รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

จิตต์ ศรีวรรณวิทย์ และดวงใจ วิบูลย์ธนภัณฑ์. 2521. การศึกษาวิจัยการผลิตเซลลูโลสคุณภาพสูง. รายงานการวิจัย. กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ธีระชัย รัตนโรจน์มงคล. 2541. การศึกษาวิจัยอิทธิพลของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเพิ่มค่าความขาวสว่างของเยื่อฟอกยูคาลิปตัสในขั้นตอนการสกัดด้วยด่าง(E_{OP}). รายงานการวิจัย. กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

ประหยัด โกมารทัต. 2542. คาร์โบไฮเดรต ใน ชีวเคมี. กรุงเทพฯ: ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง. 2548. กายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืชมีดอก (Anatomy and Morphology of Flowering plants). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป.

มนตรี รัตนวิจิตร. 2537. ปรากฏการณ์ซีเอ็มซี (Sodium Carboxy Methyl Cellulose). TTIS textile digest 13 (พฤษภาคม): 24-25.

สมชาติ รุ่งอินทร์ และรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์. 2522. การศึกษาหญ้าขจรจบและฟางข้าวคุณสมบัติในการทำเยื่อกระดาษ. รายงานการวิจัย. กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

สันทนา เสถียรไพศาล. 2539. การเปลี่ยนเชิงชีวภาพของลิกโนเซลลูโลสเป็นเอทานอลด้วยวิธีการย่อยสลายและการหมักแบบต่อเนื่องโดย *Acrophialophora* sp. และ *Candida drassicae*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภาภรณ์ โสภณพัฒนะโภคา. 2546. วัชพืชที่มีศักยภาพเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกอฮอล์เชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาพฤกษศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โสภณ เริงสำราญ, ปราณี รัตนวลีดิโรจน์ และศรัไฉล ขุนทน. 2541. การสังเคราะห์คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจากชานอ้อย. รายงานการวิจัย. สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Adrados, B. P. , Juhàsz, T. , Galbe, M. and Zacchi, G. 2004. Hydrolysis of nonstarch carbohydrates of wheat-starch effluent for ethanol production. Biotechnology Progress 20: 474-479.

AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14 th ed. C. E. Jones (ed.), pp.153. Maryland: The William Byrd Press.

Barnett, J. A. , Payne, R. W. and Yarrow, D. 2000. Yeast (characteristics and identification). Cambridge: Cambridge University Press.

Boyle, M., Barron, N. and McHale, AP. 1997. Simultaneous saccharification and fermentation of straw to ethanol using the thermotolerant yeast strain *Kluyveromrces marxianus imb3*. Biotechnology Letter 19: 49-51.

Browning, B. L. 1990. Wood chemistry In K. W. Britt (ed.), Handbook of pulp and paper technology. New York: Van Nostrand Reinhold.

Casey, J. P. 1980. Pulp and paper chemistry and chemical technology. (vol. 1) (3rd ed.) New York: John Wiley&Sons.

Eriksson, K.-E. L., Blanchette, R. A. and Ander, P. 1990. Microbial and Enzymatic Degradation of Wood Wood Components. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Etherington and Roberts. 2002. Dictionary of cellulose. Available from: http://palimpsets.stanford.edu/don/dt/dt0627.html (2003, January 23)

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

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagent, Producers and Some Applications). Agriculture Handbook No.379. United States Department of Agriculture. Washington, D. C. 20402, U.S.A. 20p.

Gornall, A. G. , Bardawill, C. J. and David, M. M. 1949. Determination of Serum proteins by means of the biuret reaction. Journal of Biological Chemistry 177: 751.

Griffin, D. H. 1994. Fungal physiology. New York: Wiley-Liss.

Hebeish, A. , Guthrie, J. T. 1981. The chemistry and technology of cellulosic copolymers. New York: Springer-Verlag.

Hon, N. S. , David and Shiraishi. 1991. Wood and cellulosic chemistry. New York: Marcel Dakker.

Inagaki, H. and Phillips, C. O. 1989. Cellulosics utilization: research and rewards in cellulosics. New York: Elsevier Applied Science.

Krishna, S. H. , Reddy, T. J. and Chowdary, G. V. 2001. Simultaneous saccharification and fermentation of lignocellulosic wastes to ethanol using a thermotolerant yeast. Bioresource Technology 77: 193-196.

Lee, J. H. , Pagan, R. J. and Rogers, P. L. 1983. Continuous simultaneous saccharification and fermentation of starch using *Zymomonas mobilis*. Biotechnology and Bioengineering 25: 659-669.

Leghninger, A. L. 1982. Enzymes In Principles of Biochemistry. New York: Worth Publishers.

McLaughlin. S. B. and Walsh, M. E. 1998. Evaluating consequences of producing crops for bioenergy. Biomass and Bioenergy 14: 317-324.

McMillan, J. D. 1994. Pretreatment of lignocellulosic biomass In Himmel, M. E. , Baker, J. O. and Overend, R. O. (eds), Enzymatic Conversion of biomass for Fuels Production, ACS Symposium Series 566, pp. 292-324. Washington DC: American Chemical Society.

Nisizawa, K. 1973. Mode of action of cellulase. Journal of fermentation Technology 51: 267-304.

Ott, E. , Spurlin, H. M. and Grafflin, M. W. 1963. Cellulose and cellulose derivatives. New York: Interscience Publisher.

Paulrud, S. and Nilsson, C. 2001. Briquetting and combustion of spring-harvested reed canary-grass: effect of fuel composition. Biomass and Bioenergy 20: 25-35.

Punnapayak, H. and Hoffmann, J. J. 1994. Amsonia spp. As potential fuel crops for arid lands. World Journal of Microbiology&Biotechnology 10: 290-292.

Punnapayak, H. , Kuhirun, M. and Thanonkeo, P. 1995. Microbial conversion of *Agave* biomass. Program and abstracts of SIM Annual Meeting, p. 92. USA.

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

Radford, A. , Stone, P. J. and Taleb, F. 1996. Cellulase and Amylase Complex In Brambl and Marzluf (eds.), The Mycota III Biochemistry Molecular Biology, pp. 269-294. Germany: Springer-Verlag.

Samson, R. A. 1991. Switchgrass: a living solar battery for the prairies. Copyright @ 1991 REAP Canada.

Samson, R. A. and Omielan. 1992. Switchgrass: a potential biomass energy crop for ethanol production. Thirteenth North American Prairie Conference Proceedings, pp. 253. August 6-9. Ontario.

Sin, R. G. H. and Reese, E. T. 1953. Decomposition of cellulose by microorganisms. Botany Review 19: 377-416.

Sternberg, D. , Vijayakumar, P. and Reese, E. T. 1977. β-glucosidase: microbial production and effect on enzymatic hydrolysis of cellulose. Canadian Journal of Microbiology 23: 139-147.

TAPPI. 1997. Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp (T203om-93). Atlanta: TAPPI Press.

TAPPI. 1997. Preparation of indicators and standard solution (T610sp-97). Atlanta: TAPPI Press.

Uhlig, H. 1998. Industrial enzymes and their application. New York: John Wiley&Sons.

Wilke, C. R. 1975. Cellulose as a chemical and energy resource. New York: Interscience Publisher.

Wit, W. D. 1980. Utilization of cellulose and hemicellulose of pig faeces by *Trichoderma viridae*. Wageningen: Laboratory of Microbiology Agricultural University.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

วัชพืชที่ใช้ในงานวิจัย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของวัชพืชจำนวน 8 ชนิด ซึ่งอยู่ในวงศ์ Poaceae (Gramineae, วงศ์ไผ่และหญ้า) จำนวน 7 ชนิด และวงศ์ Typhaceae (วงศ์ธูปฤาษี) อีก 1 ชนิด คือ ธูปฤาษี ดังนี้

รูปที่ 17 ลำเอียก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Coix aquatica* Roxb.

ชื่อสามัญอังกฤษ Job's tears, water coix

ชื่อสามัญไทย ลำเอียก อ้อน้ำ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น กลมยาวแข็งแรง สูง 1.5 - 2 เมตร

ใบ ใบเดี่ยวแตกจากลำต้นแบบสลับ แผ่นใบยาวเรียว ปลายใบเรียวแหลม ยาวประมาณ 80 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4 เซนติเมตร มีเส้นกลางใบหนาสีอ่อนกว่าแผ่นใบ

ดอก ช่อดอกขนาดเล็ก แยกเป็นช่อดอกเพศผู้และช่อดอกเพศเมีย เกิดภายในกลีบรองดอกที่มีลักษณะเป็นลูกกลมๆ เปลือกแข็ง มี 2 – 3 ดอกย่อย เกิดที่ยอดลำต้นหรือตามซอกใบ

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

พบขึ้นบริเวณแหล่งน้ำขัง ในหนอง บึง มีการกระจายพันธุ์ทั่วเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อายุหลายฤดู (perennial weed)

รูปที่ 18 หญ้าคา

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Imperata cylindrica* (L.) Beauv.

