

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 ผลการสกัด ตรวจสอบชนิดและแยกองค์ประกอบหลักของสารให้สีจากรากยอป่า

3.1.1 ผลการสกัดสารให้สีจากรากยอป่า

การศึกษากการสกัดสารให้สีจากรากยอป่า ทำโดยใช้รากยอป่า (รูป 3.1) ล้างสะอาดล้างเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วอบให้แห้งด้วยตู้อบชนิดที่มีระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิ 40-60 °C เป็นเวลาประมาณ 4-5 วัน จากนั้นนำไปบดเป็นผงเพื่อความสะดวกในการสกัดและศึกษาต่อไป วัดอุทกบอบแห้งจะมีน้ำหนักลดไปประมาณ 46 % เนื่องจากการสูญเสีย น้ำ กล่าวคือ น้ำหนักรากสด 3.13 กิโลกรัม อบแห้งแล้วเหลือ 1.7 กิโลกรัม ดังนั้นเหลือน้ำหนักอยู่ 54.17 % จากน้ำหนักเริ่มต้น

เมื่อสกัดรากยอป่าบดด้วยเมทานอลโดยใช้ชุดสกัดแบบต่อเนื่อง (soxhlet apparatus) จนกระทั่งสารให้สีถูกสกัดออกมาหมดโดยสังเกตจากสีของเมทานอลที่ใช้สกัดซีดจางลง จากนั้นนำไประเหยเอาเมทานอลออกโดยใช้เครื่องระเหยแห้งภายใต้ความดันต่ำ (rotatory evaporator) ได้ผลการทดลองดังนี้

ใช้ผงรากยอป่า	จำนวน	1.5	กิโลกรัม
ใช้เมทานอล	จำนวน	6	ลิตร
ชุดสกัดต่อเนื่องขนาด 5 ลิตร	จำนวน	2	ชุด
ชุดเครื่องระเหยแห้งภายใต้ความดันต่ำ		1	ชุด
ได้สีเข้มข้นหลังการสกัดและแยกเมทานอลออก		267.5	กรัม



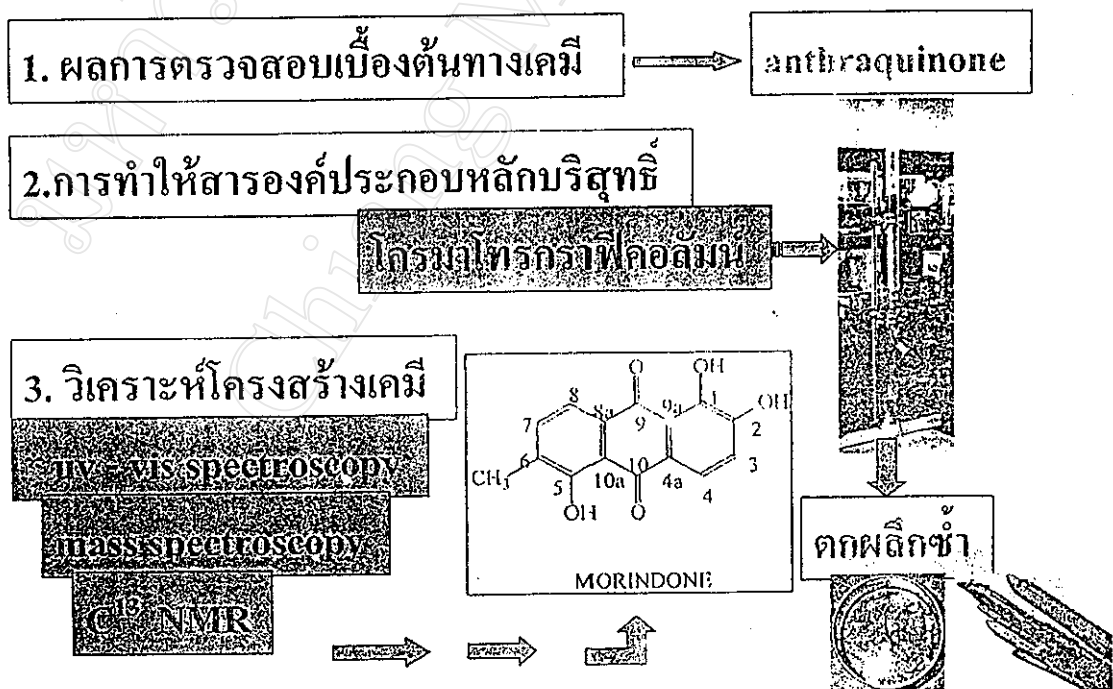
รูป 3.1 ลักษณะต้นและรากยอป่าสายพันธุ์ *Morinda angustifolia* Roxb. var. *scabridula* Craib.

3.1.2 ผลการตรวจสอบสารให้สี

ผลการตรวจสอบสารให้สีที่ได้ด้วยวิธีทางเคมี พบว่ากลุ่มองค์ประกอบหลักของสารให้สีในรากยอป่าสายพันธุ์ที่ทดลองมีองค์ประกอบทางเคมีเป็นสารในกลุ่มแอนทราควิโนน

