absence and Presence of Methanobacterium thermoautotrophicum." Appl. Environ. Microbiol. 33(2), (1977) : 289 - 297.

Whistler, R.L. and Smart, C.L. in Polysaccharide Chemistry. pp. 14 - 26, Academic Press, New York, 1953.

White, W.L. and Downing, M.H. "*Humicola grisea*, A Soil Inhibiting Cellulolytic Hyphomycete." Mycologia 45(4), (1953) : 951 - 963.

Wood, T.M. "Cellulolytic Enzyme System of *T. koningii* Separation of Components Attacking Native Cotton." Biochem. J. 109(1968) : 217 - 227.

Wood, T.M. and McCrae, S.I. "The Purification and Properties of the C_1 Component of *T. koningii* Cellulase." Biochem. J. 128(1972) : 1183 - 1192.

Wood, T.M. and McCrae, S.I. "Cellulase from *F. soloni* : Purification and Properties of the C_1 Component." Car. Res. 57(1977) : 117 - 133.

Wood, T.M. and McCrae, S.I. "The Mechanism of Cellulase Action with Particular Reference to the C_1 Component." in Process of Bioconversion Symposium. pp.111 - 141. IIT Delhi, 1977.

Wood, T.M., Laboratory Course on the Production, Purification and Assay of Cellulases, Bangkok, Nov. 5^{th} - 21^{st}, 1979.

Yadav, K.S. "Studies on Cellulolytic and Linolytic Microorganism." Ph.D. Thesis, IARI, 1977.

Yoshida, S., Forno,P.A. and Cock, J.H. in Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice. pp. 61. Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, 1971.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Carboxymethylcellulose agar (Hankin และ Anagnostakis, 1977)

โซเดียมคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส์	5.0	กรัม
แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	0.3	กรัม
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	1.0	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5	กรัม
โปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl)	0.5	กรัม
เฟอริคซัลเฟต $Fe_2(SO_4)_3$	ปริมาณเล็กน้อย	
วุ้น (agar)	10.0	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนประกอบเหล่านี้ให้เข้ากัน ปรับความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลายให้ได้เท่ากับ 5.0 ต้มให้เดือด ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่ง ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส์ เป็นเวลา 15 นาที

2. Cellulose agar Modified Eggins & Pugh media (Bravery, 1968)

เซลลูโลส์	10.0	กรัม
วุ้น (agar)	20.0	กรัม
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	1.0	กรัม
โปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl)	0.5	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.2	กรัม
แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)	0.1	กรัม
แอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$	0.543	กรัม
ไธอะมีนไฮโดรคลอไรด์	0.001	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนประกอบเหล่านี้ให้เข้ากันด้วยการต้มให้เดือด ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3. Czapek's agar (Raper และ Fennel, 1977)

โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$)	3.0	กรัม
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	1.0	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5	กรัม
โปตัสเซียมคลอไรด์ (KCl)	0.5	กรัม
เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4.7H_2O$)	0.01	กรัม
ซูโครส (sucrose)	30.00	กรัม
วุ้น (agar)	15.00	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนประกอบดังกล่าวให้เข้ากันด้วยการต้มให้เดือด ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

4. Czapek's dox media (Mandels และ Sternberg, 1976)

แอมโมเนียมซัลเฟต $(NH_4)_2SO_4$	1.4	กรัม
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	2.0	กรัม
ยูเรีย (N_2H_4CO)	0.3	กรัม
แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)	0.3	กรัม
แมกเนเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.3	กรัม
เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4$)	5.0	กรัม
แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$)	1.6	กรัม
ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4$)	1.4	กรัม
โคบอลต์คลอไรด์ ($CoCl_2$)	2.0	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

นำสารละลายข้างต้นปรับความเป็นกรดเป็นด่าง เป็น 4.5 โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 Molar (โมลต่อลิตร) ภายในขวดฟลาส์คบรรจุกระดาษกรองขนาด 1 x 8 เซนติเมตร

โดยที่ปลายด้านหนึ่งจุ่มลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อ และปลายอีกด้านหนึ่งของกระดาษกรองโผล่ขึ้นมาเหนืออาหารเลี้ยงเชื้อ ปิดปากขวดด้วยผ้าก๊อสและสำลี นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

5. Malt extract agar (Raper and Fennel, 1977)

มอลท์เอกซ์แทรก (Malt extract)	20	กรัม
เปปโตน (peptone)	1	กรัม
เด็กซ์โตรส (dextrose)	20	กรัม
วุ้น (agar)	20	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ละลายส่วนประกอบข้างต้นนี้ให้เข้ากัน ด้วยการต้มให้เดือด แล้วนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

6. Peptone Glucose agar (Fergus, 1964)

เปปโตน (peptone)	5	กรัม
กลูโคส ($C_6H_{12}O_6$)	10	กรัม
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.5	กรัม
เฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	0.5	กรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)	0.05	กรัม
วุ้น (agar)	15	กรัม
น้ำประปา (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ปรับความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ได้ 6.8 โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ (โมลต่อลิตร) แล้วละลายส่วนประกอบข้างต้นนี้ให้เข้ากันด้วยการต้มให้เดือด ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

7. Potato dextrose agar (Stevens, 1974)

มันฝรั่ง	200	กรัม

กลูโคส หรือเด็กซ์โตรส	20	กรัม
วุ้น (agar)	15	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ต้มมันฝรั่งในน้ำจนเดือดเป็นเวลาประมาณ 10 ถึง 15 นาที นำเฉพาะน้ำส่วนที่ใส่มาผสมรวมกับกลูโคสและวุ้น เติมน้ำกลั่นจนส่วนละลายที่ได้มีปริมาตรครบ 1 ลิตร แบ่งใส่หลอดทดลอง (test tube) ซึ่งมีขนาดจุประมาณ 20 มิลลิลิตร หลอดละประมาณ 5 มิลลิลิตร นำไปผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำหลอดทดลองมาวางเอียงประมาณ 30 องศากับแนวราบ เมื่อวุ้นแข็งตัวก็จะได้ PDA Slant ตามต้องการ

8. <u>Rose bengal medium</u> (Tsao, 1964)

โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.5	กรัม
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.5	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5	กรัม
เปปโตน (peptone)	0.5	กรัม
เด็กซ์โตรส (dextrose)	10.0	กรัม
ยีสต์เอกซ์แทรค (yeast extract)	0.5	กรัม
โรสเบงกอล	0.05	กรัม
สเตร็บโตมัยซิน	0.03	กรัม
วุ้น (agar)	17.00	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

นำส่วนประกอบข้างต้นมาผสมกัน (ยกเว้นสเตร็บโตมัยซิน) ต้มให้เดือด ผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เติมสเตร็บโตมัยซินที่ปราศจากเชื้อลงไปในอาหารเลี้ยงเชื้อขณะที่อุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 40 ถึง 42 องศาเซลเซียส เขย่าเบา ๆ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อและสเตร็บโตมัยซินผสมกัน แล้วจึงค่อยเทลงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ

9. Tendler and Burkholder medium (Tendler and Burkholder, 1961)

เปปโตน (peptone)	5	กรัม
ยีส์ตเอ็กซ์แทรค (yeast extract)	3	กรัม
ซูโครส์ (sucrose)	5	กรัม
คอมโพส์เอ็กซ์แทรค	5	มิลลิลิตร
โมแลส์ (molass)	5	มิลลิลิตร
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.5	กรัม
*สารละลายเกลือ (salt solution)	10	มิลลิลิตร
วุ้น (agar)	20	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

*สารละลายเกลือ 1 มิลลิลิตร ประกอบด้วย 1 มิลลิกรัมของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_3$, 1 มิลลิกรัมของ $ZnSO_4$, 0.5 มิลลิกรัมของ $MnSO_4$, 0.08 มิลลิกรัมของ $CuSO_4$, 0.1 มิลลิกรัมของ $CoSO_4$, 0.1 มิลลิกรัมของ H_3BO_3

ปรับความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ได้ 7.0 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ แล้วละลายส่วนประกอบข้างต้นนี้ให้เข้ากัน และต้มให้เดือดผ่านการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส์ เป็นเวลา 15 นาที

10. Xylan agar (อัญชริดา สวารชร, 2524)

ไซแลนบริสุทธิ์ (Xylan)	15	กรัม
แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	2	กรัม
โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอส์เฟต (KH_2PO_4)	6.8	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.2	กรัม
ยีส์ตเอกซ์แทรค (yeast extract)	0.2	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

ปรับความเป็นกรดเป็นด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อให้ได้ 4.5 ด้วยกรดไฮโดรคลอริกซึ่งเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร แล้วละลายส่วนประกอบข้างต้นนี้ให้เข้ากันด้วยการต้มให้เดือด ผ่านการ

ฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

11. Mineral salt solution (Saunders, Siu และ Genest, 1948)

โปตัสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	0.20	กรัม
ไดโปตัสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4)	0.15	กรัม
โซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4.H_2O$)	2.00	กรัม
ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)	1.50	กรัม
แอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3)	0.60	กรัม
โซเดียมไนเตรต ($NaNO_3$)	3.80	กรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	0.30	กรัม
เฟอริคซัลเฟต $Fe_2(SO_4)_3.6H_2O$	0.054	กรัม
แอมโมเนียมฟอสโฟโมลิบเดท $(NH_4)P(MO_3O_{10})_4$	0.024	กรัม
ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)	0.050	กรัม
คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)	0.0025	กรัม
แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4$)	0.0055	กรัม
โบริคแอซิด (H_3BO_3)	0.057	กรัม
น้ำกลั่น (H_2O)	1000	มิลลิลิตร

12. Mineral salt solution

แอมโมเนียมไนเตรต	2.554	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายเคมี

1. สารละลายที่ใช้หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธี Somogyi-Nelson (Somogyi, 1944)

1.1 สารละลายโซโมกิ อัลคาไล คอปเปอร์ (Somogyi's Alkali Copper)

เตรียมโดยละลายไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$) 71 กรัม และโปตัสเซียมตาร์เตรต 40 กรัม ในน้ำกลั่น 700 มิลลิลตร เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 100 มิลลิลิตร ตามด้วยสารละลายของคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) เข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ จำนวน 80 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วทำให้ร้อน จากนั้นเติมโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) จำนวน 180 กรัม ละลายให้เข้ากันแล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดลีน้ำตาล ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ถึง 48 ชั่วโมง ถ้ามีตะกอนให้กรองออก แล้วจึงนำไปใช้

1.2 สารละลายอาร์ซีโนโมลิบเดต (Arsenomolybdate)

เตรียมโดยละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 53.2 กรัม ในน้ำกลั่น 900 มิลลิลิตร เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น (conc.) 21 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมสารละลายของไดโซเดียมออร์โธอาร์ซีเนตความเข้มข้น 12 เปอร์เซนต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดลีน้ำตาล ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำไปใช้

2. สารละลายสำหรับวัดหาปริมาณกลูโคซามีน (Van de Loo, 1976)

2.1 อะเซติลอะซีโตนรีเอเจนต์ (Acetyl acetone reagent)

เตรียมสารละลาย 4 เปอร์เซนต์อะเซติลอะซีโตนใน 1.25 โมลาร์ ของโซเดียมคาร์บอเนต ต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ใช้

2.2 เออร์ลิกรีเอเจนต์ (Erhlich's reagent)

ละลายพาราไดเมทธิลอะมิโนเบนซัลดีไฮด์ 1.6 กรัม ในส่วนผสมของกรดไฮโดร-คลอริกเข้มข้น 30 มิลลิลิตร และเอทธิลแอลกอฮอร์ 30 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 2-3 วัน

2.3 สารละลายมาตรฐานกลูโคซามีนไฮโดรคลอไรด์

ละลาย ดี-กลูโคซามีนไฮโดรคลอไรด์ 50 กรัมในน้ำกลั่น และทำให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็น

3. สารเคมีที่ใช้ในการย่อยสลายฟางข้าว (digestion mixture) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน

นำโซเดียมซัลเฟต (Na_2SO_4) ชนิด Analytical grade หนัก 250 กรัม มาผสมกับ Selenium 2.5 กรัม และกรดซัลฟูริคเข้มข้นชนิด Analytical grade 2,500 มิลลิลิตร ใน Erlemeyer flask ขนาด 5,000 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปต้มให้เดือด (ทำภายใน fume hood) จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีขาวใส ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเก็บไว้ในขวดทึบสีน้ำตาล

4. สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจน (total organic nitrogen)

4.1 สารละลายบอริกแอซิด (H_3BO_3) 4 เปอร์เซ็นต์

ละลายโบริคแอซิด 40 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

4.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 เปอร์เซ็นต์

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 400 กรัม ในน้ำกลั่น 600 กรัม การละลายควรทำในอ่างน้ำเย็น และภายใต้ fume hood

4.3 โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

ชั่งโซเดียมคาร์บอเนตชนิด Analytical grade หนัก 10 ถึง 20 กรัม อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เก็บไว้ในภาชนะที่ใช้ดูดความชื้น (dessicator)

4.4 สารประกอบอินดิเคเตอร์

4.4.1 methyl orange indicator

ละลาย methyl orange 0.1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

4.4.2 mixed indicator (MR-MB)

สารละลาย MR: ชั่ง methyl red 0.2 กรัม ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์เอทธานอล

สารละลาย MB: ชั่ง methylene blue 0.2 กรัม ละลายใน 95 เปอร์เซ็นต์เอทธานอล

นำสารละลาย MR และสารละลาย MB มาผสมกันในอัตราส่วน MR:MB เท่ากับ 2 ต่อ 1

4.5 สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

นำสารละลายกรดเกลือเข้มข้น 9 มิลลิลิตร มาละลายในน้ำกลั่นจนมีปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1000 มิลลิลิตร นำกรดเกลือที่เตรียมได้ไป Standardize กับโซเดียมคาร์บอเนต โดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนต หนัก 0.2556 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปไตเตรตกับกรดเกลือที่เตรียมไว้ ใช้ methyl orange เป็นอินดิเคเตอร์ (2 ถึง 3 หยด) ขณะที่ทำการไตเตรตต้องทำให้สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตอุ่นอยู่เสมอ จุดเอนพอย (end point) ของการไตเตรตสังเกตได้จากสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตจะเปลี่ยนจากสีเหลืองส้มไปเป็นสีชมพู

