

บทที่ 3

อุปกรณ์ วิธีการสำรวจ วิจัย และการจัดทำระบบฐานข้อมูล

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูลแหล่งอาศัยของ *Xylaria*
 - 1.1 เทอร์โมมิเตอร์
 - 1.2 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ
2. อุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมตัวอย่าง *Xylaria*
 - 2.1 พลั่วมือ
 - 2.2 มีด
 - 2.3 ถุงพลาสติก
 - 2.4 กล่องพลาสติก
3. อุปกรณ์ในการตรวจสอบ แยกเชื้อบริสุทธิ์และตรวจหาคุณสมบัติต่างๆ ของ *Xylaria*
 - 3.1 จานเพาะเชื้อ (petri dish)
 - 3.2 หลอดทดสอบ (test tube)
 - 3.3 ขวดใส่อาหารเลี้ยงเชื้อขนาด 250 และ 500 ml
 - 3.4 บีกเกอร์ (beaker) ขนาด 250 และ 500 ml
 - 3.5 หลอดหยด (dropper)
 - 3.6 กรวยแก้ว (funnel)
 - 3.7 ปิเปต (pipette) ขนาด 1 และ 5 ml และ Pasteur pipette
 - 3.8 สไลด์ (slide)
 - 3.9 กระดาษปิดสไลด์ (cover slips)
 - 3.10 stage micrometer
 - 3.11 ocular micrometer
 - 3.12 กระบอกใส่จานเพาะเชื้อ
 - 3.13 ที่วางหลอดทดสอบ (rack)
 - 3.14 บีกเกอร์โลหะ ขนาด 500 ml
 - 3.15 auto pipette ขนาด 10-100 และ 200-1,000 μ l

- 3.16 tip สำหรับ auto pipette
- 3.17 ที่เจาะจุกคอร์ก (cork borer) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ml
- 3.18 ห่วงถ่ายเชื้อ (loop)
- 3.19 เข็มเย็บเชื้อ (needle)
- 3.20 ช้อนตักสาร (spatula)
- 3.21 ปากคีบ (forceps)
- 3.22 มีดผ่าตัด
- 3.23 ไม้บรรทัด
- 3.24 กระดาษอลูมิเนียม (aluminum foil)
- 3.25 ลำลี
- 3.26 กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
- 3.27 กระดาษทิชชู
- 3.28 กระดาษวัด pH
- 3.29 paraffin film
- 3.30 อ่างพลาสติก
- 3.31 หนัวยาง
- 3.32 ผ้าขาวบาง
- 3.33 ตะเกียงแอลกอฮอล์
- 3.34 label paper
- 3.35 กล้องถ่ายรูป
- 4. เครื่องมือ
 - 4.1 หม้อนึ่งอัติโนมัติ (autoclave)
 - 4.2 ตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 20, 30, 37 และ 45 °C
 - 4.3 ตู้อบ (hot air oven)
 - 4.4 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)
 - 4.5 ตู้ถ่ายเชื้อ (laminar air flow)
 - 4.6 เครื่องวัด pH (pH meter)
 - 4.7 เครื่องเขย่า (shaker)
 - 4.8 เครื่องชั่ง
 - 4.9 กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope)

- 4.10 กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope)
- 4.11 spectrophotometer
- 4.12 microwave oven
- 4.13 ตู้เย็น
- 4.14 เตาแก๊ส
- 4.15 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
- 4.16 scanner
- 5. วัสดุ
 - 5.1 มันฝรั่ง
 - 5.2 ข้าวโอ๊ตอบ
 - 5.3 ข้าวโพดอบ
- 6. สารเคมี
 - 6.1 สารเคมีที่ใช้ตรวจสอบลักษณะของ asci
 - 6.1.1 Melzer's iodine reagent (ภาคผนวก ก)
 - 6.1.2 immersion oil
 - 6.2 สารเคมีที่ใช้แยกเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria*
 - 6.2.1 sodium hypochlorite (5.25 %)
 - 6.2.2 ethyl alcohol (95%)
 - 6.2.3 น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ
 - 6.2.4 chloramphenicol
 - 6.3 สารเคมีที่ใช้เก็บตัวอย่าง *Xylaria*
 - 6.3.1 การบุง
 - 6.3.2 silica gel
 - 6.4 สารเคมีที่ใช้ตรวจวัดน้ำตาลรีดิวซ์ (ภาคผนวก ก)
 - 6.4.1 DNS-reagent
 - 6.4.2 sodium acetate buffer pH 5.6
 - 6.4.3 citrate buffer pH 4.8
 - 6.4.4 carboxy methyl cellulose (CMC)
 - 6.4.5 locust bean gum
 - 6.4.6 xylan

7. อาหารเลี้ยงเชื้อ (ภาคผนวก ข)

7.1 cultivation medium

7.2 corn meal agar

7.3 Czapek's agar

7.4 malt extract agar

7.5 nutrient agar

7.6 nutrient broth

7.7 oat meal agar

7.8 potato dextrose agar

7.9 potato dextrose broth

8. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างระบบฐานข้อมูล (ภาคผนวก จ)

8.1 Microsoft Access 97

8.2 Microsoft Visual Basic 6.0

วิธีการสำรวจและวิจัย

1. การเก็บรวบรวม *Xylaria* บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย

1.1 การกำหนดบริเวณสำรวจ

จากการสำรวจพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยขึ้นต้นบริเวณ สวนสัตว์ เชียงใหม่ น้ำตกวังบัวบาน น้ำตกมณฑาธาร ห้วยคอกม้า บ้านมั่งช้างเคียน และแหลมสน พบว่าทุกแห่งมีความหลากหลายของ *Xylaria* ยกเว้นแหลมสน จึงกำหนดบริเวณสำรวจดังนี้ ป่าบริเวณสวนสัตว์เชียงใหม่และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (รูป 10) เป็นตัวแทนป่าผสมผลัดใบ ป่าบริเวณน้ำตกวังบัวบาน (รูป 11) เป็นตัวแทนป่าผสมผลัดใบอีกแห่งหนึ่งที่อยู่สูงขึ้นไป ป่าบริเวณน้ำตกมณฑาธาร (รูป 12) เป็นตัวแทนป่าเต็งรัง ป่าบริเวณห้วยคอกม้า (รูป 13) เป็นตัวแทนป่าดิบเขา และป่าบริเวณบ้านมั่งช้างเคียน (รูป 14) เป็นตัวแทนป่าสนเขา พื้นที่ป่าทั้ง 5 บริเวณนี้มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 460, 650, 700, 1,250 และ 1,650 เมตร ตามลำดับ เป็นบริเวณที่มีสภาพป่าไม้อุดมสมบูรณ์ มีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูง มีอุณหภูมิเหมาะสม รวมทั้งมีอินทรีย์วัตถุที่เป็นแหล่งอาศัยหลายชนิด เช่น เศษกิ่งไม้ ใบไม้ ผลไม้ที่ร่วงหล่นอยู่ตาม พื้นดิน เป็นต้น เหมาะกับการเจริญของ *Xylaria*



บันทึกภาพ 7 มี.ย. 2543

รูป 10 ป่าบริเวณสวนสัตว์เชียงใหม่ ความสูง 460 เมตรจากระดับน้ำทะเล



บันทึกภาพ 14 ก.ค. 2543

รูป 11 ป่าบริเวณน้ำตกวังบัวบาน ความสูง 650 เมตรจากระดับน้ำทะเล



บันทึกภาพ 2 ก.ย. 2543

รูป 12 ป่าบริเวณน้ำตกมณฑาธาร ความสูง 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล



บันทึกภาพ 12 มิ.ย. 2543

รูป 13 ป่าบริเวณห้วยคอกม้า ความสูง 1,250 เมตรจากระดับน้ำทะเล



บันทึกภาพ 16 ก.ค. 2543

รูป 14 ป่าบริเวณบ้านมั่งช้างเคียน ความสูง 1,650 เมตรจากระดับน้ำทะเล

1.2 การเก็บรวบรวมตัวอย่าง *Xylaria*

สำรวจป่าทั้ง 5 บริเวณ โดยเดินสำรวจเป็นพื้นที่บริเวณละประมาณ 1,000 ตารางเมตร เดือนละ 3 ครั้งในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือน มิถุนายน ถึง ตุลาคม 2543 ในการสำรวจแต่ละครั้งจะบันทึกชนิดของแหล่งอาศัย ลักษณะการเจริญบนแหล่งอาศัย ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ อุณหภูมิ สภาพแวดล้อมใกล้เคียงเช่น ชนิดของต้นไม้ แหล่งน้ำ บริเวณที่พบ *Xylaria* และภาพของ *Xylaria* บนแหล่งอาศัย เก็บตัวอย่างใส่ลงในถุงหรือกล่องพลาสติกใสพร้อมทั้งแหล่งอาศัย ระบุวัน เดือน ปี สถานที่ที่เก็บ และให้รหัสหมายเลขตัวอย่าง ถ้าแหล่งอาหารมีขนาดใหญ่ เช่น ต้นไม้ คอไม้ จะเก็บเพียงบางส่วนของตัวอย่างด้วยความระมัดระวัง ใช้มีดปลายแหลมหรือพลั่วมือช่วยในการขุดหรือชะตัวอย่างออกจากแหล่งอาหาร รีบนำตัวอย่างกลับห้องปฏิบัติการโดยไม่ให้ตัวอย่างอยู่ในสภาพที่ชื้นแฉะเพื่อป้องกันการเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียที่ติดมากับตัวอย่าง

2. การตรวจสอบทางอนุกรมวิธาน

2.1 การตรวจสอบทางสัณฐานวิทยา มีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 บันทึกลักษณะทั่วไปที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (macroscopic characters) ได้แก่ รูปร่าง การแตกแขนง สีภายนอก สีภายใน ความสูง ความกว้าง ลักษณะผิวและเนื้อสัมผัสของ stromata และบันทึกภาพ

2.1.2 ตัด stromata ตามขวางโดยใช้ใบมีดโกนและปากคีบ บันทึกลักษณะที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (microscopic characters) ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ตรวจสอบลักษณะการวางตัวของ perithecia ว่าเป็นแบบ ฝังใน stroma ทั้งหมด (immersed perithecia) หรือฝังอยู่เพียงบางส่วน (subimmersed perithecia) หรือ perithecia ไม่มีสิ่งห่อหุ้ม (naked perithecia) และรูปร่างของ ostiole ว่าเป็นหลุมเล็กๆ บนผิว stroma (umbilicate) หรือ เป็นปุ่มนูนขึ้นมาจากผิว stroma (papillate)

2.1.2.2 หยดน้ำกลั่นปราศจากเชื้อลงบริเวณ perithecia ทิ้งไว้ 1 นาทีแล้ว ใช้หัวถ่ายเชื้อแตะหยดน้ำวางบนสไลด์ ย้อมด้วย Melzer's iodine reagent ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ บันทึก รูปร่าง ความกว้าง ความยาวทั้งหมดและความยาวของบริเวณที่บรรจุ ascospores ของ asci การติดสี รูปร่าง ความกว้าง และความยาวของ apical apparatus รูปร่าง ความกว้าง ความยาว สี และลักษณะ germ slit ของ ascospore ได้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบกำลังขยาย 400-1000 เท่า บันทึกภาพ asci, apical apparatus และ ascospore

2.2 การบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์

ใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า เทียบกับรูปวิธานของ Rogers (1986), Rogers *et al.* (1988), Zhishu (1993) และ Thienhirun (1997) และเทียบกับภาพประกอบคำบรรยายในหนังสือของ Horn *et al.* (1993), Spooner (1996) และ Mekkamol (1998) ให้ได้ชื่อวิทยาศาสตร์ระดับปีชีส์

2.3 การเก็บรักษาตัวอย่าง

ทิ้งตัวอย่างไว้ให้แห้งในอากาศ (air dry) ประมาณ 3-4 วัน เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น เก็บตัวอย่างไว้ในกล่องพลาสติกที่มีการบุรเพื่อใช้ป้องกันแมลง และซิลิกาเจล ป้องกันความชื้น ปิดฝากล่องให้สนิทเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. การแยกเชื้อบริสุทธิ์

นำตัวอย่างของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ มาแยกให้ได้เส้นใยบริสุทธิ์ด้วยวิธี single spore isolation มีวิธีการดังต่อไปนี้

- 3.1 ถ้าง่ายดิน ฝุ่น หรือสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากตัวอย่าง ด้วยน้ำสะอาด
- 3.2 นำเชื้อบริเวณผิวของตัวอย่าง โดยใช้วิธี triple surface sterilization ดังนี้
 - 3.2.1 แช่ในแอลกอฮอล์ 70% เป็นเวลา 1 นาที
 - 3.2.2 แช่ใน sodium hypochlorite 5.25% เป็นเวลา 2 นาที
 - 3.2.3 แช่ในแอลกอฮอล์ 95% เป็นเวลา 30 วินาที
- 3.3 ถังสารละลายส่วนเกินออกโดยการแช่ในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 1 นาที แล้วนำตัวอย่างวางบนจานที่มีกระดาษปราศจากเชื้อเพื่อซับน้ำให้แห้ง
- 3.4 ใช้ใบมีดโกนตัดตัวอย่างตามขวาง ใช้หลอดหยด หยดน้ำกลั่นปราศจากเชื้อลงไปบริเวณ perithecia 3-5 หยด ถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็กจะวางตัวอย่างบนสไลด์ หยดน้ำกลั่น ลงไป 1-3 หยดแล้ว ใช้เข็มเย็บเย็บให้ perithecia แฉกออก
- 3.5 ใช้ Pasteur pipette ดูดสารแขวนลอยของ ascospore บริเวณ perithecia ของตัวอย่าง ใส่ลงในสารละลาย chloramphenicol 0.1% ในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อ 2 ml เพื่อกำจัดแบคทีเรียที่ติดมากับ ascospore
- 3.6 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 3.7 ตรวจสอบการงอกของ ascospore ได้กลิ้งจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ แล้วใช้ micro pipette ดูด ascospore ที่งอกใส่ลงในจานอาหารวุ้น potato dextrose agar (PDA) 5 จุล จุลละ 1 สปอร์
- 3.6 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
- 3.7 สังเกตการเจริญของเส้นใย ยืนยันผลการแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยเส้นใยของเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อจะต้องมีลักษณะเหมือนกันทุกจุดและไม่พบการปนเปื้อนจากแบคทีเรียหรือยีสต์ เก็บเชื้อบริสุทธิ์ไว้ในน้ำกลั่นปราศจากเชื้อในตู้เย็น (อุณหภูมิประมาณ 10°C)

4. การศึกษาการเจริญของเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารวุ้น

เพื่อหาชนิดของอาหารวุ้นที่เชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ สามารถเจริญได้ดีที่สุดมีวิธีการดังต่อไปนี้

- 4.1 นำเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ เพาะเลี้ยงในจานอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
- 4.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนี นำมาวางบนอาหารวุ้นที่ใช้ศึกษาการเจริญของเชื้อบริสุทธิ์ชนิดต่าง ๆ ดังนี้ corn meal agar , Czapek's agar , malt extract agar (MEA), oat meal agar (OA) และ PDA
- 4.3 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน สำหรับเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* บางสปีชีส์ที่เจริญได้ช้า ได้เพิ่มระยะเวลาการบ่มเป็น 15 วัน
- 4.4 วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีโดยใช้ไม้บรรทัด บันทึกผล

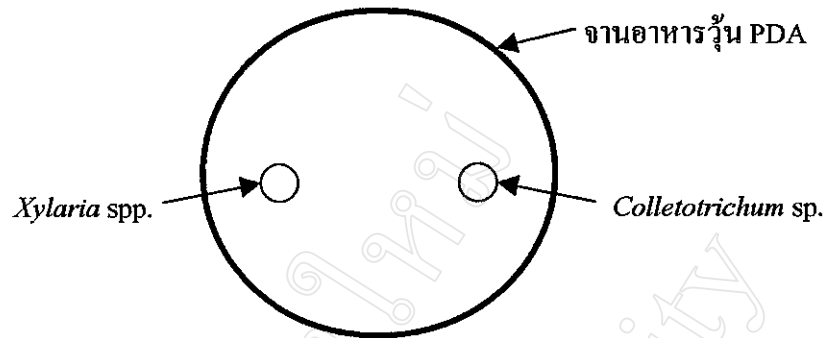
5. การศึกษาการเจริญของเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารวุ้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

เพื่อหาอุณหภูมิที่เชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ สามารถเจริญได้ดีที่สุดบนอาหารวุ้น มีวิธีการดังต่อไปนี้

- 5.1 นำเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ เพาะเลี้ยงในจานอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
- 5.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนี นำมาวางบนอาหารวุ้นที่เชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* สปีชีส์นั้นๆ สามารถเจริญได้ดีที่สุด (จากข้อ 4) จำนวน 5 ชุดการทดลอง
- 5.3 นำจานอาหารวุ้นแต่ละชุดการทดลองบ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, 37, 45 °C และอุณหภูมิห้อง ตามลำดับเป็นเวลา 7 วัน สำหรับเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* บางสปีชีส์ที่เจริญช้าได้เพิ่มระยะเวลาการบ่มเป็น 15 วัน
- 5.4 สังเกตและบันทึกเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีโดยใช้ไม้บรรทัด

6. การทดสอบความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ

- 6.1 ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Staphylococcus* sp. ด้วยวิธี paper disc diffusion ดังต่อไปนี้
 - 6.1.1 นำเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ เพาะเลี้ยงในจานอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
 - 6.1.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนี จำนวน 2 ชิ้น ลงเลี้ยงในอาหารเหลว potato dextrose broth (PDB) โดยใช้อาหารปริมาตร 5 ml บรรจุอยู่ในหลอดทดลองขนาด 16 × 150 mm นำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้อง ด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 วัน
 - 6.1.3 กรองเอาเส้นใยออกจากน้ำเลี้ยงด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1
 - 6.1.4 เพาะเลี้ยง *S. cerevisiae* ในอาหารเหลว PDB และ *Staphylococcus* sp. ในอาหารเหลว nutrient broth (NB) บ่มที่ 30 และ 37 °C ตามลำดับเป็นเวลา 2 วัน
 - 6.1.5 ใช้ pipette ดูดเอาอาหารเหลวที่มี *S. cerevisiae* และ *Staphylococcus* sp. เจริญอยู่ มาอย่างละ 0.1 ml แล้ว spread ลงในจานอาหารวุ้น PDA และ nutrient agar (NA) ตามลำดับ
 - 6.1.6 นำ paper disc จุ่มลงในน้ำเลี้ยงเส้นใยจากข้อ 6.1.3 นำไปวางบนจานอาหารวุ้นแล้วนำจานอาหารวุ้นที่เลี้ยง *S. cerevisiae* และ *Staphylococcus* sp. บ่มที่อุณหภูมิ 37 และ 30 °C ตามลำดับ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
 - 6.1.7 วัดและบันทึกเส้นผ่าศูนย์กลางของวงใสที่เกิดขึ้นโดยใช้ไม้บรรทัด
- 6.2 ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของ *Colletotrichum* sp. ด้วยวิธี dual culture ดังต่อไปนี้
 - 6.2.1 นำเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ และ *Colletotrichum* sp. เพาะเลี้ยงในจานอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
 - 6.2.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ และ *Colletotrichum* sp. ลงเลี้ยงร่วมกันในจานอาหารวุ้น PDA (รูป 15)



รูป 15 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของ *Colletotrichum* sp. ด้วยวิธี dual culture

6.2.3 บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน

6.2.4 สังเกตการเจริญและรูปร่างโคโลนี บนที่กผล

7. การตรวจสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์ย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์บางชนิด

ศึกษาการสร้างเอนไซม์ cellulase, mannanase และ xylanase จากเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละ สปีชีส์ มีวิธีการดังต่อไปนี้

- 7.1 นำเชื้อบริสุทธิ์ของ *Xylaria* แต่ละ สปีชีส์ เพาะเลี้ยงในจานอาหารวุ้น PDA บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 วัน
- 7.2 ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 mm เจาะเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีของแต่ละสปีชีส์ จำนวน 2 ชิ้น ลงเลี้ยงในอาหารเหลว cultivation medium (ภาคผนวก ข) 3 ชุด ที่มีแหล่งคาร์บอนเป็นโพลีแซคคาไรด์ชนิดต่าง ๆ 1% w/v คือ carboxy methyl cellulose (CMC), locust bean gum และ xylan โดยใช้อาหารปริมาณ 5 ml บรรจุอยู่ในหลอดทดลองขนาด 16 × 150 mm นำไปเขย่าที่อุณหภูมิห้องด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 4 วัน
- 7.3 เก็บตัวอย่าง crude enzyme โดยนำน้ำเลี้ยงเชื้อมาเหวี่ยงแยกเซลล์ด้วยเครื่องเหวี่ยงที่อุณหภูมิ 4 °C ด้วยความเร็ว 6000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที
- 7.4 นำ crude enzyme ที่ได้จากน้ำเลี้ยงเชื้อที่มี carboxy methyl cellulose (CMC), locust bean gum และ xylan เป็นแหล่งคาร์บอนมาตรวจวัด cellulase activity, mannanase activity และ xylanase activity ตามลำดับ ด้วยวิธีของ Miller (1959) เทียบกับกราฟมาตรฐาน (ภาคผนวก ง) บนที่กผล

การสร้างระบบฐานข้อมูล

1. แนวคิดของระบบฐานข้อมูล

เป็นระบบฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลและจัดจำแนก *Xylaria* ในระดับสปีชีส์ โดยแบ่งการทำงานเป็น 2 ลักษณะตามประเภทของผู้ใช้ คือ ผู้ใช้ที่เข้าดูข้อมูลได้เพียงอย่างเดียว และผู้ใช้ที่สามารถ เพิ่มเติม หรือแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้ โดยผู้ใช้ประเภทหลังนี้จะมี ชื่อและรหัสผ่านเก็บอยู่ในฐานข้อมูล เพื่อป้องกันการเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลผิดพลาด

2. ข้อตกลงเบื้องต้น

ระบบฐานข้อมูลนี้เป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์มีระบบการจัดจำแนกแบบมีทางเลือกหลายทาง (multi-entries) โดยเก็บข้อมูลลักษณะเด่นของสปีชีส์ต่าง ๆ ลงในตารางฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Access 97 ออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ด้วยโปรแกรม Microsoft Visual Basic 6.0 ส่วนการเขียนชุดคำสั่งเพื่อเข้าถึง เพิ่มเติม แก้ไข และค้นหาข้อมูลจากฐานข้อมูลใช้เทคโนโลยี ActiveX Data Objects 2.5 (ADO) (ภาคผนวก จ) ส่วนชุดคำสั่งที่ใช้บ่อย ๆ ค่าคงที่ต่าง ๆ การประกาศชื่อและกำหนดชนิดให้ตัวแปร และเรคอร์ดเซตต่าง ๆ จะเก็บไว้ในโมดูลมาตรฐาน ชื่อ Module1

การตั้งชื่อตารางจะใช้ชื่อตามชนิดของข้อมูลที่เก็บไว้ โดยจะใช้เป็นภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่ เช่น ตาราง XYLARIA เก็บข้อมูลของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ เป็นต้น ส่วนการตั้งชื่อฟิลด์จะใช้อักษร 3 ตัวแรกของชื่อข้อมูลนั้น ๆ ตามด้วยเครื่องหมาย “_” และชื่อรายละเอียดข้อมูลที่เก็บ เช่น Hab_Name หมายถึง ฟิลด์ที่ใช้เก็บชื่อแหล่งอาศัยของ *Xylaria* ยกเว้นฟิลด์ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับชื่อวิทยาศาสตร์จะใช้อักษร X นำหน้าเพียงตัวเดียว เช่น X_Var หมายถึงชื่อ variety ของ *Xylaria* เป็นต้น การออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้จะประกอบไปด้วยหน้าต่างต่าง (Form) หลายหน้าต่าง หน้าต่างเหล่านี้จะมีชื่อแตกต่างกันออกไปโดยมีอักษร “frm” อยู่ด้านหน้าอักษรนี้ย่อมาจาก “Form” ตั้งชื่อเหล่านี้มีจุดประสงค์เพื่อให้สะดวกในการเขียนชุดคำสั่ง (source code) ทำให้ทราบว่ากำลังเขียนชุดคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมส่วนใดของระบบฐานข้อมูล

ระบบฐานข้อมูล รายละเอียดฐานข้อมูล การออกแบบหน้าต่างส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ (user interface) และชุดคำสั่งต่าง ๆ (source code) จะบันทึกไว้ในแผ่น CD-Rom เก็บไว้ที่ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3. การออกแบบฐานข้อมูล

ฐานข้อมูลประกอบไปด้วยตาราง 9 ตาราง เก็บข้อมูลชนิดตัวอักษร (text) ทั้งหมด แบ่งเป็นประเภทได้ดังนี้

- 3.1 ตารางเก็บข้อมูลหลักได้แก่ ตาราง XYLARIA เก็บข้อมูลของ *Xylaria* โดย 1 เรคอร์ด จะเก็บข้อมูลได้ 1 สปีชีส์ รวมทั้ง *Xylaria* ที่ไม่สามารถระบุชื่อวิทยาศาสตร์ (*Xylaria* sp.) ด้วย
- 3.2 ตารางเก็บข้อมูลย่อยของ *Xylaria* ที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตาราง HABITAT, PERITHECIA, OSTIOLE, GERMSLIT และ APICALAPPARATUS
- 3.3 ตารางเก็บข้อมูลชั่วคราวเพื่อนำไปประมวลผลและแสดงผลระหว่างการบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตาราง TEMP และ KEYHISTORY
- 3.4 ตารางเก็บข้อมูลของผู้ใช้ที่สามารถเพิ่มเติมและแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้ ได้แก่ ตาราง USER

4. การออกแบบโครงสร้างของแต่ละตาราง

- 4.1 ตาราง XYLARIA (ตาราง 2) เก็บข้อมูลของ *Xylaria* แต่ละสปีชีส์ ใช้ฟิลด์ X_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 2 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง XYLARIA

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบายการเก็บข้อมูล
X_Code	3	เก็บรหัสของ <i>Xylaria</i> เป็นตัวเลข 3 หลัก
X_Unk	2	เก็บหมายเลข <i>Xylaria</i> ที่ไม่สามารถระบุชื่อวิทยาศาสตร์ได้ (ถ้ามี)
X_Cf	1	เก็บรหัส confer species โดย 0 หมายถึง ไม่เป็น confer species 1 หมายถึง เป็น confer species
X_Name	50	เก็บชื่อ specific epithet ของ <i>Xylaria</i>
X_Var	50	เก็บชื่อ variety ของ <i>Xylaria</i> (ถ้ามี)

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบายการเก็บข้อมูล
Hab_Code	2	เก็บรหัสแหล่งอาศัย
Hab_Detail	30	เก็บรายละเอียดของแหล่งอาศัย
Str_Shape	50	เก็บรูปร่างของ stromata
Str_Branch	1	เก็บลักษณะการแตกแขนงของ stromata โดย 0 หมายถึง ไม่พบการแตกแขนง 1 หมายถึง มีทั้งแตกและไม่แตกแขนง 2 หมายถึง แตกแขนง
Str_Outer	30	เก็บสีภายนอก stromata
Str_Inner	30	เก็บสีภายใน stromata
Str_High	15	เก็บความสูงของ stromata (cm)
Str_Diam	15	เก็บความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของ stromata (cm)
Str_Texture	1	เก็บลักษณะเนื้อสัมผัสของ stromata โดย 0 หมายถึง เนื้อสัมผัสอ่อนนุ่ม 1 หมายถึง เนื้อสัมผัสแข็ง
Str_Sur	1	เก็บลักษณะผิวของ stromata โดย 0 หมายถึง ผิวเรียบเนียน 1 หมายถึง ผิวขรุขระและหยาบ
Str_SurDetail	200	เก็บรายละเอียดลักษณะพื้นผิวของ stromata
Str_Detail	200	เก็บรายละเอียดอื่น ๆ ของ stromata
Str_FieldPic	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ stromata ในแหล่งอาศัย
Str_LabPic	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ stromata ที่เก็บมาศึกษา
Per_Code	2	เก็บรหัส perithecia
Per_Shape	30	เก็บรูปร่างของ perithecia
Per_Diam	15	เก็บความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางของ perithecia (mm)
Ost_Code	2	เก็บรหัส ostiole
Asc_Shape	30	เก็บรูปร่างของ asci (μm)
Asc_High	15	เก็บความสูงของ asci (μm)

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบายการเก็บข้อมูล
Asc_Broad	15	เก็บความกว้างของ asci (μm)
Asc_SpoPart	15	เก็บความยาวของบริเวณที่บรรจุ ascospore ของ asci (μm)
Api_Melzer	1	เก็บผลการทำปฏิกิริยากับ Melzer's iodine reagent โดย 0 หมายถึง apical apparatus ไม่ติดสีน้ำเงิน 1 หมายถึง apical apparatus ติดสีน้ำเงิน
Api_Code	2	รหัส apical apparatus
Api_High	15	ความสูงของ apical apparatus (μm)
Api_Broad	15	ความกว้างของ apical apparatus (μm)
Asc_Detail	100	เก็บรายละเอียดอื่น ๆ ของ asci
Asc_Pic	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ asci ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
Spo_Shape	80	เก็บรูปร่างของ ascospore
Spo_Color	30	เก็บสีของ ascospore
Spo_Size	25	เก็บขนาดของ ascospore (μm)
Ger_Code	2	เก็บลักษณะของ germ slit
Spo_Pic	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ ascospore ภายใต้กล้องจุลทรรศน์
Col_Detail	150	เก็บรายละเอียดต่าง ๆ ของ colony
Col_Pic	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ colony บนอาหารเลี้ยงเชื้อ

4.2 ตาราง HABITAT (ตาราง 3) เก็บข้อมูลแหล่งอาศัยต่าง ๆ ของ *Xylaria* ใช้ฟิลด์
Hab_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 3 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง HABITAT

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบายการเก็บข้อมูล
Hab_Code	2	เก็บรหัสแหล่งอาศัย
Hab_Name	20	เก็บชื่อแหล่งอาศัย

4.3 ตาราง PERITHECIA (ตาราง 4) เก็บข้อมูลรูปแบบของ perithecia ใช้ฟิลด์ Per_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 4 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง PERITHECIA

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบายการเก็บข้อมูล
Per_Code	2	เก็บรหัส perithecia
Per_Name	20	เก็บข้อมูลรูปแบบของ perithecia
Per_Picture	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ perithecia
Per_Detail	100	เก็บคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบของ perithecia

4.4 ตาราง OSTIOLES (ตาราง 5) เก็บข้อมูลรูปแบบของ ostioles ใช้ฟิลด์ Ost_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 5 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง OSTIOLES

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบาย
Ost_Code	2	เก็บรหัส ostioles
Ost_Name	20	เก็บข้อมูลรูปแบบของ ostioles
Ost_Picture	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ ostioles
Ost_Detail	100	เก็บคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบของ ostioles

4.5 ตาราง GERMSLIT (ตาราง 6) เก็บข้อมูลรูปแบบของ germ slit ใช้ฟิลด์ Ger_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 6 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง GERMSLIT

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบาย
Ger_Code	2	เก็บรหัส germ slit
Ger_Name	20	เก็บข้อมูลรูปแบบของ germ slit
Ger_Picture	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ germ slit
Ger_Detail	100	เก็บคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบของ germ slit

4.6 ตาราง APICALAPPARATUS (ตาราง 7) เก็บข้อมูลรูปแบบของ apical apparatus ใช้ฟิลด์ Api_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 7 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง APICALAPPARATUS

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบาย
Api_Code	2	เก็บรหัส apical apparatus
Api_Name	20	เก็บข้อมูลรูปแบบของ apical apparatus
Api_Picture	100	เก็บที่อยู่ของรูปภาพ apical apparatus
Api_Detail	100	เก็บคำอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบของ apical apparatus

4.7 ตาราง USER (ตาราง 8) เก็บข้อมูลของผู้ใช้ฐานข้อมูลที่สามารถเพิ่มเติมและแก้ไขข้อมูลได้ ใช้ฟิลด์ Use_Code เป็นคีย์หลัก

ตาราง 8 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง USER

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบาย
Use_Code	3	เก็บรหัสของผู้ใช้ฐานข้อมูล
Use_Name	20	เก็บชื่อของผู้ใช้เมื่อจะเพิ่มเติมและแก้ไขฐานข้อมูล
Use_Password	4	เก็บรหัสผ่านเมื่อจะเพิ่มเติมและแก้ไขฐานข้อมูล
Use_Title	15	เก็บคำนำหน้าของชื่อผู้ใช้งานข้อมูล
Use_Fullname	30	เก็บชื่อจริงของผู้ใช้งานข้อมูล
Use_Surname	30	เก็บนามสกุลของผู้ใช้งานข้อมูล
Use_Sex	1	เก็บเพศของผู้ใช้งานข้อมูลโดย 0 หมายถึง เพศชาย 1 หมายถึง เพศหญิง
Use_Dept	30	เก็บชื่อหน่วยงานที่ผู้ใช้งานข้อมูลสังกัดอยู่
Use_Uni	30	เก็บชื่อสถาบันหรือองค์กรที่ผู้ใช้งานข้อมูลสังกัดอยู่
Use_Tel	20	เก็บหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ใช้งานข้อมูล
Use_Email	20	เก็บที่อยู่จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ของผู้ใช้งานข้อมูล

4.8 ตาราง KEYHISTORY (ตาราง 9) เป็นตารางเก็บข้อมูลชั่วคราว เก็บผลการตัดสินใจเลือกตัวเลือกต่าง ๆ ของผู้ใช้งานข้อมูลในระหว่างขั้นตอนการบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์ ตารางนี้ไม่มีการกำหนดฟิลด์ที่เป็นคีย์หลัก

ตาราง 9 รายละเอียดโครงสร้างของตาราง KEYHISTORY

ชื่อฟิลด์	ขนาดฟิลด์ (จำนวนตัวอักษร)	คำอธิบาย
Key_Criteria	20	เก็บเงื่อนไขที่ใช้ในบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์
Key_Result	20	เก็บผลการตัดสินใจของผู้ใช้งานข้อมูล

4.9 ตาราง TEMP เป็นตารางเก็บข้อมูลชั่วคราว เก็บข้อมูล *Xylaria* สปีชีส์ ต่าง ๆ ที่มีลักษณะตามเงื่อนไขตรงกับผลการตัดสินใจของผู้ใช้งานข้อมูล และเก็บข้อมูลของ *Xylaria* ที่จะแสดงเป็นผลการจัดจำแนกและพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ ตารางนี้มีโครงสร้างและฟิลด์เหมือนกับตาราง XYLARIA แต่ไม่มีการกำหนดฟิลด์ที่เป็นคีย์หลัก

จากรายละเอียดของแต่ละตารางข้างต้นมีข้อสังเกต คือ ในตาราง XYLARIA จะมีฟิลด์ชื่อ Hab_Code, Per_Code, Ost_Code, Ger_Code และ Api_Code โดยฟิลด์เหล่านี้จะมีชื่อและข้อมูลที่เก็บเหมือนกับฟิลด์ที่เป็นคีย์หลักในตาราง HABITAT, PERITHECIA, OSTILOES, GERMSLIT และ APICALAPPARATUS นั่นคือ ฟิลด์เหล่านี้ทำหน้าที่เป็นคีย์นอกเชื่อมตารางต่าง ๆ ข้างต้นเข้ากับตาราง XYLARIA นั่นเอง การเชื่อมกันลักษณะนี้จะช่วยให้ตาราง XYLARIA ซึ่งเป็นตารางเก็บข้อมูลหลักไม่ต้องเก็บข้อมูลที่ซ้ำ ๆ กันหลายชุด ปรับปรุงแก้ไขข้อมูลได้สะดวก รวดเร็ว และช่วยให้ข้อมูลมีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

เมื่อออกแบบตารางแล้วจะเก็บข้อมูลต่าง ๆ ลงในตารางทั้งหมดยกเว้นตาราง KEYHISTORY และ TEMP เนื่องจากจะมีการบันทึกข้อมูลลงในทั้ง 2 ตารางนี้โดยอัตโนมัติในระหว่างการจัดจำแนก

5. การออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้

ส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ประกอบไปด้วยหน้าต่าง (Form) ที่ผู้ใช้ติดต่อทำงานด้วย 16 หน้าต่าง โดยแบ่งประเภทหน้าต่างตามการใช้งานได้ดังต่อไปนี้

- 5.1 หน้าต่างหลัก มีชื่อว่า frmMain เป็นหน้าต่างที่จะแสดงขึ้นมาอยู่ตลอดเวลาเมื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบฐานข้อมูล
- 5.2 หน้าต่างเมนู ได้แก่ หน้าต่าง frmMainMenu จะแสดงเมนูหลักของระบบฐานข้อมูล และหน้าต่าง frmUpdateMenu จะแสดงเมนูสำหรับเพิ่มเติม หรือแก้ไขข้อมูลในส่วนต่าง ๆ ของฐานข้อมูล
- 5.3 หน้าต่างแสดงข้อมูล ได้แก่ หน้าต่าง frmXylaria หน้าต่างนี้จะแสดงข้อมูล *Xylaria* แต่ละสปีชีส์จากตาราง XYLARIA หน้าต่าง frmHabitat แสดงข้อมูลแหล่งอาศัยต่าง ๆ ของ *Xylaria* จากตาราง HABITAT หน้าต่าง frmPerithecia แสดงข้อมูล perithecia แบบต่าง ๆ จากตาราง PERITHECIA หน้าต่าง frmOstiole แสดงข้อมูล ostioles แบบต่าง ๆ จากตาราง OSTIOLE หน้าต่าง frmGermslit แสดงข้อมูล germ slit แบบต่าง ๆ จากตาราง GERMSLIT หน้าต่าง frmApicalapparatus แสดงข้อมูล apical apparatus แบบต่าง ๆ จากตาราง APICALAPPARATUS หน้าต่าง frmUser จะแสดงข้อมูลของผู้ใช้ทั้งหมดที่สามารถเพิ่มเติมและแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้
- 5.4 หน้าต่างการจัดจำแนก ได้แก่ หน้าต่าง frmIdentification จะทำงานกับตาราง TEMP โดยจะแสดงข้อมูลลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ แหล่งอาศัย perithecia, ostioles, germ slit และ apical apparatus ของ *Xylaria* ที่อยู่ในตาราง TEMP ให้ผู้ใช้เลือกในระหว่างขั้นตอนการจัดจำแนก และทำงานกับตาราง KEYHISTORY เพื่อแสดงผลลำดับการเลือกข้อมูลที่ผ่านมาของผู้ใช้
- 5.5 หน้าต่างอื่น ๆ ได้แก่ หน้าต่าง frmSplash เป็นหน้าต่างแสดงชื่อและรุ่น (version) ของระบบฐานข้อมูล หน้าต่าง frmAbout ใช้แสดงรายละเอียดและคณะผู้จัดทำระบบฐานข้อมูล หน้าต่าง frmLogin ใช้สำหรับกรอกชื่อและรหัสผ่านของผู้ใช้เพื่อเข้าไปเพิ่มเติมหรือแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูล หน้าต่าง frmFind ใช้สำหรับค้นหาข้อมูลของ *Xylaria* อย่างรวดเร็วโดยใช้ ชื่อ specific epithet หน้าต่าง frmPicture ใช้สำหรับค้นหาและคัดเลือกรูปภาพต่าง ๆ เพื่อนำมาเก็บไว้ในฐานข้อมูล

6. การสร้างระบบการจัดจำแนก

เนื่องจากหลักการทำงานของโปรแกรมจะลบข้อมูลที่ไม่สัมพันธ์กับข้อมูลที่ใช้ป้อนเข้ามาจนกระทั่งเหลือข้อมูลเพียงชุดเดียว (1 เรคอร์ด) แล้วจึงแสดงข้อมูลชุดดังกล่าวขึ้นมาเป็นผลการจัดจำแนก ดังนั้นในขั้นต้นจึงต้องมีการคัดลอกข้อมูลของ *Xylaria* ทุกสปีชีส์ จากตาราง XYLARIA มาได้ไว้ในตาราง TEMP ที่มีโครงสร้างเหมือนกันก่อน จากนั้นการลบข้อมูลจะลบจากตาราง TEMP เพียงตารางเดียว โดยที่ข้อมูลหลักยังคงอยู่ในตาราง XYLARIA ระบบการจัดจำแนกจะใช้ตัวแปรเก็บค่าตัวเลข 1 ตัว ให้ชื่อว่า “Criteria” โดยจะกำหนดหลักเกณฑ์ลักษณะของตัวอย่างที่จะนำมาใช้จัดจำแนก ตามค่าของตัวแปร Criteria ดังต่อไปนี้

Criteria = 1 ใช้ประเภทของแหล่งอาศัย (ข้อมูลในฟิลด์ Hab_Code)

Criteria = 2 ใช้ตำแหน่งการวางตัวของ perithecia (ข้อมูลในฟิลด์ Per_Code)

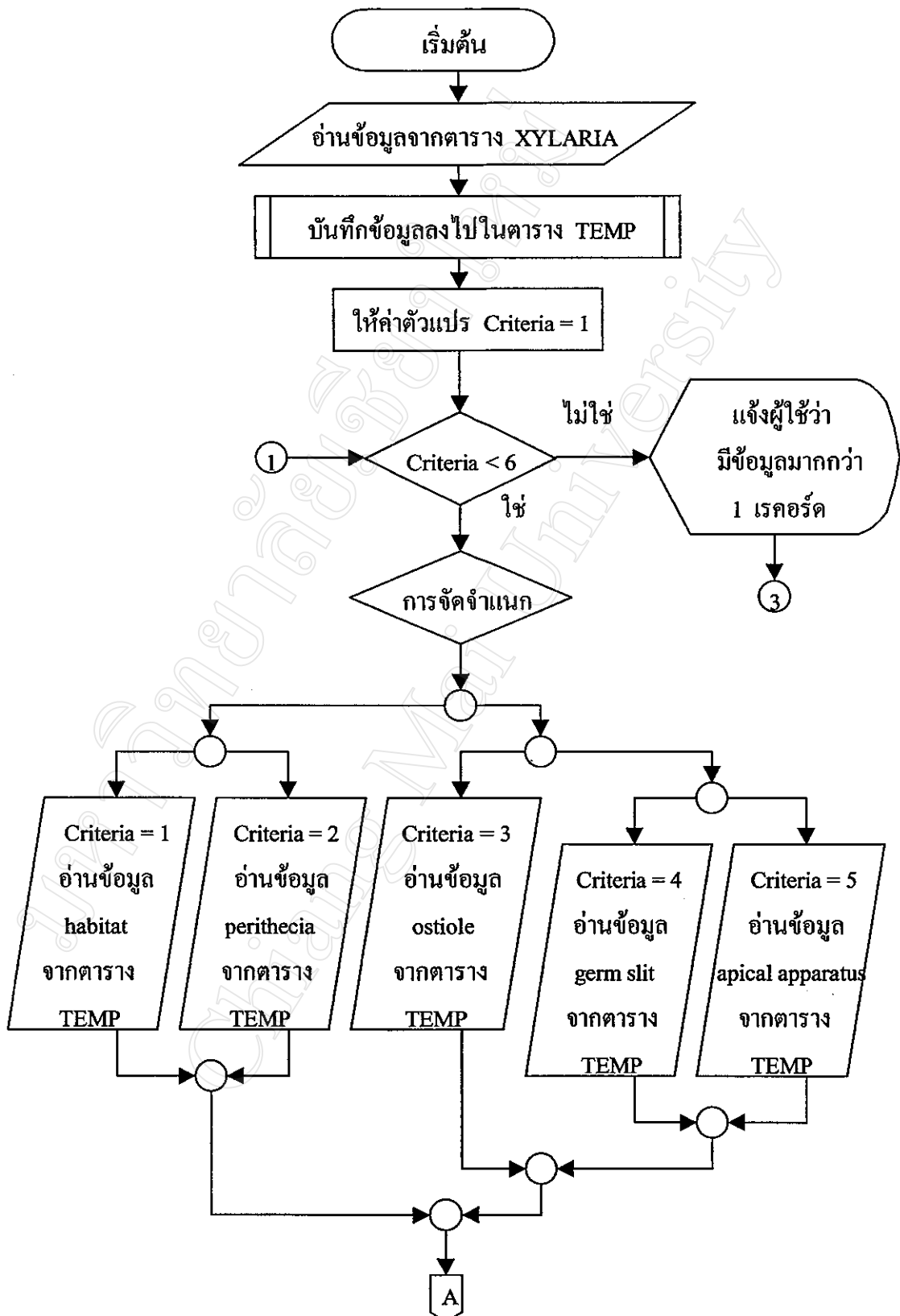
Criteria = 3 ใช้รูปแบบของ ostiole (ข้อมูลในฟิลด์ Ost_Code)

Criteria = 4 ใช้รูปแบบของ germ slit (ข้อมูลในฟิลด์ Ger_Code)

Criteria = 5 ใช้รูปแบบของ apical apparatus (ข้อมูลในฟิลด์ Api_Code)

เมื่อเริ่มการจัดจำแนกจะกำหนดให้ค่า Criteria = 1 แล้วอ่านข้อมูลจากตาราง TEMP มาตรวจสอบว่าแต่ละเรคอร์ดนั้นมีข้อมูลซ้ำกันทั้งหมดหรือไม่ ถ้าซ้ำก็ให้ข้ามไปใช้หลักเกณฑ์ในการจัดจำแนกอันถัดไป โดยการบวกค่าให้ตัวแปร Criteria เพิ่มอีก 1 แต่ถ้าข้อมูลไม่ซ้ำกันให้แสดงข้อมูลทั้งหมดเป็นตัวเลือกให้ผู้เลือกใช้ เมื่อผู้ใช้ตัดสินใจเลือกตัวเลือกแล้วจะบันทึกตัวเลือกนั้นไว้ในตาราง KEYHISTORY และลบเรคอร์ดที่มีข้อมูลไม่ตรงกับตัวเลือกดังกล่าวจากตาราง TEMP ออกทั้งหมด จากนั้นจะตรวจสอบว่า ข้อมูลในตาราง TEMP เหลือเพียง 1 เรคอร์ด หรือไม่ ถ้ามีมากกว่า 1 เรคอร์ด ก็จะแสดงชื่อวิทยาศาสตร์ของทุกสปีชีส์ที่มีในตาราง TEMP ในขณะนั้นออกมาทั้งหมดเพื่อให้ผู้ใช้ทราบว่า *Xylaria* ที่มีข้อมูลตรงกับตัวเลือกที่ผู้ใช้เลือกมีสปีชีส์ใดบ้าง หลังจากนั้นระบบจะเพิ่มค่าให้ตัวแปรอีก 1 เพื่อข้ามไปใช้เกณฑ์จัดจำแนกอันถัดไปพร้อมทั้งแสดงให้ผู้ใช้งานทราบว่าที่ผ่านมาได้ใช้หลักเกณฑ์การจัดจำแนกใดไปบ้าง และตัดสินใจเลือกตัวเลือกใดมาแล้วก่อนหน้านี้ เพื่อป้องกันความสับสนของผู้ใช้ จนกระทั่งเหลือข้อมูลในตาราง TEMP เพียง 1 เรคอร์ด จึงแสดงผลการจัดจำแนกเป็นชื่อวิทยาศาสตร์และรายละเอียดของสปีชีส์นั้น ๆ ในกรณีที่ใช้เกณฑ์การจัดจำแนกครบทั้ง 5 ข้อแล้วยังมีข้อมูลมากกว่า 1 เรคอร์ด จะแจ้งผู้ใช้และแสดงข้อมูลออกมาทั้งหมด

สำหรับการสร้างและแก้ไขระบบฐานข้อมูลดังกล่าว ได้แสดงขั้นตอนการจัดจำแนกเป็นผังงานไว้ในรูป 15



รูป 16 ผังงานแสดงขั้นตอนการบ่งบอกชื่อวิทยาศาสตร์ระดับสปีชีส์ของ *Xylaria* โดยระบบฐานข้อมูล