3.1.3 ผลการแยกองค์ประกอบหลักของสารให้สี

การแยกองค์ประกอบหลักของสารให้สีของรากยอป่า ให้สารสกัดเข้มข้นจากการสกัดด้วย เมทานอลปริมาณ 3 กรัม ผ่านคอลัมน์ที่บรรจุ silica gel 40 จำนวน 60 กรัม แล้วชะด้วย chloroform, chloroform/methanol (9/1) และ chloroform/methanol (1/1) พบว่าได้สารให้สี 3 ตัว ตัวแรกที่ชะด้วย chloroform เมื่อระเหยแห้งแล้วได้สาร 0.04 กรัม ตัวที่สองชะด้วย chloroform/methanol (9/1) ได้สารให้สีหนัก 0.25 กรัม และเมื่อชะด้วย chloroform/methanol (1/1) ได้สารให้สีตัวที่สามออกจากสารอื่นๆ พบว่ามีปริมาณต่ำมาก ดังนั้นสารให้สีหลักในรากยอป่าที่มีปริมาณมากที่สุด คือ สารตัวที่ 2 คิดเป็น 8.33 % ของสารสกัดเข้มข้นและปริมาณ 1.5 % ของผงรากยอป่าบดแห้งแล้วจึงเก็บสารให้สีหลักตัวที่สองนี้มาแยกบริสุทธิ์ เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีต่อไป ผลการแยกและวิเคราะห์สรุปในรูปแบบที่ 3.2

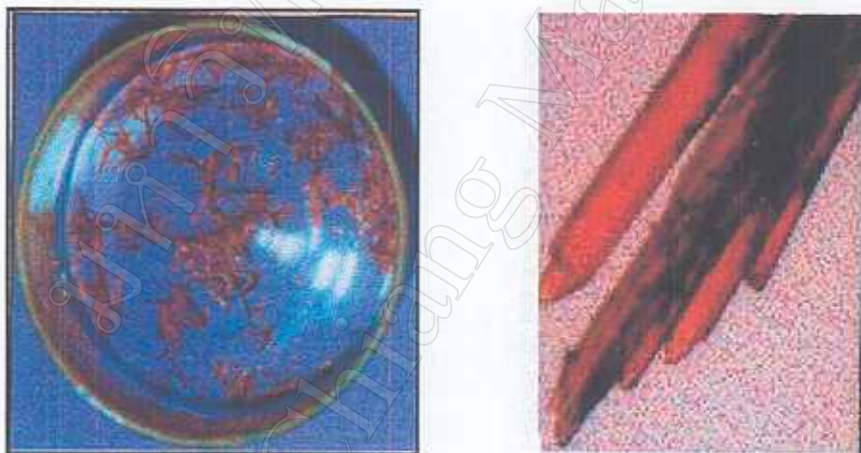


รูป 3.2 ขั้นตอนการแยกและวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีของสารให้สีที่เป็นองค์ประกอบหลักของสารให้สีจากรากยอป่า

3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีขององค์ประกอบหลักของสารให้สีที่แยกได้จากรากยอป่าและการตรวจสอบสมบัติ

3.2.1 การแยกบริสุทธิ์สารให้สีหลักของรากยอป่าโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟี

ใช้คอลัมน์ขนาด 20 x 1.5 เซนติเมตร บรรจุด้วย silica gel 40 จำนวน 16 กรัม แห่อยู่ในเฮกเซน ให้ผงสารให้สีกลุ่มแอนทราควิโนนที่สกัดจากรากยอป่าด้วยเมทานอล และผ่านคอลัมน์ในข้อ 3.1 แล้วเป็นสารตัวที่ 4 จำนวน 50 มิลลิลิตร ผ่านลงคอลัมน์และชะออกมาด้วยตัวผสมของ hexane/ chloroform ในอัตราส่วน 9/1 ทำการชะติดต่อกันไปเรื่อยๆ ด้วยวิธีการที่เรียกว่า isocratic elution จนกระทั่งน้ำยาที่ชะออกมาจากคอลัมน์ไม่มีสี นำน้ำยาชะที่เก็บไว้มารวมกัน และนำไประเหยแห้ง พบว่าได้ผงสารให้สีที่เป็นองค์ประกอบหลักจำนวน 35.50 มิลลิกรัม เมื่อทดสอบด้วย Thin Layer Chromatography พบว่าสารที่ได้ยังไม่บริสุทธิ์จึงทำการแยกบริสุทธิ์ต่อไปด้วยการตกผลึกซ้ำ (recrystallization) ได้ผลึกที่มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสีเหลืองอมส้ม (รูปที่ 3.3) ละลายได้ดีใน chloroform และได้น้ำยาเป็นสีเหลือง เมื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีผิบบางในน้ำยาชนิดต่างๆ พบว่าผงผลึก anthraquinone มีความบริสุทธิ์มาก



รูป 3.3 ผงผลึกสารให้สีกลุ่ม anthraquinone ที่บริสุทธิ์

3.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมี

การวิเคราะห์ทางเคมีของสารประกอบหลัก anthraquinone ที่แยกได้จากรากยอป่า ได้ทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทาง spectroscopy ดังนี้คือ

3.2.2.1 การวิเคราะห์ด้วย UV-visible spectroscopy

3.2.2.2 การวิเคราะห์ด้วย Mass spectrometry

3.2.2.3 การวิเคราะห์ด้วย C^{13} Nuclear Magnetic Resonance

ผลการวิเคราะห์ของ spectroscopy ทั้งสามเทคนิคพร้อมแสดงด้วย spectra (รูป 3.4-3.6) มีดังนี้

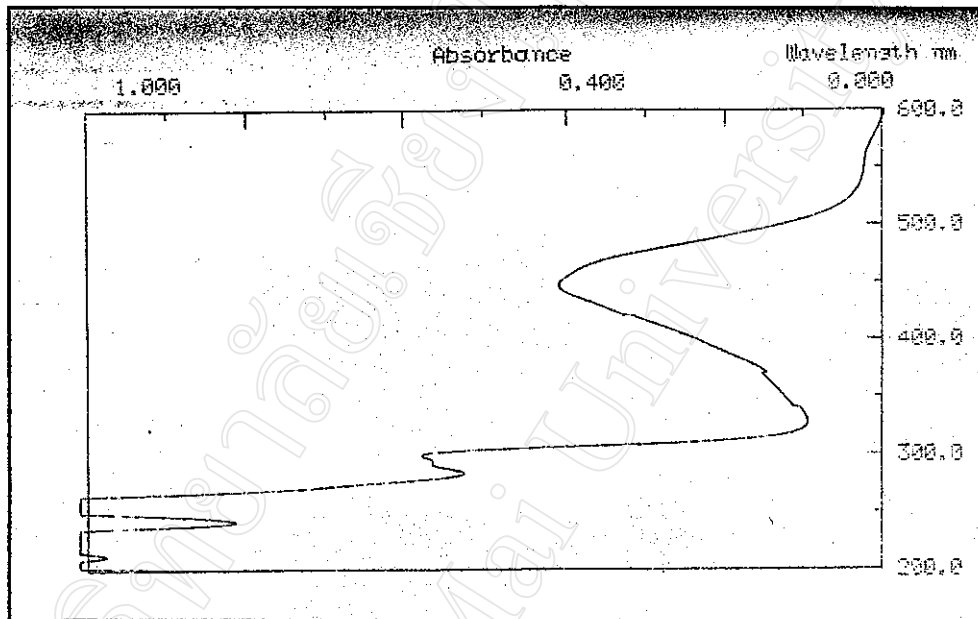
ก. สารประกอบหลัก anthraquinone ให้ค่าการดูดกลืนรังสี ultraviolet สูงสุดที่ค่าความยาวคลื่นเท่ากับ 446 นาโนเมตร ใน absolute ethanol (รูป 3.4)

ข. สารประกอบหลัก anthraquinone แสดงค่าของ mass spectrum ด้วยค่าเท่ากับ 269 แต่เนื่องจาก mass spectrum ที่ได้มีการวัดโดยการเลือกใช้ ion mode แบบ FAB- (negative mode) ดังนั้นค่าของน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบหลักนี้จึงมีค่าเท่ากับ 270 (รูป 3.5)

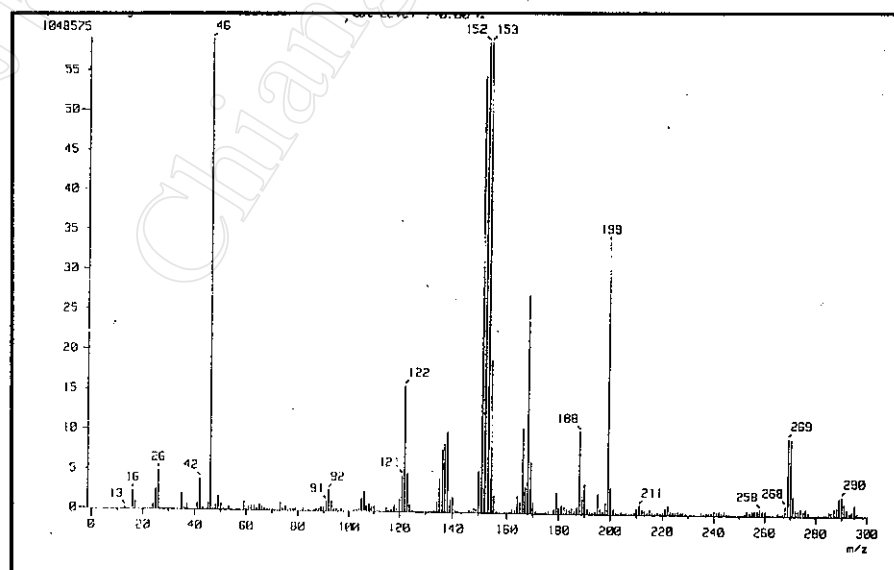
ค. สารประกอบหลัก anthraquinone แสดงค่า chemical shift ของ carbon-13 ในโครงสร้างหลักด้วย peaks ต่อไปนี้

Peak no.	ตำแหน่งของ C^{13}	Chemical shift (ppm)
1	C-10	187.909
2	C-9	186.798
3	C-5	160.192
4	C-2	153.643
5	C-1	151.126
6	C-7	136.827
7	C-8a	134.918
8	C-6	130.821
9	C-4a	123.070
10	C-4	121.442
11	C-9a	120.595
12	C-8	118.521
13	C-10a	116.136
14	C-3	114.902
15	6-CH ₃	15.732

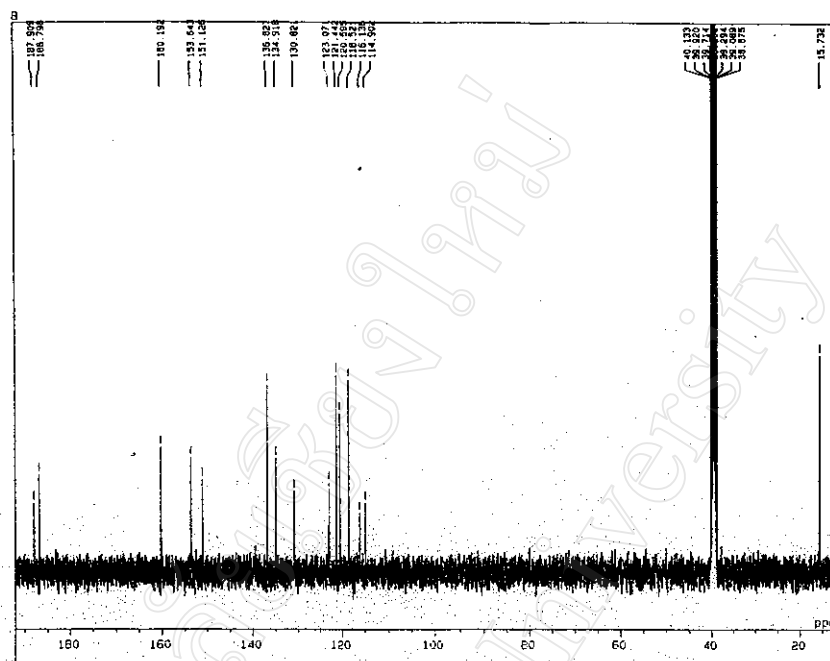
ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบ C^{13} NMR spectrum ของสารประกอบหลัก anthraquinone ที่แยกได้จากรากยอป่ากับ C^{13} NMR spectrum ของสารประกอบหลัก anthraquinone มาตรฐานชื่อ morindone พบว่าให้ spectrum ทั้งคู่มีความเหมือนกันทุกประการ (รูปที่ 3.6)



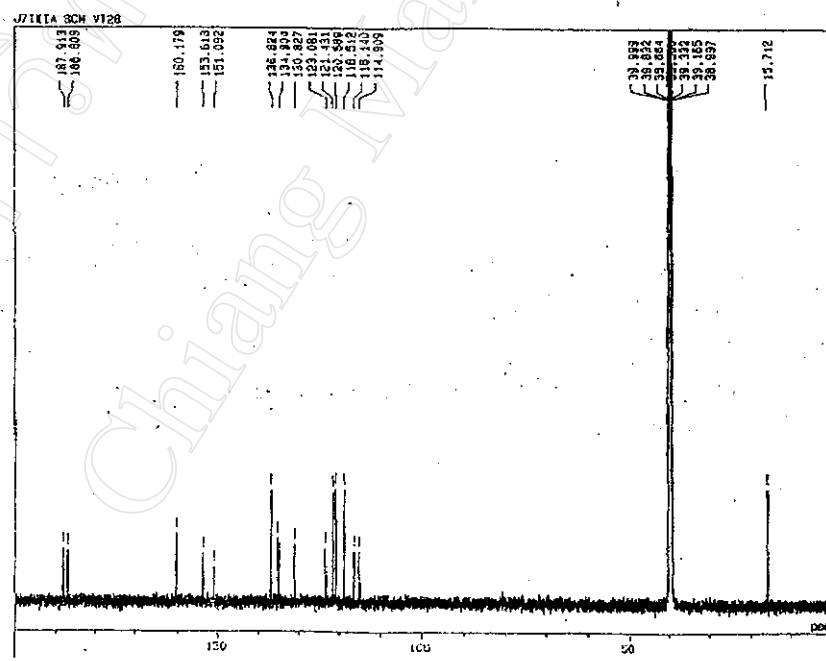
รูป 3.4 UV-visible spectrum ของสารให้สีจากรากยอป่า



รูป 3.5 Mass spectrum ของสารให้สีจากรากยอป่า



(ก)

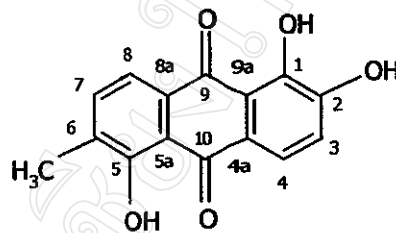


(ข)

รูปที่ 3.6 ก. C^{13} – NMR spectrum ของสารให้สีจากรากยอป่า

ข. C^{13} – NMR spectrum of reference standard morindone

ดังนั้นจึงสรุปได้จากข้อมูล spectroscopy ข้างต้นว่า สารประกอบหลัก anthraquinone ที่พบเป็นองค์ประกอบหลักในรากยอป่านี้คือ morindone มีลักษณะเป็นผลึกรูปเข็ม สีเหลืองอมส้ม มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 270 สูตรโมเลกุลเป็น $C_{15}H_{10}O_5$ และมีโครงสร้างทางเคมีดังนี้



Morindone

3.3 การผลิตสารให้สีจากรากยอป่าโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ราก

เซลล์รากยอป่าที่ปราศจากเชื้อทำโดยการเพาะเมล็ดรากยอป่า (รูป 3.7) ซึ่งในกระเปาะเมล็ดที่เกิดจากดอกรากยอป่า 1 ดอก จะประกอบด้วยเมล็ด 4 เมล็ด เลือกเมล็ดที่มีสีเขียวปนม่วงออกดำซึ่งเป็นเมล็ดแก่ลงเพาะในอาหารวุ้นที่ประกอบด้วยอาหารสูตร MS ดังหัวข้อ 2.2.6.2 ใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ก็เกิดรากงอกออกจากเมล็ดยาวประมาณ 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นรากปลอดเชื้อจึงได้ทำการตัดเซลล์รากมาเพาะลงในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรเดิมเพื่อขยายจำนวนเซลล์รากตามขั้นตอนที่แสดงในรูป 2.1 เป็นเวลา 30 วัน จึงนำเซลล์รากที่เพิ่มขึ้นมาเลี้ยงในอาหาร Gamborgs' B₅ เพื่อกระตุ้นให้มีการผลิตสารให้สีแดง เป็นเวลา 30 วัน โดยทำการทดลอง 2 แบบ คือ เลี้ยงในอาหารเหลวและอาหารกึ่งแข็ง

ผลการเลี้ยงเซลล์รากในอาหารเหลวที่มีการเขย่า 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 14-30 วัน พบว่าเซลล์รากเจริญดีมาก มีการผลิตสารให้สีโดยสังเกตได้จากเซลล์มีสีน้ำตาลแดง เมื่อเจริญเติบโตได้ระยะเวลาหนึ่งก็จะหยุดการเจริญ ทำให้มีจำนวนเซลล์ไม่พอที่จะนำไปสกัดเพื่อดูปริมาณการผลิตสี

3.3.1 การสกัดและวิเคราะห์สารให้สีที่ผลิตจากการเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์รากยอป่า

ผลการเลี้ยงเซลล์รากบนอาหารวุ้นที่ตัดเซลล์รากออกเป็นชิ้นๆ ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร วางบนอาหาร Gamborgs' B₅ แล้วเก็บไว้ในที่มืดที่ 25 °C เป็นเวลา 30 วัน จะมีกลุ่มเซลล์เกิดขึ้นมาก มีสีแดงและเหลืองปนกันอยู่ในกลุ่มเซลล์นั้น ผลการทดลองแสดงดังรูป 3.8 ได้นำกลุ่มเซลล์ที่ได้จากการเลี้ยงบนอาหารแข็งที่มีอายุ 1 เดือน ใช้ปริมาณ 4.8273 กรัม มาทำการสกัดสารให้สีด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 450 มิลลิลิตร และสกัดสารให้สีจากผงรากยอป่าที่สกัดด้วยน้ำค้างที่ค่าพีเอช

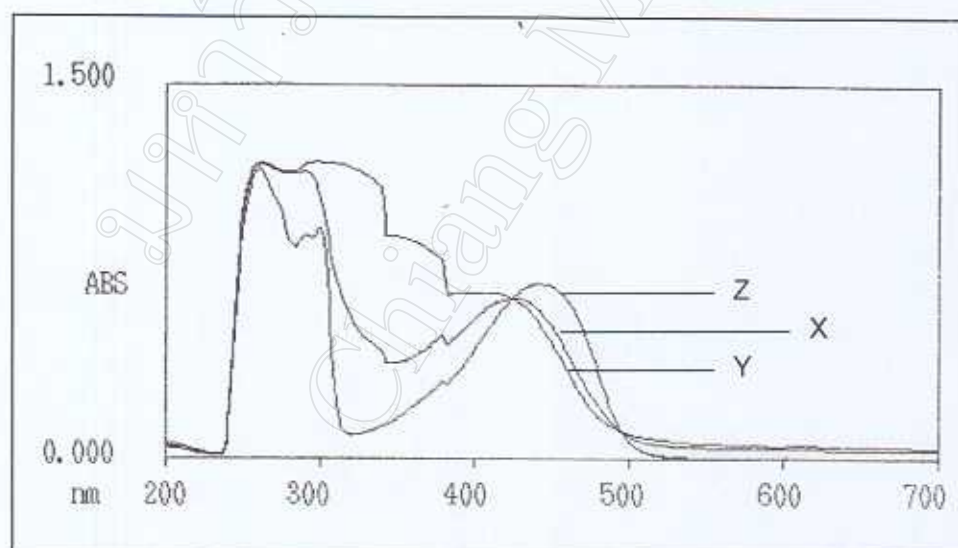
11.2 โดยใช้ผงแห้ง (spray dry) 150 กรัม สกัดด้วยคลอโรฟอร์มปริมาตร 300 มิลลิลิตร และตรวจ
 สอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยการตรวจสอบทางเคมีและการแยกด้วย TLC โดยใช้คลอโรฟอร์ม :
 เมทานอล อัตราส่วน 9:1 เป็นสารละลายตัวพา และวัด UV-visible spectrum ของสารสีสกัด
 เทียบกับสารให้สีจากรากยอป่า morindone โดยผลดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งจะพบว่ากลุ่มเซลล์ราก
 ที่เลี้ยงบนอาหารวุ้นในสูตรที่กระตุ้นให้เกิดการผลิตสี (อาหาร Gamborgs' B₅) จะผลิตสารให้สีใน
 กลุ่ม anthraquinone ซึ่งมี 2 สีปนกัน คือ สารสีแดงส้มและเหลือง ซึ่งจากการแยกโดย TLC จะพบ
 แถบสี 2 แถบ คือ แถบสีแดงส้มและแถบสีเหลือง ซึ่งสารให้สีหลัก 2 ชนิดมีค่า R_f ใกล้เคียงกับสาร
 ให้สีจากรากยอป่าที่สกัดด้วยเอธานอลโดยชนิดหนึ่งเป็น R_f ของ morindone ส่วนอีกชนิดหนึ่งมีค่า
 R_f ตรงกับสารให้สีที่สกัดด้วยน้ำต่าง (รูปที่ 3.10) จากการเปรียบเทียบ spectrum พบว่าสารให้สีที่
 สกัดจากกลุ่มเซลล์รากจะดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร ในขณะที่สารสกัด
 จากรากยอป่าที่สกัดด้วยน้ำต่างจะดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 412 นาโนเมตร ซึ่งสารดังกล่าวดูดกลืนแสง
 สูงสุดในช่วงความยาวที่ต่ำกว่าของสารให้สีมาตรฐาน morindone ซึ่งดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 441
 นาโนเมตร



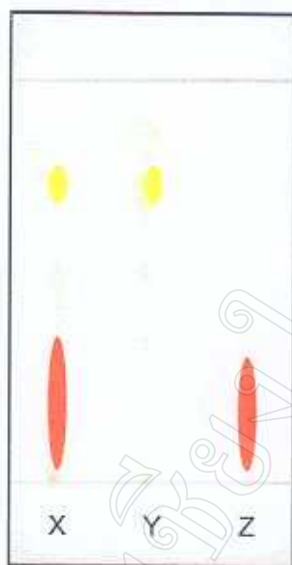
รูป 3.7 ลักษณะเมล็ดรากยอป่าสายพันธุ์ *Morinda angustifolia* Roxb. var. *scabridula* Craib.



รูป 3.8 การเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์รากยอบาเพื่อผลิตสารให้สีกลุ่ม anthraquinone

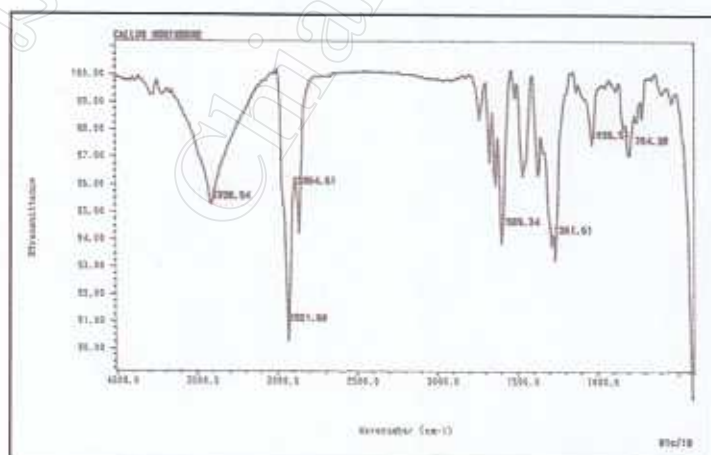


รูป 3.9 UV-visible spectrum ของสารให้สีที่สกัดจากกลุ่มเซลล์ราก (X) ผงรากยอบาที่สกัดด้วยน้ำ
ต่าง (Y) และสารให้สีมาตรฐาน morindone (Z)

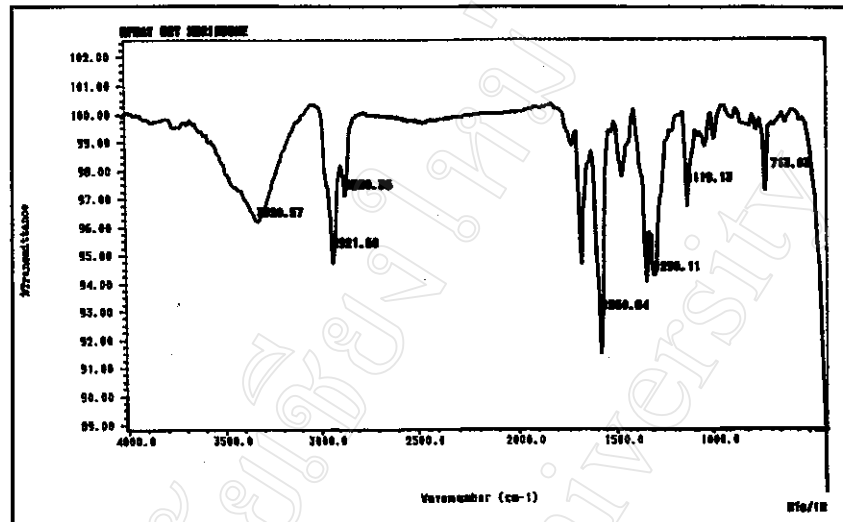


รูป 3.10 โครมาโทแกรมแบบผิวนางของสารให้สีที่สกัดจากกลุ่มเซลล์ราก (X) ผงรากยอป่าที่สกัดด้วยน้ำค้าง (Y) และสารให้สีมาตรฐาน morindone (Z)

ผลการแยกสารให้สีจากการเลี้ยงกลุ่มเซลล์รากและผงรากยอป่าที่สกัดด้วยน้ำค้างโดย preparative TLC และได้ทำการตรวจสอบความบริสุทธิ์โดยนำสารละลายมีสีที่แยกได้กลับไปทำโครมาโตกราฟีผิวนาง โดยใช้ระบบตัวชะ คือ คลอโรฟอร์ม : เมทานอล (9:1 และ 7:3), เอธิลอะซีเตท : เมทานอล (8:2) และ เฮกเซน : เมทานอล (6:4) ปรากฏว่าได้จุดเพียง 1 จุด จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาทำการตรวจหาหมู่ฟังก์ชันโดยวิธีอินฟราเรดสเปกโตรสโกปีได้ IR spectrum ดังรูป 3.11 และ 3.12 และได้ผลดังตาราง 3.1 และ 3.2



รูป 3.11 IR spectrum ของสารให้สีจากการเพาะเลี้ยงเซลล์รากยอป่า



รูป 3.12 IR spectrum ของสารให้สีที่สกัดด้วยน้ำค้างฟิเอช 11.2 แล้วทำเป็นผงโดยการฉีดพ่นแห้ง

ตาราง 3.1 การแปล IR spectrum ของสารให้สีจากการเพาะเลี้ยงเซลล์รากยอป่า

ความถี่ (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3398.94	O-H bending
2921.60	Asym. stretch of alkanes
2864.61	Sym. stretch of alkanes
1589.34	N-H in-plane bending of alkyl and aryl-NH-R
1261.61	C-N stretch of aryl-NH ₂
1026.51	C-N stretch of alky-NH ₂
784.28	C-H out of plane bending of aromatic

ตาราง 3.2 การแปล IR spectrum ของสารให้สีที่สกัดด้วยน้ำค้างแล้ว ซึ่งทำเป็นผงโดยการฉีดพ่นแห้ง

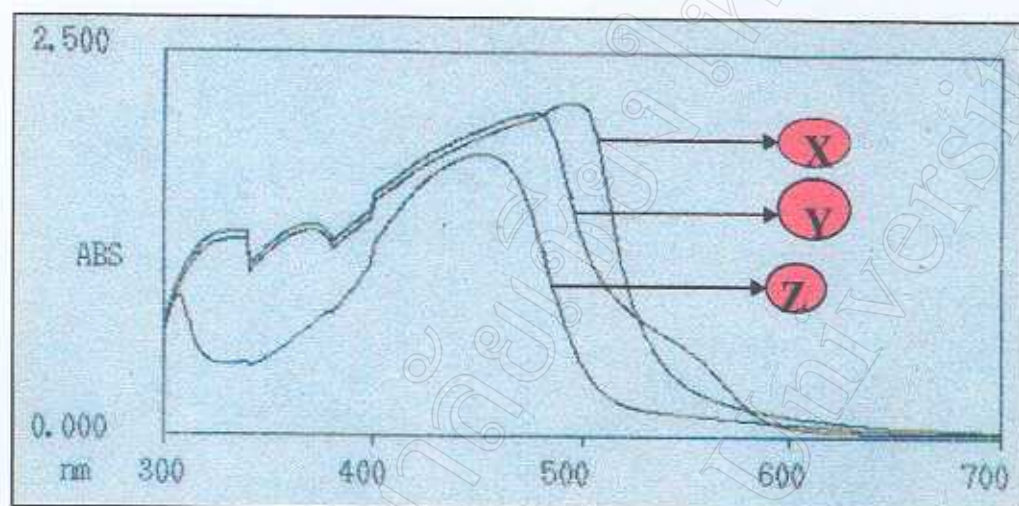
ความถี่ (cm^{-1})	หมู่ฟังก์ชัน
3320.57	O-H bending
2921.60	Asym. stretch of alkanes
2850.36	Sym. stretch of alkanes
1560.84	N-H in-plane bending of alkyl and aryl-NH-R
1290.11	C-N stretch of aryl-NH-R
1119.13	C-O-C asym. stretch of aromatic
713.03	C-H out of plane bending of aromatic

จากตาราง 3.1 และ 3.2 พบว่าสารให้สีจากการเพาะเลี้ยงเซลล์รากและการสกัดด้วยน้ำค้าง ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันที่เหมือนกัน คือ O-H bending, Asym. stretch of alkanes, Sym. stretch of alkanes, N-H in-plane bending of alkyl and aryl-NH-R และ C-H out of plane bending of aromatic และมีหมู่ฟังก์ชันที่แตกต่างกัน คือ C-N stretch of aryl-NH₂ และ alkyl-NH₂, C-N stretch of aryl-NH-R และ C-O-C asym. stretch of aromatic

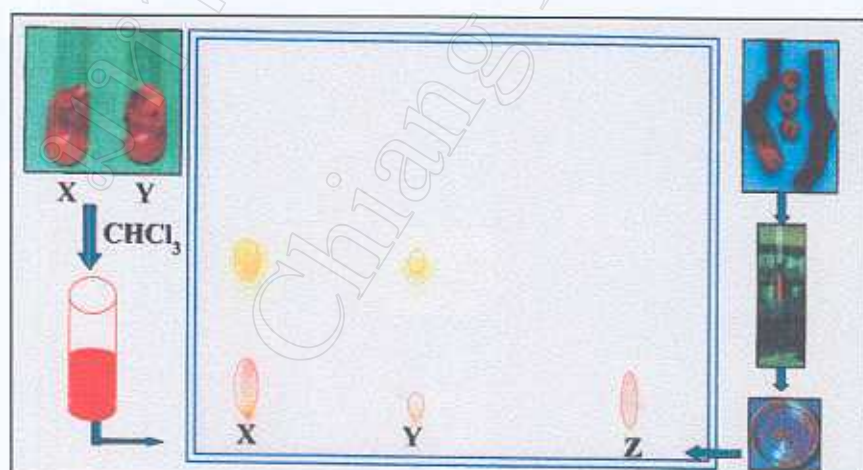
3.3.2 การเปรียบเทียบปริมาณการผลิตสารสีจากกลุ่มเซลล์รากที่เพาะเลี้ยงในระยะเวลาดต่างกัน

ผลการเลี้ยงเซลล์รากบนอาหาร gamborgs' B₅ ในที่มีดที่อุณหภูมิ 25 °ซ เป็นเวลา 30 วัน จะมีกลุ่มเซลล์สีแดงและเหลืองเกิดขึ้น ได้นำกลุ่มเซลล์ที่ได้จากการเลี้ยงบนอาหารดังกล่าวที่เวลาดต่างกัน คือ 3 และ 5 เดือน มาทำการสกัดสารให้สี และตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นโดยการตรวจสอบทางเคมีและการแยกสารให้สีด้วย TLC และวัด UV-visible spectrum ของสารให้สีที่สกัดได้เทียบกับสารให้สี morindone ได้ผลดังรูป 3.13 ซึ่งการแยกโดย TLC จะพบแถบสีแดงและเหลืองซึ่งเป็น major component 2 ชนิดปนกัน จากการเปรียบเทียบ spectrum พบว่าสารดังกล่าวดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วงความยาวคลื่นสูงกว่าสารให้สีมาตรฐาน morindone ซึ่งดูดกลืนแสงในช่วง 400-480 นาโนเมตร และดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 452 นาโนเมตร ในขณะที่สารให้สีที่สกัดจากกลุ่มเซลล์รากที่มีอายุ 3 และ 5 เดือน จะดูดกลืนแสงในช่วง 400-525 นาโนเมตร และดูดกลืน

แสงสูงสุดที่ 494 และ 479 นาโนเมตร ตามลำดับ การเทียบปริมาณสารให้สีที่ผลิตขึ้นจากการเพาะเลี้ยงเซลล์รากยอป่าจากความเข้มของสีที่ได้จากการแยกโดย TLC เทียบกับสารมาตรฐาน morindone (รูป 3.14) และใช้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของ morindone ในการเปรียบเทียบจะได้เป็นผลรวมของสารในกลุ่ม anthraquinone ที่ผลิตโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์รากในเวลาที่ต่างกันในค่า



รูป 3.13 UV-visible spectrum ของสารให้สีที่สกัดจากเซลล์รากยอป่าที่เพาะเลี้ยง 5 เดือน (X) และ 3 เดือน (Y) เทียบกับสารให้สีหลัก morindone (Z)



รูป 3.14 โครมาโทแกรมผิวบางของสารให้สีหลักที่สกัดจากกลุ่มเซลล์รากยอป่าที่เพาะเลี้ยง 5 เดือน (X) และ 3 เดือน (Y) เทียบกับสารให้สีหลัก morindone (Z)

ประมาณ ซึ่งแสดงในตาราง 3.3 ซึ่งพบว่าการเพาะเลี้ยงเซลล์รากในเวลาที่นานขึ้นจะมีการผลิตสารให้สีในกลุ่ม anthraquinone มากขึ้น ถ้าเซลล์ยังมีการเจริญอยู่บนอาหารเดิม

การตรวจสอบปริมาณการผลิตสารให้สีกลุ่ม anthraquinone และใช้สารให้สีหลักคือ morindone เป็นตัวเปรียบเทียบ จากเซลล์รากที่เพาะเลี้ยง 3 เดือน เปรียบเทียบกับที่เลี้ยง 5 เดือน พบว่าการเลี้ยง 5 เดือนมีการเจริญของเซลล์เพิ่มขึ้นและมีการผลิตสารให้สีกลุ่ม anthraquinone (morindone) เพิ่มขึ้นกล่าวคือเซลล์รากอายุ 3 เดือน อบแห้งได้ 0.15 มิลลิกรัม ในขณะที่เซลล์รากอายุ 5 เดือน อบแห้งได้ 0.39 มิลลิกรัม ซึ่งเมื่อเทียบปริมาณสารให้สีในกลุ่ม anthraquinone (morindone) ที่เซลล์รากผลิตขึ้นโดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดของสารให้สีมาตรฐาน morindone เป็นตัวเทียบพบว่าสามารถผลิตสารให้สีกลุ่ม anthraquinone (morindone) ได้ 0.65% และ 0.89% ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์สัดส่วนการเจริญ การผลิตสีและอายุของเซลล์รากในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณเท่ากันพบว่าเซลล์รากที่มีอายุ 5 เดือนมีน้ำหนักเซลล์เพิ่มขึ้น 2.6 เท่าและมีการผลิตสีเพิ่มขึ้นเป็น 1.4 เท่าของกลุ่มเซลล์ที่เลี้ยงเพียง 3 เดือนและเป็น 0.6 เท่าของที่สกัดจากผงรากพืชไม่ทราบอายุ แต่อย่างน้อยจะต้องมีอายุ 2-3 ปีขึ้นไป อย่างไรก็ตามผลการทดลองยังไม่

ตาราง 3.3 การผลิตสารแอนทราควิโนนจากการเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์รากยอบป่าสายพันธุ์ *Morinda angustifolia* Roxb. var. *scrabidula* Craib.

ตัวอย่าง	ระยะเวลาในการเพาะเลี้ยง (เดือน)	ปริมาณสาร anthraquinone (morindone) ที่ผลิต (% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง)
- ผงรากบด	-	1.50
- เซลล์รากที่ได้จากการเพาะเลี้ยง	5	0.89
- เซลล์รากที่ได้จากการเพาะเลี้ยง	3	0.65

(-) ไม่ทราบอายุ

สามารถชี้ชัดถึงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงกลุ่มเซลล์รากเพื่อผลิตสารให้สีในปริมาณที่สูง ควรมีการทดลองต่อไปในแง่สภาวะที่เหมาะสม ระยะเวลาในการเลี้ยง และสูตรอาหารที่เหมาะสมในการกระตุ้นให้เซลล์รากมีการผลิตสารให้สีในกลุ่ม anthraquinone (morindone) เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลการเลี้ยงเซลล์รากยอบา 5 เดือน ได้สารให้สี 0.89% ของน้ำหนักเซลล์แห้ง ในขณะที่รากยอบาที่ได้จากการปลูกนาน 2-3 ปี จะให้สารให้สีหลักเพียง 1.5 % ของน้ำหนักเซลล์แห้งเท่านั้น การเพิ่มปริมาณการผลิตสารให้สีโดยการเพาะเลี้ยงเซลล์รากจึงมีแนวโน้มที่ดี เนื่องจากใช้เวลาและเนื้อที่น้อยกว่าและสามารถปรับปรุงให้ผลิตสารให้สีเพิ่มขึ้นโดยการปรับสภาวะการเลี้ยงและสูตรอาหารที่เหมาะสมและยังแยกสีออกได้ง่ายกว่าด้วย นอกจากนี้ควรหาวิธีการเก็บเซลล์รากปลอดเชื้อที่ขยายได้ในลักษณะแห้งเพื่อใช้เพาะเลี้ยงต่อไปโดยไม่ต้องเริ่มจากการเพาะเมล็ด รากยอบาเป็นสิ่งที่ควรกระทำอย่างยิ่ง