

วิจัยเครื่องสกัดทางไหล (*Derris elliptica* Benth.) แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ
Research on Pilot Plant Level of Continuously Extraction Process of Derris
(*Derris elliptica* Benth.)

พรรณณีกา อัดตนนท์^{1/}

Panneeka Attanon^{1/}

ABSTRACT

Pilot plant of *Derris elliptica* Benth. extract is settled in the area of the Department of Agriculture, Bangkok, Thailand. It is designed to be a continuous processing unit and controlled by electronic equipment. The raw materials of dried roots soaked with methanol in an explosion proof mixing extractor. After soaking, the extract is sent into the part of vacuum evaporator for concentration. This vacuum evaporator was designed by using the multitubes falling-film technique. The heating source for the part of vacuum evaporator is come from boiler. The optimized pressure and temperature in evaporator part for derris extraction are -0.5 bar-gauge and 42-50°C. respectively. For the study of efficiency of the pilot plant to extract rotenone from derris plant done in 3 different treatments of raw materials. The results is shown that the pilot plant can reproduce the process of derris extract for the material that treated to have moisture content lower than 10 %. Average yields of solid crude extract were 891.72 g. And rotenone content in solid crude determined by HPLC is 14.94 %wt/wt.

Key words : *Derris elliptica*, pilot plant, plant extract, rotenone, botanical extract

บทคัดย่อ

เครื่องสกัดทางไหล(ไหลต่อเนื่อง)แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบติดตั้งอยู่ที่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ เป็นเครื่องที่ถูกออกแบบให้มีกระบวนการสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous process) โดย

^{1/} สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กทม. 10900

^{1/} Agricultural Production Science Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

ควบคุมระบบทั้งหมดด้วยชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ใช้เมทธานอลเป็นตัวทำลายในการสกัดรากทางไหลบดจำนวน 5 กก.ในส่วนของเครื่องที่เป็นถังสกัดที่ใช้เป็นแบบป้องกันการระเบิด(explosion proof mixing extractor) หลังการสกัด สารที่สกัดได้จะถูกส่งไปลดปริมาตรเพื่อให้สารเข้มข้นที่ส่วนลดปริมาตรระบบสุญญากาศ ซึ่งเป็นแบบ multi tubes falling-film technique โดยใช้แหล่งความร้อนจากเครื่องกำเนิดไอน้ำ พบว่าสถานะในขั้นตอนการลดปริมาตรด้วยระบบสุญญากาศที่ความดันภายในเท่ากับ -0.5 bar-gauge และ อุณหภูมิภายในที่ 42-50°ซ เป็นสถานะที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการสกัดทางไหลของเครื่องสกัดต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณความชื้นในวัตถุดิบ (รากทางไหล) เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบได้ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องสกัดทางไหล แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ จากวิธีการเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการลดความชื้นที่แตกต่างกันโดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 6 ซ้ำ 3 กรรมวิธี คือ รากทางไหลที่ตากแห้งทันทีหลังเก็บเกี่ยว-สับบดรากสด(พรมน้ำหลังเก็บเกี่ยว)-สับบด-ตากแห้ง และ รากสด (พรมน้ำหลังเก็บเกี่ยว)-ตาก-สับบด โดยที่รากทางไหลบดที่ได้จากแต่ละวิธีการ นำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตด้วยเครื่องสกัดแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ ซึ่ง/ดวงผลผลิตของสารสกัด และวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญโรติโนนด้วยเครื่อง HPLC พบว่าปริมาณผลผลิตและปริมาณสารสำคัญโรติโนนที่

ได้จากการผลิตโดยกรรมวิธีการเตรียมรากทางไหลของทั้ง 3 กรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ เครื่องสกัดทางไหล แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบมีประสิทธิภาพการทำงานอย่างต่อเนื่องในการสกัดวัตถุดิบทางไหลที่มีความชื้นต่ำกว่า 10% ซึ่งให้ผลผลิตที่เป็นสารสกัดหยาบของแข็งเฉลี่ย 891.72 กรัม โดยมีปริมาณสารสำคัญโรติโนนเฉลี่ยเท่ากับ 14.94% ต่อการผลิต 1 รุ่น

คำหลัก : การผลิตสารสกัดทางไหล โรงงานต้นแบบ ทางไหล โรติโนน สารสกัดหยาบจากพืชทางไหล

คำนำ

ในการเร่งผลผลิตทางภาคการเกษตร สำหรับการบริโภคในประเทศ และส่งออกในระยะเวลาที่ผ่านมา โดยการใช้สารเคมีทางการเกษตรในการป้องกัน การเข้าทำลายของศัตรูพืชของการเกษตร ก่อให้เกิดความเสียหายในหลายๆ ด้าน เช่น สารพิษจากเคมีทางการเกษตรตกค้างในสิ่งแวดล้อม เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสัตว์เลี้ยงทั่วไป รวมทั้งสัตว์ที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ทำให้มนุษย์เริ่มหันมาสนใจปัญหาและเริ่มแก้ปัญหา การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากธรรมชาติ เป็นวิธีการที่มนุษย์ได้นำมาใช้มานาน ก่อนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากวิธีการเดิมนั้น เป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลาเปลืองแรงงาน อีกทั้งยังต้องใช้พื้นที่ในการเตรียมมาก อุปกรณ์การเตรียมก็มีขนาดใหญ่ และบางครั้งก็ใช้ไม่ได้ผล ดังนั้น การวิจัยสาร

