บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาเรื่องผลของอุณหภูมิ และภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่อการดูดติดของสีรีแอคทีฟโดยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ใช้น้ำเสียสังเคราะห์สีรีแอคทีฟ 2 ชนิด คือ RR-124 และ RR-141 ซึ่งมีความสามารถดูดกลืนแสงได้มากที่สุด ที่ 514 และ 544 นาโนเมตร จึงเลือกใช้ความยาวคลื่นนี้ในการวัดความเข้มข้นที่เหลืออยู่ และในการศึกษาครั้งนี้มีทั้งการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องและแบบต่อเนื่อง โดยในแบบต่อไม่เนื่อง ใช้ตัวกลาง 4 ชนิด คือตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ ศึกษาที่อุณหภูมิ 5 ค่า คือ 25 30 35 40 และ 45 องศาเซลเซียส ส่วนการทดลองแบบต่อเนื่องใช้ตัวกลาง 2 ชนิด คือ ตัวกลางแกลบ และซังข้าวโพด จากการทดลองได้ผลสรุป ดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาแบบไม่ต่อเนื่อง โดยใช้ถังปฏิกิริยาแบบเท

จากการทดลองหาเวลาที่สมดุลการดูดติดของตัวกลางต้นถั่วเหลือง และตอซังข้าว ที่อุณหภูมิทั้ง 5 ค่า ทั้งการวัดค่าการดูดกลืนแสง และการหาค่าทีโอซี ของสีทั้ง 2 ชนิด พบว่าลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสีที่เหลืออยู่กับเวลา จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ชั่วโมงแรก จากนั้นมีค่าลดลงอีกเพียงเล็กน้อย เมื่อเข้าสู่เวลาสัมผัสที่ 3 ชม. และมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเพิ่มเวลาสัมผัส แสดงว่าเวลาสัมผัสที่สมดุลการดูดติดมีค่าประมาณ 3 ชม. จึงเลือกใช้เวลา 3 ชม. สำหรับทุกอุณหภูมิในการศึกษาหาความสามารถในการดูดติดต่อไป

สำหรับการทดลองหาเวลาที่สมดุลการดูดติดของตัวกลางซังข้าวโพด และแกลบ ที่อุณหภูมิทั้ง 5 ค่า ทั้งการวัดค่าการดูดกลืนแสง และการหาค่าทีโอซี ของสีทั้ง 2 ชนิด พบว่าลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสีที่เหลืออยู่กับเวลาจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1-2 ชั่วโมงแรก จากนั้นมีค่าลดลงอีกเพียงเล็กน้อย เมื่อเข้าสู่เวลาสัมผัสที่ 4 ชม. และมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่มากนักเมื่อเพิ่มเวลาสัมผัส แสดงว่าเวลาสัมผัสที่สมดุลการดูดติดมีค่าประมาณ 4 ชม. จึงเลือกใช้เวลา 4 ชม. สำหรับทุกอุณหภูมิในการศึกษาหาความสามารถในการดูดติดต่อไป

เมื่อพิจารณาร้อยละการลดลงของสี RR-124 พบว่าตัวกลางต้นถั่วเหลืองมีอัตราเร็ว และสามารถดูดติดสีได้ดีที่สุดในทุกอุณหภูมิ เมื่อนำมาเรียงอัตราเร็ว และความสามารถในการดูดติดสีจากมากไปน้อยจะได้ ตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบร้อยละการลดลงของสี RR-141 ก็ได้ผลเช่นเดียวกันกับสี RR-124 กล่าวคือเมื่อเรียงลำดับอัตราเร็ว และความสามารถในการดูดติดจากมากไปน้อยได้เป็นได้ ตัวกลางต้นถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบการดูดติดระหว่างสีทั้ง 2 ชนิด เมื่อใช้ตัวกลางแต่ละชนิด พบว่าตัวกลางต้นถั่วเหลือง และตอซังข้าวสามารถดูดติดสี RR-141 ได้ดีกว่า ส่วนตัวกลางซังข้าวโพด และแกลบสามารถดูดติดสี RR-124 ได้ดีกว่า

ในการหาความสามารถในการดูดติด นำข้อมูลความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของสีมาเขียนความสัมพันธ์ตามสมการของ Langmuir และ Freundlich แล้วพิจารณา พบว่าลักษณะการดูดติดใกล้เคียงกับสมการของ Langmuir มากกว่า จึงเลือกใช้สมการ Langmuir ในการพิจารณาลักษณะของการดูดติดทั้งหมด จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความสามารถในการดูดติดจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดติดจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยในการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงของสี RR-124 ของตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ มีค่า X/M สูงสุดคือ 0.618 0.370 0.205 และ 0.051 มก./ล. ที่อุณหภูมิ ที่ 45°C ตามลำดับ จึงอาจเป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน หรือจากการที่ตัวกลางหลุดออกจากกัน ทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสเพิ่มมากขึ้น สำหรับการดูดติดสี RR-141 ก็เช่นเดียวกันพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดติดจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยในการวิเคราะห์การดูดกลืนแสงของสี RR-141 ของตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ มีค่า X/M สูงสุดคือ 0.872 0.508 0.128 และ 0.032 มก./ล. ที่อุณหภูมิ ที่ 45°C ตามลำดับ

ในการหาความสามารถในการดูดติด จากการวัดค่าทีโอซีก็ให้ผลเช่นเดียวกับการวัดค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเลือกใช้สมการ Langmuir ในการพิจารณาลักษณะของการดูดติดทั้งหมดเช่นกัน จากการพิจารณาความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับความสามารถในการดูดติดจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดติดจะมีแนวโน้มไม่ชัดเจน การดูดติดของสี RR-124 ของตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ มีค่า X/M สูงสุดคือ 0.467 ที่ 35°C 0.421 ที่ 45°C 0.153 ที่ 45°C และ 0.101 มก./ล. ที่ 45°C ตามลำดับ สำหรับการดูดติดสี RR-141 ก็เช่นเดียวกันพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นความสามารถในการดูดติดจะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน การดูดติดของสี RR-141 ของตัวกลางต้นถั่วเหลือง ตอซังข้าว ซังข้าวโพด และแกลบ มีค่า X/M สูงสุดคือ 0.513 ที่ 25°C 0.438 ที่ 45°C 0.170 ที่ 40°C และ 0.099 มก./ล. ที่ 45°C ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการดูดติดสีของตัวกลางทั้ง 4 ชนิด พบว่าตัวกลางต้นถั่ว-เหลืองมีค่า X/M สูงสุดในทุกอุณหภูมิ จึงเหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้งานจริงมากที่สุด แต่ถึงอย่างไรก็ตามในการศึกษาใช้ตัวกลางที่บดจนมีขนาด 0.075-0.85 มม. ซึ่งถือว่ามีขนาดเล็กมากไม่เหมาะแก่การนำไปใช้งานจริง เพราะขั้นตอนในการบดยุ่งยาก เสียเวลาในการผลิต ดังนั้นหากมีการประยุกต์นำไปใช้งานจริงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มขนาดตัวกลางที่ใหญ่ขึ้น และศึกษาโดยใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำเสียสีย้อมผ้าจริงจากโรงงาน เนื่องจากน้ำเสียสีย้อมผ้ามีสมบัติ และความเป็นกรดด่างของน้ำเสียแตกต่างจากน้ำเสียสังเคราะห์มาก

นอกจากนี้สีธรรมชาติของตัวกลางที่หลุดออกมาปนเปื้อนในน้ำเสียก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เพราะสีธรรมชาติเหล่านี้จะทำให้น้ำเสียมีสีเข้มขึ้น และมีค่าทีโอซีสูงขึ้น เพราะเป็นการใช้สารอินทรีย์ในการดูดติดสีโดยตรง จึงเป็นการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ดังนั้นจึงอาจต้องมีการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียในขั้นตอนต่อไป แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาบำบัดน้ำเสียสีย้อมผ้าก็ถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ เพราะวัสดุมีราคาถูก และหาได้ง่าย ซึ่งในการนำไปใช้งานจริงควรมีการพัฒนารูปแบบของตัวกลางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดปัญหาสีธรรมชาติที่หลุดออกมามาก โดยการนำมาทำเป็นถ่าน หรือถ่านกัมมันต์

5.2 สรุปผลการศึกษาแบบต่อเนื่อง

จากการทดลองซึ่งวิเคราะห์ด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสง และกาวรวัดค่าทีโอซีจะได้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำสะสมกับความเข้มข้นที่ออกจากระบบมีลักษณะคล้ายตัวเอสซึ่งที่ภาระบรรทุกมีค่ามากจะมีความชันของเส้นกราฟมากกว่า และเมื่อนำผลการทดลองมาหาค่า MTZ ความสามารถในการดูดติด และอัตราการใช้ตัวกลาง พบว่าเมื่อเพิ่มภาระบรรทุกทางชลศาสตร์มากขึ้นค่า MTZ และอัตราการใช้ตัวกลาง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดติดมีค่าลดลง โดยในการทดลองโดยใช้ตัวกลางแกลบ และซังข้าวโพด ดูดติดสี RR-124 และ RR-141 ที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ทั้ง 5 ค่า พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์มากขึ้นลักษณะกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรน้ำออกสะสมกันความเข้มข้นเป็นรูปตัวเอส ปริมาตรที่จุดเบรคทรูและจุดหมดสภาพมีปริมาตรน้อยลง และเมื่อพิจารณาความยาวของ MTZ พบว่ามีความยาวเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ที่มีค่าต่ำ ทำให้มีเวลาสัมผัสระหว่างสีกับตัวกลางมากกว่าจึงมีการดูดติดสีจึงมีมากกว่า

นอกจากนี้ยังพบว่าที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์ต่ำจะมีความสามารถในการดูดติดสี อายุการใช้งานของระบบ และ EBCT ของทั้ง 2 ชนิด สูงกว่าที่ภาระบรรทุกทางชลศาสตร์สูง ซึ่งก็เป็นผลมาจากเวลาสัมผัสระหว่างตัวกลางกับสีนานกว่าเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาความสามารถในการดูดติดจะพบว่าในการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องและการทดลองแบบต่อเนื่องมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากในการทดลองแบบต่อเนื่องจะมีการให้น้ำสีสังเคราะห์ไหลผ่านตัวกลางตลอดเวลาทำให้การดูดติดเป็นแบบ Film diffusion ส่วนแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเป็นแบบ Surface diffusion และในการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องการเขย่าตัวกลางภายใต้ความร้อน และให้เวลาสัมผัสกับตัวกลางนานๆ จะทำให้สีธรรมชาติของตัวกลางหลุดออกมามาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งก็เป็นปัจจัยในการรบกวนการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ความเข้มข้นเริ่มต้นของสีก็มีผลต่อการดูดติด โดยการทดลองแบบต่อเนื่องความเข้มข้นเริ่มต้นจะมีค่าคงที่ ที่ 30 มก./ล. ส่วนการทดลองแบบไม่ต่อเนื่องความเข้มข้นจะลดลงเมื่อเพิ่มเวลาสัมผัส ทำให้ค่า X/M ที่หาได้จากการทดลองทั้งสองแบบ แตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะในการศึกษาเพิ่มเติม

5.3.1 เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำเสียสีที่สังเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในครั้งต่อไป ควรใช้น้ำเสียสีย้อมผ้าจริงจากอุตสาหกรรมย้อมผ้า เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียสีย้อมผ้า

5.3.2 ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตัวกลางที่มีขนาดเล็ก หากนำไปประยุกต์ใช้งานจริงควรมีการเพิ่มขนาดของตัวกลางเพื่อให้ง่ายต่อนำไปใช้

5.3.3 ในการทดลองครั้งต่อไปควรมีการเลือกใช้ตัวกลางจากวัสดุธรรมชาติชนิดอื่นด้วย เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้ที่สนใจ

5.3.4 ในการศึกษาครั้งต่อไปในการศึกษาแบบต่อเนื่องควรใช้แบบคอลัมน์อนุกรม ซึ่งเป็นการศึกษาโดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์อื่น เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่สนใจ

5.3.5 เนื่องจากสีธรรมชาติของตัวกลางที่หลุดออกมาปนเปื้อนในน้ำเสียทำให้น้ำเสียมีสีเข้มขึ้น และมีค่าทีโอซีสูงขึ้น ดังนั้นควรมีการพัฒนารูปแบบของตัวกลางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดปัญหาสีธรรมชาติที่หลุดออกมามาก โดยการนำมาทำเป็นถ่าน หรือถ่านกัมมันต์

5.3.6 ควรมีการศึกษาปรับปรุงคุณภาพตัวกลางจากวัสดุธรรมชาติเช่น ปรับสภาพตัวกลางให้เป็นกรด หรือเบส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดติด

5.3.7 ควรมีการศึกษาการกำจัดตัวกลางที่ผ่านการใช้งานแล้ว เช่นนำไปหมักเป็นปุ๋ย ทำแผ่นกระดาน ทำกระดาษ และวัสดุกันกระแทก เป็นต้น เพื่อไม่เป็นการเพิ่มภาระในการบำบัดน้ำเสีย และวางแผนการใช้งานตัวกลาง และระบบให้คุ้มค่าที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved