บทที่ 3

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดสีโดยใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

การนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ในการกำจัดสี เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศกำลังพัฒนา เนื่องจากประเทศเหล่านี้มีการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ มากโดยเฉพาะประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นจึงมีกากผลผลิตเหล่านี้เป็นจำนวนมาก จึงน่าจะมีการนำมาพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น

จากงานวิจัยต่างๆ ที่ได้มีการศึกษาไว้ในอดีตพบว่า วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่นำมาทดลองใช้บำบัดน้ำทิ้งที่มีสารละลายสีปนเปื้อนอยู่ อาทิเช่น ขี้เลื่อย (Sawdust) ชานอ้อย (Bagasse) ซังข้าวโพด (Corn Cob) ดินเหนียว (Clay) ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) ปูนขาว (Lime) เปลือกถั่วเหลือง (Soybean Hull) ก้านดอกทานตะวัน (Sun Flower Stalks) และ High Molecular Weight Amine (Kemamine T 1902D) เป็นต้น

Poots และคณะ, 1976 ศึกษาการกำจัดสีย้อมแอซิดโดยใช้ไม้และพีทที่ล้างด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอบแห้งที่ 90°ซ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เป็นตัวดูดซับสี ผลการศึกษาพบว่าไม้และพีทสามารถกำจัดสีย้อมแอซิดได้เป็นอย่างดี โดยพีทมีความสามารถในการดูดซับสีได้มากกว่าไม้ ซึ่งวัสดุทั้ง 2 ชนิดสามารถใช้แทนถ่านกัมมันต์ได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการเผาและกระตุ้นเหมือนถ่านกัมมันต์ เพียงอบให้แห้งก็นำไปใช้งานได้ แต่ไม้และพีทจะใช้เวลาสัมผัสก่อนเข้าถึงจุดสมดุลนานพอสมควร โดยพีทจะใช้เวลาสัมผัสประมาณ 2 ชั่วโมง ส่วนไม้จะใช้เวลาสัมผัสสูงถึง 6 ชั่วโมง จึงจะเข้าสู่สมดุล

Asfour และคณะ, 1985 ทำการวิจัยโดยใช้ขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็งที่มีความชื้น 13% เป็นตัวดูดซับสีของสารละลายเจือจางของสีย้อม การทดลองทำเป็นแบตช์ (Batch) โดยใช้สารละลายสี Astrazone Blue (Basic Blue FRR69) ศึกษาผลของการกวน อุณหภูมิ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายสี และขนาดของอนุภาคขี้เลื่อย ที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับสี ได้ผลดังตาราง 3.1 จากผลการทดลองพบว่า ความสามารถในการกำจัดสีของขี้เลื่อยในสารละลายสีที่มีความเข้มข้น 200 มิลลิกรัม / ลิตร สูงถึง 85% ที่เวลาสัมผัส 100 นาที และอุณหภูมิ 80°ซ โดยใช้ขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็งที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200-500 นาโนเมตร

Gupta และ Bhattacharya, 1985 ศึกษาการกำจัดสีของโรงงานฟอกเยื่อกระดาษโดยใช้ขี้เถ้าลอย (Fly Ash) ปูนขาว (Lime) และ High molecular weight amine (Kemamine T 1902D) โดยทำการทดลองแบบแบตช์ จากผลการทดลองพบว่า ขี้เถ้าลอยสามารถกำจัดสีได้ 94% ส่วนสารเอมีนมีความสามารถในการกำจัดสีได้ดีกว่าขี้เถ้าลอยคือกำจัดสีได้ประมาณ 97% แต่มีราคาสูงกว่ามาก และสำหรับปูนขาวกำจัดสีได้ 90%

ตาราง 3.1 ความสามารถในการดูดซับสีของขี้เลื่อยไม้เนื้อแข็ง

ความเร็วรอบในการกวน(รอบ / นาที)	100	200	400	800
ความสามารถในการดูดซับสี (มิลลิกรัมสี / กรัมขี้เลื่อย)	40	48	55	65
ความเข้มข้นสีเริ่มต้น(มิลลิกรัม / ลิตร)	100	150	200	250
ความสามารถในการดูดซับสี (มิลลิกรัมสี / กรัมขี้เลื่อย)	42	48	58	65
ขนาดของอนุภาค(นาโนเมตร)	63-125	125-250	250-500	500-1000
ความสามารถในการดูดซับสี (มิลลิกรัมสี / กรัมขี้เลื่อย)	75	60	57	50
อุณหภูมิ (°ซ)	25	40	60	80
ความสามารถในการดูดซับสี (มิลลิกรัมสี / กรัมขี้เลื่อย)	60	70	75	85

ที่มา: Asfour และคณะ, 1985

McKay และคณะ, 1987 ทดลองใช้ชานอ้อยกำจัดสีย้อมเบสิคและสีย้อมแอซิดอย่างละ 2 โทนสีคือ สีน้ำเงิน และสีแดง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิสีย้อมและขนาดโพรงชานอ้อยที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดติดผิว โดยทำการทดลองแบบแบตช์ ผลการทดลองพบว่า ชานอ้อยมีความสามารถในการดูดซับสีย้อมเบสิคได้สูงสุด เท่ากับ 158 มิลลิกรัมสี/กรัมชานอ้อย สำหรับสี Basic Blue 69 และ 77 มิลลิกรัมสี/กรัมชานอ้อย สำหรับสี Basic Red 22 แต่สามารถดูดซับสีย้อมแอซิดได้ต่ำกว่า คือเท่ากับ 23 มิลลิกรัมสี/กรัมชานอ้อย สำหรับสี Acid Red 114 และ 22 มิลลิกรัมสี/กรัมชานอ้อย สำหรับสี Acid Blue 25 ส่วนการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น พบว่าเป็นการเพิ่มการเคลื่อนที่ของไอออนขนาดใหญ่ในสีย้อม ทำให้ความสามารถในการดูดซับสีย้อมสูงขึ้น

McKay และคณะ, 1987 ศึกษาการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียโดยใช้สารดูดติดผิวราคาถูก 6 ชนิด คือ เปลือกไม้สัก แกลบข้าว เศษฝ้าย ถ่าน เส้นผม และเบนโทไนท์ ผลการทดลองพบว่าเบนโทไนท์เกิดพันธะที่แข็งแรงในการดูดติดสีย้อมทำให้การรีเจนเนอเรตเป็นไปได้ยาก ส่วนแกลบข้าว เปลือกไม้สักเศษฝ้าย และเส้นผม สามารถดูดติดผิวได้กับสีย้อมเบสิคเท่านั้น ทั้งยังเกิดการแลกเปลี่ยนประจุและพันธะเคมีในขณะที่มีการดูดติดผิวอีกด้วย

El-Geundi, 1991 ศึกษาการกำจัดสีย้อมเบสิค 2 สี คือ Astrazon Blue และ Maxilon Red และสีย้อมแอซิด 2 สี คือ Telon Blue และ Erionyl Red โดยใช้ซังข้าวโพดป่น ทำการทดลองโดยแปรค่าความเร็วในการกวน ขนาดอนุภาค และปริมาณของซังข้าวโพดป่น ผลการทดลองพบว่าซังข้าวโพดป่น สามารถดูดซับสีย้อมเบสิคได้ดี คือเท่ากับ 160 และ 94.5 มิลลิกรัม/กรัม ของสี Astrazon Blue และ Maxilon Red ตามลำดับ แต่สามารถดูดซับสีย้อมแอซิดได้ต่ำกว่า คือเท่ากับ 47.7 และ 41.4 มิลลิกรัม/กรัม ของสี Erionyl Red และ Telon Blue ตามลำดับ การเพิ่มความเร็วในการกวนและปริมาณของวัสดุ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการดูดติดผิวและการลดขนาดซังข้าวโพดป่นจะเพิ่มประสิทธิภาพการดูดติดผิว โดยให้ประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมเบสิคสูงกว่าสีย้อมแอซิด เนื่องจากซังข้าวโพดมีเซลลูโลสประกอบเป็นโครงสร้าง และเมื่อเซลลูโลสสัมผัสกับน้ำจะให้ประจุลบ ดังนั้นจึงสามารถดูดติดผิวกับสีย้อมประจุบวกได้

Li และ Zhao, 1991 ศึกษาทดลองเดินระบบกำจัดสีด้วยขี้เถ้าและเถ้าลอย ซึ่งใช้หลักการกรองติดผิวโดยระบบดังกล่าวสร้างเป็นชั้นกรองของเถ้า พบว่าให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อมสูง และได้แนะนำให้ใช้ระบบดังกล่าวแทนระบบทางชีวภาพและอีเล็คโตร-ไลซิสสำหรับโรงงานที่มีเถ้าเพียงพออยู่แล้วหรือใช้ร่วมกันในกรณีที่หาเถ้าได้ไม่พอ เพราะจะประหยัดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างระบบและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มากกว่าการเลือกใช้แต่เฉพาะระบบชีวภาพและอิเล็คโตรไลซิส

Nassar และ El-Geundi, 1991 ศึกษาค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีจากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมด้วยตัวดูดซับที่มาจากธรรมชาติ วัสดุธรรมชาติที่ใช้เป็นตัวดูดซับ คือ ดินเหนียว ขานอ้อย และซังข้าวโพด เปรียบเทียบกับผงถ่านกัมมันต์ สีที่ใช้ในการทดลองได้แก่ Telon Blue ANL (สีย้อมแอซิด ; λ_{max} = 600 นาโนเมตร), Maxilon Red BL-N (สีย้อมเบสิค ; λ_{max} = 535 นาโนเมตร) และ Astrazone Blue FRA (สีย้อมเบสิค ; λ_{max} = 585 นาโนเมตร) การทดลองทำเป็นแบตช์ โดยใช้ตัวดูดซับที่มีปริมาณเท่ากันในแต่ละแบตช์ แล้วแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายสี ที่อุณหภูมิ 23 -

27°ซ คิดค่าใช้จ่ายของวัสดุแต่ละชนิดเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่มีความสามารถในการดูดซับเท่ากันได้ ผลดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ค่าใช้จ่ายในการกำจัดสีของตัวดูดซับแต่ละชนิดเทียบกับถ่านกัมมันต์

สารละลายสี	ตัวดูดซับ	ค่าใช้จ่ายเปรียบเทียบ เมื่อใช้กำจัดสี 1 กิโลกรัม
Maxilon Red	ผงถ่านกัมมันต์	1.000
	ดินเหนียว	0.024
	ซังข้าวโพด	0.083
	ชานอ้อย	0.103
Astrazone Blue	ผงถ่านกัมมันต์	1.000
	ดินเหนียว	0.017
	ซังข้าวโพด	0.039
	ชานอ้อย	0.041
Telon Blue	ผงถ่านกัมมันต์	1.000
	ดินเหนียว	0.030
	ซังข้าวโพด	0.029
	ชานอ้อย	0.052

ที่มา: Meyer และคณะ, 1992

Meyer และคณะ, 1992 ศึกษาการกำจัดสีจากน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อมโดยใช้วัสดุทางธรรมชาติมาเป็นตัวดูดซับ วัสดุที่ใช้ได้แก่ ถ่านหินบาร์บีคิว (barbecue charcoal) พีชเส้นใย (vermiculite) ขี้เลื่อย (sawdust) ซังข้าวโพด (maize stack) ทราย (sand) ผักเน่า (peatmoss) และเปลือกข้าว (rice husks) ในการทดลองได้มีการศึกษาความสามารถในการกำจัดสีของวัสดุแต่ละชนิด พบว่าวัสดุทุกชนิดสามารถกำจัดสีได้มากกว่า 50% แต่วัสดุที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ ถ่านหินบาร์บีคิวและเปลือกข้าว มีประสิทธิภาพในการกำจัดสูงถึง 67% และ 65% ตามลำดับ จากผลการทดลองเบื้องต้น ได้นำถ่านหินบาร์บีคิวมาทดลองหาผลของพีเอชที่มีต่อประสิทธิภาพในการกำจัดสีของถ่านหินบาร์บีคิว โดยแปรค่าพีเอชจาก 4 ถึง 9 พบว่าในช่วงพีเอชระหว่าง 5 ถึง 8 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีของถ่านหินบาร์บีคิวค่อนข้างคงที่ นอกจากนี้ได้ทำการทดลองในถังปฏิกรณ์แบบชั้นตรึง (fixed-bed reactor) เพื่อบ่งชี้ถึงความสามารถในการดูดซับของถ่านหินบาร์บีคิวโดยให้น้ำ

ไหลจากบนลงล่าง และมีเวลากักน้ำเท่ากับ 1.6 ชั่วโมง พบว่าถ่านหินจะอิ่มตัวเต็มที่เมื่อวันที่ 25 ของการทดลอง โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีเฉลี่ยเท่ากับ 82%

Laszlo และ Dintzis, 1994 ทำการวิจัยปรับปรุงเสถียรภาพทางกายภาพ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกของเปลือกถั่วเหลือง และชานอ้อย ด้วยการสร้างครอสส์ลิงก์โดยใช้ อีพิคลอโรไฮดรินและเบส ทดสอบเสถียรภาพของวัสดุทั้งสองชนิดด้วยวิธีทางเคมี 3 วิธี คือ NDF Treatment (Natural Detergent Fiber Treatment) Soxhlet Treatment และ Sodiumborate buffer Treatment พบว่า เปลือกถั่วเหลืองและชานอ้อยที่ไม่ได้ผ่านการสร้างครอสส์ลิงก์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนลดลงมากกว่าครึ่งหนึ่ง ในขณะที่เปลือกถั่วเหลืองและชานอ้อยที่ผ่านการสร้างครอสส์ลิงก์ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนลดลงน้อยมาก (ไม่เกิน 1%) เมื่อทดสอบด้วยวิธี NDF และ Soxhlet ไม่เกิน 20% และ 30% ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยวิธี Sodiumborate buffer พบว่าเปลือกถั่วเหลืองและชานอ้อยที่ผ่านการบำบัดด้วยอีพิคลอโรไฮดริน จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนเท่ากับ 0.9 มิลลิอิควิวาเลนต์/กรัม (น้ำหนักแห้ง) และ 1.3 มิลลิอิควิวาเลนต์/กรัม (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

Laszlo, 1995 ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของอิเลกโทรไลต์ (Electrolyte) ในการกำจัดสีรีแอกทีฟที่ละลายน้ำ โดยใช้ควอร์เทอร์ไนซ์เซลลูโลส ผลการทดลองพบว่า ควอร์เทอร์ไนซ์เซลลูโลสสามารถกำจัดสีสีรีแอคทีฟที่ละลายน้ำได้ แม้ในสภาพที่มีสารอิเลกโทรไลต์ความเข้มข้นสูง และยังพบว่าควอร์เทอร์ไนซ์เซลลูโลสสามารถทำการฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) ด้วยด่างแก่ได้ ซึ่งประหยัดกว่าการใช้สารแลกเปลี่ยนไอออนแบบอื่นในการกำจัดสีจากน้ำทิ้ง

Mehna และ คณะ, 1995 ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกำจัดสีจากน้ำทิ้งของโรงงานเยื่อกระดาษ โดยใช้เชื้อรา *Trametes Versicolor* Strain B7 ร่วมกับผลผลิตทางการเกษตรและสารอื่นๆ คือ กลูโคส เอทธานอล คาร์บอกซีเมทธิล เซลลูโลส และชานอ้อย ผลการทดลองสรุปได้ว่า พีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดสีด้วยเชื้อราชนิดนี้คือ 4.5-5.0 และอุณหภูมิ 25-30°ซ ในการทดลองใช้ความเข้มข้นสีเท่ากับ 18,500 หน่วย สามารถกำจัดสีได้ 92% และกำจัดซีโอดีได้ 69%

Laszlo, 1996 ทำการวิจัยโดยใช้ชานอ้อยกำจัดสีในน้ำทิ้งของโรงงานฟอกย้อม การกำจัดสีและการปรับปรุงคุณภาพ โดยนำชานอ้อยที่ผ่านการควอเทอร์ไนซ์และครอสลิงก์ ด้วยCHMAC และอีพิคลอโรไฮดริน เป็นเรซินที่ใช้ในการกำจัดสีเปรียบเทียบกับ Delinified Bagasse Resin และ Quarternary ammonium Cellulose (QA52) สีที่ใช้ในการวิจัยคือ Remazol Brillian Red (F3B) ทำ

การทดลองแบบแบตช์ จากการวิจัยพบว่าชานอ้อยที่ผ่านการควอเทอร์ไนซ์และครอสลิงก์ มีความสามารถในการกำจัดสีในสภาวะที่เป็นเบสดีกว่า QA52 และ Delinified Bagasse ดังนี้ ในสารละลายที่มีความเป็นเบสมากขึ้นประสิทธิภาพในการกำจัดสีของชานอ้อยที่ผ่านการควอร์เทอร์ไนซ์และครอสลิงก์ลดลงจาก 80% เป็น 25% ส่วน QA52 และ Delinified Bagasse Resin มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีลดลงจาก 70% เป็น 10% และ 85% เป็น 5% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า เรซินที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุด คือ กำจัดได้ 95% ภายในเวลา 5-15 นาที ควรมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 100 ไมโครเมตร

Ahmedna และ คณะ, 1997 ศึกษาการกำจัดสีของน้ำตาลดิบ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นจากแกลบ ฟางข้าว เปลือกถั่วเหลือง และ Pecan Shells ที่สภาวะการเผากระตุ้นแตกต่างกัน ผลการทดลองพบว่า ฟางข้าวและแกลบให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูงสุดประมาณ 60% และเปลือกถั่วเหลืองให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ต่ำสุดคือ ต่ำกว่า 20%

Sun และ Xu, 1997 ทำการศึกษาความสามารถในการกำจัดสีของก้านดอกทานตะวัน โดยใช้สีเบสิก 2 สี คือ Methylene Blue และ Basic Red 9 และ สีไดเรกท์ 2 สี คือ Direct Blue และ Congo Red ทำการทดลองโดยแปรค่าความเข้มข้นของสี ขนาดอนุภาคของวัสดุ และ ส่วนต่างๆ ของก้านดอกทานตะวัน จากการทดลองพบว่า ความสามารถในการดูดซับสีเบสิกทั้ง 2 สีสูงมาก คือเท่ากับ 205 และ 317 มิลลิกรัม/กรัม ของสี Methylene Blue และ Basic Red 9 ต่อวัสดุ ตามลำดับ สำหรับสีไดเรกท์มีความสามารถในการดูดซับสีเท่ากับ 26.8 และ 37.8 มิลลิกรัม/กรัม ของสี Direct Blue และ Congo Red ตามลำดับ ความสามารถในการดูดซับสีของส่วนต่างๆ ของก้านดอกทานตะวันยังแตกต่างกันอีกด้วยคือ ที่แก่นของก้านซึ่งเป็นส่วนที่นุ่ม และ มีรูพรุน จะมีความสามารถในการดูดซับสีเป็น 2 เท่าของเปลือก นอกจากนี้ ขนาดอนุภาคของวัสดุมีผลต่อการดูดซับสีด้วย โดยอนุภาคขนาดเล็กจะมีความสามารถในการดูดซับสีมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ โดยสรุปอัตราการดูดซับสีเบสิกทั้ง 2 ชนิดจะมากกว่าสีไดเรกท์ คือ ภายในเวลา 30 นาที สีเบสิกถูกกำจัดได้ 80% และอัตราการดูดซับสีย้อมที่มีคุณสมบัติเป็นแคทไอออนจะสูงกว่าแอนไอออน

Shi และคณะ, 1999 ได้นำก้านดอกทานตะวันมาพัฒนาความสามารถในการดูดติดผิวโดยปรับสภาพด้วยวิธีทางเคมี โดยหมู่ quaternary ammonium ถูกทำปฏิกิริยาทางเคมีให้ยึดติดกับก้านดอกทานตะวันเพื่อให้สามารถดูดติดผิวสีประจุลบในน้ำเสีย ทำการทดลองกับสารละลายสี 2 ชนิด คือ สีเบสิค (ประจุบวก) 2 สี ได้แก่ Methylene Blue และ Basic Red 9 และ สีไดเรกท์ (ประจุลบ) 2 สี ได้แก่ Congo Red และ Direct Blue 71 แล้วใช้สมดุลไอโซเทอร์ม (Equilibrium Isoterm)

และไคเนติกแอดซอร์พชั่น (Kinetic Adsorption) ในการหาค่าการดูดติดผิว ซึ่งก่อนทำการปรับสภาพก้านดอกทานตะวันมีความสามารถในการดูดติดผิวสีไดเรกท์ต่ำแต่ดูดติดผิวได้ดีกับสีเบสิค ซึ่งหลังการปรับสภาพก้านดอกทานตะวันแล้วพบว่ามีความสามารถในการดูดติดผิวสีประจุลบสูงขึ้นแต่จะทำให้การดูดติดผิวสีประจุบวกลดลง

Valencia **และ คณะ**, 1999 ศึกษาการกำจัดสีย้อมเบสิคและรีแอคทีฟ อย่างละ 2 โทนสี คือ สีน้ำเงิน และสีแดง โดยใช้ Corn Fiber เป็นตัวดูดซับสี สีย้อมที่ใช้ได้แก่ สี Basic Blue 54 (BB54) Basic Red 46 (BR46) Reactive Blue 52 (RB52) และ Reactive Red 120 (RR120) ศึกษาผลของอุณหภูมิและพีเอช ที่มีต่อประสิทธิภาพในการดูดซับสี ผลการทดลองพบว่า เมื่อกำหนดให้ค่าพีเอชคงที่เท่ากับ 5.0 ความสามารถในการดูดซับสีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และเมื่อให้อุณหภูมิคงที่ 28°ซ ความสามารถในการดูดซับสีจะเพิ่มขึ้น เมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น โดย Corn Fiber สามารถดูดซับสีย้อมเบสิคได้ดีกว่าสีย้อมรีแอคทีฟ และดูดซับสีน้ำเงินได้ดีกว่าสีแดง

Ahmedna และคณะ, 2000 ศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อย และ Pecan Shells ที่สภาวะการเผากระตุ้นต่างๆ และทดสอบประสิทธิภาพถ่านกัมมันต์โดยการดูดซับสีของน้ำตาลจากโรงงานน้ำตาล ผลการทดลองพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ทำจากชานอ้อยที่ใช้ Corn Syrup เป็นสารปรุงแต่ง ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้สูงสุดประมาณ 17%

Ahmedna และคณะ, 2000 ศึกษาลักษณะพื้นผิวและประสิทธิภาพการลดสีของน้ำตาลดิบจากโรงงานน้ำตาล โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตขึ้นจากชานอ้อยที่มี Corn Syrup และ Coal Tar เป็นสารปรุงแต่ง ผลการศึกษาพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสำหรับการลดสีของน้ำตาลควรมีพื้นที่ผิวและมีสัดส่วนของรูพรุนขนาดเล็กและใหญ่ที่เหมาะสม และมีประจุที่ผิวตรงข้ามกับสารถูกดูดซับ กล่าวคือ ถ้าสารถูกดูดซับมีประจุตรงกับพื้นที่ผิวคาร์บอน จะเกิดการผลักกันทำให้ขัดขวางการดูดซับ แต่ถ้าประจุต่างกันจะดูดกัน ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพของคาร์บอนในการดูดซับสีของน้ำตาลจะลดลง เมื่อเพิ่มประจุลบที่ผิวคาร์บอน และประสิทธิภาพการดูดซับสีจะเพิ่มสูงสุด เมื่อคาร์บอนที่ใช้ไม่มีประจุลบ แสดงให้เห็นว่า น้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล เป็นน้ำเสียที่มีประจุลบ

ชลธา และคณะ, 2538 ศึกษาการกำจัดสีกากน้ำตาล โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากชานอ้อย และศึกษาผลของความชื้นที่ใช้ในการกระตุ้นถ่านให้ได้ถ่านกัมมันต์ ผลการทดลองพบว่าความชื้นที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ 54.4% ซึ่งจะให้ผลการดูดซับสีกากน้ำตาลได้สูงสุดถึง 97.4%

สัญชวัล อิงคภาคย์, 2539 ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดซีโอดี และสีจากน้ำชะมูลฝอย ด้วยกระบวนการดูดติดผิวโดยใช้ถ่านกัมมันต์ ถ่านไม้ และแกลบ ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของสารดูดติดผิว ทำการทดลองแบบแบตท์ โดยทดสอบไอโซเทอมของการดูดติดผิว และทดลองแบบต่อเนื่องโดยศึกษาความสามารถในการดูดติดผิว ผลการทดลองพบว่า ถ่านไม้และถ่านแกลบ ไม่มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม เนื่องจากความสามารถในการดูดติดผิวซีโอดีและสีต่ำ ส่วนถ่านกัมมันต์มีความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม โดยประสิทธิภาพเริ่มต้นของการลดซีโอดีและสีอยู่ในช่วง 78-97% และ 37-96% ตามลำดับ และที่ความสูงของถ่านกัมมันต์ 1.2 เมตร อัตราภาระบรรทุกทางน้ำ 0.15 ลูกบาศก์เมตร/ตารางเมตร-ชั่วโมง ความเข้มข้นซีโอดีเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร จะให้ความสามารถในการลดซีโอดีและสีสูงสุด

วิภาดา และศรีประภา, 2540 ศึกษาการกำจัดสีไดเรกซ์ด้วยผงผักตบชวา โดยสีไดเรกท์ที่ใช้ได้แก่ สี Sirus Red F3B, Sirus Red Violet RL, Sirus Blue S-BRR และ Sirus Orange K-CF โดยทำการทดลองแบบแบตช์ ผลการทดลองพบว่าผงผักตบชวาจะดูดซับสีไดเรกท์ทุกชนิดได้อย่างรวดเร็ว โดยจะใช้เวลาถึงจุดสมดุลน้อยกว่า 40 นาที และจะมีค่าประสิทธิภาพการบำบัดสูงประมาณ 90% และสามารถบำบัดสีได้ดีในช่วงพีเอช 6-10 นอกจากนี้ การฟื้นฟูสภาพ (Regeneration) ของผักตบชวา สามารถทำได้ง่าย โดยแช่ผักตบชวาในสารละลายเมธานอล 50% หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอช 11.0 แต่การฟื้นฟูสภาพนั้นไม่คุ้มค่า เนื่องจากผงผักตบชวามีราคาถูก และการล้างสีออกมาได้น้อย จึงไม่เหมาะต่อการนำกลับมาใช้ใหม่

จิรภรณ์ อารยเมธาเลิศ, 2542 ศึกษาถึงประสิทธิภาพในการกำจัดสีของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนชนิดควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงก์เซลลูโลสที่ทำจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร วัสดุที่ใช้ในกาทดลอง ได้แก่ ชานอ้อย ผักตบชวา และเส้นใยลูกปาล์ม การทดลองจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัสดุทั้งสามชนิดที่ไม่ได้ผ่านการปรับสภาพ (Untreated cellulose) และวัสดุที่ผ่านการปรับสภาพด้วยสารควอร์เทอร์ไนซ์และสารสร้างครอสส์ลิงก์ (Quarternized Crosslinked cellulose) โดยทำการทดลองกับสี 2 ชนิด คือสีรีแอคทีฟ (Remazol Black B, Remazol Brilliant Blue R และ Remazol Brilliant Red 3BS) และสีไดเรกท์ (Best Direct Black B, Sirius Blue KCFN และ Sirius Rubine KZBL) ที่มีความเข้มข้น 10 20 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยเครื่องจาร์เทส ผลการทดลองพบว่า ชานอ้อย ผักตบชวา และ เส้นใยลูกปาล์มที่ไม่ผ่านการปรับสภาพจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีต่ำกว่าควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์

ลิงก์เรซินที่ทำจากวัสดุชนิดเดียวกัน โดยประสิทธิภาพของวัสดุทั้ง 3 ชนิดที่ไม่ผ่านการปรับสภาพจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า 4 % (%การกำจัดต่อกรัมของวัสดุ) ในขณะที่ควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงก์ชานอ้อย ควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงก์ผักตบชวา และควอร์เทอร์ไนซ์ครอสส์ลิงก์เส้นใยลูกปาล์ม มีประสิทธิภาพสูงถึง 95 – 99 %