สกัดระดับโรงงานต้นแบบ จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการการผลิตสิ่งทดแทนสารเคมีทางการเกษตร มาพัฒนาให้เป็นระดับที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นักวิจัยสาขาเกษตร และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้ทำการทดลองค้นคว้าหาสารทดแทนสารเคมีทางการเกษตรและพบว่าพืชสมุนไพรหลายชนิด เช่น สะเดา ทางไหล (โล่ดี้น) หนอนตายหยาก และอื่นๆ เป็นต้น สามารถนำมาสกัดเพื่อให้ได้สารสำคัญจากพืชนั้นๆ มาใช้ควบคุมศัตรูพืชแทนสารเคมีได้ดีโดยไม่มีพิษตกค้างทางไหลจัดว่าเป็นพืชที่มีศักยภาพชนิดหนึ่งในการนำมาใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช มีสารโรติโนนมีฤทธิ์สามารถกำจัดแมลงและเห็บปลา แต่ไม่มีอันตรายกับคน วินัยและอารมย์ (2540) ได้รายงานการศึกษาสารสกัดจากทางไหล เพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช ด้วยการใช้ตัวทำละลายอะซิโตนหรือแอลกอฮอล์ในการสกัด และมีการนำไปหอดังประกอบและทดสอบฤทธิ์ต่อแมลง ซึ่งผลการทดลองพบว่า สารสกัดในระดับ 25 ppm สามารถฆ่าหนอนตาย 50% ใน 2 วัน และองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ที่พบเป็นสารโรติโนนและอนุพันธ์ จากรายงานของอารมย์และคณะ(2537) พบว่า ทางไหลสามารถใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น แมลงวัน ไร และหนอนบางชนิดในแปลงผัก ไม้ดอกและตักแตน เป็นต้น แสดงว่าทางไหลนั้นเป็นพืชที่เหมาะสมจะนำมาในการผลิตเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในรูปการค้าได้ ในปัจจุบันเริ่มมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปทางไหลจากต่างประเทศเพื่อจำหน่ายในประเทศ

ไทย ทำให้มีความจำเป็นอย่างเร่งด่วนที่จะต้องศึกษาการผลิตระดับโรงงานต้นแบบ พ.ศ. 2539 Ermel และคณะ (1996) ได้รายงานกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์สะเดาไทยและปัญหา โดยพบว่าความชื้นของวัตถุดิบเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งทางไหลก็เช่นกัน ความชื้นก็น่าจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อขบวนการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์

งานวิจัยเครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ เป็นงานวิจัยเริ่มต้นในการวิจัยสารสกัดแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้สกัดทางไหลในขบวนการผลิตในโรงงาน โดยใช้หลักการสกัดสารแบบ solid-liquid extraction ซึ่งเป็นหลักเบื้องต้น ที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสกัดสารจากธรรมชาติจากพืชสมุนไพรต่างๆ โดยเมื่อได้สารสกัดหยาบแล้วสารนี้จะเป็นสารตั้งต้นในการดำเนินงานขั้นต่อไป เช่น การจำแนกและพิสูจน์เอกลักษณ์สารสำคัญในพืช การทำสารสำคัญให้บริสุทธิ์ การทำสารสำเร็จรูป (formulation) และอื่นๆ เป็นต้น และนอกเหนือจากประโยชน์ที่จะได้สารสกัดทางไหลเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรแล้ว เครื่องระดับโรงงานต้นแบบนี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการทำโรงงานสกัดสารสกัดตั้งต้นของอุตสาหกรรมทางด้านสมุนไพรอื่นๆ ได้ เช่น อุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง อาหารเสริมและอื่นๆ เป็นต้น แต่ต้องมีการปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรม นั้นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยเครื่องสกัดทางไหล (*Derris elliptica* Benth.) แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบเป็นงานวิจัยที่ดำเนินงานทั้งในห้องปฏิบัติการและในสวนโรงงานของกลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เริ่มดำเนินงานตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2544 - กันยายน พ.ศ. 2547 โดยมีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. การวิจัยหาสภาวะการทำงานของชุดสกัดต่อเนื่องต้นแบบ มีการดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

1.1 การทดลองหาตัวทำละลายที่เหมาะสม

เป็นการทดลองเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตรจากสารธรรมชาติ กลุ่มวิจัยวัตถุดิบพืชการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยทำการทดลองสกัดทางไหลด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน 4 ชนิด คือ เมทานอล 100 % , เอทานอล 100 % เมทานอล 50 % และเอทานอล 50 % ซึ่งตัวอย่างทางไหล 5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มล. เติมตัวทำละลายดังกล่าวข้างต้นจำนวน 150 มล.ลงไป แล้วนำไปกวนบนเครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเวลา 4 ชม. จากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปกรองผ่านชุดกรองสุญญากาศ นำกากที่อยู่บนกระดาษกรองไปสกัดซ้ำด้วยตัวทำละลายเดิมจำนวน 100 มล. อีก 2 ครั้งด้วยวิธีการกรอง สุดท้ายเก็บรวบรวมสารละลายที่กรองได้ทั้ง 3 ครั้ง ไปลดปริมาตรทำให้เข้มข้น แล้ววิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญโดยวิธี HPLC

1.2 การขยายผลจากห้องปฏิบัติการ ไปเป็นชุดสกัดต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ

ดำเนินการศึกษาขั้นตอนการสกัดในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็น batch process และขยายขนาดของวัตถุดิบจากห้องปฏิบัติการเป็นชุดสกัดระดับโรงงาน ในมาตราส่วน 1:1,000 โดยมีเป้าหมายให้เป็นการสกัดแบบต่อเนื่อง (continuous process) ระดับโรงงานต้นแบบ เริ่มต้นจากการสกัดสาร กรองสารสกัด จนถึงขั้นเป็นสารสกัดเข้มข้นด้วยระบบสุญญากาศ โดยควบคุมระบบทั้งหมดด้วยชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การทำงานของเครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องแบ่งเป็น 3 ระบบ (Figure 1) คือ

1.2.1 ระบบสกัด (extraction) ทำหน้าที่สกัดสารสำคัญจากวัตถุดิบโดยใช้หลัก solid liquid extraction ประกอบด้วยถังสกัด จำนวน 2 ถัง ความจุถังละ 100 ลิตร ทำการสกัดด้วยการกวน ใช้มอเตอร์ มีระบบป้องกันการระเบิด ควบคุมการทำงานจากชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าควบคุมการทำงานที่ติดตั้งแยกจากเครื่อง

1.2.2 ระบบกรอง (filtration) ระบบกรองสารสกัดของเครื่องต้นแบบนี้ถูกออกแบบให้เป็น การกรอง 2 ชั้น คือชั้นหยาบ และชั้นละเอียด โดยใช้ถุงกรองความละเอียด 50 ไมครอน ตะแกรงกรองชั้นหยาบเป็นตัวกรองที่สามารถแยกชั้นหยาบและละเอียด

1.2.3 ระบบลดปริมาตร ทำหน้าที่เพิ่มความเข้มข้นของสารสกัด -ตัวทำละลายให้แยกออกจากสารสกัด โดยใช้ระบบสุญญากาศ จากนั้นตัวทำละลายก็จะถูกกลั่นกลับเพื่อนำมาใช้

ทำงานใหม่ ระบบต่างๆ ของเครื่องสกัดแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบที่กล่าวมานี้ เชื่อมต่อการทำงานแบบต่อเนื่อง (continuous process) ด้วยท่อสแตนเลส วาล์วต่างๆ โดยมีปั๊มลมช่วยในการทำงาน

1.3 การทดลองเพื่อหาอัตราส่วนระหว่างปริมาณวัตถุดิบ และปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมกับชุดต้นแบบ ได้ทำการทดลองศึกษาอัตราส่วนระหว่างปริมาณวัตถุดิบ และปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมโดยเลือกใช้เมทานอล 100% กับเครื่องสกัดต่อเนื่องต้นแบบ จำนวน 3 อัตราส่วน คือ

1.3.1 รากหางไหลบด 2 กก. สกัดด้วยเมทานอล ครั้งละ 50 ลิตร 3 ครั้ง

1.3.2 รากหางไหลบด 5 กก. สกัดด้วยเมทานอล ครั้งละ 60 ลิตร 3 ครั้ง

1.3.3 รากหางไหล บด 10 กก. สกัดด้วยเมทานอล ครั้งละ 80 ลิตร 3 ครั้ง

เป็นการทดลองโดยการปรับขนาดของจำนวนตัวอย่างวัตถุดิบกับปริมาณตัวทำละลายให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่อง

1.4 การทดลองเพื่อหาสภาวะ (conditions) ควบคุมการทำงานของเครื่องสกัดหางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ นำตัวอย่างที่เตรียมไว้เข้าเครื่องสกัดหางไหลระดับโรงงานต้นแบบโดยชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กก. ใส่ลงถังสกัดที่อยู่ในระบบสกัด ส่งตัวทำละลายเมทานอลจำนวน 60 ลิตรเข้าไปในถังสกัด กดปุ่มทำงานของเครื่อง จับเวลาการวน 1 ชม. เปิดวาล์วและปั๊มเพื่อส่งสารสกัดเมทานอลที่ได้ผ่านระบบกรอง ไป

เก็บที่ถังเก็บเพื่อรอส่งเข้าระบบลดปริมาตร ทำการสกัดสารด้วยเมทานอลจำนวน 60 ลิตรอีก 2 ครั้ง ทำนองเดียวกันจนถึงขั้นเก็บสารสกัดเมทานอลรวมกันในถังเก็บ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการสกัดส่งสารสกัดในถังเก็บเข้าไปลดปริมาตร จากนั้นทำการทดลองหาสภาวะในการเดินเครื่องสกัดต่อเนื่องต้นแบบ ในส่วนของการลดปริมาตรด้วยระบบสุญญากาศ โดยการปรับความดันและอุณหภูมิภายใน

2. การวิจัยประสิทธิภาพการผลิตสารสกัดของเครื่องระดับโรงงานต้นแบบ

เมื่อได้สภาวะการทำงานของเครื่องต้นแบบแล้ว จึงได้ศึกษาวิจัยประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องต้นแบบจากวิธีการเตรียมวัตถุดิบ (รากหางไหล) ด้วยวิธีลดความชื้นที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้วิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อกระบวนการการผลิตของเครื่องสกัดต่อเนื่องต้นแบบ วิธีการเตรียมตัวอย่าง วางแผนการทดลองแบบ RCB โดยมีวิธีการเตรียมตัวอย่าง 3 วิธีการ วิธีการละ 6 ซ้ำ ดังนี้

2.1 วิธีการที่ 1 นำรากหางไหลแห้ง (ตากแห้งทันทีหลังเก็บเกี่ยว) มาสับและบด ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารสกัดหางไหลจากเครื่องต้นแบบ

2.2 วิธีการที่ 2 นำรากหางไหลสด (รักษาความชื้นหลังเก็บเกี่ยว) มาสับและบดก่อนตากแห้งจนมีค่าความชื้นต่ำกว่า 10%

2.3 วิธีการที่ 3 นำรากหางไหลสด (รักษาความชื้นหลังเก็บเกี่ยว) มาตากแห้งทิ้งรากจน

ความชื้นต่ำกว่า 10% ก่อนการบด การทดลองครั้งนี้ใช้ตัวอย่างรากทางไหลจากเกษตรกร ต.เกาะจันทร์ กิ่งอ.เกาะจันทร์ จ.ชลบุรี แบ่งเป็นรากทางไหลแห้ง (เป็นรากสดที่เกษตรกรตากแห้งทันทีหลังเก็บเกี่ยว) และรากสด (เป็นรากสดที่หลังเก็บเกี่ยวแล้ว เกษตรกรเก็บให้มีความชุ่มชื้นโดยการพรมน้ำทุกวัน แล้วคลุมทับด้วยกระสอบที่ชื้น) เตรียมตัวอย่างตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น จากนั้นนำตัวอย่างที่เตรียมแล้วไปเข้าเครื่องสกัดทางไหลระดับโรงงานต้นแบบโดยชั่งตัวอย่างจำนวน 5 กก. ใส่ลงถังสกัดที่อยู่ในระบบสกัด ส่งตัวทำละลายเมทานอลจำนวน 60 ลิตรเข้าไปในถังสกัด กดปุ่มทำงานของเครื่อง จับเวลาทวน 1 ชม. เปิดวาล์วและปั๊มเพื่อส่งสารสกัดเมทานอลที่ได้ผ่านระบบกรอง ไปเก็บที่ถังเก็บเพื่อรอส่งเข้าระบบลดปริมาตร ทำการสกัดด้วยเมทานอลจำนวน 60 ลิตรอีก 2 ครั้งทำนองเดียวกันจนถึงขั้นเก็บสารสกัด เมทานอลรวมกันในถังเก็บ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการสกัด จากนั้นส่งสารสกัดในถังเก็บเข้าไปลดปริมาตรเพื่อเพิ่มความเข้มข้นให้กับสารสำคัญ ในระบบลดปริมาตรที่มีสถานะของเครื่องในระบบสุญญากาศ คือ ความดันภายในเท่ากับ - 0.5 bar-gauge และอุณหภูมิภายในที่ 42-50°C จนสารสกัดหมด จากนั้นปิดระบบลดปริมาตร นำผลผลิตที่เป็นสารสกัดหยาดออกจากเครื่องนำไปซึ่ง/ตวงผลผลิตและสกัดสารสำคัญในผลผลิต เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญโรติโนนโดยวิธี HPLC และบันทึกผล

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การวิจัยหาสภาวะการทำงานของชุดสกัดต่อเนื่องต้นแบบ

1.1 การทดลองเพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสม เอทานอล 100% และเมทานอล 100% เป็นตัวทำละลายที่ดีในการสกัดสารสำคัญโดยให้ปริมาณสารโรติโนนได้ 5.55 และ 4.36% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Khamis และคณะ (2002) เรื่องการสกัดสาร bioflavonoids rotenoid จากทางไหลด้วยแอลกอฮอล์ ที่พบว่าเอทานอลสกัดได้ดี รองลงมาเป็น เมทานอล แต่เนื่องจากเอทานอลในประเทศไทยมีราคาแพง ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการผลิตระดับอุตสาหกรรม และการผลิตนี้เป็นการผลิตสารสกัดที่ใช้ในการเกษตรและไม่ได้ใช้ในการบริโภคโดยตรง นอกจากนี้ ในกระบวนการ การสกัดมีระบบลดปริมาตรซึ่งจะระเหยตัวทำละลายเมทานอลจนเหลือปริมาณน้อยในสารสกัดหยาด ดังนั้น จึงเลือกใช้เมทานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัดทางไหลด้วยเครื่องต้นแบบ

1.2 การขยายผลจากห้องปฏิบัติการ ไปเป็นชุดสกัดต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ เนื่องจากเครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานนี้ เป็นเครื่องต้นแบบในการสกัดทางไหลแบบต่อเนื่อง(continuous process)ขนาดใหญ่ ทำให้เกิดปัญหาและอุปสรรคระหว่างการดำเนินงานซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

Table 1. Rotenone content of Derris crude extracted in different solvents

Solvents	Grounded root (g)	Solid crude (g)	Crude extract (%)	Rotenone (%)
Methanol 100%	5	0.86	17.2	4.36
Ethanol 100%	5	1.22	24.4	5.55
Methanol 50%	5	0.82	16.4	0.14
Ethanol 50%	5	1.80	36.0	1.57

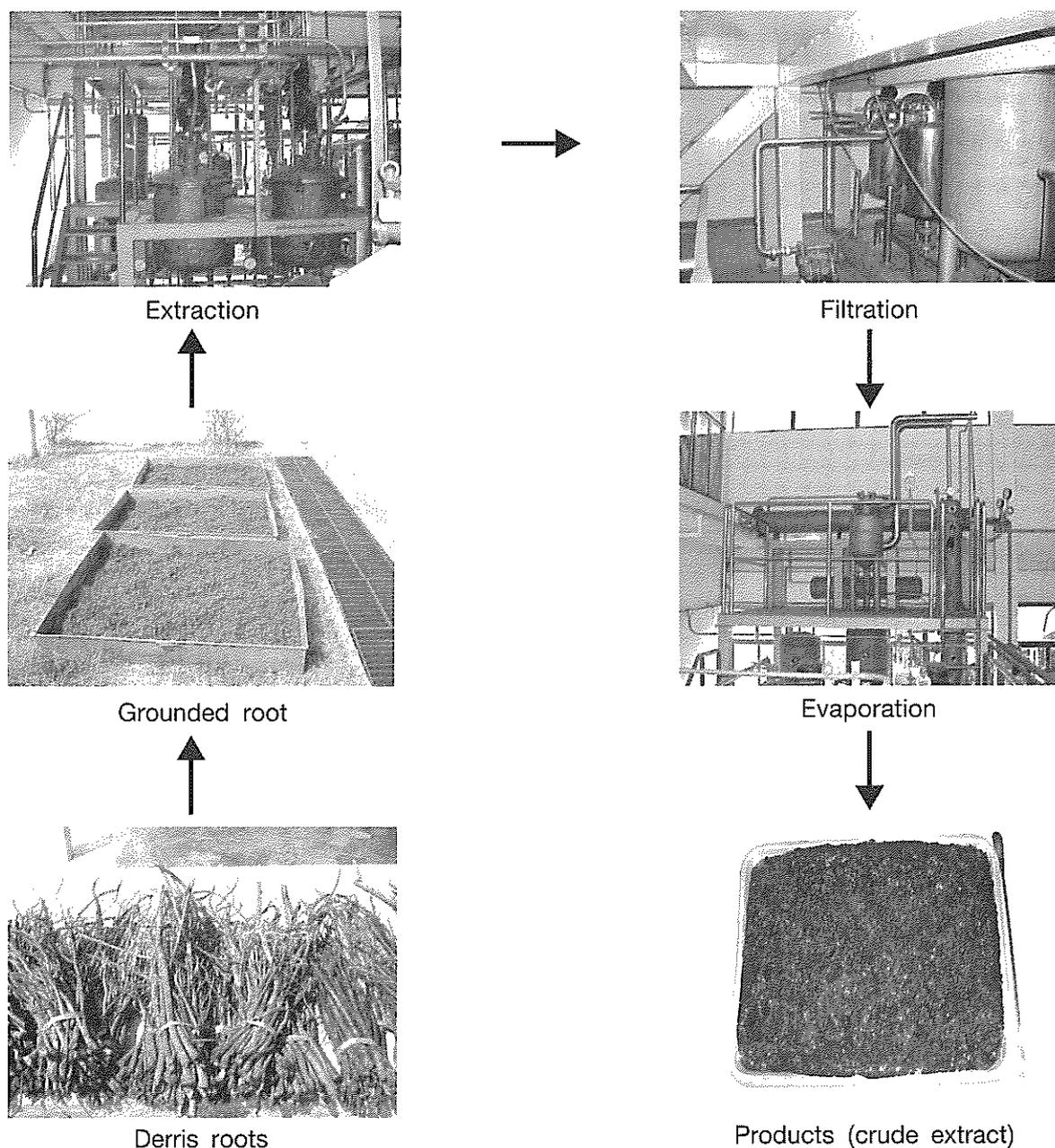


Figure 1. Flow chart of pilot plant process for Derris extraction

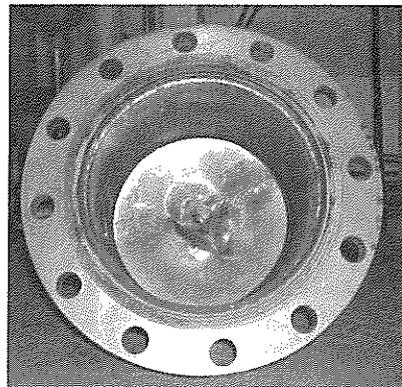
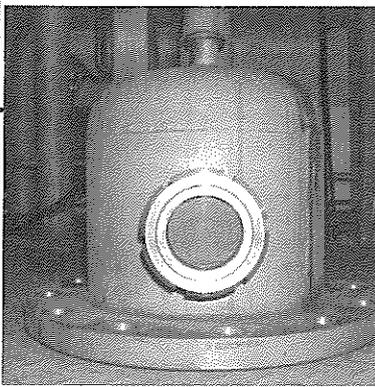


Figure 3. Inverted cone profile (outer shape)

Figure 4. Inverted cone profile (inner shape)

Figure 2. Evaporator chamber

1.2.1 ด้านเทคนิค ในการทดสอบเครื่อง จากแบบดั้งเดิม (original extraction scheme) พบว่า ในระบบลดปริมาตรไม่สามารถลดปริมาตร ได้สารสกัดหยาดตามที่ต้องการ การปรับหา อุณหภูมิ และความดันไอน้ำภายในเพื่อการควบคุม ระบบ ทำได้ยาก ไม่สามารถควบคุมการผลิตได้ อย่างสม่ำเสมอ จึงมีการปรับปรุงหรือ เปลี่ยนแปลงบางส่วนในระบบลดปริมาตร (evaporator unit) ซึ่งประกอบไปด้วย

1.2.1.1 ถังลดปริมาตร (evaporator tank) มีการปรับปรุง 2 ส่วนดังนี้

(1) การปรับปรุงและเปลี่ยนแบบการส่ง (distribute) สารสกัด พบว่า ระหว่างลด ปริมาตรเครื่องไม่สามารถส่งสารสกัดเข้าไปในถัง ลดปริมาตรโดยการกระจายผ่านรูเล็กๆ (spraying nozzle) ได้เพราะมีการอุดตัน ดังนั้นได้ปรับปรุง เครื่องแบบดั้งเดิมโดยการเปลี่ยนแบบการส่ง (distribute) สารสกัดในส่วนลดปริมาตร

(evaporator chamber, Figure 2) จากลักษณะ การกระจายสารผ่านรูเล็กๆ เป็นแบบการปล่อย สารผ่านกรวยคว่ำ (inverted cone profile, Figures 3, 4) หลังจากนั้นไม่เกิดปัญหาในการ ส่งสารเข้าลดปริมาตรอีก

(2) การปรับปรุงและเปลี่ยนแบบ ช่อง ทางออกของสาร (out put) พบว่าไม่สามารถนำ สารสกัดหยาดที่ลดปริมาตรแล้ว ออกจาก ทางออกเดิม (out put, Figure 5) ของแบบตั้ง ต้นได้เนื่องจากสารที่สกัดได้มีลักษณะเหนียวและ แข็งตัวได้ง่าย ดังนั้น จึงได้ปรับปรุงโดยการ เปลี่ยนแบบช่องทางออกสารให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และสามารถถอดแยกส่วนจากถังลดปริมาตรได้ (Figures 6, 7) ทำให้นำสารสกัดออกจาก out put ได้ง่ายขึ้นและถ้าสารแข็งตัวติดค้างอยู่ภายในก็ สามารถแยกส่วนถอดออกได้ และนำสารออกได้ ง่าย (แบบดั้งเดิมแยกส่วนไม่ได้)

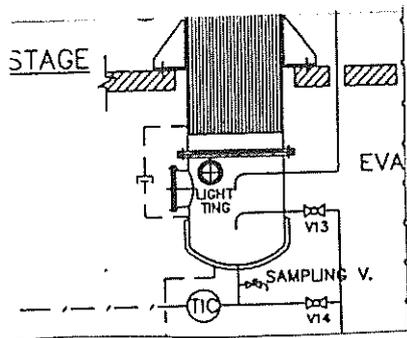


Figure 5. Out put (original)

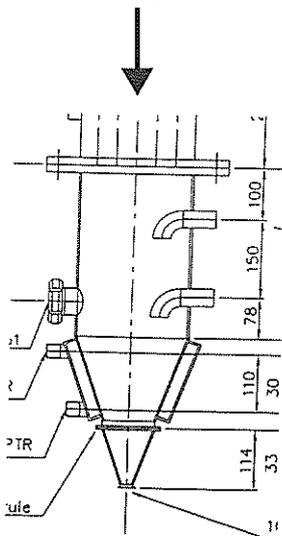


Figure 6. Out put (modified)

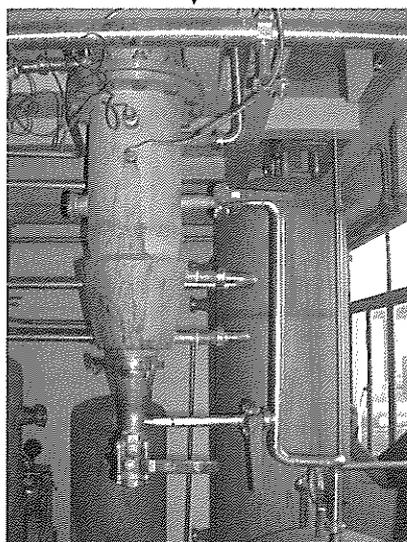


Figure 7. Out put (modified)

1.2.1.2 ส่วนกลั่น (distillation part)

การปรับปรุงขนาดของ ส่วนแยกตัวทำละลายออกจากละอองสารสกัดทางไหล (air separator) ในขั้นตอนการกลั่นเพื่อแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดพบว่าตัวทำละลายที่กลั่นกลับมายังมีสารสกัดปนอยู่เนื่องจากขนาดของ air separator จากแบบดั้งเดิม (Figure 8) มีขนาดเล็กเกินไปทำให้ไม่สามารถแยกตัวทำละลายออกจากละอองสารสกัดได้หมด จึงปรับปรุงแบบโดยการเปลี่ยนขนาด air separator จากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. เป็น 400 มม. (Figure 9) หลังการปรับปรุงตัวทำละลายที่กลั่นกลับมาบริสุทธิ์ขึ้นแสดงว่า air separator ขนาดที่ใหญ่ขึ้นสามารถแยกตัวทำละลายออกจากสารสกัดทางไหลได้ดีขึ้น

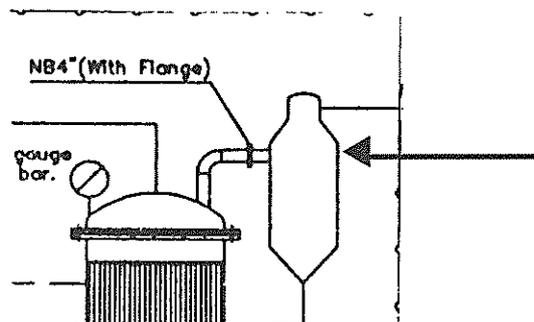


Figure 8. Air separator (original)

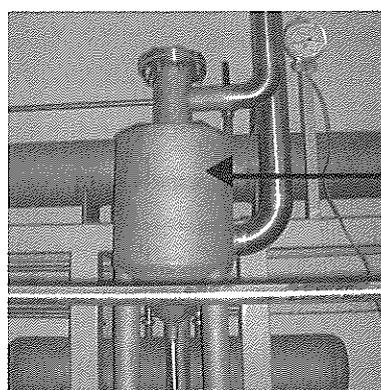


Figure 9. Air separator (modified)

1.2.2 คุณภาพวัตถุดิบ การทดสอบเครื่องตั้งแต่เริ่มต้นผลการทดสอบที่เกิดขึ้นเสมอคืออุปสรรคระหว่างการทำงานของเครื่อง เช่น ไม่สามารถลดปริมาตรสารสกัดได้เข้มข้นตามที่ต้องการ ปริมาณผลได้หรือการผลิตแต่ละครั้งไม่สม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถควบคุมคุณภาพได้พบว่า ปัญหาที่สำคัญคือ ความชื้นในวัตถุดิบ (รากหางไหล) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการทำงานของเครื่องสกัดหางไหลแบบต่อเนื่องต้นแบบ

1.3 การทดลองหาเพื่ออัตราส่วนระหว่างปริมาณวัตถุดิบ และปริมาณตัวทำละลายที่เหมาะสมกับชุดต้นแบบระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า ที่อัตราส่วนหางไหล 5 กก. สกัดด้วยเมทานอลครั้งละ 60 ลิตร จำนวน 3 ครั้ง เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับที่จะใช้กับเครื่องสกัดหางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ

1.4 การทดลองหาสภาวะ (conditions) ควบคุมการทำงานของเครื่องสกัดหางไหล แบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการลดปริมาตรสารสกัดในระบบสุญญากาศ คือ ที่ความดันภายในเท่ากับ -0.5 bar-gauge และอุณหภูมิภายในที่ 42-50°C

2. การวิจัยประสิทธิภาพการผลิตสารสกัดของเครื่องระดับโรงงานต้นแบบ

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตของเครื่องต้นแบบจากวิธีการเตรียมวัตถุดิบ (รากหางไหล) 3 วิธี เพื่อจะได้วิธีการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อกระบวนการการผลิตของ

เครื่องสกัดต่อเนื่องต้นแบบ พบว่า

2.1 การเตรียมวัตถุดิบด้วยวิธีการทั้ง 3 วิธีและความคุมให้ความชื้นของวัตถุดิบลดลงต่ำกว่า 10 % (Table 2) สามารถนำไปใช้ในการผลิตระดับโรงงาน (mass production) ได้โดยไม่ทำให้เครื่องต้นแบบหยุดการทำงาน หรือมีปัญหาระหว่างการเดินเครื่อง จากผลที่ได้จากการผลิตระดับโรงงาน (Table 3) แสดงให้เห็นว่า ความชื้นของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการนำมาใช้สำหรับการผลิตระดับโรงงาน อย่างไรก็ตาม เมื่อเทียบวิธีการทั้ง 3 ในด้านความสะดวกและง่ายในการทำงานก็พบว่า วิธีการที่ 2 เป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายต่อการปฏิบัติงานที่สุด

2.2 การใช้รากหางไหลที่ตากแห้งทันทีหลังเก็บเกี่ยวมาสับและบด (วิธีการที่ 1) มาใช้ในการผลิตสารสกัดหางไหลจากเครื่องต้นแบบตามสภาวะดังกล่าวข้างต้น ให้ผลผลิตสารสกัดเฉลี่ย 982.15 กรัมสารสกัดหยาบ และมีปริมาณสารโรติโนนเฉลี่ย 12.22% สำหรับวิธีการที่ 2 และที่ 3 ให้ผลผลิตสารสกัดเฉลี่ย 870.61 และ 822.42 ก. สารสกัดหยาบที่ได้มีปริมาณสารโรติโนนเฉลี่ย 17.30 และ 15.30% โรติโนน ตามลำดับ (Table 3) จะเห็นว่าวิธีการที่ 1 ให้ปริมาณเฉลี่ยสารสกัดหยาบสูงที่สุด แต่มีปริมาณสารโรติโนนน้อยกว่าอีก 2 วิธีการ

2.3 เมื่อเปรียบเทียบเป็นปริมาณสารโรติโนน (total rotenone) จะเห็นว่า วิธีการที่ 2 จะให้ปริมาณ total rotenone สูงที่สุดคือ 150.63 ก. (Table 4)

2.4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารสกัด

Table 2. Moisture content in dried roots

Treatments of raw material	Moisture content (%)
Dried root after post-harvest	8.84 a
Moist root grounded and then dried in sunlight	8.23 a
Moist root dried in sunlight and then grounded	8.88 a
CV = 9.0%	

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 3. Average yields and rotenone content of crude extract from pilot plant

Treatments of raw material	Solid crude yields		Liquid crude yields	
	Grams	Rotenone (%)	Liters	Rotenone (%)
Dried root after post-harvest	982.15 a	12.22 a	6.25 a	0.31 a
Moist root grounded and then dried in sunlight	870.61 a	17.30 a	2.67 a	0.64 a
Moist root dried in sunlight and then grounded	822.42 a	15.30 a	4.33 a	0.37 a
Mean	891.72	14.94	5.08	0.44
CV (%)	44.6	27.2	45.0	136.7

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 4. Total rotenone in derris crude extract

Treatments of raw material	Average rotenone (g)
Dried root after post-harvest	120.04 a
Moist root ground and then dried in sunlight	150.63 a
Moist root dried in sunlight and then ground	125.85 a
CV = 58.6%	

Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

Table 5. Percentage extraction of crude extract from pilot plant and laboratory scale

Extraction	Ground root (wt)	Crude extract (wt)	Extraction (%)
Laboratory (batch process)	5 g	1.11 g	22.2%
Pilot plant (continuous process)	5 kg	891.72 g	17.8%
CV (%)	laboratory = 5.10% , pilot plant = 44.6%		

หยาบที่สกัดได้ในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นแบบ Batch process กับ ที่สกัดเครื่องต้นแบบที่เป็นแบบต่อเนื่อง (continuous process) จะเห็นว่าเครื่องต้นแบบสกัดสารได้ 17.8% ห้องปฏิบัติการสกัดได้ 22.2% (Table 5) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าต่างกัน 4.4% ซึ่งค่าส่วนต่างนี้เป็นค่าของสารสกัดหยาบที่เป็นของเหลว แสดงว่า เครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบนี้มีประสิทธิภาพในการสกัดได้เทียบเท่ากับวิธีการในห้องปฏิบัติการ แต่ดีกว่าคือเป็นการผลิตแบบระดับโรงงาน

2.5 เครื่องต้นแบบสกัดสารสกัดหยาบได้ค่าเฉลี่ยของแข็งของการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 891.72 ก. และมีปริมาณโรติโนนเฉลี่ยในสารสกัดหยาบเท่ากับ 14.94 % (Table 3)

สรุปผลการทดลอง

1. การทำงานเครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบสรุปได้ดังนี้

1.1 ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด คือ เมทธานอล

1.2 ความชื้นของรากทางไหลซึ่งนำมาสกัดต้องต่ำกว่า 10%

1.3 จำนวนวัตถุดิบ (รากทางไหล) ที่

ใช้แต่ละครั้งเท่ากับ 5 กก. ใช้ตัวทำละลาย 60 ลิตร 3 ครั้ง ได้ผลผลิตสารสกัดหยาบเฉลี่ย 891.72 กรัม และมีปริมาณสารโรติโนนเฉลี่ย 14.92%

1.4 กระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่องสภาวะของเครื่องในระบบสุญญากาศให้ความดันภายในเท่ากับ -0.5 bar-gauge และอุณหภูมิภายในที่ 42-50°ซ

2. เครื่องสกัดทางไหลแบบต่อเนื่องระดับโรงงานต้นแบบ เป็นเครื่องสกัดที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าวิธีการที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่มีความสามารถสูงกว่าคือสามารถผลิตได้ปริมาณมากในระดับที่เรียกว่า mass production ได้ และกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง (continuous process) ควบคุมการทำงานด้วยแผงวงจรไฟฟ้า ทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้สะดวก และสัมผัสกับสารเคมีปริมาณระดับอุตสาหกรรมน้อยลง และสามารถผลิตสารสกัดทางไหลได้อย่างสม่ำเสมอ

3. เนื่องจากเครื่องต้นแบบนี้ ได้รับการออกแบบโดยใช้หลักการการสกัดสารแบบ solid-liquid extraction ซึ่งเป็นหลักเบื้องต้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสกัดสารสำคัญจากธรรมชาติ จากพืชสมุนไพรต่างๆ ดังนั้น เครื่องต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบ สำหรับการทำให้โรงงานสกัด

สาร สกัดตั้งต้นของอุตสาหกรรมทางด้านสมุนไพรอื่นๆได้ เช่น อุตสาหกรรมยา เครื่องสำอาง อาหารเสริม และอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งอาจมีการปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมนั้นๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากในอุตสาหกรรมสมุนไพร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตรที่สนับสนุนงบประมาณและอุปกรณ์การทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณ นายวุฒพงษ์ ธรรมขันธ์ Project Engineer, Dairy Machine Department บริษัท พัฒน์กล จำกัด (มหาชน) สำหรับคำแนะนำทางด้านเทคนิค สุดท้ายขอขอบคุณ นายสุพจน์ พูลสมบัติ และนายวินัย ดงแดง นายกฤษฎา จอสุขสกุล พนักงานประจำห้องทดลอง และนายพินิจ แก้วศรี เจ้าพนักงานการเกษตร สำหรับความร่วมมือในการทำงานอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

วินัย บิตียนต์ และอารมย์ แสงวนิชย์. 2540. การศึกษาสารสกัดจากหางไหลเพื่อใช้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืช. หน้า 84-97. ใน :

การประชุมวิชาการกองวัตภูมิพิชการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร.

อารมย์ แสงวนิชย์ ชัยพัฒน์ จิระธรรมจारी เศรษฐพงษ์ เลขะวัฒน์ และทวีพงษ์ สุวรรณ. 2537. *สมุนไพรพื้นบ้านเพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืช. กองวัตภูมิพิช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 16-17.*

Ermel K., C . Chirathamjaree, A. Sangwanich 1996. Processing of Thai neem (*Azadirachta siamensis* Valenton) and the quality problem. Pages 171-184. In : *Proc. 1st International Symposium on Biopesticides. 27-31 October, 1996. Phitsanulok, Thailand.*

Khamis, A.K., M.R. Sarnidi, M.F. Mohammad, S. Ngadiran, 2002. Extraction of bioflavonoids rotenoids from *Derris elliptica*. Pages 210-213. In : *Proc. 3rd International Conference on Biopesticides. 22-26 April, 2002. Kuala Lumpur, Malaysia.*