ชื่อสามัญอังกฤษ cogon grass, blady grass, kunai grass, sword grass, lalang

ชื่อสามัญไทย หญ้าคา คาหลวง ลาลัง ลาลาง ลาแล ลาลาย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลำต้นใต้ดินเป็นเส้นกลมสีขาวเจริญอยู่ใต้ผิวดิน แตกแขนงได้มากมายและรวดเร็ว ลำต้นเหนือพื้นดินมีลักษณะแข็ง ตั้งตรงเป็นกอ สูง 0.3 – 1.5 เมตร มีข้อ 2 – 4 ข้อ บริเวณข้อมีขน

ใบ ใบเดี่ยวแข็งและสาก แผ่นใบแคบเรียว ปลายใบแหลม เส้นกลางใบสีขาว แตกออกจากลำต้นใต้ดิน ขอบใบมีขน ใบอ่อนมีปลอกแข็งและแหลมหุ้ม ตรงรอยต่อระหว่างแผ่น

ใบกับกาบใบจะมีเยื่อกันน้ำฝน (ligule) บางครั้งใบอาจจะยาวถึง 150 เซนติเมตร

ดอก ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง (panicle) รูปทรงกระบอก ยาว 10–20 เซนติเมตร ช่อดอกมีลักษณะฟูสีขาวเงิน ดอกย่อยมีก้านดอกยาวไม่เท่ากันล้อมรอบด้วยขนสีขาว มีกลีบประดับ 2 อัน กลีบบนยาวกว่ากลีบล่าง กลีบนอกรูปไข่ ปลายแหลม โปร่งแสงและมีขน กลีบในมีลักษณะกว้างและมีขน

ลักษณะทางนิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์

เป็นหญ้าที่มีอายุข้ามปี หรืออายุหลายฤดู ขยายพันธุ์โดยเมล็ดและส่วนของลำต้นใต้ดิน พบขึ้นทั่วไปในทุกภาคของประเทศ ตามริมทาง ที่รกร้าง ในสวนผลไม้และในไร่ แต่ไม่ขึ้นในที่ที่มีร่มเงา ใช้เป็นยาสมุนไพร แกไอ แก้ไข้ แก้ร้อนใน ความดันโลหิตสูง ดีซ่าน หนองใน แก้ลมพิษ ผื่นคัน ห้ามเลือด ใช้เย็บมุงหลังคาบ้านพักโรงเรือน เป็นวัสดุคลุมดินที่ช่วยรักษาความชื้น

รูปที่ 19 หญ้าขจรจบดอกเล็ก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennisetum polystachyon* (L.) Schult

ชื่อสามัญอังกฤษ mission grass, feather pennisetum, thin Napier grass

ชื่อสามัญไทย หญ้าขจรจบดอกเล็ก หญ้าคอมมิวนิสต์ หญ้าพม่า

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นกอตั้งตรง บางครั้งมีการแตกกิ่งก้าน สูง 0.5–3.0 เมตร

ใบ รูปหยัก แคบ ยาวถึง 45 เซนติเมตร

ดอก ช่อดอกแบบช่อเชิงลด (spike) สีม่วงอ่อนแต่จะกลายเป็นสีน้ำตาลเมื่อแก่ ยาว 10 – 20 เซนติเมตร มีขนแข็งหยาบ (hirsute) คล้ายขนแปรง ดอกย่อยไม่มีก้าน

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

ชอบขึ้นในที่แห้ง พบมากตามริมทาง ที่รกร้างและที่ดอน ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด อายุฤดูเดียว (annual weed)

รูปที่ 20 หญ้าเนเปียร์

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pennisetum purpureum* Schumach

ชื่อสามัญอังกฤษ Napier grass, elephant grass

ชื่อสามัญไทย หญ้าเนเปียร์

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

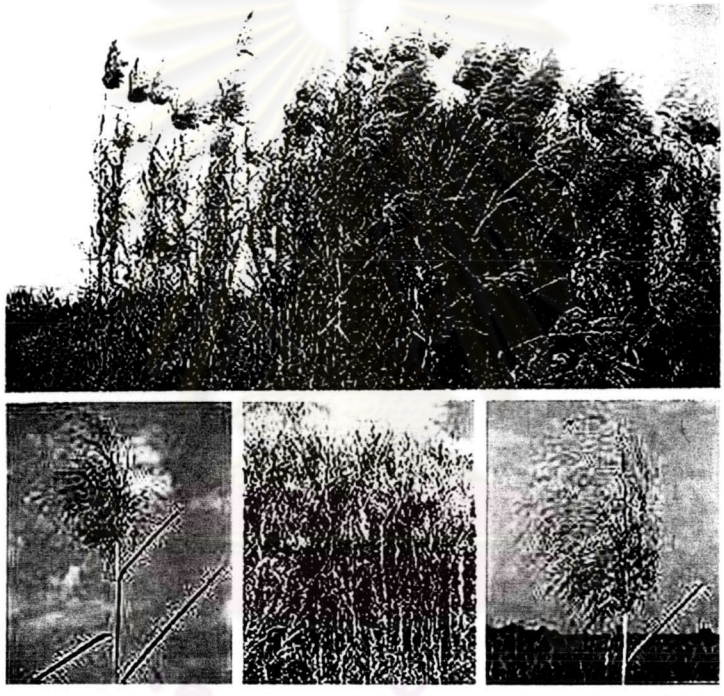
ลำต้น ลำต้นใต้ดินเป็นเหง้า (rhizome) เจริญเติบโตเป็นกอแตกแขนงซึ่งถ้าปล่อยทิ้งไว้นานๆ จะแตกเป็นกอใหญ่มาก สูง 1.8–2.4 เมตร

ใบ แคบยาวเรียว ปลายใบแหลมคล้ายใบอ้อย แต่มีความกว้างของใบน้อยกว่า มีขนปกคลุมแผ่นใบ ส่วนโคนแผ่นใบจะแผ่ออกเป็นกาบห่อหุ้มลำต้น ระหว่างแผ่นใบกับกาบใบมีเยื่อกันน้ำฝน

ดอก ช่อดอกแบบช่อเชิงลด สีเหลืองอ่อนหรือสีฟางข้าว ยาว 10–30 เซนติเมตร ดอกย่อยไม่มีก้าน มีขนแข็งออกกระจายรอบช่อดอก

ลักษณะทางนิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์

ชอบขึ้นในที่สภาพแห้งแล้ง ที่รกร้างและบริเวณริมทาง ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดและลำต้น อายุหลายฤดู ใช้ปลูกเป็นอาหารสัตว์โดยนิยมตัดสดให้โค มีคุณค่าทางอาหารช่วงเริ่มต้นออกดอกร้อยละ 25 วัตถุแห้งมีโปรตีนร้อยละ 7.2



รูปที่ 21 แขม

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phragmites karka* (Retz.) Trin. ex Steud.

ชื่อสามัญอังกฤษ common reed, flute reed, tropical reed

ชื่อสามัญไทย แขม อ้อล็ก หญ้าลาโพ

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ตั้งตรง สูง 2–3 เมตร มีเหง้าใหญ่แข็งแรง

ใบ ยาวเรียว ปลายแหลม ยาว 30–80 เซนติเมตร แผ่นใบหยาบกระด้าง กาบใบที่หุ้มลำต้นไม่มีขนปกคลุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดอก ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง พบที่ปลายยอด มีขนาดใหญ่ยาวประมาณ 50 เซนติเมตร สีน้ำตาล มีขนคล้ายไหมสีขาวอยู่ทั่วไป

ลักษณะทางนิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์

ชอบขึ้นเป็นกลุ่มใหญ่หนาแน่นตามที่ชื้นแฉะริมน้ำ ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดและลำต้นอายุหลายฤดู สามารถนำช่อดอกมาใช้ทำไม้กวาด

รูปที่ 22 เลา

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Saccharum spontaneum* Linn.

ชื่อสามัญอังกฤษ wild cane, wild sugarcane

ชื่อสามัญไทย เลา แขมดอกขาว แขมดอกขาม อ้อยเลา พง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น ลำต้นตั้งตรง เจริญเป็นกอ สูง 3–4 เมตร

ใบ แคบ ยาวเรียว กาบใบมักมีสีม่วงอ่อน

ดอก ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ยาวเรียว สีเงิน มีขนคล้ายเส้นไหม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะทางนิเวศวิทยา

พบขึ้นอยู่ตามที่รกร้าง ท้องทุ่งนา ริมหนอง ชายคลอง และริมข้างทางทั่วไป มีอายุฤดูเดียว

รูปที่ 23 ก๋ง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Thysanolaena maxima* (Roxb.) O. Ktze.

ชื่อสามัญอังกฤษ bamboo grass, tiger grass

ชื่อสามัญไทย ก๋ง ตองกง เลาแล้ง หญ้ากาบไผ่ใหญ่ หญ้าไม้กวาด หญ้ายูง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

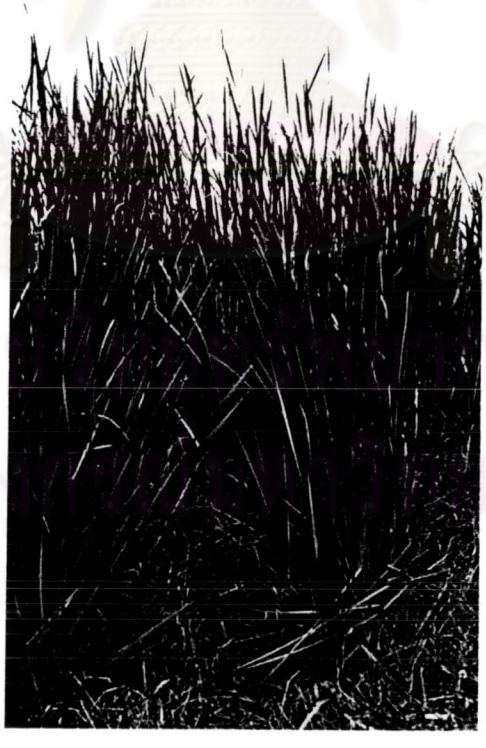
ลำต้น ลำต้นคล้ายต้นไผ่ เจริญเป็นกอ สูงประมาณ 2 – 3 เมตร

ใบ ใบเดี่ยว แผ่นใบรูปหอก (lanceolate) ขนาดใหญ่ ใบเรียวยาวไปที่ปลายใบ (acuminate) ยาว 41.0-76.7 เซนติเมตร กว้าง 4.7-9.1 เซนติเมตร ก้านใบสั้น หน้าใบและหลังใบไม่มีขน ขอบใบเรียบ (entire) กาบใบเรียบ มีสีเขียวอมขาวนวล ยาว 7.5-20.9 เซนติเมตร แต่ละใบเรียงตัวห่างตลอดลำต้น เยื่อกั้นน้ำหรือลิ้นใบเป็นแผ่นเยื่อบางๆ (membranous entire) ค่อนข้างหนา มีสีน้ำตาลอ่อน

ดอก ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ยาว 72.6-112.5 เซนติเมตร แตกแขนงเล็กๆ จำนวนมาก ช่อดอกมีขนนุ่มละเอียด กลุ่มดอกย่อย (spikelet) มีขนาดเล็กประกอบด้วยดอกย่อย (floret) 2 ดอก ดอกย่อยด้านล่างลดรูปเป็นเยื่อบางๆ เป็นดอกหมัน (infertile) ดอกย่อยด้านบนเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (fertile)

ลักษณะทางนิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์

พบขึ้นทั่วไปในพื้นที่ที่มีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 45-1,058 เมตร ตามริมธารน้ำ เนินเขา บนแนวเทือกเขา ที่โล่งแจ้งในพื้นที่ที่ค่อนข้างแห้งแล้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ดและส่วนลำต้นหรือเหง้าใต้ดิน อายุฤดูเดียวใบและยอดอ่อนเป็นแหล่งอาหารสัตว์ตามธรรมชาติสำหรับแทะเล็มของโค กระบือ ช้าง สัตว์ป่า ซึ่งส่วนของใบและยอดอ่อน มีค่าโปรตีนร้อยละ 10.9 เยื่อใยร้อยละ 15.9 ไขมันร้อยละ 2.7 เถ้าร้อยละ 5.6 แคลเซียมร้อยละ 0.10 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.38 และแทนนินร้อยละ 1.01 ส่วนช่อดอกนำมาใช้ทำไม้กวาด



รูปที่ 24 ธูปฤาษี

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Typha angustifolia* Linn.

ชื่อสามัญอังกฤษ cattail, narrowleaf cattail, narrow-leaved cattail, lesser reedmace

ชื่อสามัญไทย ธูปฤาษี กกช้าง กกธูป หญ้าปรือ หญ้าสลาบหลวง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เจริญตั้งตรงเป็นกอ มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้า กลม สามารถแทงไหลแตกหน่อขึ้นเป็นหมู่ใหญ่ สูงประมาณ 1–2 เมตร

ใบ ใบเดี่ยวแบนเรียบ เรียวแหลม รูปแถบ(linear) กว้าง 1.2-1.8 เซนติเมตร ยาวประมาณ 1 เมตร เรียงสลับระนาบเดียว(distichous) แผ่นใบด้านบนโค้งเล็กน้อยเพราะมีเซลล์หยุ่นตัวคล้ายฟองน้ำหมุนอยู่กลางใบ ส่วนด้านล่างแบน โคนใบแผ่เป็นกาบประกบกัน กาบใบด้านในมีเมือกเหนียว

ดอก ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ดอกมีจำนวนมากติดกันแน่นสีน้ำตาล ลักษณะคล้ายธูปดอกใหญ่ ก้านช่อดอกกลม แข็ง ดอกแยกเพศแบ่งเป็นตอนเห็นได้ชัด

ลักษณะทางนิเวศวิทยา และการใช้ประโยชน์

พบขึ้นบริเวณแหล่งน้ำขัง ในหนอง บึง ในนาข้าวทั่วประเทศไทย อาศัยเมล็ดขนาดเล็กหรือเหง้าในการกระจายพันธุ์ ทนความเป็นกรดเป็นด่าง ความเค็ม และมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และโลหะหนักได้ในปริมาณสูง โดยสามารถกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสียในที่ลุ่มต่อไร่ได้ถึง 400 กิโลกรัมต่อปี และสามารถดูดเก็บโพแทสเซียมต่อไร่ได้ถึง 690 กิโลกรัมต่อปี นิยมใช้ทำเครื่องจักสาน เช่น เสื่อ ตะกร้า ใช้มุงหลังคา กินได้ แป้งที่ได้จากลำต้นใต้ดินและรากใช้บริโภคได้เช่นกัน ในอินเดียเคยใช้ก้านช่อดอกทำปากกา และเชื่อว่าลำต้นใต้ดินและรากใช้เป็นยาบำบัดโรคบางชนิด เช่น ขับปัสสาวะ เยื่อ (pulp) ของต้นกกช้างนำมาใช้ทำใยเทียม (rayon) และกระดาษได้ มีเส้นใย (fiber) ถึงร้อยละ 40 เส้นใยนี้มีความชื้นร้อยละ 8.9 เซลลูโลสร้อยละ 63 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 8.7 ลิกนินร้อยละ 9.6 ไข ร้อยละ 1.4 และเถ้าร้อยละ 2 เส้นใยมีสีขาวหรือน้ำตาลอ่อนนำมาทอเป็นผ้าใช้แทนฝ้ายหรือขนสัตว์ กกช้างมีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตค่อนข้างสูง กากที่เหลือจากการสกัดเอาโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตออกแล้วใช้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic bacteria) ย่อยจะให้แก๊สมีเทน (methane) ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ ผลของกกช้างมี long chain hydrocarbon 2 ชนิด คือ pentacosane และ l-triacontanol สารพวก phytosteral 2 ชนิด คือ B(beta)-sitosterol และ B(beta)-sitosteryl-3-0-B(beta)-D-glucopyranoside

ภาคผนวก ข

อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในงานวิจัย

1. Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง	200	กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20	กรัม
วุ้นผง (agar)	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

วิธีการเตรียม

1.1 ปอกเปลือกมันฝรั่ง ล้างให้สะอาด และหั่นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 200 กรัม นำไปต้มในน้ำกลั่นประมาณ 700 มิลลิลิตร เพื่อให้สุก สังเกตได้จากการใช้มือบีบแล้วมันฝรั่งนุ่มแตกออกง่าย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

1.2 กรอง เก็บแต่ส่วนน้ำ เติมน้ำตาลกลูโคส 20 กรัม ผสมและละลายให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยให้มีปริมาตรของอาหารประมาณ 900 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรดและด่างให้อยู่ในช่วง 5.0 – 5.5 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค 1 นอร์มอล หรือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล

1.3 เติมวุ้นผง 20 กรัม และต้มให้วุ้นละลาย ปรับปริมาตรสุดท้ายของอาหารเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. Potato Dextrose Broth (PDB)

มันฝรั่ง	200	กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

วิธีการเตรียม

เช่นเดียวกับการเตรียมอาหารสูตร PDA แต่ไม่ใส่วุ้น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. Yeast Malt Agar (YMA)

Yeast extract	5	กรัม
Malt extract	5	กรัม
Bacto peptone	5	กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20	กรัม
วุ้น	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดยกเว้นวุ้นด้วยน้ำกลั่น จากนั้นเติมวุ้นแล้วนำไปต้มจนวุ้นละลายหมด ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

4. Yeast Malt Broth (YMB)

Yeast extract	5	กรัม
Malt extract	5	กรัม
Bacto peptone	5	กรัม
น้ำตาลกลูโคส	20	กรัม
น้ำกลั่น	1	ลิตร

วิธีการเตรียม

เช่นเดียวกับการเตรียมอาหารสูตร YMA แต่ไม่ใส่วุ้น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

5. Production medium (Punnapayak et al., 1999)

$MgSO_4$	1.0	กรัม
Corn steep liquor	7.0	กรัม
$CaHPO_4$	5.0	กรัม
α-cellulose	30.0	กรัม
$(NH_4)_2SO_4$	4.0	กรัม

$FeSO_4$	5.0	มิลลิกรัม
$ZnSO_4$	1.4	มิลลิกรัม
$MnSO_4$	1.6	มิลลิกรัม
$CoCl_2$	3.6	มิลลิกรัม
Tween 80	2.0	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมด ยกเว้น $CaHPO_4$, α-cellulose และ Tween 80 แล้วเติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรใกล้ 1 ลิตร ปรับค่าความเป็นกรดและด่างให้เท่ากับ 5.0 ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริค 1 นอร์มอล หรือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 นอร์มอล จากนั้นเติม Tween 80 ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

หมายเหตุ $CaHPO_4$ และ α-cellulose ไม่ละลายน้ำ ให้คำนวณสำหรับการชั่งแยกแต่ละฟลาสก์

6. F2 medium (Punnapayak et al., 1999)

$(NH_4)_2SO_4$	3.0	กรัม
$MgSO_4.7H_2O$	2.2	กรัม
$CaCl_2$	1.2	กรัม
น้ำกลั่น	1.0	ลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมแต่ละชนิดด้วยน้ำกลั่น แล้วนำมาผสมกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลายสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลส

1.1 การเตรียมสารละลาย neutral detergent

Sodium lauryl sulphate	30	กรัม
Disodium ethylenediamine tetraacetate (EDTA) dihydrate	16.18	กรัม
Sodium borate decahydrate ($Na_2B_4O_7$ .10 H_2O)	6.81	กรัม
Na_2HPO_4	4.56	กรัม
2-Ethoxyethanol (ethylene glycol monoethyl ether)	10	มิลลิลิตร

นำ EDTA และ $Na_2B_4O_7$ .10 H_2O มาละลายในน้ำกลั่นพอประมาณ และนำไปต้มจนละลายหมด แล้วนำไปผสมกับ sodium lauryl sulphate และ 2-Ethoxyethanol

จากนั้นนำ Na_2HPO_4 มาละลายในน้ำกลั่นพอประมาณ และนำไปต้มจนละลายหมดแล้วนำไปผสมกับสารละลายข้างต้น ปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร และ pH อยู่ในช่วง 6.9 -7.1

1.2 การเตรียมสารละลาย acid detergent

Sulfuric acid (% assay = 100)	49.04	กรัม
Cetyl trimethylammonium bromide	20	กรัม

นำกรดซัลฟูริคใส่ในขวดปรับปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1 ลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่พอประมาณ ผสมให้เข้ากัน และปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ตรวจความเข้มข้นของสารละลายด้วยวิธีการไตเตรท ให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1 N แล้วเติม cetyl trimethylammonium bromide ผสมให้เข้ากัน

1.3 การเตรียมสารละลาย saturated potassium permanganate

$KMnO_4$	50	กรัม
Ag_2SO_4	0.05	กรัม

ละลาย $KMnO_4$ และ Ag_2SO_4 ในน้ำกลั่น 1 ลิตร แล้วเก็บสารละลายไว้ในขวดแก้วสีชา เก็บไว้ในตู้เย็น อย่าให้โดนแสง

1.4 การเตรียมสารละลาย lignin buffer

$Fe(NO_3)_3.9\ H_2O$	6	กรัม
$AgNO_3$	0.15	กรัม
Potassium acetate	5	กรัม
Acetic acid, glacial	500	มิลลิลิตร
Tertiary butyl alcohol	400	มิลลิลิตร

ละลาย $Fe(NO_3)_3.9\ H_2O$ และ $AgNO_3$ ในน้ำกลั่น แล้วนำไปผสมกับ acetic acid และ potassium acetate แล้วเติม tertiary butyl alcohol ผสมให้เข้ากัน

1.5 การเตรียมสารละลาย combined permanganate

ผสม saturated potassium permanganate กับ lignin buffer ในอัตราส่วน 2:1 (ปริมาตรต่อปริมาตร) เตรียมใหม่ก่อนใช้ โดยเก็บไว้ได้ไม่เกิน 1 สัปดาห์ ในตู้เย็นและไม่ให้ถูกแสง ถ้าสารกลายเป็นสีแดงจะใช้ไม่ได้

1.6 การเตรียมสารสะลาย demineralizing

Oxalic acid dehydrate	50	กรัม
95% Ethanol	700	มิลลิลิตร
HCl	50	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	250	มิลลิลิตร

ละลาย oxalic acid ใน ethanol แล้วเติม HCl และน้ำกลั่น ตามลำดับ ผสมให้เข้ากัน

2. การเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์

การเตรียม 0.025 M Citrate buffer pH 4.5

ชั่ง Tri-sodium Citrate dihydrate ($C_6H_5O_7Na_3\ .2H_2O$) จำนวน 1.2940 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 490 มิลลิลิตร แล้วเติม Citric acid monohydrate ($C_6H_2O_7\ .2H_2O$) ลงไป 1.6958 กรัม ปรับ pH ให้เป็น 4.5 จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

การเตรียม 0.05 M Citrate buffer pH 4.8

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

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การเตรียม 0.04 M Sodium acetate buffer pH 5.0

ชั่ง sodium acetate trihydrate ($CH_3COONa .3H_2O$) จำนวน 3.4567 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 990 มิลลิลิตร แล้วเติม acetic acid, glacial ลงไป 0.83 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็น 5.0 จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3. การเตรียมสารละลาย dinitrosalicylic acid (DNS) (ดัดแปลงจาก Miller, 1959)

3.1 เตรียมสารละลาย dinitrosalicylic acid 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 880 มิลลิลิตร

3.2 ชั่ง potassium sodium tartrate ($NaKC_4H_4O_6.4H_2O$) จำนวน 255 กรัม ละลายในสารละลาย NaOH 4.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

3.3 เตรียมสารละลาย NaOH 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 22 มิลลิลิตร ใส่ลงในสารละลาย phenol 10 กรัม เติมน้ำให้ครบ 1 ลิตร ผสมให้เข้ากัน เทแบ่งออกมา 69 มิลลิลิตร ใส่ $NaHSO_3$ 6.9 มิลลิลิตร

3.4 ผสมสารละลายจากข้อ 3.1 และ 3.2 ให้เข้ากัน จากนั้นจึงใส่สารละลายข้อ 3.3 ผสมให้เข้ากัน นำไปเก็บใส่ขวดสีชา และเก็บไว้ในตู้เย็นอย่างน้อย 1 คืน ก่อนนำมาใช้

4. การเตรียมสารละลาย biuret (Gornall et al.,1949)

4.1 ชั่ง $CuSO_4 .5H_2O$ จำนวน1.50 กรัม และ potassium sodium tartrate จำนวน 6.0 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร

4.2 เตรียมสารละลาย NaOH 10 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร

4.3 นำสารละลายจากข้อ 4.1 และ 4.2 มาผสมรวมกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีชา

5. การเตรียม normal saline 0.85%

ละลาย NaCl 8.5 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

6. การเตรียมสารละลาย dinitrosalicylic acid (DNS) 1%

ละลาย DNS จำนวน 10 กรัม phenol จำนวน 2 กรัม และ sodium sulfite จำนวน 0.5 กรัม ให้เข้ากันด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

7. การเตรียมสารละลาย potassium sodium tartate 40%

ละลาย potassium sodium tartate 40 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

8. การเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาโครงสร้างของเชื้อรา

8.1 นำสไลด์ กระจกปิดสไลด์ และแท่นวางสไลด์ ใส่ลงในจานเพาะเชื้อ ปิดฝาและนำไปนึ่ง ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

8.2 เตรียมอาหาร PDA เทใส่จานเพาะเชื้อที่ฆ่าเชื้อแล้วอีกชุดหนึ่ง ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็ง จากนั้นใช้มีดผ่าตัด ตัดชิ้นวุ้นเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดประมาณ 0.5 × 0.5 เซนติเมตร

8.3 นำชิ้นอาหารที่ตัดได้มาวางไว้บนสไลด์ในจานเพาะเชื้อที่เตรียมจากข้อ 8.1

8.4 ใช้เข็มเขี่ยลนไฟ ตั้งทิ้งให้เย็น จากนั้นนำไปเขี่ยสปอร์ของเชื้อราที่ต้องการศึกษามาแตะที่มุมทั้งสี่ด้านของชิ้นอาหาร

8.5 ปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ โดยต้องระวังไม่ให้กระจกปิดสไลด์เอียงมาแตะกับสไลด์ที่อยู่ด้านล่าง

8.6 เทน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้วลงไปเล็กน้อย แต่ไม่ให้ท่วมสไลด์ เพื่อให้เกิดความชื้น

8.7 นำไปบ่มเลี้ยงเพื่อให้เชื้อราเจริญ สังเกตเชื้อราจะค่อยๆ เจริญแผ่เส้นใยไปบนสไลด์และกระจกปิดสไลด์

8.8 นำสไลด์ที่มีเส้นใยของเชื้อราเจริญอยู่มาเขี่ยชิ้นอาหารออก แต่ต้องระวังไม่ให้เส้นใยของเชื้อราติดมาด้วย ดังนั้นจะได้ส่วนที่มีเส้นใยเชื้อราติดอยู่ 2 ส่วน คือ ที่สไลด์และกระจกปิดสไลด์

8.9 หยดเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ลงบนสไลด์หรือกระจกปิดสไลด์ที่มีเส้นใยเชื้อราอยู่ เพื่อให้เส้นใยของเชื้อราแผ่กระจาย ทิ้งให้สักครู่เพื่อให้แอลกอฮอล์ระเหย

8.10 หยดสี lactophenol-cotton blue หรือ lactophenol-anelene blue ลงไปเพื่อย้อมเส้นใยเชื้อรา

8.11 นำกระจกปิดสไลด์ที่สะอาดแผ่นใหม่ปิดทับลงไป ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ใช้กระดาษซับสีส่วนเกินออกให้หมด และปิดทับขอบกระจกปิดสไลด์ทั้ง 4 ด้านด้วยน้ำยาทาเล็บ

8.12 นำสไลด์ตัวอย่างเชื้อราที่ได้ไปดูรายละเอียดด้วยกล้องจุลทรรศน์

9. วิธีการตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายต่าง ๆ ที่ใช้ในการหาปริมาณแอลฟา-เซลลูโลส เบต้า-เซลลูโลส และแกมม่า-เซลลูโลส (TAPPI, 1997)

การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์

นำ potassium hydrogen phthalate, primary standard grade (KHC_8H_4O) ไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วชั่งมา 42.722 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับ

ปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ในแต่ละฟลาสก์ เป็นจำนวน 3 ฟลาสก์ (คำนวณมาจาก 5.21 N ของ 17.5% NaOH) แล้วหยดอินดิเคเตอร์ฟีนอฟทาลิน (phenolphthalein indicator) จำนวน 2-3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ จนสีเปลี่ยนเป็นสีชมพูถึงแดง (จุดยุติ) บันทึกปริมาตรที่ใช้ไปในการไทเทรตเป็นมิลลิลิตร แล้วคำนวณดังนี้

Normality ของ NaOH = (KHC_8H_4O, g) / (0.20422×ปริมาตรที่ใช้ไปในการไทเทรต, ml)

การตรวจสอบความเข้มข้นของสารละลาย Ferrous ammonium sulfate 0.1 N

เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร กรดซัลฟูริคเข้มข้น 25 มิลลิลิตร และ 0.100 N $K_2Cr_2O_7$ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ในแต่ละฟลาสก์ เป็นจำนวน 3 ฟลาสก์ ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วหยดอินดิเคเตอร์เฟอโรอิน (ferroin indicator) จำนวน 2-3 หยด จากนั้นไทเทรตด้วย ferrous ammonium sulfate 0.1 N จนสีเปลี่ยนเป็นสีม่วงอมน้ำตาลแดง (จุดยุติ) บันทึกปริมาตรที่ใช้ไปในการไทเทรตเป็นมิลลิลิตร แล้วคำนวณดังนี้

0.1 N FAS = (25 ml ของ $K_2Cr_2O_7$× 0.100 N $K_2Cr_2O_7$) / ปริมาตรที่ใช้ไปในการไทเทรต, ml

10. การเตรียมสารละลาย sodium hydroxide 17.5%

ละลาย sodium hydroxide 175 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

11. การเตรียมสารละลาย potassium dichromate 0.5 N

ละลาย potassium dichromate 24.52 กรัมในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

12. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน potassium dichromate 0.100 N

อบ potassium dichromate ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วชั่งมา 4.9031 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

13. การเตรียมสารละลาย ferrous ammonium sulfate 0.1 N

ละลาย ferrous ammonium sulfate หรือ Iron (II) ammonium sulphate ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$.$6H_2O$) จำนวน 40.5 กรัมในน้ำกลั่น เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้นปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

14. การเตรียมสารละลาย sulfuric acid 3 N

เจือจางกรดซัลฟูริคเข้มข้นโดยใช้ปริมาตร 83.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

ภาคผนวก ง
กราฟมาตรฐาน การคำนวณค่าแอคติวิตี และปริมาณเอทานอล

1. การทำกราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

1.1 เตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคสที่ละลายในสารละลายซิเตรตบัฟเฟอร์ ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ ค่าความเป็นกรดและด่างเท่ากับ 5.0 โดยมีน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้นต่างๆ กัน คือ 0.00 0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 และ 1.60 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

1.2 ใส่สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมได้จากข้อ 1.1 ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

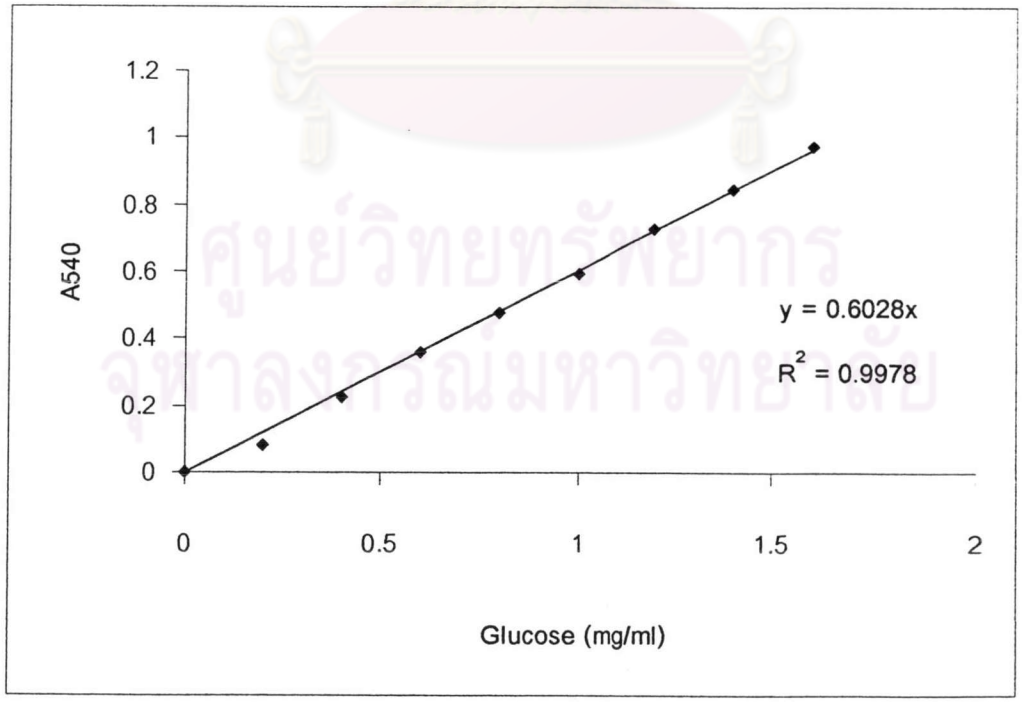
1.3 ใส่สารละลาย DNS (ภาคผนวก ข) ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด

1.4 นำไปตั้งในอ่างน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

1.5 เติมน้ำกลั่นหลอดละ 20 มิลลิลิตร

1.6 นำไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยหลอดควบคุมใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายน้ำตาลกลูโคส

1.7 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณน้ำตาลกลูโคส



รูปที่ 25 กราฟมาตรฐานน้ำตาลกลูโคส

2. การทำกราฟมาตรฐานโปรตีน (Bovine Serum Albumin, BSA)

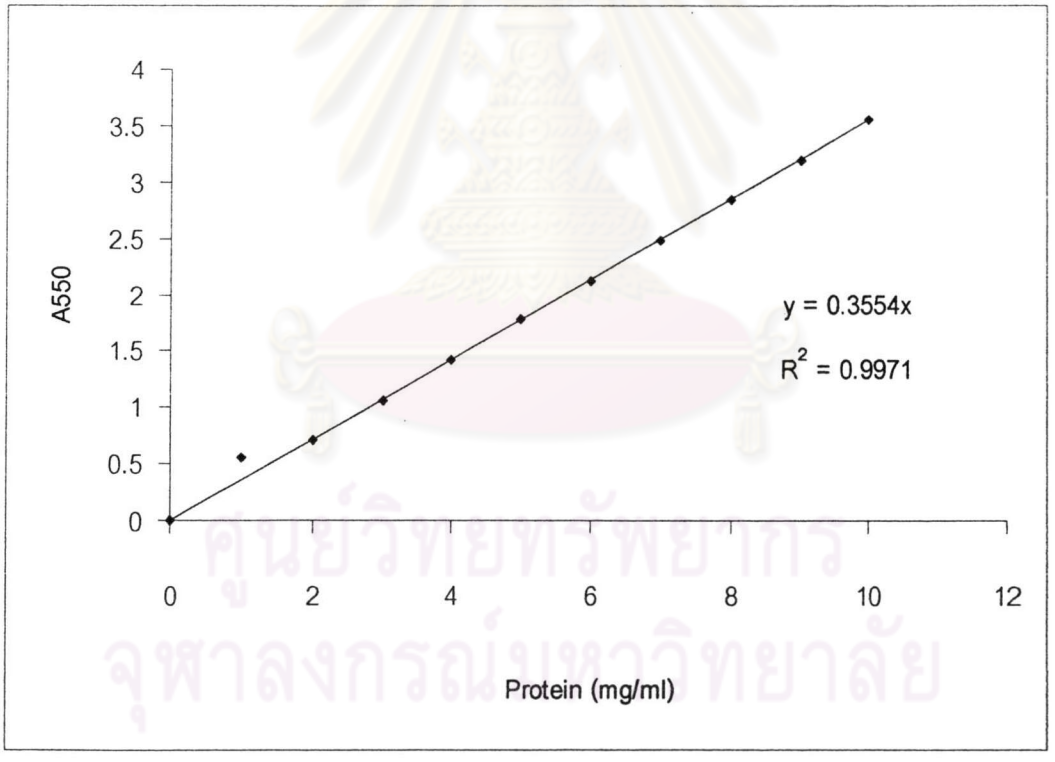
2.1 เตรียมสารละลาย BSA ให้มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2.2 ใส่สารละลาย BSA ความเข้มข้นต่างๆ ที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 ลงในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ

2.3 เติมสารละลาย biuret (ภาคผนวก ข) ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ในแต่ละหลอดจากนั้นเขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

2.4 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่นแสง 550 นาโนเมตร โดยหลอดควบคุมใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายโปรตีน BSA

2.5 นำค่าที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าดูดกลืนแสงและปริมาณโปรตีน

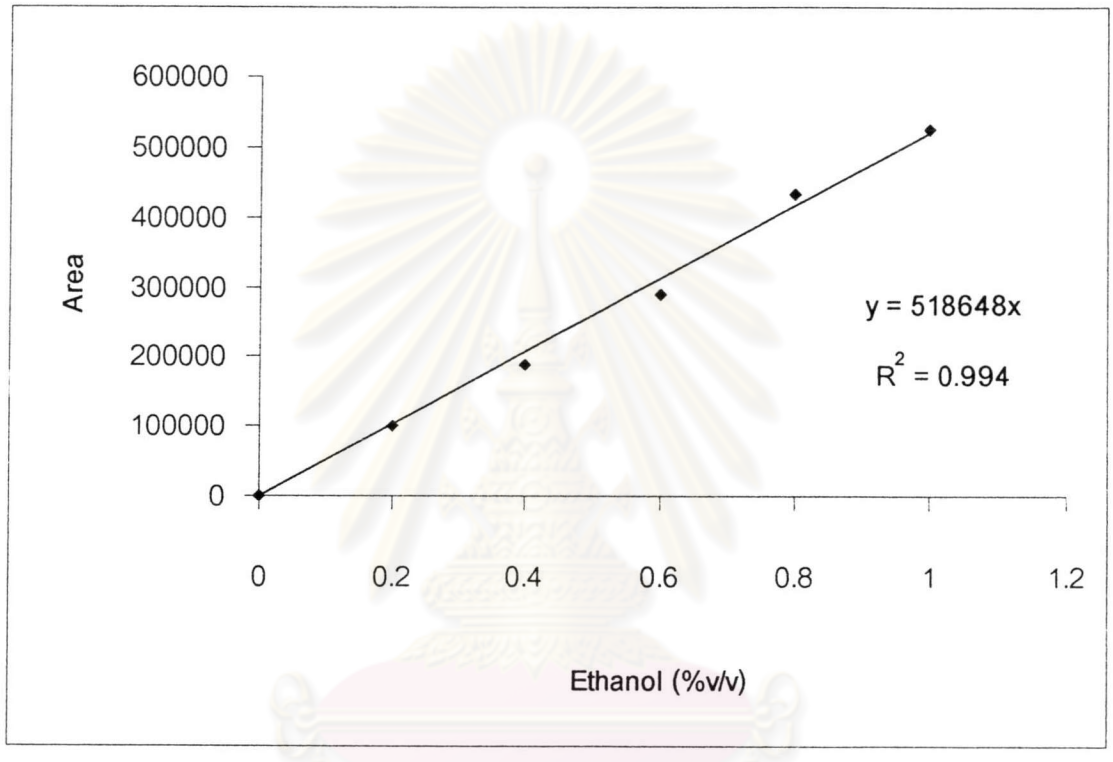


รูปที่ 26 กราฟมาตรฐานโปรตีน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การทำกราฟมาตรฐานเอทานอล

เตรียมเอทานอลที่ความเข้มข้น 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0%(v/v) แล้วนำไปตรวจสอบด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) จากนั้นนำพื้นที่ใต้กราฟที่ได้ของแต่ละความเข้มข้นมาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเอทานอลและพื้นที่ใต้กราฟ ดังรูปที่ 33



รูปที่ 27 กราฟมาตรฐานเอทานอล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. กราฟมาตรฐานน้ำตาลรีดิวซ์โดยใช้กลูโคสเป็นสารละลายมาตรฐาน

4.1 เตรียมสารละลายกลูโคสความเข้มข้น 0.2 0.4 0.6 และ0.8 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วปิเปตสารละลายกลูโคสแต่ละความเข้มข้นปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง

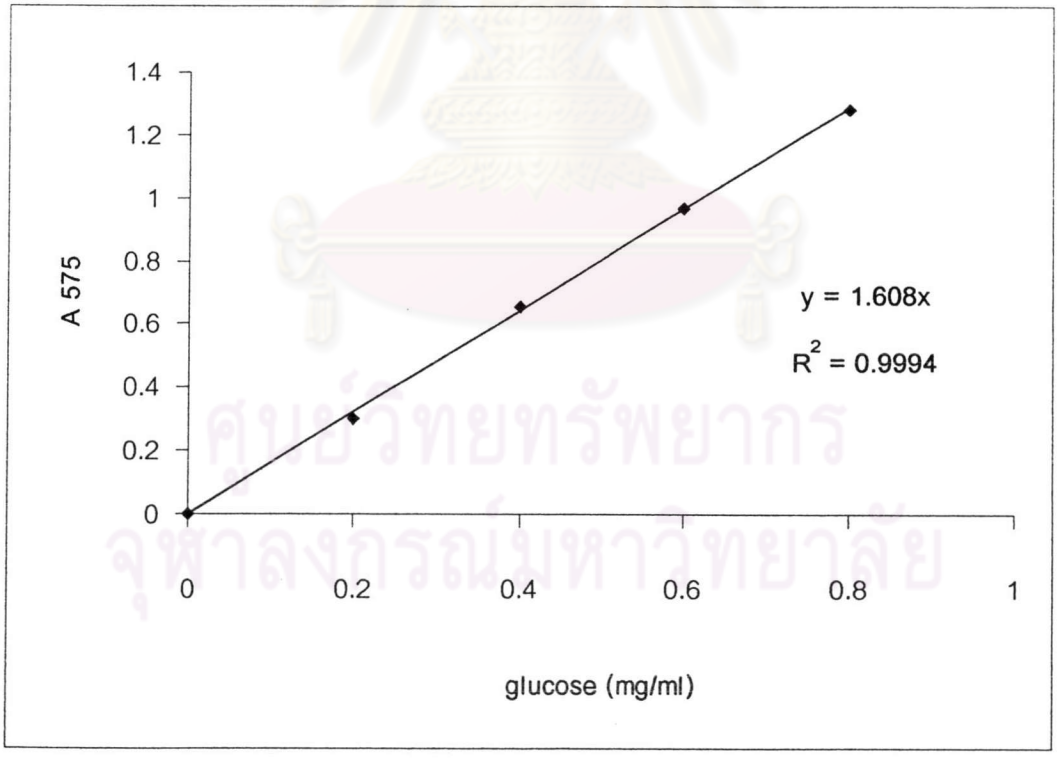
4.2 เติม 1%DNS reagent ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ใส่ลงในแต่ละหลอดทดลอง แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4.3 นำไปต้มบน water bath ที่มีน้ำเดือดนาน 5 นาที จากนั้นยกลงมาวางในอ่างน้ำเย็นเพื่อให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง

4.4 เมื่อเย็นแล้ว เติม 40% Potassium sodium tartate ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด แล้วเขย่าให้เข้ากัน

4.5 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 575 นาโนเมตร

4.6 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นของกลูโคส



รูปที่ 28 กราฟมาตรฐานน้ำตาลรีดิวซ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การคำนวณค่า Unit of enzyme ตามวิธีของ The International Union of Biochemistry

5.1 การคำนวณแอคติวิตีของเอกโซกลูคาเนส

1 หน่วยของเอนไซม์ (ยูนิต) เท่ากับ ปริมาณของกลูโคส 1 ไมโครโมล ที่เกิดขึ้น ภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

เท่ากับ กลูโคส 0.180 มิลลิกรัม ที่เกิดขึ้นภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

กลูโคส 0.180 มิลลิกรัม	เท่ากับ	1	ไมโครโมล
กลูโคส A มิลลิกรัม	เท่ากับ	(1× A) / 0.180	ไมโครโมล
	เท่ากับ	A × 5.556	ไมโครโมล

จากการทดลองน้ำตาลกลูโคส A × 5.556 ไมโครโมล เกิดขึ้นภายใน 60 นาที

60 นาที มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	A × 5.556	ไมโครโมล
1 นาที มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	(1× (A× 5.556)) / 60	ไมโครโมลต่อนาที
	เท่ากับ	A × 0.093	ไมโครโมลต่อนาที

จากการทดลองน้ำตาลกลูโคส A × 0.093 ไมโครโมลต่อนาที เกิดจากการใช้เอนไซม์ 0.5 มิลลิลิตร

ใช้เอนไซม์ 0.5 มิลลิลิตร มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	A × 0.093	ไมโครโมลต่อนาที
ใช้เอนไซม์ 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	(1× (A× 0.093)) / 0.5	ไมโครโมลต่อนาที ต่อมิลลิลิตร

เท่ากับ A × 0.186 ไมโครโมลต่อนาทีต่อมิลลิลิตร

เท่ากับ A × 0.186 ยูนิตต่อมิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2 การคำนวณแอคติวิตีของเอนโดกลูคาเนส และเบต้า-กลูโคซิเดส

1 หน่วยของเอนไซม์ (ยูนิต) เท่ากับ ปริมาณของกลูโคส 1 ไมโครโมล ที่เกิดขึ้นภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ
เท่ากับ กลูโคส 0.180 มิลลิกรัม ที่เกิดขึ้นภายใน 1 นาที ภายใต้ภาวะที่ใช้ทดสอบ

กลูโคส 0.180 มิลลิกรัม	เท่ากับ	1	ไมโครโมล
กลูโคส A มิลลิกรัม	เท่ากับ	(1× A) / 0.180	ไมโครโมล
	เท่ากับ	A × 5.556	ไมโครโมล

จากการทดลองน้ำตาลกลูโคส A × 5.556 ไมโครโมล เกิดขึ้นภายใน 30 นาที

10 นาที มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	A × 5.556	ไมโครโมล
1 นาที มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	(1× (A× 5.556)) / 30	ไมโครโมลต่อนาที
	เท่ากับ	A × 0.185	ไมโครโมลต่อนาที

จากการทดลองน้ำตาลกลูโคส A × 0.185 ไมโครโมลต่อนาที เกิดจากการใช้เอนไซม์ 0.5 มิลลิลิตร

ใช้เอนไซม์ 0.5 มิลลิลิตร มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	A × 0.185	ไมโครโมลต่อนาที
ใช้เอนไซม์ 1.0 มิลลิลิตร มีน้ำตาลกลูโคส	เท่ากับ	(1× (A× 0.185)) / 0.5	ไมโครโมลต่อนาทีต่อมิลลิลิตร

เท่ากับ A ×0.370 ไมโครโมลต่อนาทีต่อมิลลิลิตร
เท่ากับ A × 0.370 ยูนิตต่อมิลลิลิตร

6. การคำนวณหาปริมาณเอทานอล

นำค่าพื้นที่ (area) ที่ได้จากการวัดปริมาณเอทานอลด้วยเครื่อง GC ไปหาค่าปริมาณของเอทานอลจากกราฟมาตรฐาน ดังรูปที่ 33 ผลที่ได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ นั่นคือมีปริมาณเอทานอล x กรัมในสารละลาย 10 มิลลิลิตร หรือถ้าต้องการคิดให้มีหน่วยเป็นกรัมเอทานอลต่อกรัมสับสเตรท (กรัม/กรัม) จะได้ว่า

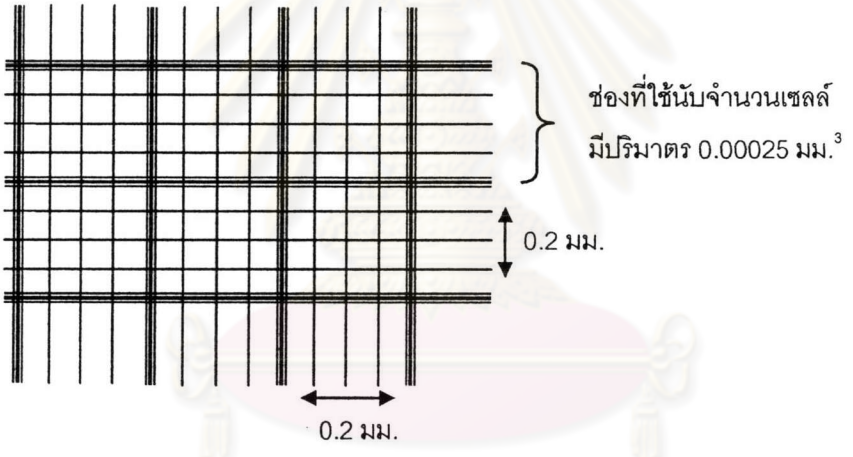
$$\frac{\text{ปริมาณเอทานอล (กรัม/100 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาณของสับสเตรทที่ใช้ (กรัม)}} = \text{กรัม/กรัม}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

การนับจำนวนเซลล์ยีสต์ด้วยวิธี Direct Microscopic Count โดยใช้ Haemacytometer

Haemacytometer เป็นสไลด์ที่ใช้สำหรับนับเม็ดเลือด แต่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการนับสปอร์ของรา หรือจำนวนจุลินทรีย์ได้ โดยแบ่งเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนเมื่อปิดด้วย cover glass ที่มีลักษณะเฉพาะกับสไลด์นี้ แล้วส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเป็นตาราง ดังรูปที่ 29 ประกอบด้วยช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส 25 ช่องใหญ่ แต่ละช่องขนาด 0.2 × 0.2 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งภายในแต่ละช่องใหญ่จะประกอบด้วยช่องเล็กๆ จำนวน 16 ช่อง แต่ละช่องขนาด 0.05 × 0.05 ตารางมิลลิเมตร ดังนั้น ของเหลวใดที่บรรจุอยู่ภายในสไลด์นี้จึงมีปริมาตรเท่ากับ 0.00025 ลูกบาศก์มิลลิเมตร



รูปที่ 29 ลักษณะของตารางที่ใช้ในการนับจำนวนเซลล์

ในการนับจำนวนเซลล์ ควรเจือจางเซลล์ให้มีปริมาณที่สามารถนับได้สะดวกและแม่นยำ ไม่เจือจางหรือหนาแน่นจนเกินไป โดยหยดน้ำตัวอย่างที่ต้องการนับจำนวนเซลล์ลงบน Haemacytometer แล้วปิดทับด้วย cover glass จากนั้นนำไปตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นิยมนับ 5 ช่องใหญ่ในแนวเส้นทแยง

วิธีคำนวณ

ปริมาตรใน 25 ช่องใหญ่ (400ช่องเล็ก)	=	0.1	ลูกบาศก์มิลลิเมตร
สมมติค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ใน 1 ช่องใหญ่	=	X	เซลล์
สมมติค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์ใน 1 ช่องเล็ก	=	Y	เซลล์

นั่นคือ $X = 16Y$ เซลล์

ดังนั้น

ใน 0.1 ลบ.มม. มีจำนวนเซลล์ทั้งหมด $X \times 25$ หรือ $Y \times 16 \times 25$ เซลล์

ใน 1.0 ลบ.มม. มีจำนวนเซลล์ทั้งหมด $X \times 25 \times 10$ หรือ $\times 16 \times 25 \times 10$ เซลล์

ใน 1.0 ลบ.ซม. มีจำนวนเซลล์ทั้งหมด $X \times 25 \times 10 \times 1000$ หรือ $Y \times 16 \times 25 \times 10 \times 1000$ เซลล์

หรือเท่ากับ $X \times 25 \times 10^4$ หรือ $4Y \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

ตารางสถิติ

1 = ลำเอียก, 2 = หญ้าคา, 3 = หญ้าขจรจบดอกเล็ก, 4 = หญ้าเนเปียร์, 5 = แขม, 6 = เลา, 7 = กก และ 8 = ธูปฤาษี

CELLULOS

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
8.00	3	32.1000							
1.00	3		33.4333						
4.00	3			35.533					
2.00	3				36.850				
5.00	3					37.867			
3.00	3						38.667		
7.00	3							40.997	
6.00	3								42.5000
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

HEMI

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
7.00	3	27.0000					
3.00	3		27.4933				
8.00	3		27.6633				
4.00	3			28.8967			
5.00	3				30.5000		
2.00	3					31.9333	
6.00	3					32.1000	
1.00	3						34.4667
Sig.		1.000	.347	1.000	1.000	.356	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

LIGNIN

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
1.00	3	6.2333						
4.00	3		6.9000					
2.00	3			8.1333				
6.00	3				8.4900			
8.00	3					10.3133		
3.00	3						10.7333	
5.00	3						11.0100	
7.00	3							14.5667
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.090	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ASH

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
6.00	3	4.9067						
7.00	3		5.4833					
2.00	3			6.3133				
1.00	3				7.3300			
5.00	3				7.5233			
3.00	3					8.4533		
4.00	3						10.1667	
8.00	3							11.0600
Sig.		1.000	1.000	1.000	.054	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

PRODUCT

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
2.00	3	23.6033						
8.00	3		26.0500					
1.00	3			26.9000				
3.00	3				29.0467			
5.00	3				29.5000			
6.00	3					30.7533		
4.00	3						33.8033	
7.00	3							35.2033
Sig.		1.000	1.000	1.000	.116	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ค่าแอคติวิตีของเซลลูเลส ที่ใช้วัชพืชทั้ง 8 ชนิด เป็นแหล่งคาร์บอน โดย 1 = ลำเอียก, 2 = หญ้าคา, 3 = หญ้าขจรจบดอกเล็ก, 4 = หญ้าเนเปียร์, 5 = แขม, 6 = เลา, 7 = กก และ 8 = ธูปฤาษี

EXO

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
6.00	3	7.9E-02							
3.00	3		.3913						
2.00	3			.5147					
1.00	3				1.1740				
7.00	3					1.8567			
4.00	3						2.0047		
8.00	3							2.6190	
5.00	3								2.9320
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ENDO

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
6.00	3	.2810							
3.00	3		5.1830						
2.00	3			7.3823					
1.00	3				16.6847				
4.00	3					25.1780			
7.00	3						25.5387		
8.00	3							33.0427	
5.00	3								43.0243
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

BETA

Duncan[a]

WEEDS	N	Subset for alpha = .05						
		1	2	3	4	5	6	7
6.00	3	6.00E-03						
2.00	3		6.40E-02					
3.00	3			8.20E-02				
1.00	3				.2163			
5.00	3					.2333		
7.00	3						.3073	
4.00	3						.3133	
8.00	3							.3787
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.065	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1 = แอลฟา-เซลลูโลส (Sigma), 2 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากลำเอียก, 3 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากหญ้าคา, 4 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากหญ้าขจรจบดอกเล็ก, 5 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากหญ้าเนเปียร์, 6 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากแขม, 7 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากเลา, 8 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากกก และ 9 = เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากธูปฤาษี

MOIST

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
4.00	3	2.8500				
2.00	3		5.6833			
5.00	3			7.9200		
1.00	3			8.0033	8.0033	
6.00	3				8.1400	
8.00	3				8.1800	
3.00	3				8.1967	
9.00	3					8.4233
7.00	3					8.5533
Sig.		1.000	1.000	.367	.063	.166

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ALPHA

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
5.00	3	39.7200					
6.00	3	41.0100					
4.00	3		45.5233				
3.00	3		46.6933				
9.00	3			49.0333			
7.00	3			50.2700			
8.00	3				54.9633		
2.00	3					57.3567	
1.00	3						86.3300
Sig.		.141	.180	.158	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

BETA

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
1.00	3	9.7429					
8.00	3		38.2469				
2.00	3		39.4174				
4.00	3			44.7711			
5.00	3				50.7600		
3.00	3				51.3170		
9.00	3				52.4292		
7.00	3					58.2299	
6.00	3						65.9775
Sig.		1.000	.368	1.000	.228	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

GAMMA

Duncan[a]

SAMPLE	N	Subset for alpha = .05					
		1	2	3	4	5	6
3.00	3	2.1259					
1.00	3		3.7963				
9.00	3		4.0082				
7.00	3		5.1784	5.1784			
6.00	3			5.7079	5.7079		
8.00	3				7.0320		
2.00	3					8.6727	
5.00	3					9.3619	
4.00	3						14.2310
Sig.		1.000	.060	.430	.059	.307	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ค่าแอคติวิตีของเซลลูเลส ที่ใช้เยื่อเซลลูโลสละเอียดจากวัชพืชทั้ง 8 ชนิด เป็นแหล่งคาร์บอน

EXO

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
6.00	3	1.3877				
2.00	3		1.5523			
1.00	3		1.6533			
9.00	3		1.6647			
8.00	3			1.8187		
3.00	3			1.8257		
4.00	3			1.8443		
5.00	3				2.1870	
7.00	3					2.3490
Sig.		1.000	.134	.726	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ENDO

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
6.00	3	9.728								
2.00	3		23.675							
1.00	3			24.602						
7.00	3				24.624					
9.00	3					25.575				
4.00	3						27.752			
3.00	3							28.185		
8.00	3								30.604	
5.00	3									34.906
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

BETA

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.00	3	2.60E-02							
2.00	3	2.87E-02							
9.00	3		3.90E-02						
6.00	3			.1067					
8.00	3				.1413				
3.00	3					.1523			
4.00	3						.1613		
5.00	3							.2413	
7.00	3								.2667
Sig.		.491	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

1 – 3 ใช้ เซลลูเลสจากซึ่งมีเยื่อเซลลูโลสละเอียดของหญ้าเนเปียร์ เป็นแหล่งคาร์บอน โดย 1 = หญ้าเนเปียร์, 2 = แขม และ 3 =ฐูปฤาษี ส่วน 4 – 5 ใช้ เซลลูเลสจากซึ่งมีเยื่อเซลลูโลสละเอียดของ เลา เป็นแหล่งคาร์บอน โดย 4 = หญ้าเนเปียร์, 5 = แขม และ 6 = ฐูปฤาษี

ALC

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
1.00	3	2.00E-02		
4.00	3	5.00E-02		
2.00	3	.1133		
5.00	3	.1667		
3.00	3		2.0000	
6.00	3			2.5733
Sig.		.067	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

REDUCE

Duncan[a]

SAMPLES	N	Subset for alpha = .05				
		1	2	3	4	5
6.00	3	7.07E-02				
3.00	3		8.90E-02			
5.00	3			.1077		
2.00	3				.1120	
4.00	3					.1327
1.00	3					.1350
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	.153

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ศรัญญา ยิ้มย่อง เกิดเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2522 ที่จังหวัดเชียงใหม่ จบการศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนเขมะสิริอนุสสรณ์ ในปี 2533 และ ระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเซ็นต์จอห์น ในปี 2539 จากนั้นได้ศึกษาต่อที่มหาวิทยาลัยบูรพาในระดับปริญญาบัณฑิตทางด้านชีววิทยา และสำเร็จการศึกษาเมื่อปี 2543 จากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิตทางด้านพฤกษศาสตร์ เน้นทางเทคโนโลยีชีวภาพของพืช พร้อมกับได้รับทุนพัฒนาอาจารย์ของมหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสารสนเทศ จังหวัดสระแก้ว และสำเร็จการศึกษาเมื่อปี 2548

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย