รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห . 2525.เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : ประยูรวงศ์ .

กาญนิถา ครองธรรมชาติ. 2535. การกำจัดสีของน้ำเสียจากน้ำย้อมผ้า โดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมี ด้วยสารโพลีอลูมิเนียมคลอไรด์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แกมกาญจน์ รักษาพราหมณ์. 2539 . การประเมินสภาพปัญหาไฮโดรเจนซัลไฟด์ในบ่อหมักไร้อากาศของระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานยาง . วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ควบคุมมลพิษ , กรม . 2538. สรุปข่าวสิ่งแวดล้อม 2537 . กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ , กรม . 2538. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย พ.ศ. 2538 . กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม.

ณรงค์ สุจเร . 2536 . "การพัฒนาสวนยางพาราในประเทศไทย" เอกสารวิชาการเรื่อง "ยาง" สภาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

ดวงพร คันธโชติ . 2531 . อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ . พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : โอ เอส พริ้นติ้งเฮ้าส์ .

ธีรยศ วิทิตสุวรรณกุล และ รพีพรรณ วิทิตสุวรรณกุล . 2538. "อุตสาหกรรมยางพารากับปัญหาแวดล้อม" เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องเทคโนโลยีและการจัดการสภาพแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรมในเขตภาคใต้ตอนล่าง ณ โรงแรมหาดแก้วพริ้นเซสรี-สอร์ท จังหวัดสงขลา วันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2538. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

บุญส่ง วงศ์เกรียงไกร . 2536 . การเพาะเห็ดนางฟ้า . กรุงเทพมหานคร : ชมรมเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.

บุษบา ยงสมิทธ์. 2540. จุลชีววิทยาการหมัก วิตามินและสารสี. พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ผลชิต บัวแก้ว . 2531. การผลิตน้ำยางข้น . ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

พิมพรรณ ตันสกุล และอารักษ์ จันทศิลป์ . 2531. การเพาะเลี้ยง Spirulina sp.ในน้ำทิ้งจากโรงงานยาง ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ . (อัดสำเนา)

มาลินทร์ กระบวนรัตน์. 2524. เห็ด (mushroom). พิมพ์ครั้งที่1. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ . 2538. การออกแบบขั้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียโดยวิธีชีววิทยา.พิมพ์ครั้งที่ 2 . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ . 2540. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2 . จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรพจน์ สุนทรสุขและลีณา ลีลาศวัฒนกิจ. 2541. สารสกัดเห็ดเพื่อสุขภาพ (mushroom Nutriceutical) . วารสารวิทยาศาสตร์ 5(6) : 375-377.

วราภรณ์ ขจรไชยกูล . 2532. การผลิตยางธรรมชาติ . ศูนย์วิจัยยางสงขลา สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

วิชาการเกษตร , กรม . 2541 . สถิติยางประเทศไทย. สถาบันวิจัยยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 27 (3-4) : 1-20.

วันชัย แก้วยอด. 2540. การตรวจสอบการจัดการน้ำเสียโรงงานยาง : กรณีศึกษาในจังหวัดสงขลา วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม , กรม . 2537. พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พศ.2535 และกฎหมายที่เกี่ยวข้อง . กรุงเทพมหานคร : ขวนพิมพ์.

สุรพล อุปติสสกุล. 2523. สถิติการวางแผนการทดลองเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : 24-49.

อานนท์ เอื้อตระกูล. 2538.ประวัติและการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฏาน(Growing bhutanese abalone mushroom) . กรุงเทพมหานคร : ชมรมเพาะเห็ดแห่งประเทศไทย.

อัจฉรา พยัพพานนท์ , พรรณี บุตรธนู , พวงผกา สุทัศน์ ณ อยุธยา และพันธุ์ทวี ภักดีดินแดน . 2528 . ศึกษาปริมาณรำและกากถั่วเหลืองที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดนางรม รายงานผลการทดลอง ปี2528 ของ กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ : 559-570. (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่)

ภาษาอังกฤษ

Ahmad Ibrahim and John , C.K. 1986. Aeration Systems for the Treatment of Effluent from Latex Concentrate Factories Proc. Int. Rubb. Conf. Kuala Lumpur 2 : 202-208.

APHA,AWWA and WPCF .1992 . Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater .18 th ed. U.S.A. : APHA.

Archer,B.L.,Audley , B.G. , McSweeney,G.P. ,and Tan Chee Hong . 1969 . Studies on Composition of Latex Serum and Bottom Fraction Particles . J. Rubb. Res. Inst. Malaya . 21(4) : 560-569.

Cook , A.S., and Sekhar , B.C. 1953. Fractions from *Hevea brasiliensis* Latex Centrifuged at 59,000g. J. Rubb. Res. Inst. Malaya 14 : 163.

Eckenfelder , W.W. 1989. Industrial Water Pollution Control. 2nd ed. U.S.A.: McGraw-Hill.

Eng , A.H., and Tanaka , Y. 1993. Structure of Natural Rubber . Trends in Polymer Science 3 : 493-513.

Grechanovskii, V.A. , Dmitrieva , I.P. , and Zait Sev , N.B. 1987 . Structure of Natual Rubber . Inter. Polymer.Sci. Technol. 14 : 1 .

Hashimoto , K.., and Takahashi , Z. 1974. Studies on the Growth of *Pleurotus ostreatus* in Proceedings of the ninth International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi , Tokyo. Mushroom Science IX (Part I) : 585-593.

Helle , O., and Boyce , C.O. 1990 . Microbial Proteinase and Biotechnology. In Forgarty W.M. & Kelly C.T. (eds.) , Microbial Enzymes and Biotecnology , pp.240-241. New York : Elsevier Applied Science.

Holt , J.G. , Kreig , N.R. , Sneath , P.H.A , Staley , J.T., and Williams , S.T. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology . Ninth edition . U.S.A. : Williams & Wilkins.

Homans , L.N.S., and Van Gils ,G.E. 1949. Fresh Hevea Latex A Complex Colloidal System Proc. Rubb. Technol. Conf. London 2 . Cambridge : W.Heffer & Sons : 292.

Jandaik , C.L., and Kapoo , J.N. 1974. Studies on Cultivation of *Pleuotus Sajor-Caju* (FR.) Singes in Proceedings of the ninth International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi , Tokyo. Mushroom Science IX (Part I) : 667-672.

Kalinenko , V.O. 1938. The Role of Actinomycetes and Bacteria in Decomposing Rubber Microbiologia 17 : 119.

Lau , C.M., Subramaniam , A., and Tajima , Y. 1989. Recovery and Application of Waste Solids from Natural Rubber Latex Serum . Proc. Rubb Res. Inst. Malaysia Rubb Grow Conf Malacca : 525-547.

Low , F.C. , Tan , A.M., and John , C.K. 1992. Microbial Degradation of Natural Rubber. J. Nat Rubb Res 7 (3) : 195-205.

Mohd Zin Abd. Karim and Ahmad Ibrahim . 1985. Biological Oxidation of Rubber Effluent using the Rotating Biodisc. Proc. Int. Rubb. Conf. Kuala Lumpur 2 : 193-201.

Nemerow , N.L. 1978 . Industrial Water Pollution . Philippines: Addison-Wesley.

Ng Chiew Sum , Chen ,S.F., and Ahmad Ibrahim . 1979. RRIM Training Manual an Analytical Chemistry Latex and Rubber Analysis . Rubb. Res. Ins. of Malaysia : 24-201.

Nordin Ab. Kadir Bakti and Mohd. Zin Ab. Karim . 1989. Treatment of Rubber Effluent with High Rate Algal Pond. J. Nat Rubb. Res 4 (3) : 179-185.

Nordin Ab. Kadir Bakti . 1993. Treatment of Rubber Effluent with High Rate Algal Pond. Plrs. Bull Rubb. Res Inst. Malaysia 215 : 52-55.

Nordin Abdul Kadir Bakti and Mohd. Zin Abdul Karim .1992 . Growth of Schizosaccharomyces sp. on Skim Latex Serum . J. Nat Rubb Res 7(4) : 275-280

Oiki, H. , Sonomoto , K., and Ishizaki , A. 1996. Stimulation by Natural Rubber Serum Powder of the Growth of Bifidobacterium bifidum. J. Fac. Agr 40(3-4) : 271-277.

Shaposhnikov , V.N. 1952 . Growth of Bacteria on Natural Rubber . Microbiologia 21 : 146.

Spalla , C. , Grein , A. , Garofano , L. ,and Ferni , G. 1989 . Microbial Production of Vitamin B_{12} . In Vandamme , E.J. (ed.) , Biotechnology of Vitamins , Pigments and Growth Factors. Pp. 256-284. New York and London : Elsevier Applied Science.

Spence , D., andVan Niel , C.B. 1936. Bacterial Decomposition of the Rubber in Hevea Latex. J. Ind. Eng Chem 28 : 847.

Tanaka , Y. 1989. Structure and Biosynthesis Mechanism of Natural Polyisoprene. Prog. Polym. Sci. 14 : 339-371.

Ward , O.P. 1983. Proteinase. In Forgarty , W.M. (ed.) , Microbial Enzymes and Biotechnology , pp. 251-317. New York and London : Elsevier Applied Science.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์คุณภาพของน้ำเสีย

1.ความขุ่น(Turbidity)โดยวิธี Spectrophotometric method (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

วัดความขุ่นโดยเปรียบเทียบความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างกับของสารมาตรฐานภายใต้สภาวะเดียวกัน ความเข้มของแสงที่กระจัดกระจายมากจะมีความขุ่นมาก สารละลายความขุ่นมาตรฐานที่ใช้คือ ฟอร์มาซินโพลีเมอร์ (Formazine Polymer) ประกอบ ด้วยสารละลาย 2 อย่าง คือ สารละลายไฮดราซีนซัลเฟต (Hydrazine Polymer) กับ สารละลายเฮกซาเมธิลลีนเตตระมีน (Hexamethylene Tetramine)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer) ใช้ความยาวคลื่นที่ 420 nm
2. Cuvette สำหรับวัดตัวอย่างน้ำ ต้องเป็นแก้วหรือพลาสติกใส ต้องดูแลให้สะอาดอยู่เสมอ ทั้งด้านในและด้านนอก อย่าให้มีรอยขีดข่วน

สารเคมี

1. น้ำกลั่นที่ใสไม่มีความขุ่น

นำน้ำกลั่นกรองผ่านแผ่นกรองเมมเบรนขนาด 0.2 ไมครอน ใช้น้ำนี้เพื่อเตรียมสารละลาย ความขุ่นมาตรฐานและการเจือจางตัวอย่าง

2. สารละลายสต๊อคความขุ่นมาตรฐาน 400 NTU

2.1 ละลาย Hydrazine Sulphate ($N_2H_4H_2SO_4$) 1.0 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล.

2.2 ละลาย Hexamethylenetetramine ($(CH_2)_6N_4$) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล.

2.3 ผสมสารละลายในข้อ 2.1 และ 2.2 อย่างละ 5 มล. ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มล. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ $25 \pm 3^{\circ}$ C เป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นปรับปริมาตรจนได้ 100 มล. สารละลายสต๊อคความขุ่นมาตรฐานมีค่า 400 เอ็นทียู (NTU) และใช้ได้เป็นเวลา 1 เดือน

3. สารละลายความขุ่นมาตรฐาน

ดูดสารละลายสต๊อคความขุ่นมาตรฐานมา 10มล. แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตร 100มล.

ความขุ่นของสารละลายนี้คือ 40 เอ็นทียู

วิธีวิเคราะห์

1.เตรียมอนุกรมของสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีความขุ่น 5 10 20 30 และ 40 เอ็นทียู จากสารละลายความขุ่นมาตรฐานที่มีความขุ่น 40 เอ็นทียู โดยปิเปต 2.5 5 10 และ15 มล. ของสารละลายความขุ่นมาตรฐาน แล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 20 มล. ก็จะได้สารละลายที่มีความขุ่นดังกล่าวข้างต้นสำหรับความขุ่น40 เอ็นทียู ให้ใช้จากสารละลายความขุ่นมาตรฐานโดยตรง

2.ทำเส้นมาตรฐานของความขุ่น โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ของสารละลายความขุ่นมาตรฐานเหล่านี้ โดยใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงค์ สร้างกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 นาโนเมตร กับเอ็นทียู จะได้เส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น

3.อ่านค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำและคำนวณค่าความขุ่นโดยอ่านจากกราฟมาตรฐาน

<u>การคำนวณ</u>

$$\text{ความขุ่น (เอ็นทียู)} = \frac{A * (B+C)}{C}$$

A = ค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำที่ได้ทำการเจือจางแล้ว

B = มิลลิลิตรของน้ำกลั่นที่ใช้ในการทำเจือจาง

C = มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำที่นำมาทำการเจือจาง

* ค่าเอ็นทียู ย่อมาจาก Naphelometric Turbidity Unit

2. ของแข็งแขวนลอย(Suspended Solids,SS) Gravimetric Method (APHA , AWWA and WPCF,1992)

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์</u>

1.กระดาษกรองใยแก้ว

2. กรวยกรองบุคเนอร์ (Bucher funnel)

3. เครื่องดูดอากาศ (Suction pump)

4. ตู้อบ (Drying oven)

5. เครื่องชั่งละเอียด

<u>วิธีการ</u>

1. อบกระดาษกรองให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน

2. เลือกปริมาณน้ำตัวอย่าง ที่จะได้ปริมาณของแข็งแขวนลอยไม่น้อยกว่า 2.5 มิลลิกรัม

3. วางกระดาษลงในกรวยบุคเนอร์ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องดูดอากาศ

4. ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียก เพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์

5. กรองน้ำตัวอย่างโดยอาศัยแรงดึงดูดจากเครื่องดูดอากาศ

6. ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมด

7. ปิดเครื่องดูดอากาศ คีบกระดาษกรอง ใส่ภาชนะทนไฟ เช่น กระจกนาฬิกา นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C ในตู้อบประมาณ 1 ชั่วโมง

8. ทิ้งให้เย็นลงจนเท่าอุณหภูมิห้องในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

การคำนวณ

$$\text{ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)} = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ปริมาตรน้ำตัวอย่าง (มล.)}}$$

โดยที่ A = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

B = น้ำหนักกระดาษกรองหลังการวิเคราะห์ (มิลลิกรัม)

3. ปริมาณซัลเฟต(Sulfate)โดยวิธีTurbidimetric method (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

ในสารละลายไฮโดรคลอริกซึ่งมีกลีเซอรอล ซัลเฟตสามารถทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)และเกิดคอลลอยด์ของแบเรียมซัลเฟต($BaSO_4$)ซึ่งสามารถวัดปริมาณได้ในรูปของความขุ่น

เครื่องมือและอุปกรณ์

1.เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

2. เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic stirrer)

3. ช้อนตวงที่มีความจุ 0.2-0.3 มล.

สารเคมี

1. คอนดิชันนิ่งรีเอเจนต์ (Conditioning reagent)

ผสมกลีเซอรอล 50 มล. กับสารละลายที่ประกอบด้วยกรดเกลือเข้มข้น 30 มล. น้ำกลั่น 300 มล. 95% เอธานอล จำนวน 100 มล. และ โซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม

2. แบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) ชนิดเกล็ด ขนาด 20-30 mesh

3. สารละลายมาตรฐานซัลเฟต

ละลายโซเดียมซัลเฟตปราศจากน้ำ (Anhydrous Na_2SO_4) จำนวน 147.9 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่นจน ได้ปริมาตร 1,000 มล. (1 มิลลิลิตร = 100 ไมโครกรัมซัลเฟต)

วิธีวิเคราะห์

1. นำน้ำตัวอย่างมา 100 มล. ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 มล. เติมคอนดิชันนิ่งรีเอเจนต์ 5 มล. ผสมและกวนโดยใช้เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ค่อยๆ เติมแบเรียมคลอไรด์(ชนิดเกล็ด) 1 ช้อน จับเวลา พอครบ 1 นาที หยุดกวนทันที

2. วัดค่าความขุ่นที่ 5 $\pm$ 0.5 นาที ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร นำไปอ่านค่าปริมาณซัลเฟตจากกราฟมาตรฐาน

3. การเตรียมกราฟสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่มีความเข้มข้น 0 5 10 15 20 25 30 35 และ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการปิเปต 0 5 10 15 20 25 30 35 และ40 มล.ของสารละลายซัลเฟตที่เตรียมไว้ใส่ในขวดรูปกรวย แล้วเติมน้ำจนได้ปริมาตรแต่ละขวดเป็น100มล. และทำทุกอย่างเหมือนตัวอย่าง นำค่าความขุ่นที่ได้แต่ละความเข้มข้น มา

เขียนกราฟมาตรฐานสำหรับในหลอด blank ให้ทำทุกอย่าง เหมือนกับหลอดตัวอย่าง แต่ไม่เติมแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$)

การคำนวณ

$$\text{มิลลิกรัมซัลเฟตต่อลิตร} = \frac{\text{มิลลิกรัมซัลเฟต} \times 1000}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง (มล.)}}$$

4. **ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด** (Total Phosphorus) **โดยวิธี** Stannous Chloride method (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

หลักการของวิธีนี้เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิด Molybdophosphoric acid ซึ่งจะถูก stannous Chloride complex รีดิวซ์ไปเป็น molybdenum blue

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องสเปคโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
2. เตาไฟฟ้า (Hot plate)

สารเคมี

ก. ขั้นตอนการย่อย

1. ฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์
2. สารละลายกรดเข้มข้น

ค่อยๆ รินกรดซัลฟุริกเข้มข้น จำนวน300มล. ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 600 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น หลังจากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น จำนวน 4 มล. แล้วทำให้สารละลายมีปริมาตรทั้งหมด 1 ลิตร

3. แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2 S_2O_4$)
4. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 1 นอร์มัล

ข. ขั้นตอนการวิเคราะห์

1. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท

ละลาย 25 กรัมของแอมโมเนียมโมลิบเดท ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$) ในน้ำกลั่น 175 มล. ค่อยๆ เติม 280 มล. ของกรดซัลฟุริกเข้มข้น ลงในน้ำกลั่น400มล. ทำให้เย็น เทสารละลายโมลิบเดทลงไป เติมน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

2. น้ำยาสแตนนัสคลอไรด์

ละลาย 2.5 กรัม ของ สแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2 . 5 H_2O$) ในกลีเซอรอล (glycerol) 100 มล. ตั้งบน water bath แล้วคนด้วยแท่งแก้วเพื่อให้ละลายได้เร็วขึ้น น้ำยานี้อยู่ตัวและเก็บไว้ได้นาน โดยไม่ต้องเติม สารกันเสีย

3. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

ละลาย 219.5 มิลลิกรัมของโพตัสเซียมไดฟอสเฟตที่ปราศจากน้ำ (KH_2PO_4 anhydrous) เติมน้ำกลั่นจนครบ 1000 มล.

1 มิลลิลิตรของสารละลายนี้ = 50.0 ไมโครกรัม PO_4-P

วิธีทดลอง

ก. การย่อยสลายขั้นแรกโดยวิธีเปอร์ซัลเฟต

1. ใส่น้ำตัวอย่างจำนวนพอเหมาะประมาณ 50 มล. ลงในขวดรูปกรวย (Erlenmeryer flask)

2. หยดฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด

3. ถ้าได้สารละลายสีชมพู ให้ค่อย ๆ หยดกรดเข้มข้น ลงไปทีละหยด จนสีชมพูจางหายไป

4. เติมกรดเข้มข้นลงไปอีก 1 มล. และเติมแอมโมเนียมเปอร์ซัลเฟต 0.4 กรัม

5. ต้มให้เดือดบนเตาไฟฟ้า (hot plate) จนกระทั่งสารละลายมีปริมาตรเหลือเพียง 10 มล.

6. ทำให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรประมาณ 30 มล.

7. หยดฟีนอล์ฟธาลีนอินดิเคเตอร์ 1 หยด จะได้สารละลายใสไม่มีสี

8. ทำให้เป็นกลาง โดยค่อย ๆ หยด โซเดียมไฮดรอกไซด์ จนกระทั่งได้สารละลายสีชมพูอ่อน

9. เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายเป็น 100 มล.

ข. วิธีวิเคราะห์

1. วิธีสร้างกราฟมาตรฐาน ใช้สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 50 ไมโครกรัม ในจำนวนที่มีฟอสฟอรัส ตามต้องการ และนำไปผ่านการย่อยสลายขั้นแรกตามวิธีที่กล่าวข้างต้น

2. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 20 มล. ใส่ในขวดวัดปริมาตร 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร เขย่าให้เข้ากัน สารละลายนี้จะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส 1 ไมโครกรัมต่อลิตร จากนั้นปิเปตสารละลายที่เตรียมใหม่นี้ 0 2 10 30 และ50 มล. ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 0 2 10 30 และ 50 ไมโครกรัม หรือ 0 40 100 200 600 และ1000 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ เตรียมแต่ละตัวอย่างกับแบลงค์ดังต่อไปนี้

3. เติมสารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดท จำนวน 4 มล. และ สารละลายสแตนนัสคลอไรด์ จำนวน 0.5 มล. (10 หยด)

4. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เพื่อให้เกิดสีเต็มที่

5.นำไปอ่านค่าแอบซอบแบนซ์(Absorbance) ที่ 690 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เขียนกราฟโดยให้ความเข้มข้นหน่วยเป็นไมโครกรัม อยู่ในแนวแกนนอน และค่าการดูดกลืนแสง อยู่ในแนวแกนตั้ง จะได้กราฟเป็นเส้นตรง

6. นำตัวอย่างข้างต้นมา 100 มล. ใส่ในขวดรูปกรวย ทำเช่นเดียวกับสารละลายมาตรฐานข้างต้น

7. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ 690 นาโนเมตรของตัวอย่างไปอ่านค่าฟอสฟอรัส จากกราฟมาตรฐานที่เตรียมได้

การคำนวณ

$$\text{มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส} = \frac{\text{มิลลิกรัมฟอสฟอรัส} \times 1000}{\text{มิลลิลิตรของน้ำตัวอย่าง}}$$

$$\text{มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสเฟต} = \text{มิลลิกรัมต่อลิตรฟอสฟอรัส} \times 3.06$$

5. Biochemical Oxygen Demand(BOD)โดย5dayBODtest (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

วิธีนี้ประกอบด้วยการใส่น้ำตัวอย่างลงในขวดที่มีขนาดที่จำเพาะและปมไว้ที่อุณหภูมิ20±1°C เป็นเวลา 5 วัน ออกซิเจนที่ละลายจะถูกวัดไว้ก่อนและหลังการบ่มนั้นๆ ส่วนค่าบีโอดี คำนวณได้ จากผลต่างของค่าDO (Dissolved Oxygen) ก่อนและหลังการบ่ม เนื่องจากค่า DO เริ่มต้น จะถูกวัดค่าทันทีหลังจากการเจือจาง ซึ่งเป็นค่าออกซิเจนทั้งหมดที่รับเข้ามารวมทั้งที่เกิดขึ้นในช่วง15นาทีแรกด้วย

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดบีโอดี (BOD bottle) ขนาด 250-300 มล. พร้อมจุกปิดสนิท ส่วนใหญ่ใช้ขวดที่ทำพิเศษ เพื่อหาค่า DO โดยเฉพาะ ขวดที่ใช้ต้องละอาดปราศจากสารอินทรีย์ การทำความสะอาด ควรล้างด้วยสารละลายกรดโครมิค (Chromic acid) แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดฉีดน้ำกลั่นล้างอีกหลายๆ ครั้ง คว่ำให้แห้ง

2. ตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิได้ที่ 20 ± 1 °C และต้องมืด

3. อุปกรณ์เครื่องแก้วต่าง ๆ เช่น กระบอกตวง , บิวเรต , ขวดรูปกรวย เป็นต้น

4. เครื่องจ่ายลม แบบเดียวกับที่ใช้กับตู้เลี้ยงปลาสวยงาม และหัวจ่ายลม

สารเคมี

1. น้ำกลั่นบริสุทธิ์ คุณภาพสูง ปราศจากคลอรีน คลอรามีน และสารอินทรีย์ มีทองแดงปนได้ไม่เกิน 0.01 มก. ต่อลิตร

2. สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ละลายโปแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 8.5 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตเฮปตะไฮเดรต ($Na_2HPO_4.7H_2O$) 33.4 กรัม ไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 21.75 กรัม และ แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มล. แล้วเจือจางให้เป็น 1 ลิตร

3. สารละลายแมกนีเซียมซัลเฟต

ละลายแมกนีเซียมซัลเฟตเฮปตะไฮเดรต($MgSO_4.7H_2O$)22.5กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น1 ลิตร

4. สารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ละลายแคลเซียมคลอไรด์ (Anhydrous $CaCl_2$) 27.5 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายเฟอริคคลอไรด์

ละลายเฟอริคคลอไรด์เฮกซะไฮเดรต ($FeCl_2 . 6H_2O$) 0.25 กรัมในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น1 ลิตร

6. สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ 0.025 นอร์มัล

ละลายโซเดียมซัลไฟต์ที่อบแห้ง (Na_2SO_3) 1.575 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร (สารละลายนี้ ไม่อยู่ตัว จึงต้องเตรียมเฉพาะเวลาที่ต้องการใช้เท่านั้น)

7. สารละลายกรด (H_2SO_4)และด่าง (NaOH) 1 นอร์มัล สำหรับใช้ปรับค่า pH ให้เป็นกลาง

วิธีการ

1) การเตรียมน้ำสำหรับใช้เจือจาง

1.1 ตวงน้ำกลั่นให้มากกว่าปริมาตรที่ต้องการใช้ 1 ลิตร ใส่ลงในภาชนะที่สะอาด

1.2 เติมสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ แมกนีเซียมคลอไรด์และเฟอริคคลอไรด์ตามลำดับ ใช้สารละลายแต่ละชนิด 1 มล. ต่อน้ำเจือจาง 1 ลิตร

1.3 เป่าอากาศที่สะอาด เพื่อเพิ่มปริมาณสารละลายออกซิเจนให้กับน้ำเจือจาง

2) การเตรียมตัวอย่างน้ำที่จะหา

2.1 ตัวอย่างน้ำที่เป็นด่างหรือกรดจะต้องปรับให้เป็นกลางคือ pHประมาณ 7 ด้วยกรดซัลฟุริก ความเข้มข้น 1 นอร์มัล หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 1 นอร์มัล แล้วแต่กรณี

2.2ตัวอย่างน้ำที่มีโลหะหนักหรือสารเป็นพิษชนิดอื่นเจือปนอยู่จะต้องศึกษาและกำจัดเสียก่อนเป็นพิเศษ

วิธีการเจือจาง

1. เลือกเปอร์เซนต์ตัวอย่างในการเจือจางที่คาดว่าจะให้ค่า BOD อยู่ในช่วงที่กำหนด แล้วเลือกเปอร์เซนต์ตัวอย่างเจือจางที่สูงกว่าและต่ำกว่า ที่อยู่ติดกันอีก 2 ขั้น ตามตารางผนวกที่ 1 ดังนั้นจึงต้องรู้ค่า BOD โดยประมาณก่อน

2. ค่อย ๆ รินน้ำเจือจาง 700-800 มล. ในกระบอกตวงขนาด 1000 มล. โดยพยายามอย่าให้มีฟองอากาศ

3. เติมตัวอย่างน้ำจำนวนที่ต้องการ แล้วจึงเติมน้ำเจือจางจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

4. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน อย่าให้มีฟองอากาศ

5. ค่อย ๆ รินใส่ขวด BOD 3 ขวด ปิดจุก นำไปเก็บในตู้ปมที่อุณหภูมิ 20° C 2 ขวด ที่เหลือนำไปหาค่า DO ทันที เพื่อทราบค่า DO ที่จุดเริ่มต้น (D1)

6. ทำเช่นเดียวกันตั้งแต่ข้อ 2 ถึง 5 สำหรับเปอร์เซนต์ตัวอย่างเจือจางที่ต่ำกว่าและสูงกว่าตามลำดับ

3) การหาปริมาณ DO

หาปริมาณ DO ที่จุดเริ่มต้น โดยวิธี Azide Modification of the Iodometric method ดังจะกล่าวในข้อ ก.

4) การเพาะเลี้ยง (Incubation)

เพาะเลี้ยงโดยเก็บ 2 ขวดของแต่ละเปอร์เซนต์เจือจางในตู้เย็นมืด อุณหภูมิ 20 $\pm$ 1° C เป็นเวลา 5 วัน จึงนำออกมาหาปริมาณ DO (D2) ตามหัวข้อ 3

5) การควบคุมคุณภาพน้ำเจือจาง

รินน้ำกลั่นที่ใช้เจือจางแต่ไม่ได้ใส่น้ำเชื้อลงในขวด BOD 2 ใบ ปิดจุกแล้วเอาขวดหนึ่งเพาะที่ 20° C ส่วนอีกขวดหนึ่งหาปริมาณ DO ทันที

6) การพิจารณาผลเพื่อใช้ในการคำนวณค่า BOD

ผลที่น่าเชื่อถือและจะใช้ในการคำนวณต่อไปได้นั้น จะต้องมีปริมาณDO เหลืออยู่อย่างน้อย 1 มก./ลิตร และต้องมีการลดปริมาณDOลงไปอย่างน้อย 2 มก./ลิตร จึงจะทำให้ค่าBOD ที่คำนวณออกมาได้ถูกต้องที่สุด ตารางผนวกที่ก.1 ช่วงของค่า BOD ที่วัดได้ตามค่าเปอร์เซนต์ตัวอย่างของการเจือจาง

ช่วง BOD	% ตัวอย่าง
20,000-70,000	0.01
10,000-25,000	0.02
4,000-14,000	0.05
2,000-7,000	0.10
1,000-3,500	0.20
400-1,400	0.50
200-700	1.0
100-350	2.0
40-140	5.0
20-70	10.0
10-35	20.0
4-14	50.0
0-7	100.0

6. ออกซิเจนละลายได้ (Dissolved Oxygen) **โดยวิธี** Azide Modification of the Iodometric

สารละลายที่ใช้

1.สารละลายแมงกานีสซัลเฟต

ละลายแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($MnSO_4 .H_2O$) 364 กรัมหรือแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($MnSO_4.4H_2O$) 480 กรัม หรือ แมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($MnSO_4.2H_2O$) 400 กรัม ในน้ำกลั่นกรอง แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

2.สารละลายอัลคาไล-ไอโดไดด์-เอไซด์ (Alkai-Iodide-Azide reagent)

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 กรัมและ โซเดียมไอโดไดด์ (NaI) 135 กรัมในน้ำกลั่นเจือจาง เป็น 1 ลิตร และละลายโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มล. แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

3. กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4 , 36 N)

4. น้ำแป้ง

ละลายแป้ง 5 กรัมในน้ำกลั่นประมาณ 50 มล. ค่อย ๆ เทลงในน้ำกลั่นประมาณ 800 มล. ที่ต้มจนเดือด และคนจนเป็นเนื้อเดียวกัน เติมน้ำจนเป็น 1 ลิตร ปล่อยให้เดือดประมาณ 5 นาที ปิดไฟ ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม

กรดแซลลิไซลิค (Salicylic acid) 1.25 กรัม หรือใช้โทลูอีน (Toluene) 2-3 หยด เติมลงในน้ำแป้งเพื่อ ป้องกันการบูด

5. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล

ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) จำนวน 6.205 กรัม ในน้ำกลั่น ที่ต้มจน เดือดใหม่ ๆ แล้วปล่อยให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร เก็บรักษาโดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 กรัมต่อลิตร

สารละลายมาตรฐานนี้ 1 มล. = ปริมาณสารละลายออกซิเจน (DO) 0.2 มิลลิกรัม

<u>การหาค่ามาตรฐานของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตด้วยสารละลายไดโครเมท</u>

1. สารละลายมาตรฐานโพตัสเซียมไดโครเมต 0.025 นอร์มัล

ละลายโพตัสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ที่อบแห้ง 1.226 กรัมในน้ำกลั่น แล้วเจือจางเป็น 1 ลิตร

2.ละลายโพตัสเซียมไอโอไดด์ 2 กรัม ในขวดแก้วเออเลนเมเยอร์ฟลาส์ก ด้วยน้ำกลั่น 100-150 มล.

3. เติมกรดซัลฟุริก (1+9) ปริมาตร 10 มล.

4. เติมสารละลายมาตรฐานโพตัสเซียมไดโครเมต ปริมาตร 20 มล.

5. ตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 5 นาที

6. เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 400 มล. โดยประมาณ

7. ไตเตรตไอโอดีนที่เกิดขึ้นด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

8. Normality ของสารละลายไธโอซัลเฟต = a x N/20

a = มล.ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

N = Normality ของสารละลายมาตรฐานโพตัสเซียมไดโครเมต

9. ปรับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ให้มีความเข้มข้นแน่นอน เป็น 0.025 นอร์มัล

<u>วิธีการ</u>

1. จากตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ในขวด 250-300 มล. เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟตปริมาตร 2 มล.

2. เติมสารละลาย อัลคาไลด์-ไอโอไดด์-อาไซด์ตามลงไปทันทีปริมาตร2มล.ให้ปลายหลอดจมอยู่ในน้ำ ตัวอย่าง

3. ปิดจุก ระวังอย่าให้มีฟองอากาศติดอยู่ในขวด จับขวดคว่ำลงเขย่าแบบพลิกฝ่ามือ ให้ขวดตั้งขึ้นและคว่ำลงสลับกันอย่างน้อย 15 ครั้ง ตั้งปล่อยทิ้งไว้ให้ตะกอนที่เกิดขึ้นนอนก้น

4. รอจนได้น้ำใสส่วนบนประมาณ 100 มล. ค่อย ๆ เปิดจุกแล้วเติมกรดเข้มข้นลงทันที ปริมาตร 2 มล. ให้กรดไหลลงไปตามคอขวด

5. ปิดจุกค่อย ๆ เขย่าจนกระทั่งตะกอนละลายหมด

6. ตวงสารละลายที่ได้ 203 มล. ใส่ลงในฟลาสก์ขนาด 500 มล. (ปริมาตรจำนวนนี้จะแทนปริมาตรของ น้ำตัวอย่างจริง ๆ 200 มล. เนื่องจากปริมาตรของตัวอย่างน้ำถูกแทนที่ด้วยน้ำยาทั้งหมด 4 มล.ที่เติม ลงในขวดขนาด 300 มล. ดังนั้นปริมาตรที่จะนำมาเพื่อไตเตรท จึงเป็น

(200x300)/(300-4)=203 มล.

7. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.025 นอร์มัล จนได้สีเหลืองอ่อน ๆ

8. เติมน้ำแป้ง 1-2 มล. และไตเตรทจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป

การคำนวณ

ออกซิเจนละลาย (DO)

1 มล. ของ 0.025 N $Na_2S_2O_3$ = 1 มล./DO (ในน้ำตัวอย่าง 200 มล.)

BOD_5 (เมื่อไม่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

BOD_5 (มก./ลิตร) = (D1-D2)/P

BOD_5 (เมื่อเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์)

BOD_5 (มก./ลิตร) = (D1-D2)-(B1-B2) * f /P

โดยที่ D1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรก (มก./ลิตร)

D2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 (มก./ลิตร)

P = อัตราส่วนของการเจือจางตัวอย่างน้ำ

B1 = ค่าออกซิเจนละลายในวันแรกของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มก./ลิตร)

B2 = ค่าออกซิเจนละลายในวันที่ 5 ของหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มก./ลิตร)

f = อัตราส่วนของปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ ในตัวอย่างน้ำต่อปริมาณหัวเชื้อจุลินทรีย์ ในตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับการแก้ค่าเนื่องจากการเติมหัวเชื้อ

7. **ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด** (Total Kjeldahl Nitrogen,TKN) โดยวิธี Kjeldahl method (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

จากการใช้กรดซัลฟุริก (H_2SO_4),โพตัสเซียมซัลเฟต(K_2SO_4)และคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$) ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา(Catalyst) จะทำให้ไนโตรเจนในรูปของกรดอะมิโนซึ่งเป็นพวกออร์กานิกไนโตรเจนและแอมโมเนียอิสระเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียม หลังจากเติมด่างแก่ แอมโมเนียจะถูกกลั่น ออกมาจากสารละลายที่เป็นด่าง(alkaline) โดยมีสารละลายกรดบอริกเป็นตัวดูดกลืน จากนั้นนำไปหาปริมาณของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ด้วยการไตเตรทกับสารละลายกรดแก่มาตรฐาน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือในการย่อยสลาย ประกอบด้วย ชุดสำหรับย่อยสลาย (Digest unit) ขวดเจลดาห์ล ขนาด 200 มล. (Kjeldahl flask) และที่วางขวดเจลดาห์ล

2.เครื่องกลั่น ประกอบด้วยชุดสำหรับกลั่นและเครื่องทำความเย็น (cooling bath)

3.เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

4.เครื่องกวนแม่เหล็ก

สารเคมี

1.น้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย

2. ตัวเร่งปฏิกิริยา ประกอบด้วยโพแทสเซียมซัลเฟต(K_2SO_4) ต่อคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4 .5H_2O$) อัตราส่วน 10:1 ผสมให้เข้ากัน

3. กรดซัลฟุริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6 นอร์มัล

ชั่ง 240 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ละลายในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนีย 1000 มล.

5. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution)

ชั่ง 200 มก. เมทิลเรดอินดิเคเตอร์ (Methyl red indicator) ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% จำนวน 50 มก. ชั่ง 100 มก. เมทิลีนบลูอินดิเคเตอร์ (Methylene blue indicator) ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% จำนวน 50 มล. แล้วผสมสารละลายทั้ง 2 ชนิดเข้าด้วยกัน

6. สารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด (Indicating boric acid solution)

ชั่ง 20 กรัม กรดบอริก (H_3BO_3) ละลายน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อย เติมสารละลายอินดิเคเตอร์ผสมลงไป 10 มล. แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1000 มล. เตรียมใช้ในแต่ละเดือน

7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มัล

ชั่ง 40 กรัมของ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ละลายในน้ำกลั่น 1000 มล.

8. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล

เจือจางกรดซัลฟุริกที่มีความเข้มข้น 1 นอร์มัล จำนวน 20 มล. ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น1000 มล. เทียบความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.05 นอร์มัล จำนวน 20 มล. โดยใช้อินดิเคเตอร์ผสมบอกจุดยุติ จากสีฟ้า เป็นสีชมพูอมส้ม

9. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.05 นอร์มัล

อบโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) 3-5 กรัม ที่อุณหภูมิ 250 ^{o}C นาน 4 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถทำแห้ง ชั่ง Na_2CO_3 ที่อบแล้ว 2.45 กรัม เทลงในขวด วัดปริมาตรขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่นให้ครบ 1 ลิตร อย่าเก็บสารละลายนี้นานกว่า 1 สัปดาห์

10. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสมระหว่างบรอมครีซอลกรีนกับเมทธิลเรด

ละลายเมทธิลเรด (Methyl red) จำนวน 20 มก.และบรอมครีซอลกรีน(Bromcresol green) จำนวน 100 มก. ในเอธานอล95% หรือไอโซโพรพิลอัลกอฮอล์ จำนวน 100 มล. ผสมให้เข้ากัน

<u>วิธีทดลอง</u>

1.เลือกปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้ให้เหมาะสม เพราะปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณของออร์กานิก-ไนโตรเจน ในตัวอย่างน้ำนั้นๆ ดังรายละเอียดในตารางปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมในการหาออร์กานิก-ไนโตรเจน

ตารางภาคผนวกที่ก.2 ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมในการหาออร์กานิกไนโตรเจน ในรูปของเหลว

ออร์กานิก-ไนโตรเจนในตัวอย่างน้ำ (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ปริมาณของตัวอย่างน้ำ (มิลลิลิตร)
0-1	500
1-10	250
10-20	100
20-50	50
50-100	25

ในกรณีที่ตัวอย่างเป็นของแข็ง จะต้องชั่งตัวอย่างด้วยน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่งประมาณ 0.2-2 กรัม ลงในหลอดใส่สารตัวอย่าง ขึ้นอยู่กับ ปริมาณไนโตรเจนในสารตัวอย่าง

2. เติมตัวเร่งปฏิกิริยาผสมปริมาณ 5 กรัม และเติม conc. H_2SO_4 ประมาณ 25 มล. ลงในขวดเจลดาห์ล ที่มีตัวอย่าง นำไปย่อยด้วยเครื่องย่อยไนโตรเจน ต้มเดือดจนมีกลุ่มควันสีขาวเกิดขึ้น ได้สารละลายใส เดือดต่อไปอีก 20-30 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น
3. เติมน้ำกลั่นจำนวน 50 มล. ใส่ลงในขวดเจลดห์ลที่มีตัวอย่าง
4. เติม 6 นอร์มัล โซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 30-50 มล. ใส่ลงในขวดเจลดาห์ล
5. นำตัวอย่างน้ำในขวดเจลดาห์ล จากข้อ 4 ไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน เก็บส่วนที่กลั่นออกมาให้ได้ปริมาณ 200 มล.ไว้ในขวดขนาด250 มล. ซึ่งมีสารละลายอินดิเคติงบอริกแอซิด 50 มล.
6. ปล่อยส่วนที่กลั่นได้ให้เย็น แล้วนำไปไตเตรท กับสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟุริก 0.02 นอร์มัล โดยใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม 2-3 หยด เมื่อถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสารละลายสีเขียวอ่อน เป็นสีม่วงอ่อน (Pale levender) จดปริมาตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ไว้
7. ทำแบลงค์ โดยใส่รีเอเจนต์เหมือนกับตัวอย่างน้ำทุกอย่าง แล้วนำไปกลั่น

การคำนวณ

1. กรณีที่เป็นของเหลว

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) = ((A-B) * N*1000*14)/มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำ

โดยที่ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่างน้ำ

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทกับแบลงค์

N = นอร์มัลของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้

2. กรณีของแข็ง

%N (ไนโตรเจนทั้งหมด) = (A-B) * N* 100 /(น้ำหนักของตัวอย่าง * 1000)

%โปรตีน = %N * 6.25 เมื่อ factor ของโปรตีนมีค่า = 6.25

โดยที่ A = มิลลิลิตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทกับตัวอย่างน้ำ

B = มิลลิลิตรของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้ในการไตเตรทกับแบลงค์

N = นอร์มัลของกรดซัลฟุริกมาตรฐานที่ใช้

8.ปริมาณโลหะต่าง ๆโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometric (APHA , AWWA and WPCF,1992)

หลักการ

วิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชั่น เสปคโตรเมตรี สำหรับวิเคราะห์โพตัสเซียม (K) สังกะสี (Zn) เหล็ก (Fe) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) แมงกานีส (Mn) ตะกั่ว (Pb) และทองแดง (Cu) นั้นจะใช้พลังงานที่เกิดจากการเผา Acetylene และอากาศในการทำให้ธาตุต่างๆ แตกตัวเป็นอะตอมเสรี (Atomization) เพื่อให้ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 217 นาโนเมตร

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่องแก้วต่าง ๆ

สารเคมี

ก.ขั้นตอนการย่อยสลาย

1.กรดไนตริกเข้มข้น

ข.ขั้นตอนการวิเคราะห์

1.น้ำกลั่นที่ปราศจากโลหะต่าง ๆ

2.อะเซทะลีน (Acetylene)

3.สารละลายแคลเซียม

ละลาย 630 มก. ของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ในกรดไฮโดรคลอริก เจือจาง1:5 ปริมาตร 50 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น และเจือจาง1:1

5. กรดไนตริกเข้มข้น และเจือจาง1:1

6. สารละลายแลนทานัม (Lanthanum solution)

ละลาย 58.65 กรัมของแลนทานัมออกไซด์ (La_2CO_3) ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น ปริมาตร 250 มล. โดยค่อย ๆ เติมกรดทีละน้อย จนกระทั่งละลายหมด ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

7.สารละลายมาตรฐานของโลหะต่างๆโดยทำการเจือจางจากสารละลายสต็อคด้วยน้ำกลั่นต่อไปนี้

- โพตัสเซียม (K)

ละลาย 0.1907 กรัมของโพตัสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่อบแห้งแล้วในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วย น้ำกลั่น (1.00 มล. = 100 ไมโครกรัมโพตัสเซียม)

- สังกะสี (Zn)

ละลาย 0.1 กรัมของสังกะสี ในกรดไฮโดรคลอริกที่เจือจาง 1+1 ปริมาตร 20 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น (1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมสังกะสี)

- เหล็ก (Fe)

ละลาย 0.1 กรัมของเหล็ก ในสารละลายผสมระหว่าง 1+1 กรดไฮโดรคลอริกปริมาตร 10 มล. และกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 3 มล. เขย่าให้เข้ากัน เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มล. ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น (1 มล. = 100 ไมโครกรัมเหล็ก)

- แคลเซียม (Ca)

ละลาย 0.2497 กรัมของแคลเซียมคาร์บอเนตที่อบแห้ง อุณหภูมิ 180°C เป็นเวลา 1 ชม. ก่อนเติมด้วยน้ำกลั่น เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 มล. ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมแคลเซียม)

- แมกนีเซียม (Mg)

ละลาย 0.1658 กรัมของ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ด้วยกรดไนตริกเจือจาง 1+1 ปริมาณเล็กน้อย จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 10 มล.ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมแมกนีเซียม)

- แมงกานีส (Mn)

ละลาย 0.100 กรัม ของโลหะแมงกานีสในกรดผสมระหว่าง 10 มล. ของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นและ 1.00 มล. ของกรดไนตริกเข้มข้น ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมแมงกานีส)

- ตะกั่ว (Pb)

ละลาย 0.1598 กรัมของ lead nitrate ,$Pb(NO_3)_2$, ด้วยกรดไนตริกที่เจือจาง 1+1 ปริมาณเล็กน้อย จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 10 มล.ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

(1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมตะกั่ว)

- ทองแดง (Cu)

ละลาย 0.100 กรัม ของโลหะทองแดง (copper metal) ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น ปริมาตร 2 มล. จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 10 มล. ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 1000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(1.0 มล. = 100 ไมโครกรัมทองแดง)

<u>วิธีทดลอง</u>

<u>ก.การเตรียมตัวอย่าง</u>

โดยนำตัวอย่างมาย่อยได้เลยไม่ต้องกรองตัวอย่างน้ำ ทำการเลือกปริมาณน้ำตัวอย่างที่เหมาะสม ถ้าในน้ำตัวอย่างมีสารแขวนลอยอยู่มาก ปริมาตรที่เลือกใช้คือ 50-100 มล.ของน้ำตัวอย่างที่ผสมเข้ากันดีแล้ว เทลงในถ้วยกระเบื้องทนร้อน แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นปริมาตร 3 มล. ระเหยให้แห้งด้วยความระมัดระวังบนเตาไฟ

ฟ้า โดยไม่ให้น้ำตัวอย่างเดือดขณะทำการระเหย ทิ้งให้ถ้วยกระเบื้องเย็น แล้วเติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีก 3 มล. ปิดฝาถ้วยกระเบื้องด้วยกระจกนาฬิกาจนกระทั่งทำให้ของเหลวในถ้วยกระเบื้องเดือดปุดๆ เบาๆ ทำให้ร้อนต่อไป(เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไปอีกถ้าจำเป็น) จนกระทั่งการย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (โดยทั่ว ๆ ไป สังเกตได้จากของแข็งที่เหลือจะมีสีเหลืองอ่อน ๆ) เติมกรดไฮโดรคลอริกเจือจาง1:1 ลงในถ้วยกระเบื้องให้มีจำนวนพอที่จะละลายส่วนที่เหลือ แล้วอุ่นถ้วยกระเบื้องเพื่อช่วยในการละลาย ชะผนังภายในของถ้วยกระเบื้องและกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่น กรองสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตรที่คาดว่าความเข้มข้นของโลหะอยู่ในระดับที่คิดไว้ สารละลายตัวอย่างนี้พร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อไป

ข.ขั้นตอนการวิเคราะห์

การหาปริมาณของโลหะต่าง ๆ ข้างต้นด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชั่น โดยฉีดน้ำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยสลายแล้ว โดยตรงเข้าไปในอะตอมไมเซอร์ (Atomizer) ที่ใช้เปลวไฟอากาศอะเซทิลีน โดยทั้งนี้ต้องมีการเตรียมกราฟมาตรฐานก่อน ซึ่งทำโดยการเตรียม สารละลายมาตรฐานตามช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมอย่างน้อย 4 ระดับ เช่น 0.2 0.4 0.6 และ 0.8 มก./ลิตร โดยเติมกรดไนตริก 0.15 มล. ต่อสารละลายมาตรฐาน 100 มล.ใช้แบลงค์น้ำกลั่นที่เติมกรดไนตริกเข้มข้น1.5 มล./น้ำกลั่น 1000 มล.

การคำนวณ

เครื่อง AA จะแสดงปริมาณของโลหะต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำ ถ้ามีการเจือจางหรือทำให้น้ำตัวอย่างเข้มข้นขึ้น ต้องนำมาคิดคำนวณเข้ากับค่าที่ได้จากเครื่อง โดยมีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร

8. **ค่าปริมาณความชื้น** (Moisture content)

ค่าปริมาณความชื้น คือปริมาณน้ำที่มีอยู่ในตัวอย่าง

วิธีวิเคราะห์

1. สุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบ่งเป็น 4 ส่วน ให้ได้น้ำหนักตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม
2. ชั่งน้ำหนักของภาชนะเปล่า
3. ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะ แล้วทำการชั่งน้ำหนักภาชนะเตรียมตัวอย่าง
4. นำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 75-100 ^{o}C เป็นเวลา 3-4 วัน จนกระทั่งตัวอย่างแห้งสนิท ชั่งน้ำหนัก ตัวอย่างพร้อมภาชนะ บันทึกน้ำหนักที่ได้

การคำนวณ

$$\text{ค่าปริมาณความชื้น (\%) (Mois)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป} * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบแห้ง}}$$

9. **ปริมาณเถ้า** (Ash content)

ค่าปริมาณเถ้า คือ ปริมาณเถ้าที่คงเหลืออยู่เมื่อถูกเผาไหม้แล้ว

วิธีวิเคราะห์

1.นำตัวอย่างที่อบแห้งสนิทแล้วมาบดให้มีขนาดประมาณ 1.0 มม. นำไปอบที่อุณหภูมิ 75°C นานประมาณ 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถอบแห้ง

2. นำถ้วยกระเบื้องทนความร้อนเข้าเตาเผา อุณหภูมิ 550-600 °C นานประมาณ 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นในโถอบแห้ง บันทึกน้ำหนัก ที่แท้จริงของถ้วยกระเบื้องทนความร้อน ด้วยน้ำหนักที่คงที่

3. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ใส่ในถ้วยกระเบื้องทนร้อน ประมาณ 3-6 กรัม บันทึกน้ำหนักรวมของตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องทนความร้อน

4. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 600-650 °C เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

5. ตั้งทิ้งไว้ในโถอบแห้งให้เย็น เป็นเวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างและถ้วยกระเบื้องที่ได้ หลังเข้าเตาเผา

การคำนวณ

$$\text{ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (\%) (VS)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่หายไป} * 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนเผา}}$$

$$\text{ปริมาณเถ้า (\%) (Ash)} = 100 - \text{ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้}$$

10. ปริมาณคาร์บอน (Organic Carbon content)

$$\text{สามารถคำนวณได้จากสูตร (\%)} = \frac{\text{ปริมาณสารที่เผาไหม้ได้ (\%)}}{1.8}$$

11. การทดลองจาร์เทสต์ (Jar test)

เครื่องมือ

1. บีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ

2. เครื่องสำหรับคน ซึ่งสามารถให้ความเร็วรอบได้ ตั้งแต่ 20-200 รอบต่อนาที (Jar test)

3. เครื่องมือวัดค่าความขุ่น , pH

สารเคมี

1.สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 0.1%

2. แอนไอออนิกพอลิเมอร์ ความเข้มข้น 0.05%

ละลาย 0.5 กรัม ของผงแห้งแอนไอออนิกพอลิเมอร์ใน 3 มล.ของเมธานอลหรือเอธานอล ในขวดที่มีฝาปิด จากนั้นเติม น้ำกลั่นลงไป 97 มล. ปิดจุกเขย่าทันที เขย่าต่ออีกเป็นเวลา 30-60 นาที

3. แคทไอออนิกพอลิเมอร์ ความเข้มข้น 0.05%

ละลาย 0.5 กรัม ของผงแห้งแคทไอออนิกพอลิเมอร์ใน 3 มล.ของเมธานอลหรือเอธานอลในขวดที่มีฝาปิด จากนั้น เติมน้ำกลั่นลงไป 97 มล. ปิดจุกเขย่าทันที เขย่าต่ออีกเป็นเวลา 30-60 นาที

4. สารละลายสต๊อคของแคลเซียมไฮดรอกไซด์1%(w/v)

ละลายผงแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้องเขย่าทุกครั้งก่อนใช้

วิธีวิเคราะห์

1.เติมน้ำตัวอย่างใส่ในบีกเกอร์ขนาด600 มิลลิลิตร ปริมาตร400 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ วางในเครื่อง สำหรับคน

2. เปิดเครื่องกวนโดยใช้ความเร็ว 400 รอบต่อนาที แล้วเติมสารจับก้อนที่เตรียมไว้ในรูปที่เหมาะสม ลงไป ใช้เวลาในการกวนเร็ว 5 นาที

3. ปรับเครื่องกวนให้มีความเร็วรอบ 20 รอบต่อนาที ใช้เวลาในการกวนช้า 20 นาที

4.สังเกตดูเวลาที่เกิดฟล็อกขึ้นเป็นครั้งแรกของแต่ละบีกเกอร์ตลอดจนขนาดและปริมาณของฟล็อกที่เกิดขึ้น

5. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตกตะกอน ดูดเอาน้ำส่วนใสข้างบนมาวิเคราะห์ความขุ่นและค่าความเป็นกรด-ด่าง

ในการทดลองนี้ เมื่อเติมสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์และแอนไอออนิกพอลิเมอร์ จะใช้ความเร็ว ในการกวน 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที โดยหยุดเครื่องกวนก่อน จากนั้นจึงเติมตัวต่อไป ส่วนแคทไอออนิกพอลิเมอร์ จะใช้ความเร็วในการกวน 20 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

1. สูตรอาหารวุ้นสำหรับเลี้ยงเชื้อเห็ด (PDA)

มันฝรั่ง	200 - 300	กรัม
น้ำตาลเด็กโทรส	20	กรัม
วุ้นผง (agar)	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	ลบ.ซม.

2. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป

2.1 อาหารแข็งNA (Nutrient agar)

สารสกัดจากเนื้อ (Beef extract)	3.0	กรัม
แบคโตเปปโตน (bacto peptone)	5.0	กรัม
วุ้นผง (agar)	15.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	1,000	ลบ.ซม.

นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิและความดันมาตรฐาน (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ,121°C เป็นเวลา15 นาที)

2.2 อาหารแข็งวายเอ็ม (YM Agar)

สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract)	3.0	กรัม
สารสกัดจากมอลต์ (Malt extract)	3.0	กรัม
เปปโตน (Peptone)	5.0	กรัม
กลูโคส (Glucose)	10.0	กรัม
วุ้นผง (agar)	20.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	1,000	ลบ.ซม.

นึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน

3. สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อและการตรวจผลการทดสอบสมบัติทางชีวเคมี ในการจำแนกเชื้อที่คัดเลือกได้

3.1 สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อเมื่อเตรียมเรียบร้อยแล้วจะนำไปอบฆ่าเชื้อ โดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที

3.1.1 อาหารเจลาติน (Gelatin medium)

อาหารเหลวนิวเตรียนท์ (nutrient broth)	0.8	กรัม
เจลาติน (Gelatin)	12.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	100	ลบ.ซม.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 อาหารแป้ง (Starch agar)

อาหารเหลวนิวเตรียนท์ (nutrient broth)	0.8	กรัม
แป้ง (soluble starch)	1.0	กรัม
วุ้นผง	2.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	100	ลบ.ซม.

3.1.3 อาหารกึ่งเหลว (Semi-solid medium)

ทริปโตส (tryptose)	1.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	0.5	กรัม
วุ้นผง (bacto-agar)	0.5	กรัม
ไตรฟีนิล เตตระโซเลียมคลอไรด์ 0.5%		
(triphenyltetrazoliumchloride)	10	ลบ.ซม.

3.1.4 อาหารเหลวไนเตรท (nitrate broth)

โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)	1.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	0.5	กรัม
เปปโตน	2.0	กรัม
สารสกัดจากเนื้อ (Beef extract)	3.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	1,000	ลบ.ซม.

ใส่หลอด Durham's tube เพื่อดักก๊าซ

3.1.5 Triple sugar Iron (TSI) agar

สารสกัดจากเนื้อ (Beef extract)	3.0	กรัม
สารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract)	3.0	กรัม
แบคโตเปปโตน (bacto peptone)	15.0	กรัม
แบคโตโปรติโอสเปปโตน		
(bacto proteose peptone)	5.0	กรัม
แบคโตเดรกโตส (dextrose)	1.0	กรัม
แบคโตแลคโตส (lactose)	10.0	กรัม
แบคโตซูโครส (sucrose)	10.0	กรัม
เฟอรัสซัลเฟต ($Fe_2SO_4.7H_2O$)	0.2	กรัม
โซเดียมคลอไรด์	5.0	กรัม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โซเดียมไทโอซัลเฟต	0.3	กรัม
วุ้นผง (bacto agar)	12.0	กรัม
แบคโต ฟีนอบ เรด (bacto phenol red)	0.024	กรัม

3.1.6 อาหารสำหรับทดสอบการใช้น้ำตาล

Phenol red broth base 16 กรัมต่อลิตร

น้ำตาลชนิดต่าง ๆ เข้มข้น 1% w/v ได้แก่ กลูโคส แรมโนส กาแลคโตส แลคโตส มอลโตส ฟรุคโตส ซูโครส แมนโนส ไซโรส แมนนิทอล ซอร์บิทอล อิโนซิทอล และกลีเซอรอล

3.1.7 Christensen's urea medium

Basal medium ประกอบด้วย

เปปโตน (peptone)	1.0	กรัม
กลูโคส (Glucose)	1.0	กรัม
KH_2PO_4	2.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	5.0	กรัม
วุ้นผง (Agar)	20.0	กรัม
น้ำกลั่น (Distilled water)	1,000	ลบ.ซม.

ต้มส่วนผสมทั้งหมดจนละลาย ปรับ pH ให้เป็น 6.8-6.9 เติม phenol red 0.04% 20 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดันไอ 121 °C นาน 15 นาที ทิ้งให้เย็นประมาณ 52 °C แล้วเติมสารละลายยูเรียที่มีความเข้มข้น 20% ซึ่งทำให้ปราศจากเชื้อ โดยการกรองแล้วลงไป 10 มล. เขย่าให้เข้ากัน

3.1.8 Simmon's citrate agar (Difco)

$MnSO_4$	0.2	กรัม
$(NH_4)H_2PO_4$	1.0	กรัม
K_2HPO_4	1.0	กรัม
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	5.0	กรัม
Sodium citrate	2.0	กรัม
Bacto-Bromthymol blue	0.08	กรัม
Bacto-Agar	15.0	กรัม

pH 6.8 ที่ 25 °C

3.1.9 Nitrate broth (Difco)

Bacto-Beef extract	3.0 กรัม
Bacto-peptone	5.0 กรัม
Potassium nitrate	1.0 กรัม

3.2 การตรวจผลการทดสอบ

3.2.1 การทดสอบการย่อยเจลาติน (Gelatin liquefaction test)

ความสามารถในการย่อยหรือทำให้เจลาตินเหลว มีประโยชน์มากในการดูความแตกต่างของสกุล และชนิดของแบคทีเรีย เช่น Enterobacteriaceae , Pseudomonadaceae หลังจากปลูกเชื้อในลักษณะ stab ในอาหารเหลวที่มีเจลาติน 12% เป็นเวลา 2-30 วัน ตรวจสอบการเหลวของเจลาติน โดยนำหลอดเลี้ยงเชื้อไปบ่มไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมาดูการเหลวเปรียบเทียบกับอาหารที่ไม่ได้เติมเชื้อ

strong positive ทำให้อาหารเหลวที่อุณหภูมิต่ำภายใน 3 วัน

weak position ทำให้อาหารเหลวที่อุณหภูมิต่ำภายใน 3 วัน

3.2.2 การทดสอบการย่อยแป้ง (Starch hydrolysis test)

การทดสอบการย่อยแป้งในแบคทีเรียใช้สารละลายไอโอดีน จะเกิดสีน้ำเงินกับอะไมโลส(amylose) และเกิดสีแดงถึงม่วงกับอะไมโลเบปติน (amylopectin) ดังนั้นถ้าหยดแล้วไม่เกิดสีแดงหรือม่วง แสดงว่าแป้งถูกย่อย การดูผลจะต้องดูทันทีหลังจากหยดสารละลายไอโอดีนลงไป เพราะสีน้ำเงินอาจจะเกิดขึ้นได้กับแป้งส่วนที่เหลือถึงแม้จะมีปริมาณน้อย

วิธีทดสอบ เมื่อมีการเจริญของเชื้อเกิดขึ้นบนอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ ให้หยดสารละลายไอโอดีน 2-3 หยดรอบ ๆ โคโลนี อ่านผลทันที

ผลบวก อาหารจะเป็นสีน้ำเงิน แต่รอบ ๆ โคโลนีจะไม่มีสี (colorless zone)

ผลลบ เป็นสีน้ำเงินทั้งหมด

3.2.3 การทดสอบความสามารถในการใช้ซิเตรท (Citrate utilization)

อาหารที่ใช้ทดสอบความสามารถในการใช้ซิเตรท ได้แก่ Simmons citrate agar (Difco) ซึ่งจะมีซิเตรทเป็นแหล่งคาร์บอนเพียงชนิดเดียว มีบรอมไทมอลบลู (bromthymol blue) เป็นอินดิเคเตอร์ เมื่อปลูกเชื้อโดยการ stab ลงในอาหาร เชื้อแบคทีเรียที่ใช้ซิเตรทได้จะเจริญมากมาย ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมีภาวะเป็นด่างและทำให้สีของอินดิเคเตอร์เปลี่ยนสีจากเดิมสีเขียวเป็นสีน้ำเงินเข้ม ภายในเวลา 24-48 ชั่วโมง

3.2.4 การทดสอบความสามารถในการใช้ไนเตรท (Nitrate test)

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบมี 2 ชนิด คือ

A. Sulfanilic acid : เตรียมโดยละลาย 8 กรัมของ sulfanilic acid ใน 1 ลิตรของ 5 N ของกรดอะซิติก

B. α-naphyline : เตรียมโดยละลาย 5 กรัมของ α-naphyline ใน 1 ลิตรของ 5 N ของกรดอะซิตริก

หมายเหตุ สารเคมีทั้ง 2 นี้ต้องเก็บในตู้เย็น และควรเตรียมใหม่ทุกครั้ง

หยดสาร A และ B 3-4 หยด ตามลำดับ ถ้าเชื้อสามารถเปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้ แสดงว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ nitralase จะเกิดสีชมพูขึ้น ถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนสี อาจแปลผลการทดลองได้สองทางคือ ทางที่หนึ่ง ในอาหารเลี้ยงเชื้อไม่มีไนไตรท์ เพราะเชื้อไม่สามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ได้หรือทางที่สอง คือเชื้อสามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์และไนไตรท์ที่ได้ถูกรีดิวซ์ต่อไป ดังนั้นถ้าไม่เกิดการเปลี่ยนสี จำเป็นต้องทำการทดลองต่อไปว่าเชื้อสามารถรีดิวซ์ไนเตรทได้หรือไม่ ทำการทดลองโดยการเติมผงสังกะสี (zinc dust) เล็กน้อยลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่เกิดการเปลี่ยนสีนั้น ถ้าในอาหารเลี้ยงเชื้อมีไนเตรทจะถูกผงสังกะสีรีดิวซ์ให้เป็นไนไตรท์ทำให้เกิดสีชมพูแสดงว่าเชื้อไม่สามารถรีดิวซ์ไนเตรทได้แต่ถ้าเชื้อสามารถรีดิวซ์ไนเตรทเป็นไนไตรท์ซึ่งถูกรีดิวซ์ต่อไปแล้ว จะไม่พบการเปลี่ยนสีของอาหารเลี้ยงเชื้อ แสดงว่าเชื้อรีดิวซ์ไนเตรทได้

3.2.5 การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์คาตาเลส (Catalase test)

ใช้ตรวจสอบว่าเชื้อต้องการออกซิเจนในการเจริญหรือไม่ และเชื้อมีเอนไซม์คาตาเลสหรือไม่ กลไกการทำงานของเอนไซม์คาตาเลส มีดังนี้

$$2H_2O_2 \xrightarrow{\text{catalase}} 2H_2O + O_2 \uparrow \quad \text{.....(1.1)}$$

<u>วิธีทดสอบ</u>

1.หยดไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่มีความเข้มข้น 3% 2-3 หยด ลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด

2.ใช้ลูปป้ายเชื้อที่มีอายุไม่เกิน 24 ชั่วโมง ลงบนสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ แล้วผสมให้เข้ากัน

ผลบวก เกิดฟองแก๊สออกซิเจน

ผลลบ ไม่มีฟองแก๊สเกิดขึ้น

3.2.6 การตรวจสอบการใช้คาร์โบไฮเดรต

เมื่อเลี้ยงเชื้อที่คัดแยกได้ในอาหาร phenol red base broth ที่มีน้ำตาลหรือ คาร์โบไฮเดรต ตรวจผลโดยดูการเปลี่ยนสีของอาหาร ซึ่งเดิมอาหารมีสีแดง

ผลบวก สีของอาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลืองออกส้ม เนื่องจากเชื้อมีการใช้น้ำตาล หรือคาร์โบไฮเดรตชนิดนั้นได้ปล่อยกรดออกมา ทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองหรือสีส้ม

ผลลบ สีของอาหารจะไม่เปลี่ยน เนื่องจากเชื้อไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดนั้นๆ เป็นแหล่งพลังงานได้

2.2.7 การทดสอบการเจริญที่อุณหภูมิสูง

เมื่อเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50°C ตรวจดูการเจริญของเชื้อ ถ้าเชื้อมีการเจริญบันทึกเป็นบวก

2.2.8 การทดสอบการสร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen sulphide production test)

แบคทีเรียบางชนิดอาจสร้าง H_2S จากสารอินทรีย์ที่มีอยู่ใน peptone หรือจากสารอนินทรีย์ซัลเฟอร์ที่มีอยู่ในอาหาร การสร้าง H_2S แสดงว่าแบคทีเรียสามารถรีดิวซ์ sulfur เป็น sulfide การสร้างH_2Sจากสารอินทรีย์ใช้เอนไซม์ cysteine desulfhydrase จะย่อยcysteineที่มีอยู่ใน peptone

ดังสมการ

$$HSCH_2CH(NH_2)COOH \xrightarrow{\text{cysteine Desulfhydrase}} H_2S + NH_3 + CH_3COCOOH \text{ ..... (1.2)}$$

ในอาหารที่ใช้ทดสอบการสร้างH_2Sได้แก่ Triple Sugar Iron (TSI) จะมี sodium thiosulphate เป็นแหล่ง อนินทรีย์ซัลเฟอร์ การสร้างH_2Sจากthiosulfate จะมีกลไกต่างจากการเกิดจาก cysteine การใช้เอนไซม์ thiosulfate reductase ในการสร้าง H_2S จากสารอนินทรีย์

ดังสมการ

$$S_2O_3 + 2H^+ \xrightarrow{\text{Thiosusfate reductase}} SO_3^{2-} + H_2S \quad \text{.....(1.3)}$$

เนื่องจากจะมีเอนไซม์หลายชนิดที่สร้าง H_2S จากสารอนินทรีย์ซัลเฟอร์ หรืออินทรีย์ซัลเฟอร์จะขึ้นกับชนิดของอาหาร ตัวอย่างเช่น E Coli ไม่สร้าง H_2S ใน TSI medium แต่สร้างในแหล่งอาหารที่มี cysteine เป็นปริมาณมาก

<u>วิธีทดสอบ</u>

ใช้เข็มเขี่ยเชื้อ แตะเชื้อลงในอาหาร TSI agar แบบเอียง โดยขีดไปมาที่ผิวของพื้นเอียงและแทงลงไปที่ก้นหลอด เรียกว่าทำ butt จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้อง ตรวจผลทุกวัน จนครบ 5 วัน สังเกตดูการเปลี่ยนสีของอาหารและการเกิดแก๊ส

ผลบวก เชื้อที่ผลิต H_2S จะเกิดสีดำของเฟอรัสซัลไฟด์ตามรอยที่ปลูกเชื้อ และจะมีการเปลี่ยนสีของอาหารเป็นสีเหลืองที่ผิวพื้นเอียงด้วย

ผลลบ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารคัดเลือกเชื้อ

3.2.9 การทดสอบยูรีเอส (Urease test)

การทดสอบการสร้างเอนไซม์ยูรีเอส นั้นจะเกิดแอมโมเนียขึ้นในปฏิกิริยาการไฮโดรไลส์ ทำให้อาหารมีสภาพเป็นด่าง จึงตรวจสอบโดยใช้ pH indicator ที่มีการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในช่วง6.8 ถึง 8.1 โดยทั่วไปนิยมใช้ phenol red ซึ่งที่ pH 6.8 phenol red เป็นสีส้ม เมื่อผ่านการฆ่าเชื้อ จะได้อาหารสีเหลือง ส่วนที่ pH 8.1 จะเปลี่ยนเป็นสีบานเย็น

<u>วิธีทดสอบ</u>

ปลูกเชื้อบนอาหารตรวจสอบยูรีเอสแบบเอียง โดยใช้เชื้อที่มีอายุน้อย บ่มเชื้อที่อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อ ตรวจผลการทดสอบทุก ๆ วันเป็นเวลา 7 วัน

ผลบวก เปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีบานเย็น

ผลลบ สีของอาหารไม่เปลี่ยนแปลง

ภาคผนวก ค.

1. การคำนวณปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่เข้ามาในระบบของการบำบัดน้ำเสีย

ปริมาตรของบ่อดักเศษยาง (V) = กว้าง * ยาว * ลึก

= 12.6 * 18.8 * 1.7

= 402.7 ลบ.ม.

ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นของโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L (Q1) เฉลี่ย 218.4 ลบ.ม./วัน

ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นของโรงงานผลิตน้ำยางข้น (Q2) เฉลี่ย 45 ลบ.ม./วัน

ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้นจากบ่อพักรวมโรงงานที่ศึกษา (Q3) เฉลี่ย 271.2 ลบ.ม./วัน

1.1 การคำนวณค่าภาระบีโอดี (BOD_5 loading) ของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ที่เข้าระบบ

- น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า BOD_5 = 6,364 มก./ล.

ค่าภาระบีโอดี (BOD_5 loading) = (BOD_5 * Q1)/V .....(1.1)

= 6.364 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 3.45 กิโลกรัมบีโอดี/ลบ.ม./วัน

- น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า BOD_5 = 168 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.1

ค่าภาระบีโอดี (BOD_5 loading) ที่เข้าระบบ = 0.019 กิโลกรัมบีโอดี/ลบ.ม./วัน

- น้ำทิ้งรวมของโรงงาน

จากตารางที่ 3.2 ค่า BOD_5 = 4,596 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.1

ค่าภาระบีโอดี (BOD_5 loading) ที่เข้าระบบ = 3.09 กิโลกรัมบีโอดี/ลบ.ม./วัน

1.2 การคำนวณปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด ของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆที่เข้าระบบ

- น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า SS = 968 มก./ล.

ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมดที่เข้าระบบ = (SS * Q1)/V .....(1.2)

= 968 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 0.52 กิโลกรัมSS/ลบ.ม./วัน

● น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า SS = 2,224 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.2

ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เข้าระบบ = 0.019 กิโลกรัมSS/ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งรวมของโรงงาน

จากตารางที่ 3.2 ค่า SS = 1,634 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.2

ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอยที่เข้าระบบ = 1.10 กิโลกรัมSS/ลบ.ม./วัน

1.3 การคำนวณปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ที่เข้าระบบ

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-N = 1.95 มก./ล.

ค่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบ = (Total-N * Q1)/V .....(1.3)

= 1.95 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 1.0 กรัมTotal-N /ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-N = 0.13 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.3

ค่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบ = 0.001 กรัมTotal-N /ลบ.ม./วัน

● น้ำทิ้งรวมของโรงงาน

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-N = 1.27 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.3

ค่าปริมาณไนโตรเจนที่เข้าระบบ = 0.85 กรัมTotal-N /ลบ.ม./วัน

1.4 การคำนวณปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ ที่เข้าระบบ

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-P = 1,717 มก./ล.

ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าระบบ = (Total-P * Q1)/V .....(1.4)

= 1,717 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 0.93 กิโลกรัมTotal-P/ลบ.ม./วัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-P = 465 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.4

ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าระบบ = 0.45 กิโลกรัมTotal-P/ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งรวมของโรงงาน

จากตารางที่ 3.2 ค่า Total-P = 2,283 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.4

ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เข้าระบบ = 1.54 กิโลกรัมTotal-P/ลบ.ม./วัน

1.5 การคำนวณค่าปริมาณของซัลเฟตทั้งหมดของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ที่เข้าระบบ

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแห่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า Sulfate = 1,909 มก./ล.

ค่าปริมาณซัลเฟต ที่เข้าระบบ = (Sulfate * Q1)/V .....(1.5)

= 1,909 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 1.03 กิโลกรัมSulfate/ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า Sulfate = 2,088 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.5

ค่าปริมาณซัลเฟต ที่เข้าระบบ = 0.23 กิโลกรัมSulfate/ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งรวมของโรงงาน

จากตารางที่ 3.2 ค่า Sulfate = 2,163.52 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.5

ค่าปริมาณซัลเฟต ที่เข้าระบบ = 1.46 กิโลกรัมSulfate/ลบ.ม./วัน

1.6 การคำนวณค่าปริมาณของสังกะสีทั้งหมดของน้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ ที่เข้าระบบ

● น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแห่ง STR5L

จากตารางที่ 3.2 ค่า Zinc = 2.23 มก./ล.

ค่าปริมาณสังกะสีที่เข้าระบบ = (Zn * Q1)/V .....(1.6)

= 2.23 * 10^{-3} กก./ลบ.ม. * 218.4 ลบ.ม./วัน * (1/402.7 ลบ.ม.)

= 1.21 กรัมZn /ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.2 ค่า Zinc = 12.40 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.6

ค่าปริมาณสังกะสีที่เข้าระบบ = 0.23 กรัมZn /ลบ.ม./วัน

●น้ำทิ้งจากบ่อพักรวม

จากตารางที่ 3.2 ค่า Zinc = 12.91 มก./ล.

แทนค่าในสมการ 1.6

ค่าปริมาณสังกะสีที่เข้าระบบ = 8.7 กรัมZn /ลบ.ม./วัน

2.) การคำนวณประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณต่าง ๆ

ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งจากแหล่งต่างๆ

จากการวัดค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L = 1,074 NTU

ค่าความขุ่นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น = 8,895 NTU

ค่าความขุ่นของน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา = 1,408 NTU

2.1.1) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางแท่ง STR5L

ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น(%) = ความขุ่นลดลง/ความขุ่นทั้งหมด *100.....(1.7)

จากตารางที่ 3.3 ที่ pH = 6 ค่าความขุ่นที่วัดได้ = 41.40 NTU

แทนค่าในสมการ 1.7

% ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น = (1,074-41.40)/1,074*100 = 96.14 %

2.1.2) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น

จากตารางที่ 3.4 ที่ pH = 8 ค่าความขุ่นที่วัดได้ = 113.29 NTU

แทนค่าในสมการ 1.7

% ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น = (8,895-113.29)/8,895*100 = 98.73 %

2.1.3) ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่นของน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา

จากตารางที่ 3.5 ที่ pH = 6 ค่าความขุ่นที่วัดได้ = 95.53 NTU

แทนค่าในสมการ 1.7

% ประสิทธิภาพในการกำจัดความขุ่น = (1,408-95.53)/1,408*100 = 93.21 %

2.2) ประสิทธิภาพในการกำจัดค่าBOD_5 ของแข็งแขวนลอย ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส ซัลเฟต และสังกะสี คำนวณในทำนองเดียวกับการกำจัดค่าความขุ่น โดยเปลี่ยนเป็นปริมาณสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นั้นๆ แทนค่าในสมการ 1.8

(%) ประสิทธิภาพในการกำจัด = ปริมาณสารต่างๆที่ลดลง/ ปริมาณสารทั้งหมด *100.....(1.8)

ภาคผนวกที่ค.1 ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เข้ามาในระบบและประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัสของน้ำทิ้งแต่ละประเภทหลังการบำบัดโดยวิธีทางเคมี

ประเภทของน้ำทิ้งจากการผลิต	ค่าปริมาณของฟอสฟอรัสที่เข้าระบบ (Kg P_2O_5/ m^3/day)	ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เข้าระบบ (mg/l)	ปริมาณของฟอสฟอรัสที่บำบัดแล้ว(mg/l)	ประสิทธิภาพในการกำจัดฟอสฟอรัส (%)
ยางแท่งSTR5L	0.93	1,717	45.67	97.3
น้ำยางข้น	0.05	465	12.0	97.4
ยางสกิมบลอค	1.54	2,283	15.67	99.3

ภาคผนวกที่ค.2 ปริมาณของสังกะสีที่เข้ามาในระบบและประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีของน้ำทิ้งแต่ละประเภทหลังการบำบัดโดยวิธีทางเคมี

ประเภทของน้ำทิ้งจากการผลิต	ค่าปริมาณของสังกะสีเฉลี่ยที่เข้าระบบ (g-Zn/ m^3/day)	ปริมาณของสังกะสีที่เข้าระบบ (mg/l)	ปริมาณของสังกะสีที่บำบัดแล้ว (mg/l)	ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสี (%)
ยางแท่งSTR5L	1.21	2.23	0.49	78.0
น้ำยางข้น	1.38	12.4	2.26	81.7
ยางสกิมบลอค	8.70	12.91	1.23	90.5

ภาคผนวกที่ค.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รวมทั้งค่าบีโอดีของน้ำเสียประเภทต่างๆของโรงงานที่ศึกษาหลังจากการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสียในปริมาณที่เหมาะสม

ประเภทของน้ำทิ้ง	ประสิทธิภาพการขจัด (%)										
	BOD_5	Total-N	Total P_2O_5	Total K_2O	SO_4^{2-}	Zn	Fe	Pb	Ca	Mg	SS
ยางแท่งSTR5L	56.1	56.4	97.3	26.2	20.1	78.0	- (a)	48.5	- (a)	10.7	65.4
น้ำยางข้น	56.8	69.2	97.4	5.1	14.7	81.7	-	30.5	-	16.5	97.0
น้ำทิ้งรวม	40.6	55.9	99.3	16.3	19.0	90.5	-	47.2	-	6.2	93.6

(a) หมายถึง ค่าที่ได้หลังบำบัดน้ำทิ้งมีค่าที่สูงกว่าน้ำทิ้งก่อนทำการบำบัดทางเคมี

ภาคผนวก ง.

1. ค่าใช้จ่ายของโรงงานสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

ในการบำบัดน้ำทิ้งทั้ง 3 ประเภทนั้น โดยการใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์($FeCl_3$) แอนไอออนิกพอลิเมอร์ และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นสารตกตะกอนและสารช่วยตกตะกอนที่สามารถใช้ในรูปของสารละลาย โดยใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น0.1%(v/v) ส่วนแอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์จะใช้ที่ความเข้มข้น0.05%(v/v)และ0.05%(v/v) ตามลำดับ โดยสารละลายแต่ละชนิดมีราคาในหน่วยบาทต่อกิโลกรัมดังนี้

- ราคาของสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ 16.50 บาทต่อกิโลกรัม
- ราคาของแอนไอออนิกพอลิเมอร์ 10.50 บาทต่อกิโลกรัม
- ราคาของแคทไอออนิกพอลิเมอร์ 10.00 บาทต่อกิโลกรัม

ต้นทุนของการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้น จากการทดลองพบว่าใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ 0.02%(v/v) ส่วนแอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์ ใช้ประมาณ 0.1%(v/v) และ0.1%(v/v) ตามลำดับ เมื่อคิดเทียบจากการบำบัดน้ำทิ้ง1ลบ.ม. พบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับสารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์เป็น3.30 บาท แอนไอออนิกพอลิเมอร์ประมาณ10.50บาทและแคทไอออนิกพอลิเมอร์เป็น10 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นคือ 23.80 บาท/ลบ.ม.

สำหรับต้นทุนของการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษาโดยทดสอบในสภาวะเดียวกัน จากการทดลองพบว่าใช้สารละลายเฟอร์ริคคลอไรด์ 0.1%(v/v) ส่วนแอนไอออนิกพอลิเมอร์และแคทไอออนิกพอลิเมอร์มีค่า 0.05%(v/v)และ0.05%(v/v) ตามลำดับ

จากการคิดเทียบการบำบัดน้ำทิ้งปริมาตรทั้งหมดเป็น 1 ลบ.ม. พบว่าค่าใช้จ่ายสำหรับสารละลายเฟอร์-ริคคลอไรด์เป็น 16.50 บาท แอนไอออนิกพอลิเมอร์มีค่า 5.25 บาทและแคทไอออนิกพอลิเมอร์ มีค่า 5.0 บาท

รวมค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่งและน้ำทิ้งรวมของแต่ละน้ำทิ้งเป็น 26.75 บาท/ลบ.ม.

นอกจากนี้ยังใช้สารละลาย$Ca(OH)_2$ในการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำทิ้งแต่ละประเภท โดยราคาของสารละลาย$Ca(OH)_2$คิดเป็น10บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะใช้สารละลาย$Ca(OH)_2$ในรูปของสารละลายส่วนใสที่มีความเข้มข้น1%(w/v) จากการทดลองพบว่าน้ำทิ้งจากโรงยางแท่งและน้ำทิ้งจากบ่อพักรวมจะใช้ประมาณ 30 มล. ต่อน้ำ 1 ลิตร ส่วนน้ำทิ้งจากโรงยางข้นซึ่งมีสภาพเป็นด่างอยู่แล้ว จึงใช้ปริมาณเล็กน้อยประมาณ 10 มล.ต่อน้ำ 1 ลิตร ดังนั้นจะมีค่าใช้จ่ายในส่วนของการปรับค่า pH ของน้ำทิ้งจากโรงยางแท่งและน้ำทิ้งรวมอีกแหล่งละ3 บาทต่อลบ.ม. ส่วนน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นประมาณ 1 บาทต่อลบ.ม.

ฉะนั้นค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตยางแท่ง = 29.75 บาท/ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้น = 24.80 บาท/ลบ.ม.

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งรวมของโรงงานที่ศึกษา = 29.75 บาท/ลบ.ม.

2. ค่าใช้จ่ายของโรงงานสำหรับการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพโดยการเติมอากาศ

จากการเติมอากาศในปริมาณ 1.5 vvm. จะสามารถลดค่าBOD และ SS ได้มากที่สุด

จะได้ว่า ปริมาตร น้ำ 1 ลิตร ในเวลา 1 นาที จะเติมอากาศปริมาตร 1.5 vvm.

ใน 24 ชั่วโมง จะสามารถบำบัดน้ำได้ 1.44 ลบ.ม.

เครื่องให้อากาศ ขนาดกำลังไฟฟ้า 0.75 กิโลวัตต์

ดังนั้น เสียค่าไฟฟ้า = จำนวนกิโลวัตต์ x จำนวนชั่วโมง x ราคา

= 0.75 x 24 x 5 = 90 บาท

ดังนั้นในการบำบัดน้ำ 1 ลบ.ม. จะเสียค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 62.5 บาทต่อลบ.ม.

3. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพาะเห็ดนางฟ้า

จากการศึกษาพบว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพาะเห็ดนางฟ้า สามารถจำแนกเป็น 2 กลุ่ม ได้ดังนี้

3.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายผู้ลงทุน จ่ายเพียงครั้งเดียวตลอดช่วงระยะเวลาที่มีการดำเนินการเพาะเห็ดนางฟ้า ได้แก่

3.1.1 ค่าโรงเรือน

โรงเรือนมีไว้สำหรับบ่มเชื้อและสำหรับเปิดดอก ขนาดของโรงเรือนควรมีขนาด4ม. x 7ม. x 2.5ม. โดยอาจทำเป็นหลังคาจั่ว มุงจาก โดยรอบของโรงเรือนจะใช้ตาข่ายพรางแสง (Slan) ล้อมผนังทั้ง 4 ด้าน มีชั้นวางก้อนเห็ดทำด้วยเหล็กขนาดเล็กขนาด 1/2 นิ้ว x 1/2 นิ้ว จัดระยะให้สามารถวางก้อนเชื้อเห็ดได้ โดยเรียงกันเป็นแถวๆ ความจุของก้อนเห็ดที่บรรจุในโรงเรือนขนาดนี้ประมาณ 5,000 ก้อน โดยกำหนดให้มีราคา 10,000 บาทต่อหลัง

3.1.2 หม้อนึ่งลูกทุ่ง

สามารถดัดแปลงได้จากถังน้ำมัน 200 ลิตร ทำตะแกรงไม้รองที่ด้านล่างของถังด้วยเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นฟืนหรือไม้ยางพาราก็ได้ ราคาประมาณ 250 บาทต่อถัง

3.2 ต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ผู้ลงทุนต้องจ่ายตลอดช่วงเวลาที่ทำการเพาะเห็ดนางฟ้า ได้แก่

3.2.1 ค่าหัวเชื้อเห็ด

เป็นขั้นตอนที่จะทำการเพิ่มจำนวนเส้นใยเห็ดให้มีจำนวนมากโดยการเลี้ยงเส้นใยเห็ดในข้าวฟ่าง ซึ่งเป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและสะดวกในการต่อเชื้อโดยราคาที่ขายกันโดยทั่วไปประมาณขวดละ 6 บาท โดยหัวเชื้อ 1 ขวด สามารถเขี่ยลงในถุงเพาะเห็ดได้ประมาณ 40 ถุง ขึ้นกับปริมาณข้าวฟ่างที่ใส่ลงไปเพื่อเป็นอาหารของเส้นใย

3.2.2 วัสดุที่ใช้ในการทำก้อนเห็ด ในที่นี้ได้แก่ ขี้เลื่อยไม้ยางพารา

ซึ่งเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำก้อนเชื้อเห็ดที่นิยมกันมาก โดยเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก โดยกำหนดราคาประมาณ 0.45 บาท ต่อ 1 กิโลกรัม

3.2.3 อาหารและแร่ธาตุ

ซึ่งราคาปลีกและราคาส่งจะมีค่าใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับความใกล้ไกลจากแหล่งผลิต โดยมีราคาตามท้องตลาด ดังนี้

ร้าละเอียด	5	บาท/กิโลกรัม
แคลเซียมคาร์บอเนต ประมาณ	2.67	บาท/กิโลกรัม
แคลเซียมซัลเฟต ประมาณ	6.67	บาท/กิโลกรัม
แมกนีเซียมซัลเฟต	80	บาท/กิโลกรัม
ยูเรีย	15	บาท/กิโลกรัม

2.4 อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมก้อนเชื้อเห็ด

- ถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 7 นิ้ว x 11 นิ้ว 45 บาท/ 200 ถุง (กิโลกรัม)
- คอครอบปากถุงเชื้อเห็ด 15 บาท/ 100 อัน
- ฝาจุกประหยัดสำหรับปิดปากถุง 25 บาท/ 100 อัน

(สามารถนำมาใช้ได้หลายครั้งถ้าไม่แตกหักเสียก่อน)

- สำลีอุดฝาจุก 15 บาท/ 500 ฝาจุก

- ค่าใช้จ่ายของต้นทุนคงที่ มีดังนี้

โรงเรือน	10,000	บาท
หม้อนึ่ง 2 ใบ 250x2 =	500	บาท
ต้นทุนคงที่คิดเป็น	10,500	บาท

- ค่าใช้จ่ายของต้นทุนแปรผัน

ซึ่งจะทำการผลิตก้อนเชื้อเห็ด 5,000 ก้อน ในช่วงระยะเวลา 4 เดือน จะต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนี้

1. ค่าต้นทุนในการทำก้อนเชื้อเห็ด มีดังนี้

ค่าขี้เลื่อย	1,800	บาท (4,000 กก. x 0.45บ.)
ค่าหัวเชื้อเห็ด	750	บาท (125 ขวด x 6 บ.)
ค่าอุปกรณ์		
- ถุงพลาสติกทนร้อน	1,125	บาท (25 กก. x 45บ.)
- คอครอบปากถุงเชื้อเห็ด	750	บาท (50กก. x 15บ.)
- จุกประหยัด	1,250	บาท (50กก. x 25บ.)
- สำลี	150	บาท (10กก. x 15บ.)
- ร้าละเอียด 5%	1,000	บาท (200กก. x 5บ.)
- แคลเซียมคาร์บอเนต	106.8	บาท (40กก. x 2.67บ.)
- แคลเซียมซัลเฟต	133.4	บาท (20กก. x 6.67บ.)
- ยูเรีย	180	บาท (12กก. x 15บ.)

- แมกนีเซียมซัลเฟต 640 บาท (8กก. x 80บ.)

2. การเตรียมน้ำซีรัม

จากหางน้ำยาง 50 ลิตร จะได้ น้ำซีรัม 30 ลิตร

ค่าไฟฟ้าเมื่อใช้เครื่องautoclave

จากหางน้ำยาง 50 ลิตร ทำการ autoclave 10 ครั้ง ครั้งละ 0.5 ชม. ใช้ไฟฟ้า 5 ชม.

กำลังไฟฟ้าของเครื่อง autoclave 2.0 กิโลวัตต์

ดังนั้น เสียค่าไฟฟ้า = จำนวนวัตต์(kw)x ชม.ที่ใช้งาน x ราคาค่าไฟฟ้า

= 2 x 5 x 5 = 50 บาท

ค่าน้ำที่ใช้

เตรียมก้อนเชื้อเห็ด 5,000 ก้อน ใช้น้ำ 1,000 ลิตร

อัตราค่าน้ำ 0-30 ลบ.ม. เสียเงิน 8.50 บาท

ใช้น้ำ ~ 970 ลิตร ในการผสมกับน้ำซีรัม 3% จะเสียค่าน้ำ 8.50 บาท

ค่าใช้จ่ายสำหรับกรดซัลฟุริก

ใช้กรดซัลฟุริก 1.5 % (v/v) ในการแยกเนื้อยาง 50 ลิตร

ดังนั้น ใช้กรดซัลฟุริก 750 มล.

ราคากรดซัลฟุริก 451 บาท ต่อ 2.5 ลิตร

จะเสียค่าสารเคมีที่ใช้ 135.30 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการเตรียมน้ำซีรัม สำหรับเห็ด 5,000 ก้อน เป็นเงิน 193.80 บาท

สำหรับกรณีที่ไม่ใช้เครื่อง autoclave เตรียมน้ำซีรัม จะเสียค่าใช้จ่าย 143.80 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดังนั้น รวมการลงทุนการทำเห็ดเมื่อใช้ยูเรีย 18,385.2 บาท

รวมการลงทุนการทำเห็ดเมื่อเติมน้ำซีรั่มโดยใช้เครื่องautoclave 18,399.3 บาท

รวมการลงทุนการทำเห็ดเมื่อเติมน้ำซีรั่มโดยไม่ใช้เครื่องautoclave 18,354.3 บาท

ตารางภาคผนวกที่ง.1 ผลผลิตดอกเห็ดที่ได้ในช่วง 4 เดือน เมื่อใช้วัสดุปลูกที่เติมยูเรียและเติมน้ำซีรั่ม

เดือนที่	วัสดุปลูกที่เติมยูเรีย	วัสดุปลูกที่เติมยูเรีย	วัสดุปลูกที่เติมน้ำซีรั่ม	วัสดุปลูกที่เติมน้ำซีรั่ม
	หน่วยกก.ต่อถุง	หน่วยกก.ต่อ5000 ก้อน	หน่วยกก.ต่อถุง	หน่วยกก.ต่อ5000 ก้อน
1	-	-	-	-
2	102.5	512.5	133.7	668.5
3	51.25	256.2	66.85	334.2
4	25.63	128.2	33.42	167.1
รวม	179.38	896.9	233.97	1,169.8

กรณีที่1 เพาะเห็ดนางฟ้าโดยใช้ยูเรีย

จากผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 896.9 กิโลกรัม/5000ก้อน

ราคาขายปลีก กก.ละ 35 บาท

ใน 4 เดือน จะมีรายได้ 31,391.5 บาท

ลงทุน 18,385.2 บาท จะได้กำไร 13,006.3 บาท

กรณีที่2 เพาะเห็ดนางฟ้าโดยใช้น้ำซีรั่ม

2.1. การเตรียมน้ำซีรั่มโดยใช้เครื่อง autoclave (ไม่คิดราคาเครื่องautoclave)

จากผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 1,169.8 กิโลกรัม/5000ก้อน

ราคาขายปลีก กก.ละ 35 บาท

ใน 4 เดือน จะมีรายได้ 40,943 บาท

ลงทุน 18,399.3 บาท จะได้กำไร 22,543.7 บาท

2.1. การเตรียมน้ำซีรั่มโดยไม่ใช้เครื่อง autoclave

จากผลผลิตดอกเห็ดเฉลี่ย 1,169.8 กิโลกรัม/5000ก้อน

ราคาขายปลีก กก.ละ 35 บาท

ใน 4 เดือน จะมีรายได้ 40,943 บาท

ลงทุน 18,354.3 บาท จะได้กำไร 22,588.7 บาท

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติของแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized complete block Design , RCB)

- จากหัวข้อ 3.4.2

1.1) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตาราง ANOVA

ANOVA ของการหาสภาวะการเติมน้ำซีรัมที่เหมาะสมในการเพาะเห็ดทั้ง 5 สภาวะ

Source of variation	d.f.	SS	MS	F-value Calculated		Table
Replications	2	10.476	5.238	0.216	<	4.46 , $F_{2,8}$
Treatment	4	5350.11	1337.53*	55.17	>	3.84 , $F_{4,8}$
Error	8	193.958	24.245			
Total	14	5554.54				

C.V. = 2.31 %

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 หรือมีความแปรปรวนในระหว่างสภาวะที่ทดสอบอย่างแท้จริงที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 (95%)

1.2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสภาวะโดยใช้ DMRT

Treatment	Rank	Mean	DMRT
50%	5	15.3	d
25%	4	26.8	c
10%	3	49.4	ab
5%	1	67.1	a
2%	2	54.5	ab
Grand mean		213.1	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

●จากหัวข้อ 3.4.3

1.1) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตาราง ANOVA

ANOVA ของการหาสภาวะการเติมน้ำซีรัมที่เหมาะสมในวัสดุเพาะที่ผสมรำ 5% ทั้ง 7 สภาวะ

Source of variation	d.f.	SS	MS	F-value Calculated		Table
Replications	2	18.09	9.043	0.124	<	3.88 , $F_{2,12}$
Treatment	4	1861.41	458.74*	6.306	>	3.00 , $F_{6,12}$
Error	12	872.96	72.75			
Total	20	2752.46				

C.V. = 1.25 %

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 หรือมีความแปรปรวนในระหว่างสภาวะที่ทดสอบอย่างแท้จริงที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 (95%)

1.2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสภาวะโดยใช้ DMRT

Treatment	Rank	Mean	DMRT
0%	7	82.3	c
10%	5	94.4	ab
5%	6	87.0	b
3.3%	1	108.7	a
2.5%	2	107.9	a
2.0%	3	103.5	a
Urea 0.3%	4	96.6	ab
Grand mean		680.34	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

● จากหัวข้อ 3.4.4

1.1) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตาราง ANOVA

ANOVA ของปริมาณรำที่เหมาะสมหลังการเติมน้ำซีรัม 3% ในวัสดุเพาะทั้ง 6 สภาวะ

Source of variation	d.f.	SS	MS	F-value Calculated		Table
Replications	2	18.65	9.2324	0.863	<	4.10 , $F_{2,10}$
Treatment	5	5232.19	1046.44*	96.85	>	3.33 , $F_{5,10}$
Error	10	108.052	10.805			
Total	17	5358.89				

C.V. = 0.486 %

* แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 หรือมีความแปรปรวนในระหว่างสภาวะที่ทดสอบอย่างแท้จริงที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05 (95%)

1.2) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละสภาวะโดยใช้ DMRT

Treatment (%Rice bran)	Rank	Mean	DMRT
0	6	89.20	c
1	5	101.93	b
3	3	113.27	ab
5	2	133.70	a
7	1	135.73	a
ยูเรีย 3%	4	102.5	b
Grand mean		676.33	

2. แสดงการคำนวณหาปริมาณของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ในวัสดุเพาะเห็ดที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วมีน้ำหนักประมาณ 800 กรัมต่อถุงเพาะ

จากวัสดุเพาะพื้นฐาน (ประกอบด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพาราและน้ำ)

มีน้ำหนักที่อบแห้งแล้ว 2.05 กรัม หาค่า % ความชื้น = 51.80%

จะได้ว่า น้ำหนักแห้ง 48.2 กรัม มาจากขี้เลื่อยทั้งหมด 100 กรัม

" 2.05 กรัม " (100/48.2) * 205 = 4.25 กรัม

จากการนำไปวิเคราะห์ปริมาณสังกะสี = 1.49 มก./ล. จากตัวอย่าง 100 มล.

ดังนั้น ปริมาตร 1000 ml. มีปริมาณสังกะสี 1.49 มก.

" 100 ml. " (1.49/1000) *100 =0.149 มก.

จากข้างต้น น้ำหนักเปียก 4.25 กรัม นำไป digest ในตัวอย่าง 100 มล. จะได้ว่า

ขี้เลื่อย 4.25 กรัม มีปริมาณสังกะสี 0.149 มก.

" 800 กรัม " (0.149/4.25) * 800 = 28.05 มก

ปริมาณสังกะสีที่อยู่ในวัสดุเพาะพื้นฐาน = 28.05 มก./วัสดุปลูก 800 กรัมสด

หรือ 0.028 กรัม/วัสดุปลูก 800 กรัมสด

สำหรับค่าโพตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและฟอสฟอรัส คำนวณในทำนองเดียวกัน

3. **ปริมาณของไนโตรเจน ซึ่งอยู่ในหน่วยเปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก**

จากปริมาณไนโตรเจน มีค่า 0.15 % by wt.

ฉะนั้น ในวัสดุปลูก 800 กรัมสด จะมีปริมาณไนโตรเจน = (0.15/100) * 800 = 1.20

ปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในวัสดุเพาะพื้นฐาน = 1.20 กรัม/วัสดุปลูก 800 กรัมสด

สำหรับค่าออร์กานิคคาร์บอน และความชื้น คำนวณในทำนองเดียวกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวรุจิรัตน์ ภารศิลป์ เกิดเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม พ.ศ. 2514 ที่จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2536 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2540 ทุนที่ได้รับในระหว่างการศึกษา ได้แก่ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และทุนอุดหนุนการวิจัยจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย