บทที่ 6

สรุปผลและเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการแยกสกัดผลิตภัณฑ์แทนนินออกจากเปลือกไม้โกงกางในคอลัมน์แบบพัลส์ประเภทวงแหวนกับจานที่ทำงานแบบต่อเนื่องสวนทางกัน โดยหาช่วงเวลาในการเกิดสถานะคงตัว และศึกษาการทำงานของเครื่องมือและตัวแปรที่มีผลต่อการสกัดคือ ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ อัตราการไหลของน้ำ อัตราการป้อนเปลือกไม้ ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (af) อุณหภูมิของน้ำ และการเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ช่วยในการสกัด ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. การหาช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัว ใช้ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ 1-2 มิลลิเมตร, อัตราการไหลของน้ำ 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง, อัตราการป้อนเปลือกไม้ 148.2 กรัมต่อชั่วโมง, ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (af) 1.29 เซนติเมตรต่อวินาที, ทำที่อุณหภูมิห้อง พบว่าช่วงเวลาในการเกิดสถานะคงตัวใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เมื่อแปรค่าตัวแปรใหม่จะกลับเข้าช่วงเวลาที่เกิดสถานะคงตัวอีกครั้งหนึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาที รวมเวลาศึกษาผลของหนึ่งตัวแปรที่มีค่าตัวแปร 4 ค่า ใช้เวลาประมาณ 250 นาที

2. ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ที่เหมาะสม เปลือกไม้ที่มีขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเปลือกไม้กับน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของของผสมสูงกว่าเปลือกไม้ขนาดใหญ่ แต่มีขีดจำกัดเมื่อป้อนเปลือกไม้ที่มีขนาดเล็กจะทำให้ช่องว่าง (void space) ลดต่ำลง โดยเฉพาะเมื่ออัตราการป้อนเปลือกไม้เพิ่มขึ้น เปลือกไม้จะอยู่กันอย่างหนาแน่น โอกาสที่ตัวทำละลายจะซึมผ่านเข้าไปในช่องว่างเปลือกไม้เป็นไปได้ยาก การถ่ายเทมวลสารจึงลดลง จึงพิจารณาเลือกเปลือกไม้ขนาด 0.355-0.5 มิลลิเมตร เพราะร้อยละการสกัดสูงสุด เมื่ออัตราการป้อนเปลือกไม้เพิ่มขึ้น

3. อัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม อัตราการไหลของน้ำสูงขึ้นจะทำให้การถ่ายเทมวลสารเกิดได้ดี เพราะจะทำให้แผ่นฟิล์มบาง ๆ (resistance) ที่ล้อมรอบผิวเปลือกไม้น้อยลงและยังทำให้เกิดความปั่นป่วนของเปลือกไม้รุนแรงตามไปด้วย ดีกรีของความปั่นป่วนสูงโอกาสที่แทนนินในเปลือกไม้จะซึมผ่านออกมาก็มากขึ้น ร้อยละการสกัดจึงสูงขึ้น แต่ความเข้มข้นที่ได้จากการสกัดเจือจางลง การใช้อัตราการไหลของน้ำสูงแม้จะให้ร้อยละการสกัดสูง แต่ต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ ด้านประกอบ กล่าวคือ การควบคุมอุณหภูมิ การเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์

จะทำได้ยาก เมื่ออัตราการไหลของน้ำสูงจึงพิจารณาเลือก อัตราการไหลของน้ำ 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง เพราะให้ความเข้มข้นของสารละลายที่ได้จากการสกัดสูง ถึงแม้ร้อยละการสกัดจะน้อยก็ตาม ซึ่งแก้ไขได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือ เติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์

4. อัตราการป้อนเปลือกไม้ที่เหมาะสม การป้อนเปลือกไม้สัมพันธ์กับขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ การป้อนเปลือกไม้มากเกินไปทำให้สัดส่วนช่องว่างระหว่างเปลือกไม้กับน้ำลดน้อยลงเปลือกไม้จะรวมกันอยู่หนาแน่น เมื่ออัตราการป้อนเปลือกไม้สูงขึ้น การถ่ายเทมวลสารจึงลดลง พบว่าที่อัตราการป้อนเปลือกไม้ 180 กรัมต่อชั่วโมง ให้ร้อยละการสกัดสูงสุด เมื่อขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ 0.355-0.5 มิลลิเมตร

5. ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ (af) ที่เหมาะสม การใช้ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ช่วยทำให้เกิดการไหลเวียนภายในคอลัมน์ให้เกิดความปั่นป่วนมากขึ้น มีการแพร่ของแทนนินจากผิวของเปลือกไม้ออกสู่ภายนอกได้ง่ายขึ้น แต่มีขีดจำกัดที่พอเหมาะในการใช้ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ถ้าต่ำไปหรือมากไปโอกาสที่จะไม่เกิดการสกัดก็มีมากเพราะน้ำจะ by pass ออกหมดไม่สัมผัสกับเปลือกไม้ที่เรียกว่าปรากฏการณ์ flooding เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ด้วยเหตุนี้จึงพิจารณาเลือกผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบเป็น 1.29 เซนติเมตรต่อวินาทีที่อุณหภูมิห้อง และ 3.54 เซนติเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิน้ำ 50 °ซ

6. อุณหภูมิของน้ำที่เหมาะสม การใช้อุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นช่วยให้สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเพิ่มขึ้น ทำให้การละลายของตัวถูกละลายในตัวทำละลายสูงขึ้น ความหนืดของน้ำลดต่ำลง ช่วยให้ความสามารถในการแพร่มากขึ้น ทำให้ร้อยละการสกัดสูงขึ้น จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 50 °ซ เนื่องจากขีดจำกัดของหลอดแก้ว และปั๊มจึงต้องทำที่อุณหภูมิสูงสุดเพียง 50 °ซ

7. ความเข้มข้นโซเดียมซัลไฟต์ที่เหมาะสม การเติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ ช่วยให้ร้อยละการสกัดสูงขึ้น เพราะโซเดียมซัลไฟต์จะเข้าทำปฏิกิริยากับกลุ่มไฮดรอกซิลของ phenol substance ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ก่อนจากนั้นจึงเกิดการถ่ายเทมวลสารของแทนนินจากสารละลายภายในเปลือกไม้ออกสู่สารละลายทั้งหมดได้ดี การเลือกใช้ความเข้มข้นโซเดียมซัลไฟต์ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตรจึงให้ร้อยละการสกัดสูงสุด เมื่อเพิ่มความเข้มโซเดียมซัลไฟต์ให้สูงขึ้น ร้อยละการสกัดจะสูงขึ้นด้วย ดังนั้น การเพิ่มความเข้มข้นโซเดียมซัลไฟต์ให้สูงกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ จึงน่าจะให้ร้อยละการสกัดสูงขึ้นด้วย

8. สภาวะที่เหมาะสมในการสกัดแทนนินจากเปลือกไม้โกงกางในคอลัมน์แบบพัลส์ประเภทวงแหวนกับจานที่ทำงานแบบต่อเนื่องสวนทางกัน พบว่ามีอยู่ 2 สภาวะ คือ ที่อุณหภูมิห้อง และที่อุณหภูมิ 50 °ซ ถ้าทำที่อุณหภูมิห้องมีสภาวะการทดลองดังนี้ คือ ขนาดอนุภาคของเปลือกไม้ 0.355-0.5 มิลลิเมตร, อัตราการไหลของน้ำ 54.9 ลิตรต่อชั่วโมง, อัตราการป้อนเปลือกไม้ 180 กรัมต่อชั่วโมง, ผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 1.29 เซนติเมตรต่อวินาที, เติมโซเดียมซัลไฟต์ 3 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักต่อปริมาตร ให้ร้อยละการสกัด 52.32 ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้หรือร้อยละ 45.33 ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้ เมื่อคิดเฉพาะที่เกิดจากการสกัดในคอลัมน์ ถ้าทำที่อุณหภูมิ 50 °ซ ให้ร้อยละการสกัด 52.54 ของที่มีอยู่ในเปลือกไม้ หรือ ร้อยละ 44.55 ของที่มีอยู่เปลือกไม้ เมื่อคิดเฉพาะส่วนที่เกิดจากการสกัดในคอลัมน์ โดยมีสภาวะเหมือนอุณหภูมิห้อง เพียงแต่ไม่เติมสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ และผลคูณของความถี่และระยะทางการเคลื่อนที่ของลูกสูบเป็น 3.54 เซนติเมตรต่อวินาที

9. ในกรณีที่จำเป็นต้องเลือกสภาวะการทดลองที่เหมาะสมเพียงอย่างเดียว การเลือกใช้อุณหภูมิ 50 °ซ จะต้องเสียค่าใช้จ่าย 2.77 บาทต่อ 1 ชั่วโมง ($Q=mc\Delta T$, 1kw-hr=2 บาท) ในขณะที่การใช้สารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ต้องเสียค่าใช้จ่าย 41.18 บาทต่อ 1 ชั่วโมง (Na_2SO_3 1 กิโลกรัมราคา 25 บาท) ดังนั้น การเลือกใช้ที่อุณหภูมิ 50 °ซ จึงประหยัดค่าใช้จ่ายใน 1 ชั่วโมง มากกว่าสารเคมีโซเดียมซัลไฟต์ถึง 38.41 บาท (41.18-2.77 = 38.41 บาท)

ข้อเสนอแนะและการทำงานวิจัยต่อไป

1. ข้อมูลที่ได้จากการสกัดแบบต่อเนื่องในคอลัมน์แบบพัลส์ประเภทวงแหวนกับจานสามารถนำไปประกอบการพิจารณาในทางอุตสาหกรรมระดับขยายส่วนได้ต่อไป ผลิตภัณฑ์แทนนินที่ได้มีปริมาณต่ำจำเป็นต้องปรับปรุงระบบการทำงานของเครื่องมือให้ดีขึ้น โดยการเพิ่ม Insulator (ฉนวนกันความร้อน) ตรงส่วนของคอลัมน์ เพื่อกันความร้อนที่สูญเสียไป, เพิ่มความสูงของคอลัมน์โดยการเพิ่มวงแหวนกับจานให้มากขึ้น จะทำให้ประสิทธิภาพของคอลัมน์สูงขึ้น ทางด้านความเข้มข้นของสารละลายที่ได้จากการสกัดเจือจางไปอาจจะมีการ recycle สารละลายกลับเข้าคอลัมน์พร้อมกับวัตถุดิบที่ป้อนเข้ามาช่วยให้ความเข้มข้นที่ได้สูงขึ้น หรือการปรับปรุงคอลัมน์เป็นแบบ multistage column ช่วยให้ความเข้มข้นที่ได้สูงขึ้นเช่นกัน

2. การใช้ตัวทำละลายสกัดแทนนินมีหลายชนิด แต่โดยมากนิยมใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เพราะเป็นตัวทำละลายที่มีราคาถูก และหาได้ง่ายเหมาะต่อการสกัดทางอุตสาหกรรม แต่ไม่ควรใช้น้ำกระด้าง เพราะแทนนินสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมอิออนที่มีอยู่ในน้ำกระด้างได้ง่าย ถ้าใช้ตัวทำละลายที่เป็นด่าง แทนนินอาจเปลี่ยนโครงสร้างได้จนอาจเป็นการทำลายตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาของแทนนินได้ ดังนั้นการเลือกตัวทำละลายอื่นที่ไม่ใช่น้ำ จำเป็นต้องคำนึงถึงชนิดของแทนนินว่าเป็น hydrolyzable tannin หรือ Condense tannin เหมาะกับตัวทำละลายที่มีขั้วหรือไม่มีขั้ว เพราะแทนนินในเปลือกแต่ละชนิดจะมีขนาดโมเลกุลต่างกันด้วย