5. สารเคมีที่ใช้หาปริมาณคาร์บอน

5.1 สารละลายโปตัสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 1 นอร์มอล

นำโปตัสเซียมไดโครเมตชนิด Analytical grade หนักประมาณ 50 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 140 ถึง 180 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในภาชนะดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนักที่แน่นอนให้ได้เท่ากับ 49.037 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

5.2 สารละลายเฟอรัสซัลเฟตเข้มข้น 0.5 นอร์มอล

ชั่งเฟอรัสซัลเฟต ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) มาประมาณ 140 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ที่มีกรดซัลฟูริคเข้มข้นละลายอยู่ 50 มิลลิลิตร แล้วคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอน โดยนำไปไตเตรต กับโมแตสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 1 นอร์มอล 25 มิลลิลิตร ใช้ ferroin เป็นอินดิเคเตอร์ โดยสารละลายจะเปลี่ยนจากสีน้ำเงินอมเขียวเป็นสีเขียวแก่

จากสีเขียวแก่เป็นสีเขียวมรกต และจากสีเขียวมรกตเป็นสีน้ำตาล

6. สารเคมีที่ใช้ในการหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์

6.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 นอร์มอล

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติก

6.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 5 นอร์มอล

ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 200 กรัม ละลายในน้ำกลั่นให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดพลาสติก

6.3 สารละลายกรดเกลือเข้มข้น 1 นอร์มอล

ละลายกรดเกลือเข้มข้น 36.5 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น ให้มีปริมาตรครบ 1000 มิลลิลิตร นำไป standardize กับสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต เพื่อหาความเข้มข้นที่แท้จริงของกรดเกลือ

6.4 สารประกอบอินดิเคเตอร์

6.4.1 สารละลายฟีนอฟทาลีน 1 เปอร์เซนต์

ละลายฟีนอฟทาลีน 1 กรัม ในเอทธิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซนต์

6.4.2 สารละลายเมทธิลออเรนจ์ 0.1 เปอร์เซนต์

ละลายเมทธิลออเรนจ์ 0.1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

7. สารเคมีทดสอบบริเวณใส (Clear zone)

7.1 สารละลายเฮกซาเดคซีลไตรแอมโมเนียมโบรมายด์ 1 เปอร์เซนต์

ละลายเฮกซาเมทธิลไตรแอมโมเนียมโบรมายด์ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

7.2 สารละลายไอโอดีน

ละลายไอโอดีน 1 กรัม และโปตัสเซี่ยมไอโอได 2 กรัม ในน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล

8. สารละลายบัฟเฟอร์

8.1 สารละลายอะซีเตตบัฟเฟอร์ (acetate buffer)

ประกอบด้วยสารละลาย A x มิลลิลิตร และสารละลาย B y มิลลิลิตร นำมาผสมรวมกันตาม pH ที่ต้องการ

สารละลาย A: 0.2 โมลาร์ อะซีติกแอซิด (CH_3COOH)

สารละลาย B: 0.2 โมลาร์ โซเดียมอะซีเตต (CH_3COONa)

x (มิลลิลิตร)	y (มิลลิลิตร)	pH
46.3	3.7	3.6
44.0	6.0	3.8
41.0	9.0	4.0
36.8	13.2	4.2
30.5	19.5	4.4
25.5	24.5	4.6
20.0	30.0	4.8
14.8	35.2	5.0
10.5	39.5	5.2
8.8	41.2	5.4
4.8	45.2	5.6

8.2 สารละลายไกลซีน-โซเดียมไฮดรอกไซด์บัฟเฟอร์ (glycine-sodium hydroxide buffer)

ประกอบด้วยสารละลาย A 50 มิลลิลิตร และสารละลาย B x มิลลิลิตร นำมาผสมรวมกันตาม pH ที่ต้องการ

สารละลาย A: 0.8 โมลาร์ของไกลซีน (60.056 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร)

สารละลาย B: 0.8 โมลาร์ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (32 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร)

x (มิลลิลิตร)	pH
4.0	8.6
6.0	8.8
8.8	9.0
12.0	9.2
16.8	9.4
22.4	9.6
27.2	9.8
32.0	10.0
38.6	10.4
45.5	10.6
52.4	10.8

9. สารละลายมาตรฐาน

9.1 สารละลายมาตรฐานกลูโคส

นำกลูโคสหนัก 0.5 กรัม อบไว้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ละลายกลูโคส 0.2 กรัม ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ pH 5.0 หรืออะซีเตตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ pH 5.4 ให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ทำให้ได้สารละลายกลูโคสซึ่งมีความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายกลูโคสที่ได้มาทำให้เจือจางลงเป็น 10 เท่า ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อจากนั้นทำสารละลายที่ได้ให้เจือจางลงจนมีความเข้มข้น 20, 40, 80, 120, 160 และ 200 ไมโครกรัม ตามลำดับ

9.2 สารละลายมาตรฐานไซโลส

นำไซโลสหนัก 0.5 กรัม อบไว้ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ละลายไซโลส 0.2 กรัม ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 0.02 โมลาร์ pH 5.5 ให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ทำให้ได้สารละลายไซโลสที่มีความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาทำให้เจือจางลงเป็น 10 เท่า ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น

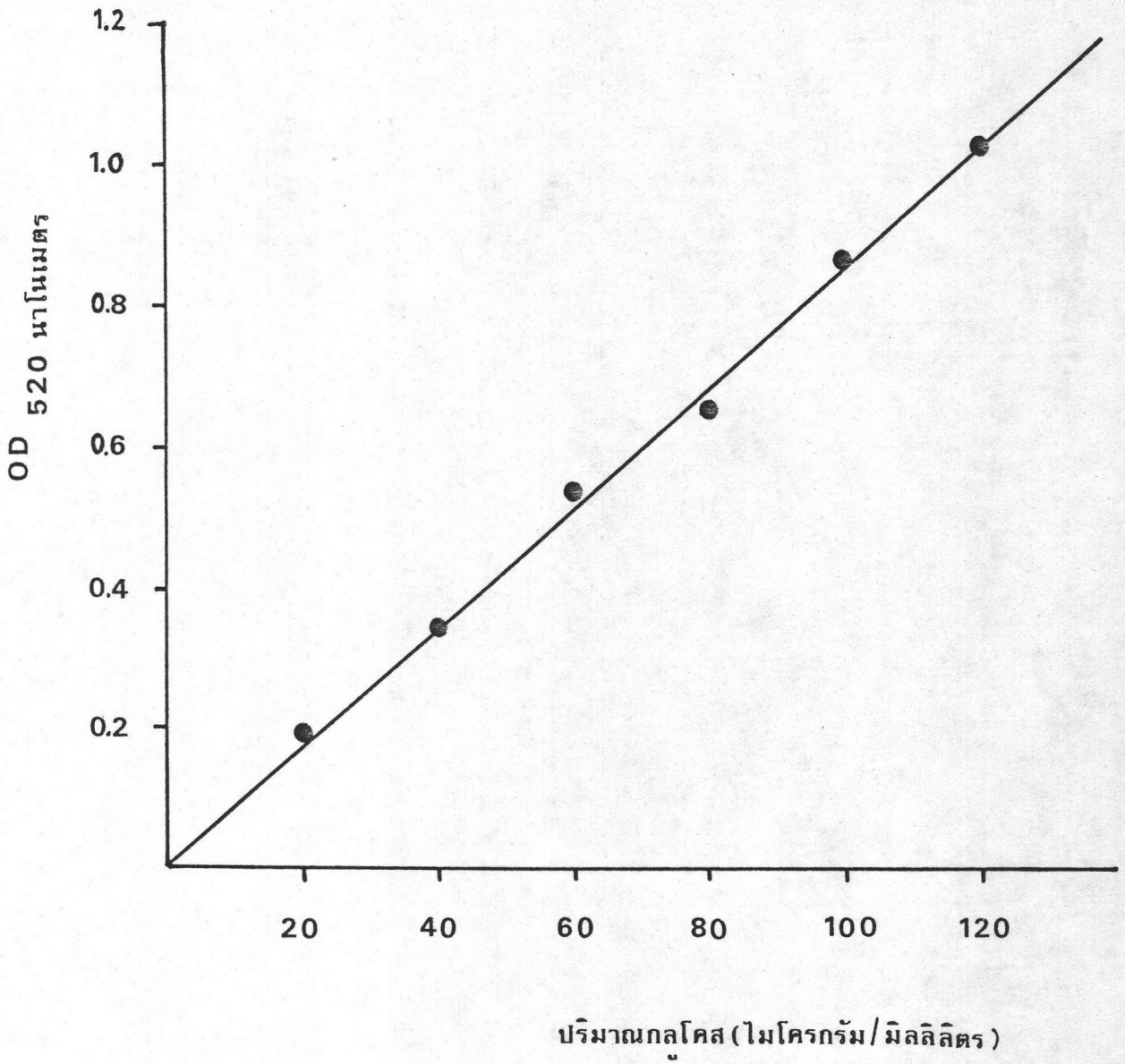
200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อจากนั้นทำสารละลายที่ได้ให้เจือจางลงจนมีความเข้มข้น 20, 40, 80, 120, 160 และ 200 ไมโครกรัม ตามลำดับ

9.3 สารละลายมาตรฐานออร์ไธไนโตรฟีนอล

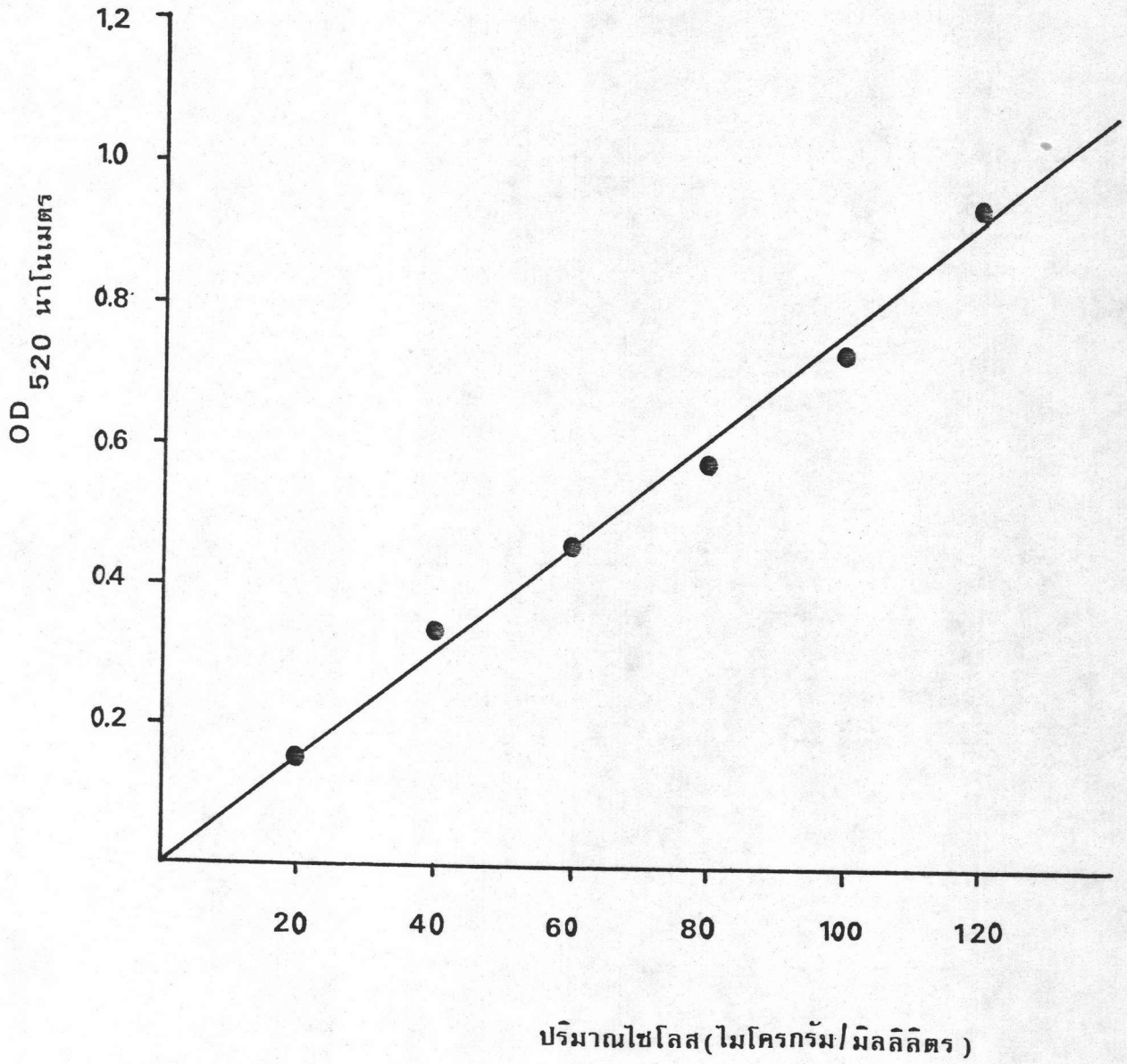
ละลายออร์โธไนโตรฟีนอล 0.2 กรัม ในอะซีเตตบัฟเฟอร์ 0.2 โมลาร์ pH 4.0 ให้มีปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร ทำให้ได้สารละลายออร์โธไนโตรฟีนอลที่มีความเข้มข้น 20 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาทำให้เจือจางลงเป็น 10 เท่า ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อจากนั้นทำสารละลายที่ได้ให้เจือจางลงจนมีความเข้มข้น 20, 40, 80, 120, 160 และ 200 ไมโครกรัม ตามลำดับ

ภาคผนวก ค

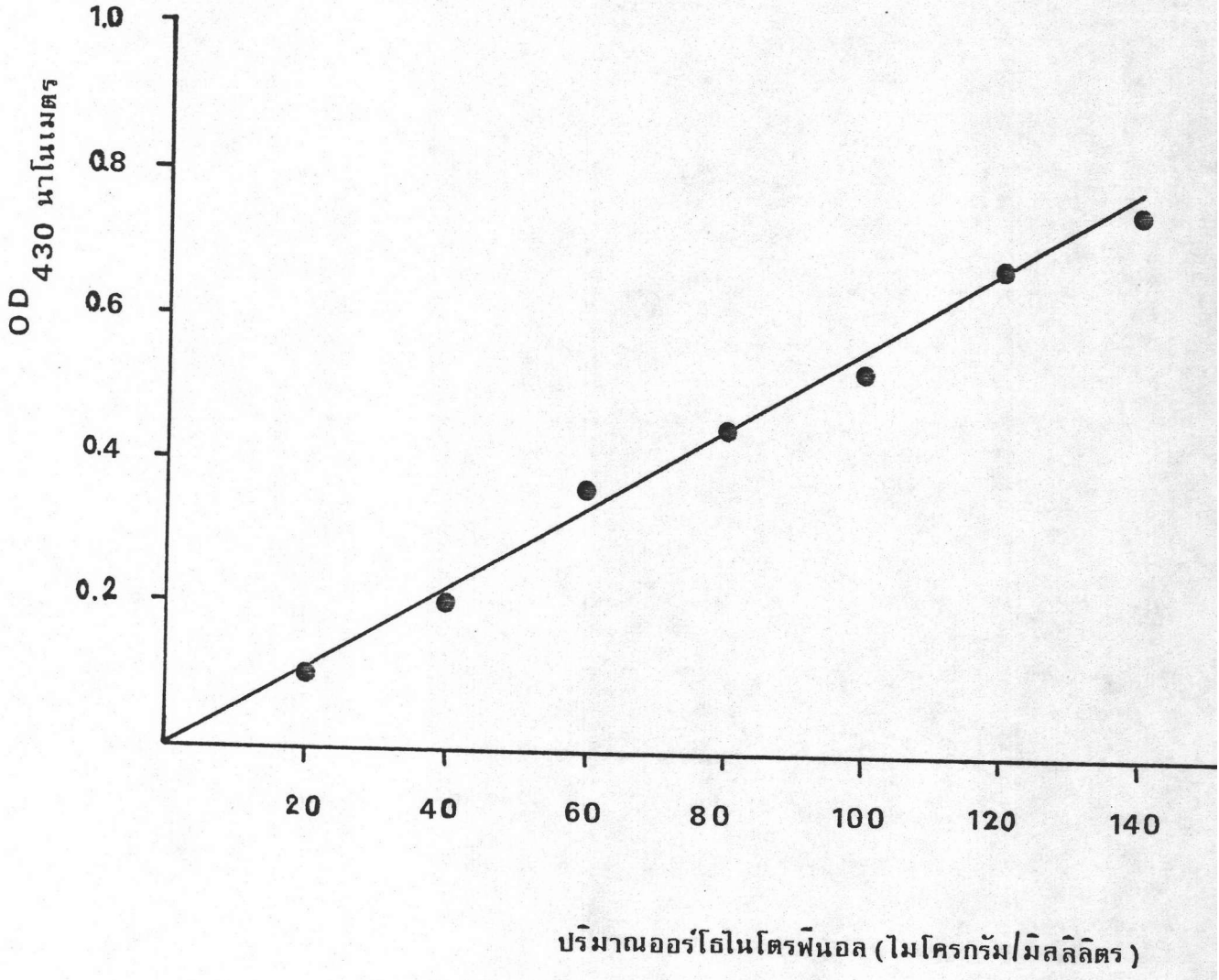
เส้นกราฟมาตรฐาน



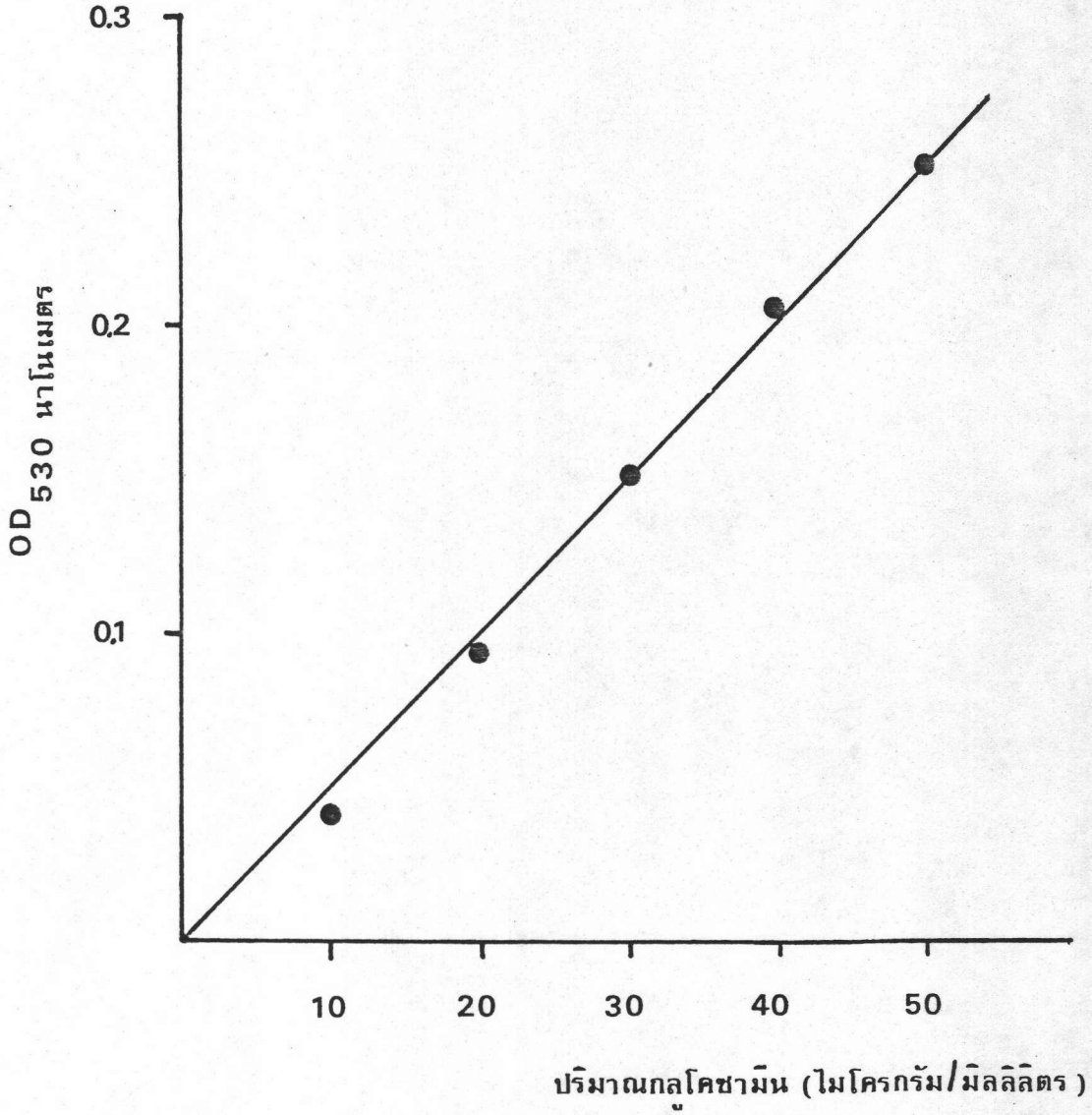
รูปที่ 1 ค. เส้นกราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐานกลูโคส โดยวิธีของ Somogyi - Nelson



รูปที่ 2 ค. เส้นกราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์มาตรฐานไซโลสโดยวิธี Somogyi - Nelson



รูปที่ 3 ค. เส้นกราฟมาตรฐานของออร์โธไนโตรฟีนอล



รูปที่ 4 ค. เส้นกราฟมาตรฐานของกลูโคซามีนมาตรฐาน โดยวิธี Morgan - Elson

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

1) หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา

นำข้อมูลประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราจากผลการทดลองในข้อ 4.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Multiple Correlation (Snedecor และ Cochran, 1967)

ประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (x) (ยูนิตต่อกรัมอาหารเลี้ยงเชื้อ)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา (y) (เซนติเมตร)
26028.4	2.81
24218.4	3.32
24588.8	3.92
26089.2	3.63
26431.0	4.01
25968.6	3.69
25486.2	2.77
25765.8	4.42
26258.6	3.12

1.1 หาค่าสัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์จากตัวอย่าง (r)

$n = 9, \Sigma x = 230835.0, \Sigma x^2 = 5925166808.0, \frac{(\Sigma x)^2}{n} = 5920533025.0$

$\Sigma y = 31.69 \quad , \Sigma y^2 = 114.1017 \quad , \frac{(\Sigma y)^2}{n} = 111.5840$

$(\Sigma x)(\Sigma y)/n = 812795.6833$

$\Sigma(xy) = 812857.67$

$$r = \frac{\Sigma xy - (\Sigma x)(\Sigma y)/n}{\sqrt{\left[\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2/n\right]\left[\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2/n\right]}}$$

$= 0.018$

สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ตัวอย่าง (r) = 0.018 สามารถบอกความสัมพันธ์อย่างประมาณว่า ประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรามีสหสัมพันธ์กันน้อยมาก

1.2 ทดสอบสมมติฐานว่ามีสหสัมพันธ์กันหรือไม่

1.2.1 $H_o : \rho = o$ (ไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา)

1.2.2 $H_A : \rho \neq o$ (มีสหสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา)

1.2.3 $= 0.05$

1.2.4 Critical region (เขตวิกฤต)

$n = 9$, $df = n-2$, $t_{\frac{\alpha}{2}, df = n-2} = t_{0.025, df = 7} = 2.365$

1.2.5 t ที่คำนวณ $= \frac{r}{\sqrt{(1-r^2)/n-2}} = \frac{0.018}{\sqrt{\frac{1-0.018^2}{9-2}}} = 0.048$

1.2.6 ค่า $t_{\text{คำนวณ}} < t_{\text{ตาราง}}$ แสดงว่ายอมรับ H_o , ปฏิเสธ H_A

1.2.7 สรุปผลว่า ประสิทธิภาพในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อราไม่มีสหสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา

2. หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง เมื่อมีตัวแปร 2 ตัวคือ ชนิดของเชื้อราและจำนวนถังหมัก

นำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว (C/N ratio) จากผลการทดลองในข้อ 12.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960)

ชนิดของเชื้อรา (t = 3)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว			ผลรวม
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	
A-8	19.43	19.75	19.12	58.30
B-25	20.36	21.18	20.94	62.48
Control	28.82	28.24	30.14	87.20
ผลรวม	68.61	69.17	70.20	207.98

การคำนวณ (calculation)

2.1 Correction term (C.T.) $= \frac{(207.98)^2}{3 \times 3} = 4806.18$

2.2 total SS $= \frac{(19.43)^2 + \text{---} + (30.14)^2}{} - \text{C.T.}$

$= 165.09$

2.3 treatment SS $= \frac{(58.30)^2 + \text{---} + (87.20)^2}{3} - \text{C.T.}$

$= 162.64$

2.4 replication SS $= \frac{(68.61)^2 + \text{---} + (70.20)^2}{3} - \text{C.T.}$

$= 0.43$

2.5 error SS $=$ total SS - treatment SS - replication SS

$= 2.02$

ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance)

แหล่งของการแปรผัน (SOV)	องศาความเสรี (df)	ผลบวกกำลังสอง (SS)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่า F
replication (จำนวนถัง)	(r-1) = 2	0.43	0.22	0.43^{NS}
treatment (ชนิดของเชื้อรา)	(t-1) = 2	162.64	81.32	159.45^{*}
error (ความคลาดเคลื่อน)	(r-1)(t-1) = 4	2.02	0.51	
ผลรวม	(tr-1) = 8	165.09		

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่า F จากการเปิดตาราง $F_{0.05\ (2,\ 4)} = 6.49$

2.6 สรุปผลการทดลองโดยเปรียบเทียบค่า F จากที่คำนวณได้ กับค่า F ที่เปิดจากตาราง ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ (= 0.05) พบว่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในโหลหมักที่เติมเชื้อรามีความแตกต่างกับโหลหมักที่ไม่เติมเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.7 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง

2.7.1 คำนวณค่า $S_{\bar{x}}$: $S_{\bar{x}} = \sqrt{(\text{error mean square})/r}$

$$= \sqrt{\frac{0.51}{3}} = 0.41$$

2.7.2 คำนวณค่า LSR (least significant ranges)

$$LSR = SSR\ (S_{\bar{x}})$$

เมื่อ df = 4 เปิดค่า significant studentized ranges (SSR)

สำหรับค่า 5 เปอร์เซ็นต์

ดูให้ตรงกับค่าของ P ตั้งแต่ 2 ถึง 3

P	2	3
SSR	3.93	4.01
LSR	1.61	1.64

2.7.3 เรียงลำดับค่าเฉลี่ย โดยเรียงลำดับจากค่าต่ำไปหาสูง เพื่อเป็นการสะดวกในการนับระยะการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าว่าห่างกันเท่าไร คือจากค่าเฉลี่ยหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกค่าเฉลี่ยหนึ่ง มีจำนวนค่าเฉลี่ยอยู่กี่ค่า จำนวนนั้นคือ P จะได้ลำดับดังนี้

ชนิดเชื้อรา	$\bar{X}$	ลำดับ
A-8	19.43	(1)
B-25	20.83	(2)
Control	29.07	(3)

2.7.4 สรุปผลการเปรียบเทียบแบบละเอียด

คู่การเปรียบเทียบ	LSR (5 %)	ผลต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละคู่ของการทดลองเปรียบเทียบกับค่า LSR (5 %)
Control VS A-8	1.64	9.64*
Control VS B-25	1.61	8.24*
A-25 VS A-8	1.61	1.40NS

NS ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

สรุปผลการเปรียบเทียบแบบย่อ

ชนิดของเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว
Control	29.07 a
B-25	20.83 b
A-8	19.43 b

- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์
- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซนต์

3) หาความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองเมื่อมีตัวแปร 3 ตัวคือ ชนิดของเชื้อรา, ปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต และจำนวนถังหมัก

นำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว (C/N ratio) จากผลการทดลองในข้อ 10.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel และ Torrie, 1960)

ชนิดของเชื้อ	ปริมาณแอมโมเนียม-ไนเตรต (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนถังหมัก			ผลรวม
		1	2	3	
A-8	1.5	19.96	19.18	20.49	59.63
	2.5	17.93	18.67	17.78	54.38
	5.0	15.97	16.49	15.70	48.16
	ผลรวม	53.86	54.34	53.97	162.17
B-25	1.5	20.70	20.25	22.06	63.61
	2.5	20.47	21.93	20.76	63.16
	5.0	16.19	16.73	15.71	48.63
	ผลรวม	57.36	58.91	58.53	174.80
Control	1.5	29.96	28.84	31.18	89.98
	2.5	27.74	27.64	26.08	81.46
	5.0	18.91	18.89	17.97	55.77
	ผลรวม	76.61	75.37	75.23	227.21

ชนิดของเชื้อรา	ปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต (เปอร์เซ็นต์)			ผลรวม	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)
	1.5	2.5	5.0		
A-8	59.63	54.38	48.16	162.17	18.02
B-25	63.01	63.16	48.63	174.80	19.42
Control	89.98	81.46	55.77	227.21	25.25
ผลรวม	212.62	199.00	152.56	564.18	
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	23.62	22.11	16.95		

การคำนวณ (Calculation)

3.1 Correction term (C.T.) $= \frac{(564.18)^2}{3 \times 3 \times 3} = 11788.85453$

3.2 total SS $= (19.96)^2 + \cdots + (17.97)^2 - C.T.$

$= 554.34917$

3.3 varieties (ชนิดของเชื้อรา) $= \frac{(162.17)^2 + \cdots + (227.21)^2}{3 \times 3 \times 3} - C.T.$

$= 264.3158$

3.4 NH_4NO_3 $= \frac{(212.62)^2 + \cdots + (152.56)^2}{3 \times 3 \times 3} - C.T.$

$= 220.347$

3.5 varieties VS NH_4NO_3 $= \frac{(59.63)^2 + \cdots + (55.77)^2}{3} - C.T.$

$= 59.50$

3.6 replication SS $= \frac{(187.83)^2 + \cdots + (187.73)^2}{9}$

$= 0.0528$

3.7 error SS $= 554.349 - 264.316 - 220.347 - 59.50$

$- 0.05 = 10.1327$

Analysis of Variance (ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวน)

source of variation (แหล่งของการแปรผัน)	degree of freedom (องศาความเสรี)	sum of squares (ผลบวกกำลังสอง)	mean squares (ค่าเฉลี่ยกำลังสอง)	F
replication (จำนวนถังหมัก)	2	0.05	0.025	0.04^{NS}
varieties (ชนิดของเชื้อรา)	2	264.32	132.16	209.78^{*}
NH_4NO_3 (แอมโมเนียมไนเตรต)	2	220.35	110.18	174.89^{*}
varieties x NH_4NO_3	4	59.50	14.88	23.62^{*}
error (ความคลาดเคลื่อน)	16	10.13	0.63	
total (รวม)	26	554.35		

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่า F จากการเปิดตาราง $F_{0.05\ (14,\ 16)} = 3.24$

3.8 สรุปผลการทดลองโดยเปรียบเทียบค่า F จากที่คำนวณได้ กับค่า F ที่เปิดจากตาราง ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์ ($\alpha = 0.05$) พบว่า อัตราส่วนการรับอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าวในถังหมักที่เติมเชื้อราและไม่เติมเชื้อรา พร้อมกับเติมแอมโมเนียมไนเตรตในปริมาณต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

3.9 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลอง

3.9.1 คำนวณค่า $S_{\bar{x}}$: $S_{\bar{x}} = \sqrt{(\text{error mean square}/r)}$

$$= \sqrt{\frac{0.63}{3}} = 0.46$$

3.9.2 คำนวณค่า LSR (least significant ranges)

$$LSR = SSR\ (S_{\bar{X}})$$

เมื่อ df = 16 เปิดค่า significant studentized ranges (SSR) สำหรับค่า 5 เปอร์เซ็นต์ ดูให้ตรงกับค่าของ p ตั้งแต่ 2 ถึง 9

ค่า p	2	3	4	5	6	7	8	9
SSR	3.0	3.15	3.23	3.30	3.34	3.37	3.39	3.41
LSR	1.38	1.45	1.49	1.52	1.54	1.55	1.56	1.57

3.9.3 เรียงลำดับค่าเฉลี่ย โดยเรียงลำดับจากค่าต่ำไปหาสูง เพื่อความสะดวกในการนับระยะการเปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่าว่าห่างกันเท่าไร คือจากค่าเฉลี่ยหนึ่งเปรียบเทียบกับอีกค่าเฉลี่ยหนึ่ง มีจำนวนค่าเฉลี่ยอยู่กี่ค่า จำนวนนั้นคือ p จะได้ลำดับดังนี้

ชนิดของเชื้อรา	A-8	B-25	A-8	Control	A-8	B-25	B-25	Control	Contro
ปริมาณ NH_4NO_3	(5 %)	(5 %)	(2.5 %)	(5 %)	(1.5 %)	(1.5 %)	(2.5 %)	(2.5 %)	(1.5 %
ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	16.05	16.21	18.13	18.59	19.88	21.00	21.05	27.15	29.99
ลำดับ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

3.9.4 สรุปผลการเปรียบเทียบแบบละเอียด

คู่การเปรียบเทียบ	LSR (5 %)	ผลต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละคู่ของการทดลองเปรียบเทียบกับค่า LSR (5 %)
Control (1.5 %) VS A-8 (5 %)	1.57	13.94*
Control (1.5 %) VS B-25 (5 %)	1.56	13.78*
Control (1.5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.55	11.86*
Control (1.5 %) VS Control (5 %)	1.54	11.40*
Control (1.5 %) VS A-8 (1.5 %)	1.52	10.11*
Control (1.5 %) VS B-25 (1.5 %)	1.49	8.99*
Control (1.5 %) VS B-25 (2.5 %)	1.45	8.94*
Control (1.5 %) VS Control (2.5 %)	1.38	2.84*
Control (2.5 %) VS A-8 (5 %)	1.56	11.10*
Control (2.5 %) VS B-25 (5 %)	1.55	10.94*
Control (2.5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.54	9.02*
Control (2.5 %) VS Control (5 %)	1.52	8.56*
Control (2.5 %) VS A-8 (1.5 %)	1.49	7.27*
Control (2.5 %) VS B-25 (1.5 %)	1.45	6.15*
Control (2.5 %) VS B-25 (2.5 %)	1.38	6.10*
B-25 (2.5 %) VS A-8 (5 %)	1.55	5.00*
B-25 (2.5 %) VS B-25 (5 %)	1.54	4.84*
B-25 (2.5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.52	2.92*
B-25 (2.5 %) VS Control (5 %)	1.49	2.46*
B-25 (2.5 %) VS A-8 (1.5 %)	1.45	1.17NS
B-25 (2.5 %) VS B-25 (1.5 %)	1.38	0.05NS
B-25 (1.5 %) VS A-8 (5 %)	1.54	4.95*
B-25 (1.5 %) VS B-25 (5 %)	1.52	4.79*

สรุปผลการเปรียบเทียบแบบละเอียด (ต่อ)

คู่การเปรียบเทียบ	LSR (5 %)	ผลต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละคู่ของการทอลองเปรียบเทียบกับค่า LSR (5 %)
B-25 (1.5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.49	2.87*
B-25 (1.5 %) VS Control (5 %)	1.45	2.41*
B-25 (1.5 %) VS A-8 (1.5 %)	1.38	1.12NS
A-8 (1.5 %) VS A-8 (5 %)	1.52	3.83*
A-8 (1.5 %) VS B-25 (5 %)	1.49	3.67*
A-8 (1.5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.45	1.75*
A-8 (1.5 %) VS Control (5 %)	1.38	1.29NS
Control (5 %) VS A-8 (5 %)	1.49	2.54*
Control (5 %) VS B-25 (5 %)	1.45	2.38*
Control (5 %) VS A-8 (2.5 %)	1.38	0.46NS
A-8 (2.5 %) VS A-8 (5 %)	1.45	2.08*
A-8 (2.5 %) VS B-25 (5 %)	1.38	1.92*
B-25 (5.0 %) VS A-8 (5 %)	1.38	0.16NS

NS ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการเปรียบเทียบแบบย่อ

ชนิดของเชื้อราและปริมาณแอมโมเนียมไนเตรต	ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว
Control (1.5 %)	29.99 a
Control (2.5 %)	27.15 b
B-25 (2.5 %)	21.05 c
B-25 (1.5 %)	21.00 c
A-8 (1.5 %)	19.88 cd
Control (5 %)	18.59 de
A-8 (2.5 %)	18.13 e
B-25 (5 %)	16.21 f
A-8 (5 %)	16.05 f

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5 เปอร์เซ็นต์

4) หาสัมประสิทธิ์แห่งความแปรปรวน (Coefficient of Variation = C.V.)

นำข้อมูลอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว (C/N ratio) จากการทดลองในข้อ 12.6 มาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาสัมประสิทธิ์แห่งความแปรปรวน

ชนิดของเชื้อรา (t = 3)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของฟางข้าว			ผลรวม
	ถังที่ 1	ถังที่ 2	ถังที่ 3	
A-8	19.43	19.75	19.12	58.30
B-25	20.36	21.18	20.94	62.48
Control	28.82	28.24	30.14	87.20
ผลรวม	68.61	69.17	70.20	207.98

$$C.V. = \frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน}}{\text{ค่าเฉลี่ย}} \times 100$$

$$= \frac{4.54}{23.11} \times 100$$

$$= 19.65\ \%$$

ค่า C.V. ที่คำนวณได้ ใช้ในการเปรียบเทียบความแปรปรวนของข้อมูลชุดต่างกัน

5. การคำนวณหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เนื่องจากโหลหมักฟางข้าว 1 ตัวอย่าง มี 2 ซ้ำ และแต่ละชุดมีขวดจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 2 ขวด จึงต้องหาปริมาณเฉลี่ยของกรดเกลือ (HCl) ที่ใช้ในการไตเตรต (titrate) กับ 1 N NaoH ในขวดดักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขวดที่ 1 และขวดที่ 2 แล้วหักออกด้วยจำนวนมิลลิลิตรของกรดเกลือในขวดเก็บก๊าซของโหลหมักที่ไม่ใส่ฟางข้าว นำผลลัพธ์จำนวนมิลลิลิตรของขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 มารวมกัน นำมาหาปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น ดังนี้

เมื่อพิจารณาโหลหมักที่ใส่ฟางข้าว

จำนวนกรดเกลือที่ใช้ในตอนยุติ methyl orange ของขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 = 4.05 และ 2.25 มิลลิลิตร

จำนวนกรดเกลือที่ใช้ในตอนยุติ methyl orange ของขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 = 3.85 และ 2.75 ใน 10 มิลลิลิตร ของ 1 N NaoH คิดเฉลี่ยจำนวนกรดเกลือที่ใช้ในขวดดักก๊าซขวดที่ 1 = $\frac{4.05 + 3.85}{2}$ = 3.95 มิลลิลิตร

ใน 10 มิลลิลิตร ของ 1 N NaoH คิดเฉลี่ยจำนวนกรดเกลือที่ใช้ในขวดดักก๊าซขวดที่ 2 = $\frac{2.25 + 2.75}{2}$ = 2.50 มิลลิลิตร

ดังนั้นใน 100 มิลลิลิตร ของ 1 N NaoH คิดเฉลี่ยจำนวนกรดเกลือที่ใช้ในขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 = 39.5 และ 25.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาโหลหมักที่ไม่ใส่ฟางข้าว

ใน 100 มิลลิลิตร ของ 1 N NaoH คิดเฉลี่ยจำนวนกรดเกลือที่ใช้ในขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 = 2.50 และ 1.50 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ดังนั้นแล่ดงว่า ใน 100 มิลลิลิตร ของ 1 N NaoH มีจำนวนกรดเกลือที่ใช้แท้จริงในขวดดักก๊าซขวดที่ 1 และขวดที่ 2 = 37.0 และ 23.50 มิลลิลิตร ตามลำดับ

รวมจำนวนมิลลิลิตรของกรดเกลือที่ใช้ทั้งหมด = 37.00 + 23.50 = 60.50 มิลลิลิตร

กรดเกลือ (HCl) 1.02 กรัมล่มมูลย์ต่อลิตร 60.50 มิลลิลิตร มีกรดเกลือ = $\frac{1.02 \times 60.50}{1000}$ โมล

แต่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1 โมลหนัก 44 กรัม

ใน 200 มิลลิลิตร มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = $\frac{44 \times 1.02 \times 60.50}{1000}$ กรัม

แต่ฟางข้าวทั้งหมดในโหลหมักหนัก = 300 กรัม

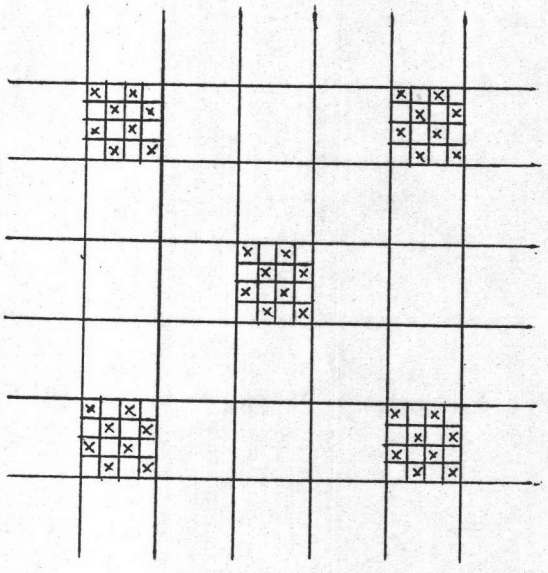
คิดเป็นมิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว = $\frac{44 \times 1.02 \times 60.50 \times 1 \times 1000}{1000 \times 300}$

= 9.0508 มิลลิกรัม

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ผลิตได้ = 9.05 มิลลิกรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกรัมฟางข้าว

การนับจำนวนสปอร์โดยใช้ฮีมาไซโตมิเตอร์

การนับจำนวนสปอร์โดยนับสปอร์ในช่องใหญ่ 5 ช่อง และในแต่ละช่องใหญ่นั้นนับอีก 8 ช่อง โดยนับช่องเว้นช่อง ดังแสดงในรูปข้างล่างนี้



จำนวนสปอร์ = จำนวนสปอร์เฉลี่ยในช่องเล็ก x 16 x 10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร

ประวัติผู้เขียน

นายวิศิษฐพร เผื่อนพิภพ เกิดเมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2501 ที่กรุงเทพมหานคร ได้รับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาจุลชีววิทยา จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2523