บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ข้อมูลพื้นฐานของน้ำกากส่าจากโรงงานสุรา

2.1.1 ความหมายและประวัติการผลิตสุรา

ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม "สุรากลั่น" (มอก. 2088 – 2544) ของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2544: 1) ได้กำหนดนิยามของสุราไว้ว่า สุรา หมายถึง เครื่องดื่มที่มีแรงแอลกอฮอล์เกิน 0.5 ดีกรี แต่ไม่เกิน 80 ดีกรี (ดีกรี หมายถึง ร้อยละโดยปริมาตรของแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) และสุรากลั่น หมายถึง สุราที่ได้จากการกลั่นน้ำส่าเป็นสุรา หรือกลั่นน้ำส่าเป็นแอลกอฮอล์ก่อนแล้วปรุงแต่งให้เป็นสุรา ซึ่งน้ำส่า (Fermented Mash) หมายถึง สิ่งที่ได้จากการหมักธัญชาติ แป้งจากพืชอื่น ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล นอกจากนี้สุรากลั่นยังมีความหมายรวมถึงสุรากลั่นที่ผสมกับของอื่นหรือเครื่องดื่มชนิดอื่น แต่ถ้าผสมกับไวน์ต้องได้แรงแอลกอฮอล์เกิน 23 ดีกรี โดยที่ชื่อของสุรากลั่นจะเรียกชื่อตามกรรมวิธีผลิตที่แตกต่างกัน เช่น วอดกา สุราขาว สุราผสม สุราผสมพิเศษ สุราปรุงพิเศษ ยิน วิสกี้ บรั่นดี รัม เป็นต้น

สุราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ สุราแช่และสุรากลั่น สุราแช่ หมายถึง สุราที่ผ่านการหมักแต่ไม่ได้กลั่น ได้แก่ เบียร์ สุราผลไม้ หรือไวน์ และสุราแช่พื้นเมือง ได้แก่ อุ สาโท และน้ำตาลเมาหรือกระแช่ เป็นต้น ส่วนสุรากลั่น หมายถึง สุราที่ได้กลั่นแล้ว ได้แก่ สุราขาว สุราสามทับ สุราผสม สุราปรุงพิเศษ และสุราพิเศษ สุราแช่บางครั้งเรียกว่า "เมรัย" ส่วนคำว่า "สุรา" โดยทั่วไปจะหมายความถึงสุรากลั่นโดยเฉพาะ สุราชนิดแรกที่มนุษย์ผลิตขึ้น คือ สุราแช่ โดยนำข้าวมาหมักทำเบียร์ครั้งแรกประมาณ 3,500 – 4,000 ปีก่อนคริสตกาล ส่วนสุรากลั่นมนุษย์ทำได้หลังจากนั้นประมาณ 4,000 ปี โดยเชื่อว่าคนจีนรู้จักกลั่นสุรามาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 7 แล้ว แต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก จนมาในคริสต์ศตวรรษที่ 12 ชาวยุโรปรู้จักการกลั่นแอลกอฮอล์จากไวน์โดยนำมาใช้ในการรักษาพยาบาลเป็นส่วนใหญ่ การกลั่นสุราในยุโรปเริ่มเป็นอุตสาหกรรมเพื่อการบริโภคเมื่อศตวรรษที่ 17 หรือ 18 นี้เอง (ไพศาล วิสาโล, 2537: 1 – 6; ดารณี หมู่ขจรพันธ์, 2547: 41)

2.1.2 **อุตสาหกรรมสุรา**

ภาวะเศรษฐกิจมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมสุราในประเทศ สังเกตจากการเปลี่ยนแปลงในระยะเวลา 7 ปีที่ผ่านมาระหว่าง พ.ศ. 2541 – 2547 ปริมาณสุราประเภทสุราขาว 28 ดีกรี สุราผสม 28 ดีกรี สุราพิเศษ และสุราปรุงพิเศษ ที่ผลิตและจำหน่ายในประเทศที่รัฐบาลเก็บภาษีได้มีปริมาณ 780.8 ล้านลิตรในปี พ.ศ. 2541 และเพิ่มเป็น 1,035.2 ล้านลิตรในปี พ.ศ. 2542 ส่วนในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2545 มีปริมาณการจำหน่ายที่ลดลงมาก อาจเป็นเพราะช่วงนั้นเป็นช่วงเศรษฐกิจชะลอตัวโดยมีปริมาณการจำหน่ายสุราอยู่ในช่วง 78.6 – 435.3 ล้านลิตร และปริมาณการจำหน่ายสุรากลับมาเพิ่มมากขึ้นอีกในปี พ.ศ. 2546 ต่อเนื่องมาถึงปี พ.ศ. 2547 โดยมีปริมาณการจำหน่าย 1,010.5 ล้านลิตร และ 1,324.3 ล้านลิตร ตามลำดับ ปริมาณสุรากลั่นภายในประเทศที่เสียภาษีสุราตามสถิติของกรมสรรพสามิต ระหว่างปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2547 แสดงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณสุรากลั่นที่เสียภาษีสุราในปีงบประมาณ พ.ศ. 2541 – 2547

ประเภทสุรา	ปริมาณสุราที่เสียภาษีสุรา (ล้านลิตร) ปีงบประมาณ (พ.ศ.)						
	2541	2542	2543	2544	2545	2546	2547
สุราขาว 28 ดีกรี	418.0	615.0	177.0	23.8	347.2	828.0	1,108.0
สุราผสม 28 ดีกรี	99.6	132.6	94.8	27.2	41.5	26.6	30.5
สุราพิเศษ	155.2	206.7	76.9	16.8	33.3	124.0	176.7
สุราปรุงพิเศษ	108.0	80.9	17.7	10.8	13.3	31.9	9.1
รวมแต่ละปี	780.8	1,035.2	366.4	78.6	435.3	1,010.5	1,324.3

แหล่งที่มา: กรมสรรพสามิต, 2548.

กระทรวงการคลังเป็นผู้ควบคุมการผลิตและกำหนดภาษีสุราภายใต้พระราชบัญญัติสุรา พ.ศ. 2493 ซึ่งจะออกข้อกำหนดรายละเอียดการควบคุมสุราในรูปประกาศกระทรวงการคลังเรื่องวิธีการบริหารงานสุรา และประกาศกรมสรรพสามิต โดยด้านการตลาดของสุราไทยกำหนดให้มีร้านขายส่งสุราประจำจังหวัด ๆ ละ 1 แห่ง และร้านสาขาขายส่งสุราประจำอำเภอ ยกเว้นอำเภอที่ตั้งร้านขายส่งสุราประจำจังหวัด สำหรับร้านจำหน่ายปลีกให้มีจำนวนร้านทุกหมู่บ้านที่

เป็นย่านชุมชนให้มากที่สุด และเมื่อเจ้าพนักงานเห็นสมควรจัดตั้งขึ้น ณ ที่ใดอีก ผู้ขายส่งจะต้องจัดส่ง ณ ที่นั้นด้วย โดยขายไม่เกินราคาขายส่งในปัจจุบัน จากการส่งเสริมการตลาดของภาครัฐนี้ทำให้ตลาดสุราในประเทศขยายตัวอย่างต่อเนื่อง สร้างรายได้ให้กับรัฐเป็นจำนวนมากต่อปี (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ศูนย์วิจัยยาเสพติด, 2544: 3; ดารณี หมู่ขจรพันธ์, 2547: 42)

ส่วนการผลิตสุรา จากข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ณ สิ้นปี พ.ศ. 2547 มีจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการต้ม กลั่น หรือผสมสุรา (โรงงานประเภทที่ 16 ตามการแบ่งประเภทโรงงานอุตสาหกรรม) มีอยู่ด้วยกัน 25 โรงงาน โดยโรงงานผลิตสุรากลั่นหลัก ๆ ของประเทศ คือ โรงงานผลิตสุรากรมสรรพสามิต 12 แห่ง ภายใต้การดำเนินการของกลุ่มบริษัทสุราทิพย์ ดำเนินกิจการผลิตสุราขาวและสุราผสมตามตามสัญญาที่ทำไว้กับกรมสรรพสามิต มีสถานที่ตั้งในจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศ คือ เชียงใหม่ นครสวรรค์ อุตรดิตถ์ ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา อุบลราชธานี หนองคาย บุรีรัมย์ กาญจนบุรี ราชบุรี สุราษฎร์ธานี และขอนแก่น นอกจากนี้ยังมีโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 จังหวัดปทุมธานี ที่ผลิตสุราตามสัญญากับกรมโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนโรงงานผลิตสุรากลั่นอื่น ๆ ได้แก่ โรงงานสุราของ บริษัท แสงโสม จำกัด ที่จังหวัดกาญจนบุรีและนครปฐม โรงงานสุรา บริษัท บุญรอดเทรดดิ้ง จำกัด จังหวัดขอนแก่น โรงงานสุรา บริษัท โรงงานสุราพิเศษสุวรณภูมิ จำกัด จังหวัดนครปฐม และโรงงานสุราพิเศษ บริษัท ยูไนเต็ดไวน์เนอรี่ แอนด์ ดิสทิลเลอรี่ จำกัด จังหวัดนครปฐม เป็นต้น (เปรมปรี ณ สงขลา, 2529ค: 6; กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2548)

2.1.3 การผลิตสุรา

การผลิตแอลกอฮอล์หรือสุรานั้น กรรมวิธีหลัก คือ การเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยการหมักและกลั่น ซึ่งขั้นตอนการผลิตสุรากลั่นตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนถึงการบรรจุขวดรอการจำหน่ายมีดังนี้ (เปรมปรี ณ สงขลา, 2529ก: 9 – 10; ชวลิต ตั้งตระกูล, 2547: 112 – 119)

2.1.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

1) วัตถุดิบที่มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น องุ่น อ้อย สับปะรด หรือกากน้ำตาล (Molasses) วัตถุดิบเหล่านี้สามารถที่จะนำมาหมักให้ได้แอลกอฮอล์โดยตรงแล้วทำการกลั่นได้เลย เช่น การผลิตบรั่นดีจากองุ่น รัมจากอ้อย เป็นต้น การเตรียมการผลิตต้องศึกษาวัตถุดิบที่จะใช้โดยตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความหวาน ร้อยละของกรด ชนิดของกรด ค่าพีเอช (pH) ความสะอาด เป็นต้น โดยกากน้ำตาลก่อนทำการหมักต้องมีการเติมน้ำในถังหมักเพื่อเจือจางให้ได้ความหวานตามที่กำหนด น้ำผลไม้และกากน้ำตาลที่จะใช้หมักควรมี

ความหวานประมาณ 14 – 16 ° Brix เพื่อให้ได้ระดับแอลกอฮอล์หลังสิ้นสุดการหมักประมาณ 7 – 8 ดีกรี

2) วัตถุดิบที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก เช่น ข้าวชนิดต่าง ๆ มันสำปะหลัง เป็นต้น วัตถุดิบประเภทนี้จะต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อนโดยอาศัยเชื้อรา 2 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus oryzae* และ *Mucor oryzae* ซึ่งเชื้อราทั้ง 2 สายพันธุ์นี้จะมีเอนไซม์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลได้ กรณีที่ใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบนั้นต้องนึ่งข้าวเหนียวก่อนเพื่อเปลี่ยนสภาพแป้งในข้าวเหนียวให้เป็นแป้งที่ละลายน้ำได้ก่อนจึงเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลต่อไป

2.1.3.2 การหมัก (Fermentation)

เป็นขั้นตอนการใช้ยีสต์ (Yeast) เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ กระบวนการหมักที่ดีจะต้องมีการเลือกสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมกับวัตถุดิบและมีการควบคุมสภาพแวดล้อมการหมักที่เหมาะสมจะทำให้ยีสต์ผลิตสารประกอบต่าง ๆ ในปริมาณที่พอดีซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของแอลกอฮอล์ที่ทำการหมักเป็นอย่างมาก โดยยีสต์แบ่งออกได้เป็นยีสต์ที่เพาะเลี้ยงขึ้น (Cultinated Yeast) และยีสต์ป่า (Wild Yeast) ซึ่งเป็นยีสต์ธรรมชาติเกิดขึ้นในผลไม้ที่เริ่มเสีย สามารถแยกเชื้อออกมาทำการคัดสายพันธุ์ได้

ผลผลิตที่ได้จากการหมัก เรียกว่า น้ำส่า (Fermented Mash) น้ำส่าที่จะนำไปทำการกลั่นต้องผ่านการหมักที่สมบูรณ์จนได้แอลกอฮอล์เต็มที่จะใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมง ได้แอลกอฮอล์ประมาณร้อยละ 7 – 8 โดยปริมาตร

2.1.3.3 การกลั่นสุรา (Distillation)

การกลั่นสุรา หมายถึง การแยกแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักของยีสต์ออกจากน้ำส่า สำหรับการกลั่นสุรากลั่นประเภทวิสกี้และบรั่นดีแบ่งเป็นการกลั่นทับที่ 1 และการกลั่นทับที่ 2

การกลั่นทับที่ 1 เป็นการนำน้ำส่าที่ได้มาจากกระบวนการหมักมากลั่น ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ที่ได้จากการกลั่นทับที่ 1 จะมีปริมาณร้อยละ 21 – 25 โดยปริมาตร

การกลั่นทับที่ 2 เป็นการนำแอลกอฮอล์จากการกลั่นทับที่ 1 มากลั่น โดยสุราที่กลั่นได้ในทับที่ 2 ที่เหมาะสมต่อการบริโภคจะมีแอลกอฮอล์อยู่ในช่วงร้อยละ 70 – 75 โดยปริมาตร

หม้อกลั่นประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ตัวหม้อ (Pot) คอหงส์ (Swan Neck) และส่วนควบแน่น (Condenser) ตัวหม้อเป็นส่วนที่รับน้ำส่าที่จะทำการกลั่น วัสดุที่ใช้ใน

อดีตมักจะทำด้วยทองแดงเนื่องจากมีความอ่อนตัว นำความร้อนได้ดี และทนต่อการกัดกร่อน แต่ปัจจุบันมักจะทำด้วยเหล็กปลอดสนิม คอหงส์เป็นส่วนที่ติดกับตัวหม้อตามแนวดิ่งมีหลายรูปแบบและขนาด โดยต้องมีรูปทรงที่สอดคล้องกับชนิดสุรากลั่นและกรรมวิธีการกลั่นว่าเป็นการกลั่นทับที่ 1 หรือทับที่ 2 วัสดุที่นิยมใช้ทำคอหงส์ คือ ทองแดงหรือวัสดุชนิดเดียวกับตัวหม้อ และส่วนสุดท้าย คือ ส่วนควบแน่น เป็นท่อแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อดึงความร้อนแฝงจากการกลั่นออกจากไอ โดยปกติทำด้วยทองแดง แต่ในปัจจุบันบางบริษัททำด้วยเหล็กปลอดสนิม ขดเป็นเกลียวหรือรวมกันเป็นมัดมีน้ำล้อมรอบ

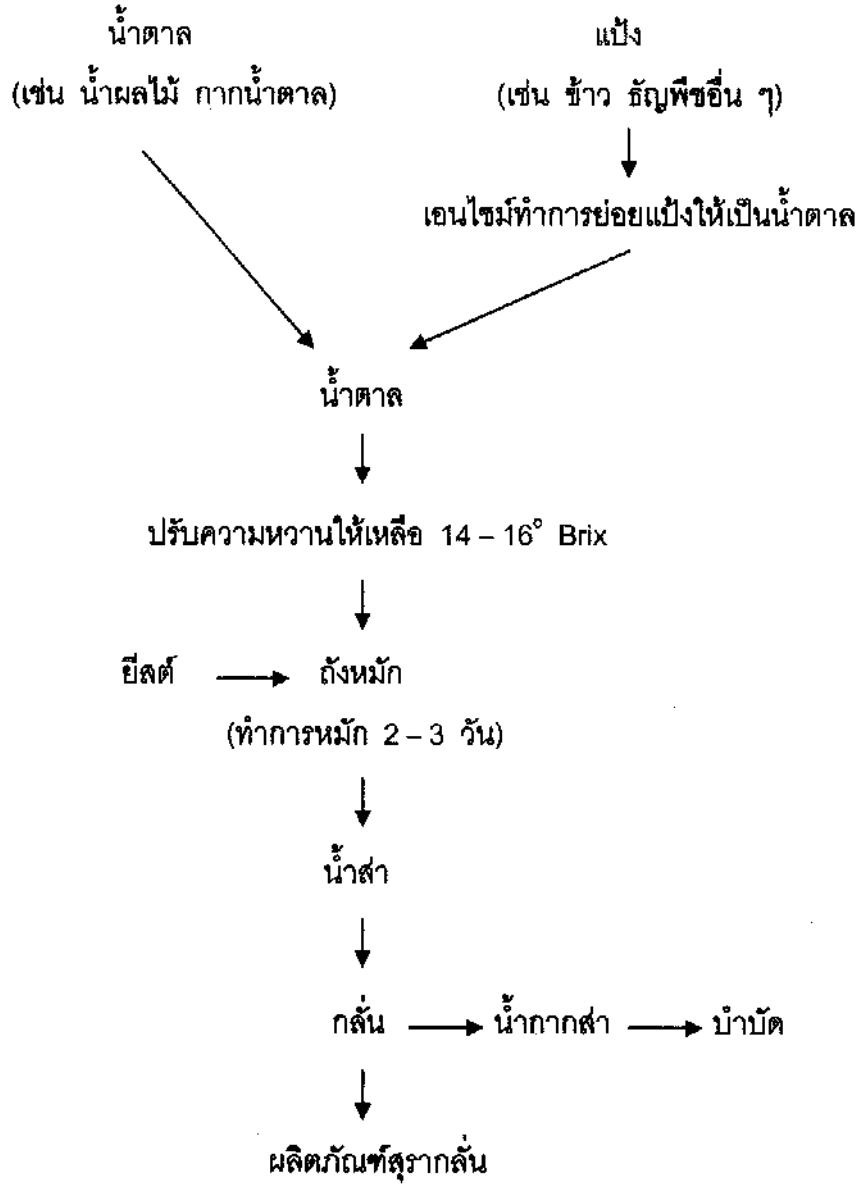
2.1.3.4 การเก็บบ่ม

การเก็บบ่มสุราแต่ละชนิดจะมีวิธีการเก็บและภาชนะที่ใช้ในการเก็บบ่มแตกต่างกัน เช่น วิสกี้ บรั่นดี และรัมบางชนิดต้องการการเก็บบ่มในถังไม้ ส่วนวอดกา รัมขาว ต้องเก็บบ่มในถังเหล็กปลอดสนิม เป็นต้น การเก็บบ่มเพื่อเป็นการพัฒนากลิ่นและรสของสุรา กลิ่นและรสที่ได้จากการเก็บบ่มน้ำสุรากลั่น เช่น การเก็บบ่มในถังไม้โอ๊ก (Oak Cask) เป็นส่วนสำคัญในการผลิตสุรากลั่นประเภทวิสกี้ บรั่นดี และสุราอื่น ๆ อีกหลายชนิด เนื่องจากถังไม้โอ๊กให้กลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์จากสารประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในไม้โอ๊ก นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในการเก็บบ่มก็มีผลต่อคุณภาพของสุรา เช่น อุณหภูมิมีผลต่อการสกัดกลิ่นรสจากถังไม้ ความชื้นมีผลต่อการระเหยและความคงทนของถังไม้ ความสะอาดของสถานที่มีผลทำให้ไม่เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เป็นต้น

2.1.3.5 การผสมและบรรจุขวด

การผสมสุราขึ้นอยู่กับวัตถุดิบในแต่ละท้องถิ่น และความต้องการของตลาด เมื่อผสมได้ตามสัดส่วนที่ต้องการแล้ว นำมาทำการกรองเพื่อให้น้ำสุราเกิดความใส สุราขาวอาจทำการกรองด้วยผ้าขาวบาง สำลี หรือกระดาษกรองขนาด 10 ไมครอน ส่วนวิสกี้และบรั่นดี ผู้บริโภคต้องการสุราที่ใสมากอาจใช้การกรองผ่านกระดาษกรองขนาดประมาณ 2 – 5 ไมครอน สำหรับสุราที่มีการเติมน้ำตาลหรือผลไม้เพิ่มอีก จำเป็นต้องทำการฆ่าเชื้อก่อนหรือหลังการบรรจุขวดในทันที

ขั้นตอนการผลิตสุรากลั่นและแหล่งที่มาของน้ำกากส่าแสดงตามภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการผลิตสุรากลั่นและแหล่งที่มาของน้ำกากส่า

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก ชวลิต ตั้งตระกูล, 2547: 114.

2.1.4 แหล่งที่มาและลักษณะของน้ำกากส่า

2.1.4.1 แหล่งที่มาและปริมาณน้ำกากส่าที่เกิดขึ้น

ในการผลิตสุราหลังจากผ่านขั้นตอนการหมักจะได้น้ำส่า (Fermented Mash) เพื่อนำไปกลั่นแยกแอลกอฮอล์ออก ส่วนที่เหลือจากกระบวนการกลั่นก็ทิ้งออกมาเป็นน้ำกากส่า (Distilled Slop) หรือกล่าวได้ว่า น้ำกากส่า คือ น้ำส่าที่ถูกกลั่นเอาแอลกอฮอล์ออกแล้วและระบายทิ้งเป็นน้ำเสียออกมาจากหม้อกลั่น

สำหรับปริมาณน้ำกากส่าที่เกิดขึ้นจากการผลิตสุรา สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2527: 2, 2528: 98) รายงานว่า น้ำกากส่าจะมีปริมาณ 3.5 เท่าของอัตราการผลิตสุราขาว ซึ่งโรงงานสุราที่ผลิตสุรา 6,000 เทต่อวัน (1 เท = 20 ลิตร) ที่แรงแอลกอฮอล์ 28 ดีกรี จะมีปริมาณน้ำกากส่าเหลือทิ้งจากกระบวนการกลั่นประมาณ 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

ส่วนการเกิดน้ำกากส่าจากการผลิตแอลกอฮอล์ ทัศนีย์ ดิฐกมล และสมบูรณ์ แก้วปิ่นทอง (2547: 3) รายงานว่า การหมักกากน้ำตาล 1 ตัน จะสามารถผลิตแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ได้ 260 ลิตร และเกิดน้ำกากส่าประมาณ 2.6 ลูกบาศก์เมตร ส่วน เปรมปรี ณ สงขลา (2529ข: 12) รายงานว่า การกลั่นแอลกอฮอล์จากกากน้ำตาล ผลผลิตของแอลกอฮอล์ทุก ๆ 1 ลูกบาศก์เมตร จะเกิดน้ำกากส่าประมาณ 9.5 ลูกบาศก์เมตร และ สุนันท์ พูลธนกิจ (2547: 1) รายงานว่า โรงงานสุรากรมสรรพสามิต จังหวัดฉะเชิงเทรา มีกำลังการผลิตแอลกอฮอล์ประมาณ 50,000 ลิตรต่อวัน เกิดน้ำกากส่าประมาณ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

จากที่กล่าวมานี้พอจะสรุปได้ว่า การผลิตแอลกอฮอล์ 1 ลิตร จะเกิดน้ำกากส่าประมาณ 9.5 – 10 ลิตร ส่วนการผลิตสุราที่แรงแอลกอฮอล์ 28 ดีกรี 1 ลิตร จะเกิดน้ำกากส่าประมาณ 3.3 – 3.5 ลิตร

สำหรับปริมาณกากส่า นวรัตน์ พรสวัสดิ์ชัย (2543: 11) รายงานว่าในการผลิตสุราถ้าใช้กากน้ำตาล 100 กิโลกรัม จะได้สุราขาว 28 ดีกรี ประมาณ 70 – 80 ลิตร และจะเหลือเป็นกากส่าประมาณ 300 กิโลกรัม

2.1.4.2 ลักษณะของน้ำกากส่า

น้ำกากส่าของโรงงานสุราแต่ละโรงงานมีค่าแตกต่างกันตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต โดยลักษณะที่เด่นชัดของน้ำกากส่าจะมีสีเข้ม มีค่าบีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) และมีค่าปริมาณของแข็งในน้ำ (Total Solid) ที่สูง นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่มาก

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2528: 93; 2542: 35) รายงานว่า น้ำกากส่ามีสีดำเข้ม เป็นสารอินทรีย์ล้วน ๆ น้ำกากส่าสดมีค่าพีเอช (pH) ประมาณ 4.1 – 4.5 ค่าบีโอดี (BOD)

ประมาณ 35,000 – 40,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid) ประมาณ 120,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าไนโตรเจน (N) ประมาณ 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่า P_2O_5 ประมาณ 200 มิลลิกรัม/ลิตร และค่า K_2O ประมาณ 1,000 – 4,000 มิลลิกรัม/ลิตร

สุนันท์ พูลธนกิจ (2547: 44) รายงานผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำกากส่าที่นำมาจากบ่อรับน้ำกากส่าโรงงานสุรากรมสรรพสามิต จังหวัดฉะเชิงเทรา ว่ามีค่าพีเอช (pH) 4.1 – 4.6 ค่าบีโอดี (BOD) 60,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซีโอดี (COD) 150,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) 14,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าทีเคเอ็น (TKN) 1,750 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าฟอสฟอรัส (P) 150 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าโพแทสเซียม (K) 5,500 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซัลเฟต (SO_4) 4,500 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าแคลเซียม (Ca) 1,650 มิลลิกรัม/ลิตร และอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ (2528: 31) รายงานผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำกากส่าที่นำมาจากโรงงานสุรานามทอง จังหวัดนครปฐม ว่ามีค่าพีเอช (pH) 4.0 – 4.5 ค่าบีโอดี (BOD) 40,296 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซีโอดี (COD) 103,829 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าไนโตรเจน (N) 1,192 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าฟอสฟอรัส (P) 300 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าโพแทสเซียม (K) 4,200 มิลลิกรัม/ลิตร

ทรงพล ครามโกมุท (2544: 7) รายงานผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำกากส่าที่นำมาจากโรงงานสุราแสงโสม จังหวัดนครปฐม ว่ามีค่าพีเอช (pH) 8.35 ค่าบีโอดี (BOD) 8,000 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซีโอดี (COD) 36,247 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าปริมาณของแข็ง (Total Solid) 44,840 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าปริมาณของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid) 3,725 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าไนโตรเจน (N) 1,795 มิลลิกรัม/ลิตร

เปรมปรี ณ สงขลา (2529ค: 6) รายงานว่า น้ำกากส่าสดจากโรงงานสุราไทยทำ จังหวัดนนทบุรี มีค่าพีเอช (pH) 4.8 ค่าฟอสฟอรัส (P) 85 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าโพแทสเซียม (K) 5,711 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าโซเดียม (Na) 2,020 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าแคลเซียม (Ca) 1,335 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าแมกนีเซียม (Mg) 494 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าซัลเฟต (SO_4) 3,485 มิลลิกรัม/ลิตร และอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และเมื่อนำน้ำกากส่ามาทำการเคี่ยวให้มีปริมาตรเหลือร้อยละ 35 จากเดิม น้ำกากส่าเข้มข้นสามารถวิเคราะห์พบวิตามินบีและโปรตีนอีกจำนวนมาก วิตามินที่วิเคราะห์พบเป็นหลัก คือ วิตามินบี 1 วิตามินบี 6 และวิตามินบี 12 และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของโปรตีนของน้ำกากส่าเข้มข้นจะมีกรดอะมิโนซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชและสัตว์ครบทุกชนิด

สำหรับสีน้ำตาลเข้มในน้ำกากส่าเป็นสีที่เกิดขึ้นและมีอยู่ในวัตถุดิบ คือ กากน้ำตาล ซึ่งสารจากกากน้ำตาลที่ก่อให้เกิดสีมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ คาราเมล (Caramel) ของน้ำตาลต่าง ๆ และเมลานอยดิน (Melanoidin) คาราเมลเป็นสารที่มีสีดำสนิท เกิดจากน้ำตาลได้รับความร้อนมากเกินไปในระหว่างการผลิตน้ำตาลทราย เป็นสารประกอบที่ไม่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ส่วนเมลานอยดินเป็นสารที่มีสีน้ำตาลเข้ม เกิดจากการควบแน่นของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ กับกรดอะมิโน เป็นสารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (พงษ์เทพ บวรยรรยง, 2545: 3 – 4; อิศระ รัตนปริยานุช, 2546: 30)

2.1.5 การบำบัดน้ำกากส่า

ในอดีตประมาณปี พ.ศ. 2526 ทางองค์การสุราอยุธยาได้จัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบทันสมัยเพื่อบำบัดน้ำกากส่าโดยจ้างบริษัทจากญี่ปุ่นมาดำเนินการ คือ การหมักที่อุณหภูมิสูงราว 50 องศาเซลเซียส (Thermophilic Digestion) ตามด้วยระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ตามด้วยระบบเอเอส (Activated Sludge) และการใส่สารเคมีเพื่อลดสีและอินทรียสาร (Physical Chemical Treatment) สารเคมีเหล่านี้ ได้แก่ สารส้ม โพลิเมอร์ และเฟอริคคลอไรด์ และการรีดตะกอนแบบ Filter Press ลงทุนกว่า 100 ล้านบาท ใช้เวลาเดินระบบบำบัดแบบทันสมัยนี้กว่า 5 ปี ผลปรากฏว่า ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำที่ผ่านระบบบำบัดก็ยังไม่ได้มาตรฐาน (มีค่ามากกว่า 200 มิลลิกรัม/ลิตร) จนในที่สุดบริษัทญี่ปุ่นต้องยกเลิกโครงการและคืนเงิน 100 ล้านบาท เนื่องจากไม่ประสบความสำเร็จในการบำบัด ส่วนโรงงานสุราบางยี่ขัน 2 ก็มีระบบบำบัดน้ำกากส่าแบบทันสมัย คือ ระบบเคี่ยวและเผา (Evaporation and Incineration) โดยใช้น้ำมันเตาช่วยในการเผาส่วนหนึ่ง สามารถใช้งานได้ผลเป็นอย่างดีแต่ก็ต้องลงทุนสูงเกือบ 800 ล้านบาท สำหรับการกำจัดน้ำกากส่าวันละ 2,000 ลูกบาศก์เมตร (สุจินต์ พนาปวุฒิกุล, 2542: 36)

โรงงานสุรากรมสรรพสามิต (กลุ่มบริษัทสุราทิพย์) บำบัดน้ำกากส่าโดยใช้ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับระบบการหมักทำปุ๋ย (Composting) โดยหมักน้ำกากส่าในถังแบบไร้ออกซิเจนเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา น้ำกากส่าที่ผ่านการหมัก ค่าบีโอดี (BOD) จะลดลงประมาณร้อยละ 90 หรือมีค่าประมาณ 3,500 มิลลิกรัม/ลิตร จะถูกส่งต่อไปบำบัดในขั้นที่สอง คือ ทำปุ๋ยหมัก โดยนำวัสดุที่เหลือใช้ในทางการเกษตร เช่น ขานอ้อย ขุยมะพร้าว ขี้เลื่อย แกลบ ขยะ ผักตบชวา ฟางข้าว เป็นต้น

มาหมักโดยฉีดพ่นน้ำกากส่าไปบนวัสดุเหล่านี้ โดยมีเชื้อจุลินทรีย์ไบโอนิคและสารเคมีที่จำเป็นช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรียสาร (อดิสร พรพงษ์เมตตา, 2539: 63 - 64)

สุนันท์ พูลธนกิจ (2547: 1) รายงานว่า ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่โรงงานสุรากรมสรรพสามิตใช้เป็นระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) จากการใช้งานระบบนี้ที่โรงงานสุรากรมสรรพสามิต จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ประมาณวันละ 2,500 ลูกบาศก์เมตร ทดแทนน้ำมันเตาได้ร้อยละ 12 ต่อวัน ซึ่งโรงงานสุราแห่งนี้มีน้ำกากส่าประมาณ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

นอกจากนี้ยังมีการใช้ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับระบบเอเอส (Activated Sludge) โดยใช้กับโรงงานสุราจังหวัดภูเก็ต และโรงงานไทยทำจังหวัดนนทบุรี แต่ต้องใช้เงินลงทุนสูง แม้ว่าจะได้ก๊าซมีเทนจากระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่ก็ไม่คุ้มกับค่าใช้จ่ายของระบบเอเอสที่มีการใช้ไฟฟ้าและสารเคมีมากเพราะน้ำกากส่ามีลักษณะเข้มข้นและมีสีเข้ม (สุจินต์ พนาปวุฒิกุล, 2528: 93) ดังนั้นระบบเอเอสจึงไม่น่าจะเป็นระบบที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำกากส่าโดยตรง แต่น่าจะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมอื่น ๆ ในโรงงานสุรามากกว่า โดยที่โรงงานสุราบางยี่ขัน 2 มีการใช้ระบบเอเอสในการบำบัดน้ำล้างจากกระบวนการผลิต น้ำใช้ของคนงาน และน้ำจากการควบแน่นของการกลั่น ซึ่งน้ำเสียเหล่านี้เมื่อปล่อยมารวมกันในบ่อจะมีค่าบีโอดี (BOD) และซีโอดี (COD) ประมาณ 2,000 และ 4,000 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ (จันทรา ทองคำเภา, 2527: 16) ส่วนน้ำกากส่าของโรงงานจะนำไปกำจัดโดยระบบเคี่ยวและเผา (Evaporation and Incineration) ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

การบำบัดแต่ละวิธีที่กล่าวมานี้มีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2528: 93 – 98) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การกำจัดน้ำกากส่าจากโรงงานสุราโดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม ทำการวิจัยช่วงปี พ.ศ. 2522 – 2527 โดยทำการศึกษาถึงวิธีการกำจัดน้ำกากส่ารูปแบบต่าง ๆ พบว่า ระบบเคี่ยวและเผามีค่าใช้จ่ายในการบำบัดสูงที่สุด ซึ่งการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและข้อดีข้อเสียของการบำบัดน้ำกากส่าโดยวิธีต่าง ๆ แสดงตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและข้อดีข้อเสียในการบำบัดน้ำกากส่าโดยวิธีต่าง ๆ

วิธีการบำบัดน้ำกากส่า	ค่าใช้จ่ายสุทธิ บาท/ลบ.ม.	ข้อดี	ข้อเสีย
1. ระบบการหมักทำปุ๋ย (Composting)	50 (ขายปุ๋ยไม่ได้) 20 (ขายปุ๋ยได้)	- ได้ปุ๋ยอินทรีย์ - เงินลงทุนในระยะแรกต่ำ	- ใช้เนื้อที่มาก - ค่าดำเนินการสูง - มีข้อจำกัดในเรื่องการดำเนินการในฤดูฝน - ต้องขนส่งวัตถุดิบมาและส่งไปจำหน่าย
2. ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร่วมกับระบบเอเอส (Anaerobic Digestion + Activated Sludge)	120	- ได้ก๊าซมีเทน - ใช้เนื้อที่น้อย	- เงินลงทุนสูง - มีค่าดำเนินการที่สูง - การเดินเครื่องค่อนข้างยุ่งยาก - ระบบเอเอสยังมีปัญหาเรื่องการบำบัดที่ไม่ได้มาตรฐาน
3. ระบบเคี่ยวและเผา (Evaporation and Incineration)	300	- ได้ความร้อนนำไปใช้ - ใช้เนื้อที่น้อย	- เงินลงทุนสูง - มีค่าดำเนินการที่สูง สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก - เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ - ใช้เทคโนโลยีสูง ต้องใช้บุคลากรที่ชำนาญจำนวนมาก

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก สุจินต์ พนาปวุฒิกุล, 2528: 97.

หมายเหตุ: ค่าใช้จ่ายสุทธิ หมายถึง ค่าใช้จ่ายหลังจากหักรายรับที่เป็นผลพลอยได้แล้ว

และในงานวิจัยเดียวกันนี้ได้เสนอแนะแนวทางการกำจัดน้ำกากส่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงงานสุราไว้ 2 แนวทาง คือ

1. ใช้ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับการใช้บ่อเก็บกัก (Storage Lagoon) และลานตาก (Land Application) เป็นการหมักน้ำกากส่าในถังปิดมิดชิดเพื่อให้ได้ก๊าซมีเทนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง หลังจากการหมัก ค่าบีโอดี (BOD) ในน้ำกากส่าจะลดลงประมาณร้อยละ 90 จากนั้นจะระบายน้ำกากส่าลงสู่บ่อเก็บกัก โดยเก็บกักน้ำกากส่าในบ่อเก็บกักเป็นเวลา 6 เดือนในฤดูฝน จากนั้นระบายน้ำกากส่าที่เก็บกักไว้และน้ำกากส่าในฤดูแล้งไปตากแห้งบนลานตากในฤดูแล้ง 6 เดือน อัตราระเหยอยู่ในระหว่าง 4 – 5 มิลลิเมตรต่อวัน ใช้ที่ดินประมาณ 150 ไร่สำหรับปริมาณน้ำกากส่า 400 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน กากส่าที่ก้นบ่อเก็บกักและกากส่าที่ลานตากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ โดยกากส่าแห้งมีค่าไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ประมาณร้อยละ 4.5, 0.5 และ 3.5 ตามลำดับ

2. ใช้ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ร่วมกับการใช้บ่อเก็บกัก (Storage Lagoon) และนำไปใช้โดยตรงทางการเกษตร (Direct Agricultural Use) เป็นการนำน้ำกากส่ามาหมักในถังปิดมิดชิดและระบายลงบ่อเก็บกักเช่นเดียวกับวิธีแรก แต่เปลี่ยนจากการนำน้ำจากบ่อเก็บกักไปตากแห้งในลานตากมาเป็นการสูบใส่รถขนไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์โดยตรงในไร่นาของเกษตรกรในอัตราที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้

สำหรับการกำจัดสีของน้ำกากส่า สันทัด ศิริอนันต์ไพบูลย์ (2531: 6 – 8) รายงานว่า การกำจัดสีของน้ำกากส่าจะใช้วิธีทางเคมี โดยน้ำกากส่าหลังจากผ่านกระบวนการบำบัดทางชีววิทยาเพื่อลดค่าบีโอดีลงแล้วก็จะถูกส่งมาตกตะกอนสีด้วยสารเคมี สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนสีมีหลายชนิด เช่น สารส้มและปูนขาว เป็นต้น โดยในการตกตะกอนสีในน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้สารส้ม 35 กิโลกรัม นอกจากนี้การกำจัดสีน้ำกากส่าโดยใช้จุลินทรีย์ก็มีความเป็นไปได้โดยต้องมีการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์และทำการฟอกสีในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

2.1.6 แนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำกากส่า

จากลักษณะของน้ำกากส่าที่บำบัดได้ยากและต้องลงทุนสูง จึงเกิดแนวคิดในการกำจัดน้ำกากส่าโดยนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์ ที่ผ่านมามีการทดลองนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ ใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงทางการเกษตร ใช้ราดถนนลูกรังเพื่อลดฝุ่น ใช้ทำเป็นปุ๋ย

หมัก ใช้เลี้ยงปลา และใช้ทำเป็นอาหารสัตว์ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีก็พบว่ามีความเป็นไปได้และมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

2.1.6.1 การนำไปใช้เป็นปุ๋ยโดยตรงทางการเกษตร

จากคุณลักษณะทางเคมีของน้ำกากส่าที่เป็นสารอินทรีย์ มีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช จึงมีการทดลองนำไปใช้ในไร่นากันอย่างแพร่หลาย มีเกษตรกรทดลองนำน้ำกากส่าไปใช้ในไร่นามากกว่า 41,000 ไร่ โดยเฉพาะที่กิ่งอำเภอสว่างวีรวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี มีการใช้น้ำกากส่าในพื้นที่นาข้าวประมาณ 6,000 ไร่ การปลูกข้าวจะปลูกเพียงปีละครั้งหรือนาปี โดยใส่น้ำกากส่าปีเว้นปีในอัตราประมาณ 100 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ทุก 2 ปี พบว่า ผลผลิตข้าวที่ได้จะเพิ่มมากขึ้นจาก 20 ถังต่อไร่ เป็น 50 ถังต่อไร่ และที่อำเภอบรรพตพิสัย จังหวัดนครสวรรค์ ได้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด คือ 140 ถังต่อไร่ เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลผลิตเพียง 80 – 100 ถัง/ไร่ โดยในกิ่งอำเภอสว่างวีรวงศ์ จังหวัดอุบลราชธานี มีการใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 8 ปี (ใส่น้ำกากส่า 4 ครั้ง) พบว่า ไม่มีการสะสมตกค้างในดินหากใช้ในอัตราที่พอเหมาะ และผลผลิตก็เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอมาโดยตลอด (สุจินต์ พนาปวุฒิกุล, 2542: 38 – 39)

สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2528: 94) ได้ทำการศึกษาถึงวิธีใช้น้ำกากส่าโดยตรงทางการเกษตร โดยทดลองนำน้ำกากส่าไปใส่ในนาข้าวและทดลองใช้น้ำกากส่าและกากส่าแห้งกับพืชผักสวนครัว ไม้ประดับ ไม้ผล และไม้ยืนต้นอีกกว่า 50 ชนิด พบว่า ช่วยเพิ่มผลผลิตได้ดี การใช้น้ำกากส่าในการปลูกสับประรดและข้าว พบว่า ได้ผลผลิตมากขึ้นถึงร้อยละ 50 – 150 สำหรับการใช้น้ำกากส่าในนาข้าวทำได้โดยการบรรทุกน้ำกากส่าใส่รถนำไปใส่ในนาข้าวล่วงหน้าในฤดูแล้ง ต่อมาเมื่อฝนตกในฤดูฝนจะทำการไถโดยรอบให้น้ำกากส่าคลุกเคล้ากับดิน อัตราการใช้น้ำกากส่าอยู่ที่ประมาณ 10 – 50 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว สำหรับพืชชนิดอื่นใช้น้ำกากส่าและกากส่าแห้งในอัตรา 0.1 – 0.6 ลิตรต่อวันต่อตารางเมตร และ 0.1 – 0.5 กิโลกรัมต่อครั้งต่อต้น แล้วแต่ขนาดและชนิดของต้นพืชนั้น ๆ และจากการทดลอง พบว่าปัญหาโลหะหนักและสารพิษในน้ำกากส่าและกากส่าแห้งมีในระดับต่ำมากจนไม่เกิดผลเสียหายต่อพืช และแม้ว่าจะใช้น้ำกากส่าในอัตราสูงเป็น 4 – 5 เท่าของอัตราปกติก็ไม่พบว่าเกิดปัญหากับพืชแต่อย่างใด

ทัศนีย์ ดิฐกมล และสมบูรณ์ แก้วปิ่นทอง (2547: บทคัดย่อ) ศึกษาถึงประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตข้าวที่จังหวัดขอนแก่น ใช้เวลาทดลอง 3 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2544 ถึง พ.ศ. 2546 สรุปว่า การใช้น้ำกากส่าร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและช่วยให้มีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยอัตราน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีที่ให้ผล

ผลิตข้าวสูงสุดและควรใช้เป็นอัตราแนะนำ คือ ใช้น้ำกากส่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15 กิโลกรัมต่อไร่ และจากการวิจัย พบว่า การใช้น้ำกากส่าไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพข้าวในรูปของปริมาณโปรตีนและปริมาณอะมิโลสในเมล็ดข้าว และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำใต้ดิน

นอกจากนี้ยังมีการทดลองนำน้ำกากส่าไปใช้เป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับพืชชนิดต่าง ๆ ก่อเกียรติ ฉายรัศมีกุล (2544: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินสันทราย พบว่า น้ำกากส่าสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิต และเพิ่มการดูดโพแทสเซียม ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสของข้าวโพดได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ในปีต่อมา รวิยา ทองย่น (2545: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาในลักษณะเดียวกัน คือ ศึกษาประสิทธิภาพการใช้น้ำต้มเยื่อกระดาษสาและน้ำกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมสำหรับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในชุดดินอุบล และได้ผลเช่นเดียวกันกับข้าวโพด คือ พบว่าน้ำกากส่ามีประสิทธิภาพในการนำมาใช้เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สำหรับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในชุดดินอุบล เนื่องจากสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต เพิ่มผลผลิต และการดูดธาตุอาหารโพแทสเซียมของข้าวอย่างเด่นชัด

จากงานวิจัยที่ผ่านมานี้จะเห็นได้ว่าน้ำกากส่าไม่มีสารพิษที่เป็นอันตราย สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีได้เป็นอย่างดี และหากใช้ในอัตราที่เหมาะสมจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของพืชและสิ่งแวดล้อมแต่อย่างใด

2.1.6.2 นำไปใช้ราดถนนลูกรังเพื่อลดฝุ่น

ถนนลูกรังจะเกิดปัญหามลภาวะเรื่องฝุ่นละอองเมื่อรถแล่นผ่าน ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจกับผู้พักอาศัยบริเวณริมถนน การใช้น้ำกากส่าราดถนนลูกรังสามารถลดฝุ่นลงได้ สุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2528: 96) ได้ทำการทดลองนำน้ำกากส่าจากโรงงานสุราไปใช้ราดถนนลูกรัง พบว่า น้ำกากส่าในรถบรรทุกขนาดความจุ 12 ลูกบาศก์เมตร จะราดถนนลูกรังกว้าง 8 เมตร ได้ไกล 500 เมตร และจะไม่มีฝุ่นเกิดขึ้นนาน 14 วัน น้ำกากส่าที่นำมาใช้ราดจะแห้งไปภายใน 3 – 4 ชั่วโมง จะใช้ได้เฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น เพราะในฤดูฝนน้ำกากส่าบนผิวถนนจะถูกฝนชะลงข้างทาง

2.1.6.3 การนำไปใช้ทำปุ๋ยหมัก

การใช้น้ำกากส่าผลิตเป็นปุ๋ยหมักทำได้โดยนำกากชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลมาเป็นวัตถุดิบพื้นฐานในกระบวนการผลิต และฉีดน้ำกากส่าเข้าไป แล้วเติมเชื้อปุ๋ยหมักบางชนิดลงไปด้วยเพื่อให้เกิดการสลายตัวเร็วขึ้น มีการกลับกองปุ๋ยเป็นระยะ ๆ โดยใช้รถตักขนาดใหญ่ ใช้ระยะเวลาในการหมักไม่เกิน 3 เดือน ก็จะสามารถบรรจุใส่ในกระสอบนำไปจำหน่ายได้ การผลิตปุ๋ยหมักจากน้ำกากส่าโดยมากจะทำในบริเวณใกล้กับโรงงานผลิตแอลกอฮอล์หรือโรงงานสุรา เพราะประหยัดค่าขนส่ง ใช้วิธีต่อท่อจากบ่อน้ำทิ้งที่ใช้ทิ้งน้ำกากส่าไปยังบริเวณกองที่ผลิตปุ๋ยหมัก โดยใช้เครื่องสูบน้ำและหัวสปริงเกอร์ฉีดให้ทั่วถึง (เปรมปรี ณ สงขลา, 2530: 9)

ปัจจุบันกลุ่มบริษัทสุราทิพย์และกลุ่มบริษัทสุราแสงโสมมีการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้น้ำกากส่าออกมาจำหน่ายรู้จักกันในชื่อ "ปุ๋ยไบโอนิค" มีโรงงานผลิตอยู่ที่อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม ทำการศึกษาและผลิตปุ๋ยหมักมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 ใช้วัตถุดิบ คือ ชานอ้อยและน้ำกากส่า มีกำลังการผลิต 12,000 ตันต่อปี โดยซื้อชานอ้อยจากโรงงานน้ำตาลประมาณ 20,000 – 25,000 ตันต่อปี ปุ๋ยที่ได้มีธาตุอาหารโดยเฉลี่ย คือ ไนโตรเจน (N) ร้อยละ 1.2 ฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ 0.9 – 1.0 และโพแทสเซียม (K) ร้อยละ 2.0 ผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักที่ได้จำหน่ายอยู่ที่ราคาตันละ 1,200 บาท หรือหากบรรจุเป็นถุงขนาด 50 กิโลกรัม จำหน่ายในราคาถุงละ 120 บาท (พานิชย์ ยศปัญญา, บรรณาธิการ, 2542: 50 – 51)

2.1.6.4 การนำไปใช้เลี้ยงปลา

จากการศึกษาของสุจินต์ พนาปวุฒิกุล (2528: 96) ได้นำน้ำกากส่าไปทดลองในบ่อเลี้ยงปลาสลิด พบว่า อัตราที่เหมาะสมทำให้ปลาสลิดเจริญเติบโตมากที่สุด คือ เติมน้ำกากส่า 1 ลูกบาศก์เมตรสำหรับบ่อเลี้ยงปลาขนาด 1 ไร่ ลึก 1 เมตร ทุก 2 สัปดาห์ โดยน้ำกากส่าจะเป็นอาหารของสัตว์ขนาดเล็ก ๆ พวกแพลงค์ตอนซึ่งจะเป็นอาหารแก่ปลาอีกต่อหนึ่ง ทั้งนี้ต้องมีการปรับปริมาณการใช้ให้เหมาะสมตามคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งหากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงจนเป็นอันตรายต่อปลาได้

2.1.6.5 การใช้เป็นอาหารสัตว์

กระบวนการผลิตแอลกอฮอล์หรือสุราโดยใช้วัตถุดิบพวกธัญพืช ได้แก่ ข้าวโพด หรือข้าวบาร์เล่ย์ น้ำกากส่าที่ได้จะมีคุณค่าทางโภชนะสูง โดยกากส่าจากข้าวโพดจำนวน 100 ปอนด์ จะมีคุณค่าใกล้เคียงกับกากถั่วเหลืองซึ่งมีโปรตีนร้อยละ 40 จำนวน 73 ปอนด์ ดังนั้นจึงสามารถนำกากส่าจากธัญพืชไปใช้เป็นอาหารเสริมในอาหารสัตว์ได้ โดยโรงงานผลิต

แอลกอฮอล์หรือสุราจากธัญพืชในประเทศสหรัฐอเมริกาจะนำกากส่าไปอบแห้งขายเป็นอาหารเสริมโปรตีนในอาหารสัตว์ซึ่งขายได้ในราคาสูง (เปรมปรี ณ สงขลา, 2529ข: 11)

จากการศึกษาของ อภิชัย เมฆบังวัน (2527: บทคัดย่อ) ที่ได้ทำการทดลองใช้กากส่าแห้งผสมในอาหารสุกรระยะการเจริญเติบโตเป็นหนุ่มสาว (ระยะน้ำหนัก 15 – 90 กิโลกรัม) โดยใช้กากส่าแห้งผสมในอาหารสุกรปริมาณร้อยละ 0, 10, 20 และ 30 พบว่า ทั้ง 4 สูตรให้อัตราการเจริญเติบโต ลักษณะซากและอวัยวะภายใน รสชาติและกลิ่นของเนื้อสุกรที่ไม่แตกต่างกัน นั่นคือ สามารถนำกากส่าแห้งไปใช้ผสมกับอาหารสุกรได้โดยไม่เกิดปัญหา

นวรัตน์ พรสวัสดิ์ชัย (2543: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาหาระดับที่เหมาะสมในการใช้กากส่าเหล้าแห้งผสมในอาหารนกกระทาเนื้อ โดยใช้อาหารทดลองที่ผสมกากส่าเหล้าแห้งร้อยละ 0, 5, 10, 15 และ 20 เลี้ยงนกกระทาญี่ปุ่นเพศผู้อายุ 18 วัน และเพศเมียปลดไข่อย่างละ 400 ตัว พบว่า นกกระทาที่เลี้ยงด้วยอาหารทดลองสูตรต่าง ๆ มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวัน อัตราการตาย คุณภาพซาก น้ำหนักไข่และความเข้มสีไข่แดงที่ไม่แตกต่างกัน โดยนกกระทาเพศผู้กลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองผสมกากส่าเหล้าแห้งร้อยละ 20 และนกกระทาเพศเมียกลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองผสมกากส่าเหล้าแห้งร้อยละ 10 มีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ต่ำกว่ากลุ่มอื่น

เปรมปรี ณ สงขลา (2530: 11) รายงานว่า ในปัจจุบันมีการนำน้ำกากส่ามาใช้เป็นอาหารสัตว์อยู่ 4 รูปแบบ คือ

1. ผสมกับกากมันสำปะหลังนำไปตากแห้งแล้วบด จากนั้นบรรจุใส่กระสอบขายให้กับผู้เลี้ยงสัตว์เพื่อนำไปผสมอาหารสัตว์ให้สัตว์กิน มีการใช้ในฟาร์มสุกรหลายแห่ง ผลคือทำให้สุกรกินอาหารดีขึ้นและโตเร็วขึ้น แต่เรื่องนี้ยังไม่มีการทดลองทางวิชาการยืนยัน

2. ทำเป็นน้ำกากส่าข้นโดยผ่านกรรมวิธีเคี่ยวด้วยอุณหภูมิต่ำจนเข้มข้นแล้วนำไปผสมกับอาหารสัตว์และคั่วให้แห้งซึ่งจะมีกลิ่นหอมน่ากิน มีผู้ผลิตและขายให้กับฟาร์มสุกรภายใต้ชื่อการค้าต่าง ๆ แต่ไม่แพร่หลายนัก

3. นำไปผสมในน้ำโดยตรงให้ไก่กินเพื่อลดอัตราเครียดของไก่ ไก่จะโตเร็วแต่อาจทำให้ไก่อุจจาระร่วงได้ ต้องใช้ในอัตราต่ำและใช้ไม่บ่อยนัก

4. การผสมในอาหารสัตว์ให้กินโดยตรง โดยมีผู้นำไปทดลองกับไก่ไข่ ปรากฏว่าไม่สามารถเพิ่มปริมาณการให้ไข่ของไก่ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.2 ข้อมูลพื้นฐานของผักกระเฉด

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ผักกระเฉดเป็นพืชในตระกูลถั่ว จัดอยู่ในตระกูล Leguminosae ชื่อภาษาอังกฤษเรียกว่า Water Mimosa มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Neptunia oleracea* Lour. หรือ *Neptunia prostrate (Lam.) Baill* มีถิ่นกำเนิดในเอเชียแถบร้อนชื้น เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศไทยและมาเลเซีย ธรรมชาติของผักกระเฉดเป็นพืชที่ชอบแสงแดดตลอดวันไม่ชอบร่มเงา ชอบอากาศร้อนและชุ่มชื้น เจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีอากาศถ่ายเทหรือน้ำที่สามารถถ่ายเข้าออกได้ ไม่ชอบน้ำสกปรก การเด็ดยอดบ่อย ๆ จะทำให้เจริญเติบโตที่ดีขึ้นและสามารถแตกตาได้ทุกข้อ (อรุณรัตน์ ปฏิภาณเทวา, 2530: 48 – 49; พรทิพย์ ชมภูมิ่ง, 2532: 67)

ผักกระเฉดมีลักษณะลำต้นกลมเรียวยาวรูปทรงกระบอกทอดยอดลอยอยู่เหนือน้ำ ลักษณะปล้องต่อกันเป็นเถาหยักไปมาเล็กน้อย ลำต้นภายในตัน รากแตกแขนงออกตามข้อจำนวนมาก โคนรากมีปมที่เกิดจากแบคทีเรียชื่อ *Rhizobium Leguminosarum* เข้าไปอาศัยอยู่ ซึ่งมีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจน ลำต้นเมื่อมีอายุมากจะมีเนื้อเยื่อสีขาวเรียกว่า นมผักกระเฉด ล้อมรอบลำต้นไว้เพื่อช่วยพยุงลำต้นให้ลอยอยู่ในน้ำได้ ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกชั้นชูเหนือน้ำ ใบแตกจากลำต้นตรงข้อ ใบประกอบแต่ละใบประกอบด้วยใบประกอบย่อยประมาณ 4 – 6 ใบ โดยแต่ละใบจะมีใบย่อยประมาณ 8 – 15 คู่ ใบย่อยขนาดเล็กรูปไข่ขนานยาวประมาณ 1 เซนติเมตร โคนก้านใบและขอบใบมีสีเขียวอมม่วง ใบสามารถตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้เร็วมาก ดอกออกเป็นช่อที่มองเหมือนเป็นดอกเดี่ยว เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ก้านช่อดอกยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ดอกย่อยเกิดเป็นกระจุกเกือบกลมรอบปลายก้านช่อดอก ดอกตอนบนเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ดอกตอนล่างเป็นหมัน ดอกมีสีเหลืองสด ดอกย่อยประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 5 กลีบ เกสรเพศผู้ลักษณะเหมือนกลีบดอก ผลเป็นแบบฝักขนาดเล็กรูปร่างยาวแบนถ้าแก่จะแตก ฝักยาวประมาณ 2.5 เซนติเมตร ภายในมีเมล็ด 4 – 10 เมล็ด (สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2542: 222)

2.2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

ผักกระเฉดเป็นพืชเศรษฐกิจนิยมปลูกเพื่อเป็นการค้า วิธีการปลูกผักกระเฉดมีรูปแบบการปลูกที่แตกต่างกันหลายวิธี ซึ่งสำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก ได้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในท้องที่จังหวัดนครปฐมและจังหวัดสมุทรสาครซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการปลูก

ผักกระเฉดเพื่อการค้ามานาน พบว่า มีวิธีการปลูกและการดูแลรักษาผักกระเฉดดังนี้ (กรมส่งเสริมการเกษตร. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก, 2544: 48 – 49)

2.2.2.1 วิธีการปลูกผักกระเฉด

การปลูกผักกระเฉดมีวิธีการปลูกที่แตกต่างกันสรุปได้เป็น 3 วิธี คือ

1) การปลูกแบบดำกอ

วิธีนี้นิยมเตรียมพื้นที่ปลูกได้ 2 แบบ คือ แบบร่องน้ำและแบบสระน้ำ โดยแบบแรกจะขุดดินเป็นร่องน้ำลึก 1 เมตร กว้าง 4 – 5 เมตร ความยาวแล้วแต่พื้นที่หรือความเหมาะสม นำดินที่ขุดมาทำเป็นคันดินกว้างประมาณครึ่งเมตรสลับกับดูน้ำ คันดินนี้จะใช้เป็นทางเดินในการปฏิบัติงาน เช่น ขนผักที่ตัดแล้วออกมานอกแปลง ฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ใส่ปุ๋ย ซ้อนแหน ซึ่งการมีคันดินทำให้การทำงานสะดวกกว่าที่จะทำเป็นสระน้ำทั้งหมด ส่วนแบบสระน้ำจะขุดสระเป็นสี่เหลี่ยมลึก 1 เมตร ความกว้างและความยาวของสระแล้วแต่ขนาดของพื้นที่

เมื่อเตรียมพื้นที่ปลูกเรียบร้อยแล้ว จะเปิดน้ำเข้าในร่องหรือสระให้น้ำลึกประมาณ 50 เซนติเมตร นำยอดพันธุ์ผักกระเฉดลงดำ กอละ 4 – 6 ยอด แต่ละกอห่างกันประมาณ 2 เมตร หลังจากปลูกแล้ว 15 วัน สามารถเก็บยอดไปจำหน่ายได้ และครั้งต่อไปจะเก็บได้ทุก 7 วัน ผลผลิตจะสูงสุดในมีดที่ 3 และมีดที่ 4 (การตัดผักไปจำหน่ายแต่ละครั้งเรียก 1 มีด) หลังจากเก็บยอดไปจำหน่ายระยะหนึ่งแล้วถ้าพบกอใดเน่าต้องรื้อกอที่เน่าทิ้งแล้วปลูกซ่อมใหม่ แต่ถ้าโรคเน่าระบาดรุนแรงจะต้องรื้อปลูกใหม่ทั้งหมด หลังจากตัดยอดไปแล้วแต่ละมีดต้องมีการถ่ายน้ำ ใส่ปุ๋ย ซ้อนแหน

2) การปลูกแบบให้ผักเกาะบนทุ่น

วิธีนี้จะทำเฉพาะในคูคลองธรรมชาติที่มีน้ำไหลผ่านและไม่สามารถบังคับระดับน้ำได้ ทุ่นที่ให้ผักเกาะนิยมใช้ไม้ไผ่ทั้งลำวางยาวไปตามทางน้ำไหล อาจใช้ไม้ไผ่ลำเดียวหรือหลายลำผูกติดกันเป็นแพ ซึ่งแล้วแต่ขนาดของไม้ไผ่ ผูกทุ่นกับเสาหลักให้แน่น ใช้ยอดพันธุ์ยาวประมาณ 1 เมตร พาดบนทุ่น ให้ส่วนยอดและส่วนโคนของยอดพันธุ์แช่อยู่ในน้ำ หลังจากนั้นประมาณ 50 วัน ก็สามารถจะเก็บยอดขายได้ การปลูกแบบนี้นอกจากการดูแลรักษาทั่ว ๆ ไป คือ พ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและใส่ปุ๋ยแล้ว ต้องมีการตัดรากของผักและรื้อต้นเก่าออกเสียบ้างเพื่อไม่ให้มีน้ำหนักมากเกินไปจนถ่วงทุ่นจม เมื่อปลูกไประยะหนึ่งจะต้องมีการเสริมทุ่นหรือเปลี่ยนทุ่นเพราะทุ่นเดิมจะผุและจมน้ำ ข้อดีของวิธีนี้ คือ ไม่ต้องเสียเวลาและ

ค่าใช้จ่ายในการถ่ายน้ำและช้อนแหน เนื่องจากไม่สามารถเลี้ยงแหนได้ซึ่งทำให้ยอดผักไม่อวบ สีไม่เขียว นมจะไม่ฟูขาว และจะออกดอกมากทำให้ผักไม่สวย

3) การปลูกแบบพาดข้างร่อง

การปลูกแบบนี้จะต่างจากสองวิธีที่กล่าวมาแล้ว คือ ไม่ได้ใช้เฉพาะส่วนยอดเป็นต้นพันธุ์ แต่ต้นพันธุ์จะยาวเพราะใช้ทั้งเถา ส่วนโคนของเถาต้นพันธุ์จะพาดอยู่ข้างร่อง และหลังจากเก็บเกี่ยวยอดของแขนงข้างแต่ละครั้งไปแล้ว จะชักโคนเถาขึ้นมาไว้บนหลังร่องให้เฉพาะส่วนยอดของเถาต้นพันธุ์และแขนงแรกที่ไม่ได้ตัดยอดเท่านั้นที่แช่อยู่ในน้ำ

วิธีนี้เป็นการใช้ร่องน้ำหรือคูน้ำในสวนให้เกิดประโยชน์ ซึ่งเป็นการเสริมรายได้อย่างดี ส่วนการพาดเถา ถ้าร่องน้ำกว้างเกิน 3 เมตร จะพาดเถาตรงกันทั้ง 2 ฝั่งร่องน้ำ แต่ถ้าร่องน้ำแคบกว่า 3 เมตร จะวางเถาให้สับหว่างกัน โดยให้แต่ละเถาห่างกันประมาณ 80 เซนติเมตร หลังจากนั้นประมาณ 15 วัน จะเริ่มเก็บเกี่ยวโดยตัดยอดของแขนงได้ ซึ่งเถาหนึ่งจะตัดยอดแขนงข้างได้ประมาณ 5 ยอด ส่วนยอดของเถาต้นพันธุ์จะไม่ตัด

2.2.2.2 การดูแลรักษา

1) การให้ปุ๋ย หลังจากปลูกแล้วประมาณ 5 – 7 วัน ควรฉีดพ่นด้วยปุ๋ยยูเรียอัตรา 2 – 3 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 20 ลิตร และหลังจากตัดผักแล้วทุกครั้งหรือทุก 7 วัน ใช้ปุ๋ยยูเรียในอัตราเดียวกันฉีดพ่นไปทั่วบริเวณยอดผัก หรือจะใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น สูตร 15 – 15 – 15 ใส่ต้นละ 1 กำมือ โดยโรยไปที่ส่วนยอดของผัก

2) การถ่ายน้ำ ต้องถ่ายน้ำทุก 7 วัน หรือถ่ายน้ำหลังจากตัดผักแล้ว และควรรักษาระดับน้ำไว้ให้ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร ยกเว้นการปลูกแบบให้ผักเกาะบนทุ่น

3) การช้อนแหนออกและการจัดยอดผัก การปลูกผักกระเฉดในพื้นที่ที่ควบคุมน้ำได้จะต้องมีการเลี้ยงแหนและแหนที่นิยม คือ แหนไข่ปลา เพื่อให้แหนคลุมนมให้ฟูขาว และยอดอวบอ่อน แหนที่เลี้ยงไว้ต้องมีปริมาณพอเหมาะไม่แน่นจนเกินไป ถ้าแน่นจะต้องคอยช้อนแหนออก การช้อนแหนออกจะเป็นการกำจัดศัตรูของผักกระเฉด เช่น พวกไข่และหนอนของผีเสื้อต่าง ๆ ออกไปด้วย และขณะที่ช้อนแหนก็จะจัดยอดผักไม่ให้ซ้อนเกยกันเพื่อให้ยอดผักทุกยอดแช่อยู่ในน้ำและถูกแหนคลุมทุกยอด

4) การดูแลเรื่องโรคและศัตรูของผักกระเฉด

ผักกระเฉดเป็นพืชที่มีโรคและแมลงทำลายโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่ผักกระเฉดจะมีความสมบูรณ์กว่าฤดูอื่น ๆ โดยจะมียอดยาว อวบ และกรอบ แต่ก็เป็นช่วงที่พบโรคและแมลงศัตรูระบาดมากเช่นเดียวกัน การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดควรใช้เป็น

ครั้งคราวตามความจำเป็นเท่านั้นเพื่อป้องกันการมีสารพิษตกค้างถึงผู้บริโภค และควรคำนึงถึงแมลงที่เป็นประโยชน์ สำหรับโรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ มีดังนี้

(1) โรคโคนเน่า จะพบเฉพาะการปลูกแบบดำกอ เนื่องจากปลูกซ้ำที่เดิมนาน ๆ ถ้าระบาดไม่มากสามารถปลูกซ่อมเฉพาะกอที่เป็นโรคได้ แต่ถ้าระบาดมาก จะต้องรื้อทิ้งทั้งแปลงและควรจะระบายน้ำออกแล้วตากดินทิ้งไว้ให้นานพอสมควรจึงปลูกใหม่

(2) เพลี้ยไฟ ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงที่ยอดอ่อน ใบอ่อน ถ้าระบาดมากใบที่ถูกทำลายจะมีสีเหลืองและร่วงทำให้ยอดไม่สวยไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

(3) แมลงปีกแข็งและหนอนผีเสื้อ จะทำลายกัดกินใบอ่อนและยอดอ่อนทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

2.2.3 การเก็บเกี่ยวนำไปจำหน่าย

หลังจากปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวมีดแรกขึ้นอยู่กับต้นพันธุ์ที่นำมาปลูกและการดูแลรักษา ถ้าการดูแลรักษาดีและต้นพันธุ์ได้มาจากส่วนยอด หลังจากปลูกแล้วประมาณ 15 วัน ก็สามารถตัดยอดจำหน่ายได้ จากนั้นอีกทุก 7 วัน ก็จะตัดมีดที่ 2 และมีดต่อ ๆ ไปได้ ถ้าเกษตรกรรู้จักวางแผนการปลูกและการเก็บเกี่ยวให้ทยอยหมุนเวียนกันไปจะสามารถจะเก็บผลผลิตออกจำหน่ายได้ทุกวัน (กรมส่งเสริมการเกษตร. สำนักงานส่งเสริมการเกษตรภาคตะวันตก, 2544: 49)

ในการตัดผักกระเฉดเพื่อนำไปจำหน่าย ไม่จำเป็นต้องเอานมออก ตัดให้มีความยาวประมาณ 80 เซนติเมตรถึง 1 เมตร ขายเป็นมัด หนึ่งมัดมีอยู่ 12 – 15 ต้น จำหน่ายอยู่ในราคามัดละ 5 บาท หากเกษตรกรเอานมผักกระเฉดออกก่อนนำไปขาย ราคาก็จะสูงมากขึ้น เนื่องจากผู้ที่ซื้อไปบริโภคไม่ต้องรูดนมผักกระเฉดออกเมื่อนำมาปรุงอาหาร ราคาผักกระเฉดไร้นมจะอยู่ที่ประมาณ 10 บาทต่อ 6 ยอด (ชูชาติ แก้วเก่า, 2548: 13) การนำส่งไปขายที่ตลาดจะนำมามัดรวมกันเป็นฟ่อน ๆ ละ 25 – 30 มัด ตัดโคนเถาออกให้เสมอกันทั้งฟ่อน ห่อด้วยใบตองหรือถุงพลาสติกใสก็พร้อมนำส่งตลาด ผักกระเฉดที่ปลูกไว้หากได้รับการดูแลรักษาอย่างดีจะสามารถเก็บเกี่ยวได้นาน 4 – 6 เดือนจึงรื้อทิ้งแล้วปลูกใหม่ (วสันต์ กฤษฎารักษ์, 2544: 48)

ชูชาติ แก้วเก่า (2548: 13) เสนอวิธีการเอานมผักกระเฉดออกโดยวิธีง่าย ๆ โดยใช้อุปกรณ์ คือ ไม้รวกยาวประมาณ 3 – 4 เมตร และเชือกสำหรับมัดผักกระเฉดไว้กับไม้รวก วิธีการเริ่มจากการนำผักกระเฉดที่มีนม มีความยาวประมาณ 1 เมตร มัดรวมกัน 8 – 10 ต้น ผูกติดกับไม้รวกแล้วปักลงไปในน้ำให้จมทั้งต้น ทิ้งไว้ 2 วัน ตรวจสอบระดับน้ำว่าระดับน้ำต่ำลง

หรือไม่ ถ้าต่ำลงให้กดไม้รวกที่ผูกผักกระเฉดไว้จมลงไปให้มิด หลังจากนั้นยอดบริเวณข้อปล้องจะยืดยาวพุ่งหาแสงสูงชะลูดยาวพ้นน้ำ ก็สามารถตัดแต่งยอดและตัดมาจำหน่ายได้โดยไม่มีนมติดมาด้วย

2.2.4 **ประโยชน์ของผักกระเฉด**

ผักกระเฉดมีประโยชน์อยู่หลายประการ การปลูกผักกระเฉดเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพสร้างรายได้ให้กับครอบครัว ยอดและใบผักกระเฉดเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคเนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารและมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรค นอกจากนี้ผักกระเฉดยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดการสิ่งแวดล้อมหากมีการนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

2.2.4.1 ประโยชน์ต่อเกษตรกร

การปลูกผักกระเฉดเป็นอาชีพสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรเป็นอย่างดี ทั้งการปลูกเป็นรายได้เสริมหรือปลูกเป็นรายได้หลัก ที่ผ่านมามีเกษตรกรหลายรายที่ประสบความสำเร็จในการปลูกผักกระเฉดสร้างรายได้อย่างเพียงพอและมีเงินเหลือเก็บ

ศุภชัย นิลวานิช (2545: 50 – 51) รายงานว่า เกษตรกรผู้ปลูกผักกระเฉดในอำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี ปลูกผักกระเฉดชะลูดน้ำขาย โดยตัดยอดผักกระเฉดที่ปลูกไว้ นำไปผูกไว้ใต้น้ำให้ยอดต่ำกว่าผิวน้ำ 4 – 5 นิ้ว หรือ 1 ฝ่ามือ ยอดจะชะลูดขึ้นเหนือน้ำภายใน 2 – 3 วัน แล้วตัดยอดไปขายสร้างรายได้ให้ครอบครัวได้อย่างดี ตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกผักกระเฉดเป็นอาชีพในพื้นที่ ได้แก่ ฉวี อ่อนละมูล อยู่บ้านเลขที่ 15 หมู่ที่ 15 ตำบลเมืองเก่า อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี มีพื้นที่ปลูกผักกระเฉด 3 – 4 ไร่ สามารถหมุนเวียนเก็บเกี่ยวผลผลิตไปขายได้ทุกวัน วันละ 130 – 150 มัด ขายได้มัดละ 4 – 5 บาท คำนวณเป็นรายได้เดือนละกว่า 10,000 บาท

เสน่ห์ แสงคำ (2544: 38 – 40) รายงานว่า เกษตรกรหลายรายที่ตำบลหนองกรด อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ได้ทำนาผักกระเฉดเสริมการทำนาข้าวทำให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกผักกระเฉดเป็นอาชีพในพื้นที่ ได้แก่ นิโรจน์ จันทวัฒน์ และเสรี จันทวัฒน์ เกษตรกรผู้ทำนาผักกระเฉดบนพื้นที่ 6 งาน สามารถเก็บเกี่ยวได้ทุกสัปดาห์ โดยในฤดูร้อนจะเก็บเกี่ยวได้ปริมาณมาก อาจสูงถึง 2,000 มัด (มัดละ 10 ยอด) ต่อครั้ง

ทวีศักดิ์ เดชชู (2543: 32 – 33) รายงานว่า มีเกษตรกรอำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี ทำนาผักกระเฉดเพียง 2 ไร่ สามารถมีรายได้เดือนละหลายหมื่นบาท ซึ่งเกษตรกรผู้นี้คือ นคร ป้อมตรี และน้ำผึ้ง ป้อมตรี อยู่บ้านเลขที่ 73 หมู่ 1 ตำบลบางงา อำเภอท่าวุ้ง จังหวัดลพบุรี ทำไร่นาสวนผสมในพื้นที่ 10 ไร่ โดยขุดเป็นนาผักกระเฉด 2 สระ ใช้พื้นที่ 2 ไร่เศษ

พื้นที่ที่เหลือทำเป็นบ่อเลี้ยงปลาอีก 3 บ่อ ปลูกผักสวนครัวบนสันบ่อ และเลี้ยงไก่พื้นเมืองในพื้นที่ว่าง มีรายได้จากการเก็บเกี่ยวผักกระเฉดประมาณวันละ 1,000 – 1,200 บาท หักรายจ่ายค่ายาและค่าปุ๋ยประมาณเดือนละ 2,500 บาท ส่วนแรงงานใช้แรงงานของครอบครัวตนเองเพียง 2 คน ไม่ได้จ้างแรงงานเพิ่ม คิดเป็นกำไรเดือนละกว่า 30,000 บาท และมีรายได้อีกประมาณ 24,000 บาท จากการจับปลาในบ่อขายทุก 6 เดือน นอกจากนี้ยังมีรายได้เสริมจากการขายไก่พื้นเมืองที่เลี้ยงไว้อีกด้วย

จากตัวอย่างเกษตรกรผู้ปลูกผักกระเฉดดังที่ได้กล่าวมานี้ จะเห็นได้ว่าหากเกษตรกรผู้ปลูกผักกระเฉดมีความขยันและมีวิธีการปลูกที่ดีแล้ว แม้จะมีพื้นที่ปลูกเพียง 1 – 2 ไร่ ใช้แรงงานเพียง 2 คน ก็สามารถเก็บเกี่ยวผักกระเฉดได้ตลอดทั้งปี มีรายได้เลี้ยงครอบครัวที่เพียงพอต่อการดำรงชีพ

2.2.4.2 ประโยชน์ในการทำเป็นอาหาร

ยอดอ่อน ใบ และลำต้นของผักกระเฉดนิยมนำมาทำเป็นอาหาร จะรับประทานเป็นผักสด หรือลวกต้มให้สุกเป็นผักจิ้มกับน้ำพริก หรือนำไปปรุงอาหารเป็นยำผักกระเฉด แกงส้มผักกระเฉด และผัดน้ำมันหรือผัดกับหมูกรอบก็ได้ (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน และกรมการแพทย์. สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2540: 149)

การรับประทานผักกระเฉดจะได้กากใยอาหารจำนวนมากช่วยให้การขับถ่ายคล่องตัว ใบและก้านให้แคลเซียมและเบต้า – แคโรทีนแก่ร่างกาย และสารที่มีอยู่มากในผักกระเฉด คือ ไนอาซิน ซึ่งจะช่วยให้กระบวนการเผาผลาญสารอาหารในร่างกายเป็นไปด้วยดี โดยคุณค่าอาหารส่วนที่กินได้ในผักกระเฉด 100 กรัม จะให้พลังงานต่อร่างกาย 29 กิโลแคลอรี่ โปรตีน 6.4 กรัม ไขมัน 0.4 กรัม แคลเซียม 387 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 7 มิลลิกรัม เหล็ก 5.3 มิลลิกรัม วิตามินบีหนึ่ง 0.12 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.14 มิลลิกรัม ไนอาซิน 3.2 มิลลิกรัม วิตามินซี 22 มิลลิกรัม เบต้า – แคโรทีน 472.08 ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล และใยอาหาร 5.3 กรัม (มหาวิทยาลัยมหิดล. สถาบันวิจัยโภชนาการ และมูลนิธิโตโยต้าแห่งประเทศไทย, 2545: 183)

2.2.4.3 ประโยชน์ในการใช้เป็นยา

ผักกระเฉดสามารถนำมาใช้เป็นยาได้ โดยนมผักกระเฉดช่วยแก้ไข้ ร้อนใน ถอนพิษตับอักเสบ บำรุงร่างกายให้แข็งแรง ใบผักกระเฉดช่วยดับพิษปวดแสบปวดร้อน แก้ไข้ ดับพิษเบื่อเมา และเป็นตัวถอนพิษยาอื่น ๆ ได้ (กรมการแพทย์. สถาบันการแพทย์แผนไทย, 2547: 119)

2.2.4.4 ประโยชน์ต่อการจัดการสิ่งแวดล้อม

ผักกระเฉดมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียโดยมีความสามารถในการดูดซับของเสียและแร่ธาตุต่าง ๆ ทำให้น้ำเสียที่ไหลผ่านมีคุณภาพดีขึ้น ที่ผ่านมาได้มีผู้ทดลองนำผักกระเฉดไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียหลายราย ได้แก่ จิตติมา วสุสิน (2539: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัยบริเวณศูนย์ศาลายา โดยสรุปว่า ผักกระเฉด จอก และผักตบชวา สามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียได้ ธนิยา เกาศล (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยสรุปว่า ผักบุ้ง ผักตบชวา และผักกระเฉด มีความเหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย และปิยนุช บุญศิริชัย (2547: บทคัดย่อ) ทดลองใช้ผักกระเฉดบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำผักกระเฉดมาใช้บำบัดคุณภาพน้ำ แต่ต้องมีระดับชีวมวลของผักกระเฉดกับปริมาณน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อกัน

จากงานวิจัยทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ พอจะสรุปได้ว่า ผักกระเฉดมีความเป็นไปได้ที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย และผักกระเฉดสามารถนำไปใช้บำบัดน้ำเสียจากแหล่งน้ำเสียที่แตกต่างกันได้หลายรูปแบบ

2.3 การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม

2.3.1 น้ำเสียและการบำบัดน้ำเสีย

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2537: 2) กรมควบคุมมลพิษ และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2540: 88) ให้คำจำกัดความของน้ำเสีย (Wastewater) ไว้ว่า เป็นน้ำที่ไม่ต้องการหรือน้ำใช้แล้วระบายทิ้ง โดยน้ำใช้แล้วจากชุมชนอาจประกอบด้วยสิ่งปะปนที่ติดมาจากกิจกรรมบริเวณที่อยู่อาศัย ธุรกิจ โรงงานอุตสาหกรรมและสถาบันต่าง ๆ รวมกับน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน น้ำฝน และทางกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2545: 5 – 1) ให้ความหมายไว้ว่า น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในปริมาณสูง จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและเป็นที่น่ารังเกียจของคนทั่วไป สิ่งเจือปนที่ทำให้น้ำกลายเป็นน้ำเสีย ได้แก่ สารอินทรีย์ต่าง ๆ กรด ด่าง ของแข็งหรือสารแขวนลอย และสิ่งที่ลอยปนอยู่ในน้ำ เช่น น้ำมัน ไขมัน เกลือและแร่ธาตุ โลหะหนัก สารที่ทำให้เกิดฟอง ความร้อน สี กลิ่น สารพิษ และสารกัมมันตภาพรังสี

เป็นต้น โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้แบ่งน้ำเสียออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ น้ำเสียจากชุมชน น้ำเสียจากการเกษตร และน้ำเสียจากอุตสาหกรรม

น้ำเสียจะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำซึ่งเป็นที่รองรับ เช่น ทำให้เกิดการเน่าเสีย หรือเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต จากการตรวจสอบคุณภาพแหล่งน้ำจืดของกรมควบคุมมลพิษในปี พ.ศ. 2546 พบว่า แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก ได้แก่ เจ้าพระยาตอนล่าง ท่าจีนตอนล่าง ลำตะคองตอนล่าง และทะเลสาบสงขลา โดยสาเหตุของความเสื่อมโทรมของคุณภาพน้ำเกิดจากการระบายน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ เกษตรกรรม ชุมชน และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ได้ผ่านการบำบัดน้ำให้ได้มาตรฐานก่อนระบายลงสู่แม่น้ำ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2548: 67) ดังนั้น น้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดให้ได้มาตรฐานก่อนเพื่อไม่ให้เกิดปัญหากับแหล่งน้ำ ซึ่งการบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment) หมายถึง การปรับสภาพน้ำให้น้ำมีคุณภาพดีขึ้น คำว่า การบำบัดน้ำเสีย มักมีการใช้สับสนกับคำว่า การกำจัดน้ำเสีย (Wastewater Disposal) ซึ่งหมายถึง การกำจัดออกไปให้พ้น อาจจะรวมการบำบัดหรือไม่รวมก็ได้ (สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2540: 274)

โดยปกติแล้วระบบบำบัดน้ำเสียจะมีกระบวนการหลายขั้นตอน กระบวนการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้เป็นกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 5 – 1 – 5 – 2)

1. กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางกายภาพส่วนใหญ่มีหน้าที่กำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดใหญ่ที่สามารถตกตะกอนด้วยตัวเองได้ง่าย โดยมากจะเป็นขั้นตอนแรกของระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การใช้ตะแกรง ถังดักไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน เป็นต้น

2. กระบวนการทางเคมี กระบวนการทางเคมีมีหน้าที่กำจัดของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กหรือของแข็งที่ตกตะกอนด้วยตนเองได้ช้า ได้แก่ กระบวนการโคแอกกูเลชัน (Coagulation) การตกตะกอนผลึก (Precipitation) การทำให้เป็นกลาง (Neutralization) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) และกระบวนการออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – Reduction) เป็นต้น

3. กระบวนการทางชีวภาพ กระบวนการทางชีวภาพเป็นการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยจุลินทรีย์ในการย่อยสลายและเปลี่ยนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ให้เป็นก๊าซลอยขึ้นสู่อากาศ ได้แก่ กระบวนการเอเอส (Activated Sludge) บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ระบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket: UASB) ระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization Ponds) หรือบ่อผึ่ง (Oxidation Ponds) เป็นต้น

การจะเลือกระบบน้ำเสียที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ คือ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่น และความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ โดยระบบที่มีความเหมาะสมจะต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและราคาประหยัด

2.3.2 การบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรมและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันตามลักษณะของกิจกรรมการผลิต เช่น น้ำเสียจากอุตสาหกรรมอาหารโดยทั่วไปจะประกอบด้วยอินทรียวัตถุ ตะกอนแขวนลอย น้ำมัน และมีค่าบีโอดีสูง น้ำเสียจากอุตสาหกรรมสิ่งทอประกอบด้วยสีย้อม สารเคมี ไขมัน และด่าง ส่วนน้ำเสียจากอุตสาหกรรมผลิตเคมีภัณฑ์จะประกอบด้วยสารอันตราย สารประกอบที่มีกลิ่นเหม็น มีสภาพของการเป็นกรดหรือด่างสูง เป็นต้น (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 2 – 10)

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้น กระบวนการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอาจใช้กระบวนการทางกายภาพ กระบวนการทางเคมี กระบวนการทางชีวภาพ หรือใช้ร่วมกันทั้ง 3 กระบวนการในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานแห่งหนึ่ง เพื่อให้คุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานเป็นไปตามมาตรฐานที่ทางราชการกำหนด ซึ่งมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องอยู่ 4 ฉบับ คือ ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2539 ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) และประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 3 – 36 – 3 – 40)

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เป็นกฎหมายที่ใช้กำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป กำหนดค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามตารางที่ 2.3

ประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2539 เป็นกฎหมายที่อนุโลมค่ามาตรฐานให้สำหรับอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น โรงงานก๋วยเตี๋ยว โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานเยื่อกระดาษ ซึ่งจะมีน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงมากจนไม่คุ้มที่จะลงทุนระบบบำบัดน้ำเสียให้ลดบีโอดีจนเหลือตามประกาศกระทรวง ฯ ได้ จึงอนุโลมให้น้ำทิ้งที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมมีค่าบีโอดี

ซีโอดี และทีเคเอ็นสูงกว่าค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวง ฯ โดยประเภทโรงงานที่อนุโลมและค่ามาตรฐานตามตารางที่ 2.4

ส่วนประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เป็นกฎหมายที่กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน และประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 เป็นการอนุโลมค่ามาตรฐานให้สำหรับโรงงานบางประเภทโดยกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) ซึ่งค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรมตามกฎหมายทั้ง 2 ฉบับนี้ สอดคล้องกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม โดยที่ค่ามาตรฐานสำหรับโรงงานทั่วไปตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) และค่ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เป็นค่าเดียวกัน ส่วนค่ามาตรฐานที่อนุโลมสำหรับอุตสาหกรรมบางประเภทตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2539 และค่ามาตรฐานที่อนุโลมสำหรับอุตสาหกรรมบางประเภทตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม วันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 ก็เป็นค่าเดียวกัน

นอกจากโรงงานจะใช้ค่ามาตรฐานตามกฎหมายทั้ง 4 ฉบับนี้แล้ว สำหรับโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตที่ได้ถูกประกาศให้เป็นเขตควบคุมมลพิษอาจถูกกำหนดให้ใช้มาตรฐานที่เข้มงวดกว่าปกติได้ ซึ่งเป็นไปตามมาตรา 58 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 3 – 36 – 3 – 40)

ตารางที่ 2.3 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1. พีเอช (pH)	5.5 – 9.0	
2. ทีดีเอส (TDS)	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. ถ้าเป็นแหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็มมากกว่า 2,000 มก./ล. หรือเป็นน้ำทะเล ให้ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอสในแหล่งน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.
3. สารแขวนลอย (SS)	ไม่เกิน 50 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 150 มก./ล.
4. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส	
5. สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	
6. ซัลไฟด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
7. ไซยาไนด์	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8. โลหะหนักต่าง ๆ		
8.1 สังกะสี (Zn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
8.2 โครเมียม (Cr^{6+})	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
8.3 โครเมียม (Cr^{3+})	ไม่เกิน 0.75 มก./ล.	
8.4 อาร์เซนิค (As)	ไม่เกิน 0.25 มก./ล.	
8.5 ทองแดง (Cu)	ไม่เกิน 2.0 มก./ล.	
8.6 ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.005 มก./ล.	
8.7 แคดเมียม (Cd)	ไม่เกิน 0.03 มก./ล.	
8.8 เซเลเนียม (Se)	ไม่เกิน 0.02 มก./ล.	

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
8.9 แบเรียม (Ba)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
8.10 ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.2 มก./ล.	
8.11 นิกเกิล (Ni)	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
8.12 แมงกานีส (Mn)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	
9. น้ำมันและไขมัน	ไม่เกิน 5.0 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 15 มก./ล.
10. ฟอร์มาลดีไฮด์	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
11. สารประกอบฟีนอล	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
12. คลอรีนอิสระ	ไม่เกิน 1.0 มก./ล.	
13. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	ตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด	
14. บีโอดี (BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 60 มก./ล.
15. ทีเคเอ็น (TKN)	ไม่เกิน 100 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 200 มก./ล.
16. ซีโอดี (COD)	ไม่เกิน 120 มก./ล.	คณะกรรมการควบคุมมลพิษอาจกำหนดให้มากกว่านี้ได้แต่ไม่เกิน 400 มก./ล.

แหล่งที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 3 – 37 – 3 – 38.

ตารางที่ 2.4 ค่าพารามิเตอร์ที่อนุโลมให้สูงกว่าปกติสำหรับโรงงานบางประเภทตามประกาศคณะกรรมการควบคุมมลพิษ วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2539

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน (มก./ล.)		ประเภทโรงงานที่อนุโลม
	ค่าปกติ	ค่าอนุโลม	
1. บีโอดี (BOD)	20	60	1.1 ประกอบกิจการเกี่ยวกับสัตว์ ซึ่งมิใช่สัตว์น้ำ ประเภทการฆ่าสัตว์
			1.2 ประกอบกิจการเกี่ยวกับเมล็ดพืช หรือหัวพืช ประเภทการทำแป้ง
			1.3 ประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารจากแป้ง เช่น เค้ก ขนมปัง ก๋วยเตี๋ยว
			1.4 ประกอบกิจการเกี่ยวกับอาหารสัตว์
			1.5 ประกอบกิจการเกี่ยวกับสิ่งทอหรือเส้นใย
			1.6 โรงงานหมัก ฟอกหนังสัตว์
			1.7 โรงงานเยื่อหรือกระดาษ
			1.8 โรงงานเคมีภัณฑ์
			1.9 โรงงานยา
			1.10 โรงงานห้องเย็น
2. ซีโอดี (COD)	120	400	2.1 โรงงานผลิตเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร
			2.2 โรงงานผลิตอาหารสัตว์
			2.3 โรงงานสิ่งทอหรือเส้นใย
			2.4 โรงงานหมัก ฟอกหนังสัตว์
			2.5 โรงงานเยื่อหรือกระดาษ
3. ทีเคเอ็น (TKN)	100	200	3.1 โรงงานผลิตเครื่องปรุงกลิ่น รส หรือสีของอาหาร
			3.2 โรงงานผลิตอาหารสัตว์

แหล่งที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545: 3 – 38 – 3 – 39.

2.3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำเสียและการตรวจวิเคราะห์

2.3.3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสียและปริมาณตัวอย่างน้ำเสียที่ต้องการ

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสียมีดังนี้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2541: 22 – 23)

1. ขวดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย

ขวดเก็บตัวอย่างมักเป็นขวดโพลีเอทิลีน (Polyethylene) หรือขวดแก้วอย่างหนา ควรมีขนาดใหญ่ประมาณ 500 – 1,000 ลิตร และมีฝาเกลียวปิดมิดชิด หากเป็นขวดแก้วควรใช้ขวดที่มีปากกว้างเพื่อให้สามารถทำความสะอาดได้ง่ายและสามารถตักน้ำเสียได้อย่างรวดเร็ว ปากขวดไม่ควรเล็กกว่า 5 เซนติเมตร ก่อนใช้ขวดเก็บตัวอย่างทุกครั้งควรล้างให้สะอาดด้วยกรดโครมิกและล้างด้วยน้ำสะอาดอีกหลาย ๆ ครั้ง แล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่น

ในกรณีที่ต้องการวิเคราะห์หาไขมันและน้ำมัน ขวดเก็บตัวอย่างต้องเป็นขวดแก้วปากกว้าง ไม่ควรใช้ขวดพลาสติกเนื่องจากน้ำมันสามารถเกาะติดผิวพลาสติกได้

2. อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบอัตโนมัติ (Automatic Sampler)

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบอัตโนมัติมี 2 ประเภท คือ แบบใช้ลมและแบบเครื่องสูบน้ำรีดสาย เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำแบบใช้ลมทำงานโดยดูดลมออกจากถังพักทำให้เกิดสุญญากาศและมีแรงดูดตัวอย่างน้ำเสียเข้ามาเก็บในถังพัก เมื่อตัวอย่างเต็มถังพักและเครื่องดูดลมหยุดทำงาน น้ำเสียในถังพักจะถูกปล่อยลงไปในขวดเก็บตัวอย่าง ส่วนเครื่องเก็บตัวอย่างน้ำที่ใช้เครื่องสูบน้ำรีดสายทำงานโดยใช้เครื่องสูบน้ำแบบรีดสาย (Peristaltic Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเสียเข้ามาเก็บในขวดตัวอย่าง

เครื่องเก็บตัวอย่างน้ำเสียแบบอัตโนมัติทั้ง 2 ประเภทนี้มีระบบตั้งเวลาทำงานช่วยให้สามารถเก็บตัวอย่างน้ำเสียได้ตามกำหนดเวลาและความถี่ที่ต้องการ

ส่วนปริมาณของตัวอย่างน้ำเสียโดยทั่วไปควรเก็บตัวอย่างให้ได้ประมาณ 2 – 4 ลิตร เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำเสียแล้วต้องมีวิธีการรักษาตัวอย่างน้ำเสียที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้ลักษณะน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลงก่อนทำการวิเคราะห์ ซึ่งปริมาณตัวอย่างน้ำเสียที่ต้องการและการรักษาตัวอย่างน้ำเสียสำหรับงานวิเคราะห์น้ำเสียอุตสาหกรรมตามหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater แสดงตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ปริมาณตัวอย่างน้ำเสียและวิธีเก็บรักษาสำหรับงานวิเคราะห์น้ำเสียอุตสาหกรรม

พารามิเตอร์	ปริมาณตัวอย่าง (มล.)	วิธีเก็บรักษาตัวอย่าง	ระยะเวลาที่เก็บได้
1. พีเอช (pH)	50	- วิเคราะห์ทันที	15 นาที
2. ทีดีเอส (TDS)	200	- แช่เย็น	7 วัน
3. สารแขวนลอย (SS)	200	- แช่เย็น	7 วัน
4. อุณหภูมิ	-	- วิเคราะห์ทันที	15 นาที
5. สี	500	- แช่เย็น	48 ชั่วโมง
กลิ่น	500	- แช่เย็น	6 ชั่วโมง
6. ซัลไฟด์	100	- แช่เย็น เติม 2N Zinc Acetate จำนวน 4 หยดต่อตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร หรือเติม NaOH ให้ได้ pH > 9	28 วัน
7. ไซยาไนด์	1,000	- เติม NaOH ให้ pH >12 แช่เย็นในที่มืด	24 ชั่วโมง
8. โลหะต่าง ๆ	1,000	- กรองและเติม HNO_3 ให้ได้ pH < 2	6 เดือน
ปรอท	1,000	- เติม HNO_3 ให้ได้ pH < 2 แช่เย็น	28 วัน
9. น้ำมันและไขมัน	1,000	- เติม H_2SO_4 ให้ได้ pH < 2 แช่เย็น	28 วัน
10. ฟอร์มาลดีไฮด์	-	-	-
11. สารประกอบฟีนอล	500	- เติม H_2SO_4 ให้ได้ pH < 2 แช่เย็น	28 วัน
12. คลอรีนอิสระ	500	- วิเคราะห์ทันที	15 นาที
13. สารกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์	1,000	- แช่เย็น กำจัดคลอรีนด้วยกรด Ascorbic 1 กรัมต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร	7 วัน
14. บีโอดี (BOD)	1,000	- แช่เย็น	6 ชั่วโมง
15. ทีเคเอ็น (TKN)	500	- เติม H_2SO_4 ให้ได้ pH < 2 แช่เย็น	7 วัน
16. ซีโอดี (COD)	100	- เติม H_2SO_4 ให้ได้ pH < 2 แช่เย็น	7 วัน

แหล่งที่มา: APHA, AWWA and WEF, 1998: 1 – 33 – 1 – 34.

หมายเหตุ: วิธีเก็บรักษาตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ไม่มีระบุไว้ใน Standard Methods

2.3.3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรม

ตัวอย่างน้ำเสียจำแนกได้เป็น ตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sample) และตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite sample) ตัวอย่างแบบจ้วง คือ ตัวอย่างที่ได้จากการเก็บเป็นครั้ง ๆ จะเป็นตัวแทนของน้ำ ณ เวลาที่เก็บตัวอย่าง ปริมาตรของการเก็บตัวอย่างแบบจ้วงขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ ส่วนตัวอย่างแบบผสมรวมได้มาจากการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงหลาย ๆ ตัวอย่างนำมาผสมรวมกัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนตัวอย่างและค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ การเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องเก็บตัวอย่างจากทุกแหล่งที่มีน้ำเสียออกมาหรือที่จุดรวมน้ำเสีย

ความถี่ของการเก็บตัวอย่างขึ้นอยู่กับอัตราไหลและลักษณะของน้ำเสีย การเก็บตัวอย่างแบบจ้วงมักมีความถี่ทุกชั่วโมง ถ้าน้ำเสียมีความแปรปรวนต่ำอาจเก็บตัวอย่างห่างขึ้นได้ เช่น เก็บตัวอย่างทุก 2, 4, 8, 16 หรือ 24 ชั่วโมง แต่ถ้าน้ำเสียมีความแปรปรวนสูงก็อาจจะต้องเก็บตัวอย่างถี่มาก เช่น ทุก 10 นาที เป็นต้น ถ้าต้องการลดจำนวนตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ก็จะใช้วิธีนำตัวอย่างที่เก็บได้มาผสมกันเป็นตัวอย่างแบบผสมรวม จำนวนตัวอย่างที่จะนำมาผสมรวมกันควรอยู่ในช่วงเวลาที่สามารถเก็บรักษาตัวอย่างได้โดยไม่เสีย แต่ทั้งนี้ไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2541: 5 – 9)

2.3.3.3 วิธีการวิเคราะห์น้ำเสียอุตสาหกรรม

วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียมีอยู่หลายมาตรฐาน เช่น วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของประเทศสหรัฐอเมริกา วิธีมาตรฐานของ JICA ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งวิธีมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลกนิยมใช้ตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยที่มาของมาตรฐานเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1905 สมาคมสาธารณสุขแห่งสหรัฐอเมริกา (American Public Health Assoc. : APHA) ได้เสนอวิธีมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์น้ำ (Standard Methods of Water Analysis) เป็นครั้งแรกเพื่อให้นักเคมีใช้เป็นวิธีร่วมกันในการวัดปริมาณสารต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำเพื่อให้สามารถนำผลวิเคราะห์มาเปรียบเทียบกันได้และสามารถอ้างอิงโดยมีวิธีมาตรฐานที่เหมือนกัน หลังจากนั้นมาก็ได้มีการปรับปรุงวิธีใหม่ทุก 3 – 4 ปีเป็นประจำตลอดมา จนถึงปี ค.ศ. 1992 สมาคมการประปาอเมริกัน (American Water Works Assoc. : AWWA) และ Water Environmental Federation (WEF) ก็ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการจัดเตรียมหนังสือวิธีมาตรฐานด้วย หนังสือวิธีมาตรฐาน (Standard Methods) ในปัจจุบัน เป็นผลงานของกลุ่มนักวิชาการจำนวนมากที่มาร่วมมือกันเป็นคณะกรรมการกลุ่มต่าง ๆ ในการหาวิธีวิเคราะห์ที่

เหมาะสมที่สุดสำหรับใช้เป็นวิธีมาตรฐานเพื่อวัดปริมาณสารต่าง ๆ ในน้ำและน้ำเสีย วิธีมาตรฐานดังกล่าวเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกสำหรับใช้ในงานวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำและน้ำเสีย (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์, 2547: 1/4 – 1/5)

สำหรับในประเทศไทยก็กำหนดให้ใช้วิธีการตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater เช่นกัน โดยตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม และตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งระบายออกจากโรงงาน ได้กำหนดให้การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย หรือให้เป็นไปตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ที่ APHA, AWWA และ WEF ร่วมกันกำหนด (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2546: 11 – 96 – 11 – 123)

ซึ่งการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีวิธีวิเคราะห์ที่ระบุในหนังสือ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 วิธีการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
1. พีเอช (pH)	- Electrometric Method
2. ทีดีเอส (TDS)	- Dried at 180 °C
3. สารแขวนลอย (SS)	- Dried at 103 – 105 °C
4. อุณหภูมิ	- Laboratory and Field Methods
5. สี	- Visual Comparison Method
	- Spectrophotometric Method
	- Tristimulus Filter Method
	- ADMI Tristimulus Filter Method
กลิ่น	- Threshold Odor Test
6. ซัลไฟด์	- Methylene Blue Method
	- Iodometric Method
	- Ion – selective Electrode Method
7. ไซยาไนด์	- Titrimetric Method
	- Colorimetric Method
	- Cyanide – selective Electrode Method
8. โลหะหนักต่าง ๆ	
- Zn, Cr, Cu, Cd,	- Atomic Absorption Spectrometric Method
Pb, Ni, and Mn	(Direct Air – acetylene Flame Method)
- Ba	- Direct Nitrous Oxide – acetylene Flame Method
- As, Se	- Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method
- Hg	- Cold – vapor Atomic Absorption Spectrometric Method
9. น้ำมันและไขมัน	- Partition – gravimetric Method
	- Partition – infrared Method
	- Soxhlet Extraction Method

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

พารามิเตอร์	วิธีวิเคราะห์
10. ฟอร์มาลดีไฮด์	-
11. ฟีนอล	- Chloroform Extraction Method
	- Direct Photometric Method
12. คลอรีนอิสระ	- Iodometric Method I
	- Iodometric Method II
	- Amperometric Titration Method
	- Low – level Amperometric Titration Method
	- DPD Ferrous Titrimetric Method
	- DPD Colorimetric Method
	- Syringaldazine (FACTS) Method
13. สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide)	- Liquid – liquid Extraction Gas Chromatographic Method I
	- Liquid – liquid Extraction Gas Chromatographic Method II
	- Liquid – liquid Extraction Gas Chromatographic/ Mass Spectrometric Method
14. บีโอดี (BOD)	- 5 – Days BOD Test
15. ทีเคเอ็น (TKN)	- Kjeldahl Method
16. ซีโอดี (COD)	- Open Reflux Method
	- Close Reflux, Titrimetric Method
	- Close Reflux, Colorimetric Method

แหล่งที่มา: APHA, AWWA and WEF, 1998: 2 – 1 – 6 – 104.

หมายเหตุ: วิธีวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ไม่มีระบุไว้ใน Standard Methods

สำหรับการวิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ ตาม Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ไม่ได้ระบุวิธีวิเคราะห์ไว้ แต่ก็มีวิธีวิเคราะห์ที่นิยมใช้วิเคราะห์ฟอร์มาลดีไฮด์ในแหล่งน้ำและในอาหาร ซึ่งจะใช้วิธีการ Spectrophotometric Method (กรมควบคุมมลพิษ, 2541ค: 21 – 22)

2.4 การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

2.4.1 หลักการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Treatment) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติช่วยในการกำจัดสารปนเปื้อนออกจากน้ำเสียโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องจักรกลต่าง ๆ เป็นวิธีที่ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พึ่งพาผู้ควบคุมระบบน้อยกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่น ๆ มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการธรรมชาติทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อม ในการบำบัดน้ำเสียจะมีน้ำ ดิน พืช จุลินทรีย์ และบรรยากาศเข้ามาช่วยแปรสภาพน้ำเสียให้มีสารปนเปื้อนน้อยลง ซึ่งสิ่งปนเปื้อนที่สามารถกำจัดได้โดยวิธีธรรมชาติ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอย สารอินทรีย์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ธาตุอื่น ๆ และจุลินทรีย์ เป็นต้น โดยการกำจัดสิ่งปนเปื้อนประเภทต่าง ๆ มีหลักการดังนี้ (Metcalf & Eddy, Inc., 1991: 938 – 943; เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 392 – 394)

2.4.1.1 การกำจัดของแข็งแขวนลอย

ของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียที่ไหลผ่านบนดินสามารถถูกกำจัดหรือแยกออกมาจากน้ำเสียโดยอาศัยการตกตะกอน การกรองผ่านชั้นดินหรือการกรองผ่านรากพืชต่าง ๆ

2.4.1.2 การกำจัดสารอินทรีย์

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติสามารถกำจัดสารอินทรีย์ในน้ำเสียโดยอาศัยกระบวนการทางชีวภาพแบบใช้อากาศ คือ พวกจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ตามรากพืชหรือตามผิวเม็ดดินต่าง ๆ จะอาศัยออกซิเจนจากบรรยากาศดำรงชีวิตอยู่และจะทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย นอกจากนี้ยังมีการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกซิเจนที่เกิดขึ้นภายในชั้นดินบ้างแต่มีไม่มากนัก

2.4.1.3 การกำจัดไนโตรเจน

ไนโตรเจนในน้ำเสียมักจะมีในรูปของสารอินทรีย์ไนโตรเจนและสารแอมโมเนียไนโตรเจน ซึ่งสารไนโตรเจนจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความ

ต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมากทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในน้ำ การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติจะกำจัดสารไนโตรเจนในน้ำเสียโดยจะออกมาในรูปของอากาศ คือ ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ในรูปของพืชต่าง ๆ คือ ถูกต้นไม้และพืชอื่น ๆ นำสารไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียและไนเตรทมาใช้ และในรูปของสารไนเตรทต่าง ๆ ที่ซึมลงไปใต้ดินอาจผสมกับน้ำใต้ดิน

2.4.1.4 การกำจัดฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสในน้ำเสียจะก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียได้ เพราะเป็นสารที่ทำให้เกิดความต้องการใช้ออกซิเจนค่อนข้างมาก การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติจะกำจัดสารฟอสฟอรัสในน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพที่มีระบบขาดอากาศชั่วคราวและระบบเติมอากาศสลับกันไปมา และอาจสามารถกำจัดได้โดยวิธีทางเคมีซึ่งจะทำให้เกิดสลัดจ์ในปริมาณมาก ในการกำจัดสารฟอสฟอรัสโดยวิธีธรรมชาติจะใช้หลักการดูดซับ แต่อาจมีปัญหาเกิดการอิ่มตัวของปริมาณฟอสฟอรัสในชั้นดินบางบริเวณหรือเกิดการอิ่มตัวในพืชน้ำได้

2.4.1.5 การกำจัดธาตุอื่น ๆ

ธาตุอื่น ๆ ในที่นี้บางตัวอาจเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับพืช แต่ธาตุบางตัวจะเป็นธาตุที่มีพิษเมื่อมีปริมาณมากขึ้น เช่น แคดเมียม โครเมียม ปรอท เป็นต้น เมื่อน้ำเสียผ่านการบำบัดด้วยวิธีธรรมชาติแล้ว ธาตุต่าง ๆ จะถูกจับไว้โดยอาศัยการดูดซับ การตกผลึก และการแลกเปลี่ยนประจุ โดยทั่วไปจะต้องมีค่าพีเอชของน้ำเสียหรือของบริเวณพื้นที่บำบัดน้ำเสียมากกว่า 6.5 จึงจะได้ประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ในระดับสูง แต่ถ้ามีค่าพีเอชต่ำ ๆ อาจเกิดปัญหาธาตุที่มีพิษจะละลายปนกับน้ำออกจากระบบได้

2.4.1.6 จุลินทรีย์

การกำจัดจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสียด้วยวิธีธรรมชาติค่อนข้างได้ผลดีเพราะอาศัยการดัก การดูดซับ การตกตะกอน และอื่น ๆ ถ้าบริเวณพื้นที่มีพืชขึ้นมากก็ยิ่งช่วยดักเอาไว้ได้อีกทาง ทำให้การกำจัดจุลินทรีย์ต่าง ๆ ค่อนข้างได้ผลดี แต่พบว่ายังไม่เพียงพอเมื่อต้องการกำจัดจุลินทรีย์ต่าง ๆ ให้หมดสิ้น

2.4.2 ประเภทของการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ

การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติอาจจำแนกได้เป็น 3 ระบบใหญ่ คือ ระบบกระจายบนดิน ระบบบึงประดิษฐ์ และระบบพืชลอยน้ำ แต่ละระบบมีรายละเอียดดังนี้ (เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542: 391 – 421)

2.4.2.1 ระบบกระจายบนดิน (Land Treatment System)

การบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินจะใช้กับพื้นที่เกษตรกรรม หรือพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่ใช้ประโยชน์ วิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่ายมากแต่ต้องใช้พื้นที่มากในการบำบัดน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมีแร่ธาตุอาหารและมีสารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชก็จะเป็นเหมือนการใส่ปุ๋ยให้แก่ดินเพื่อทำการเกษตรต่อไป แต่หากน้ำเสียมีสารพิษปนเปื้อนต้องคำนึงถึงปริมาณสารพิษและชนิดของสารพิษอย่างระมัดระวังเพราะอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และส่งผลต่อมนุษย์หากนำพืชนั้นมาทำเป็นอาหาร วิธีการบำบัดน้ำเสียแบบกระจายบนดินแยกเป็นระบบย่อยได้ 3 ระบบ ดังนี้

1) ระบบอัตราไหลช้า (Slow – rate System)

วิธีนี้เป็นการรดน้ำ ปล่อยให้น้ำไหลซึมลงดินและปล่อยให้เกิดการคายน้ำออกจากระบบโดยจะมีพืชต่าง ๆ เช่น ข้าวโพด ผักต่าง ๆ หรือต้นไม้ทั่วไปอยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียนี้ น้ำเสียที่นำมาบำบัดในระบบนี้อาจนำมาบัดได้โดยตรง หรือผ่านการบำบัดน้ำเสียขั้นต้นหรือขั้นสูงมาแล้วก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบ โดยต้องพิจารณาถึงระยะห่างจากชุมชนของพื้นที่ ลักษณะน้ำเสีย และความสามารถของพื้นที่ที่จะรองรับน้ำเสีย

2) ระบบไหลซึมเร็ว (Rapid Infiltration System)

วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำเสียที่ได้รับการบำบัดขั้นต้นหรือผ่านการแยกตะกอนออกแล้ว ระบายลงที่บ่อหรือร่องรองรับน้ำเสียซึ่งจะเกิดการระเหยออกและซึมลงใต้ดินโดยไม่จำเป็นต้องปลูกพืช วิธีนี้จะปล่อยน้ำเสียในปริมาณที่มากกว่าระบบอัตราไหลช้า เมื่อน้ำเสียไหลลงสู่ส่วนล่างของชั้นดินอาจมีท่อรองรับน้ำที่ผ่านชั้นดินแล้วระบายน้ำทิ้งออกหรือใช้วิธีสูบน้ำขึ้นมาระบายทิ้ง

3) ระบบน้ำไหลนอง (Overland – flow System)

วิธีนี้เป็นการปล่อยให้น้ำเสียไหลออกจากท่อเจาะรู หรือหัวกระจายน้ำเสียซึ่งอยู่ที่สูงไหลจากระบบจ่ายผ่านพืชต่าง ๆ ที่ปลูกอยู่บริเวณที่น้ำไหลผ่านซึ่งเป็นพื้นลาดเอียงลงมาจนถึงรางรองรับน้ำทิ้งเพื่อระบายออก ขณะที่น้ำไหลผ่านพืชต่าง ๆ ลงมาจะมีการไหลซึมลงดินส่วนหนึ่ง และมีการคายน้ำออกจากพืชและพื้นดินอีกส่วนหนึ่ง ส่วนที่เหลือจะไหลลงรางรองรับน้ำทิ้ง น้ำเสียที่จะนำมาบำบัดในระบบนี้จะต้องผ่านตะแกรงละเอียดแล้วเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาอุดตันในช่องกระจายน้ำเสียในระบบ

2.4.2.2 ระบบบึงประดิษฐ์ (Constructed Wetland System)

บึงในที่นี้ หมายถึง พื้นที่ที่มีน้ำขังลึกไม่เกิน 0.6 เมตร ซึ่งเป็นสภาพที่พืชบางชนิดเจริญแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว รากของพืชประเภทนี้ยังคงอยู่ในดินเป็นส่วนมาก ใบของพืชจะทำหน้าที่เป็นแผ่นตัวกลางให้แบคทีเรียเกาะ ทำหน้าที่เป็นตัวกรองและตัวดูดซับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ในน้ำเสียได้ และสามารถทำหน้าที่ถ่ายเทออกซิเจนลงไปในน้ำ บึงประดิษฐ์สร้างขึ้นมาเพื่อจำลองสภาพของบึงหรือพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติเพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสีย วิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีบึงประดิษฐ์แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1) ระบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface System)

ระบบนี้จะปล่อยน้ำเสียลงบนผิวดินในบ่อที่ปลูกพืชไว้ โดยบ่อดินจะมีลักษณะที่น้ำไหลซึมลงดินได้น้อย มีระดับน้ำลึกประมาณ 0.1 – 0.6 เมตร ปล่อยน้ำเสียให้ไหลช้า ๆ ผ่านต้นพืชและรากพืชต่าง ๆ การเติมอากาศในบึงประดิษฐ์จะมาจากพืช จากลมพัดและจากการสังเคราะห์แสง ระบบนี้จะเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีค่าบีโอดี (BOD) ปานกลาง ประมาณวันละไม่เกิน 6 กรัมต่อตารางเมตร ควรมีระยะเวลาเก็บกักประมาณ 4 – 15 วัน และมีปริมาณน้ำเสียประมาณวันละ 0.01 – 0.05 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร

2) ระบบน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Flow System)

ระบบนี้จะปล่อยให้น้ำเสียซึมผ่านใต้ดินที่มีพืชปลูกอยู่ด้านบน โดยระบบนี้จะขุดเป็นบ่อลึกประมาณ 0.3 – 0.8 เมตร ปูด้วยแผ่น Polyethylene เพื่อกั้นไม่ให้น้ำซึมลงใต้ชั้นดิน แล้วกลบด้วยดินหรือกรวดที่เหมาะสมเพื่อการปลูกพืชด้านบน ที่ก้นบ่อด้านปลายน้ำจะมีท่อระบายน้ำทิ้งออกจากระบบ น้ำเสียจะไหลซึมใต้ดินผ่านรากพืชต่าง ๆ และระบายออกทางท่อระบาย ระบบนี้จะเหมาะสมกับน้ำเสียที่มีค่าบีโอดี (BOD) ปานกลางประมาณวันละประมาณ 11 – 13 กรัมต่อตารางเมตร และควรมีปริมาณน้ำเสียประมาณวันละ 0.01 – 0.05 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร

2.4.2.3 ระบบพืชลอยน้ำ (Floating Aquatic Plant Treatment System)

วิธีบำบัดน้ำเสียในระบบพืชลอยน้ำคล้ายคลึงกับระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน แตกต่างกันตรงที่ระบบนี้จะใช้พืชที่ลอยน้ำ และมีความลึกของน้ำมากกว่า คือ มีน้ำลึกประมาณ 0.5 – 1.8 เมตร พืชที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ผักตบชวา และแหน สำหรับระบบบำบัดที่ใช้ผักตบชวา ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียควรมีค่าประมาณวันละ 1 – 30 กรัมต่อตารางเมตร ถ้ามีค่าบีโอดี (BOD) ในบ่อบำบัดแบบใช้ผักตบชวาเกินกว่าวันละ 10 กรัมต่อตารางเมตร จะเริ่มมีกลิ่นเหม็นในบ่อ แก้ไขโดยนำระบบเติมอากาศเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณ

ออกซิเจนในบ่อ แต่ถ้าน้ำเสียมีปริมาณซัลเฟตมากกว่า 50 มิลลิกรัม/ลิตร แม้จะมีค่าบีโอดี (BOD) น้อยก็อาจมีปัญหากลิ่นเหม็นได้

2.5 การบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ

2.5.1 ประเภทของพืชน้ำ

พืชน้ำหรือพรรณไม้น้ำตรงกับภาษาอังกฤษว่า Aquatic Plant, Water Plant หรือ Hydrophyte หมายถึง พืชที่ขึ้นอยู่ในน้ำโดยที่พืชนั้นอาจจะจมอยู่ใต้น้ำทั้งหมด หรือโผล่บางส่วนขึ้นมาอยู่เหนือน้ำ ลอยอยู่ที่ผิวน้ำ หรือเป็นพืชที่ขึ้นอยู่ตามริมน้ำหรือชายตลิ่ง นอกจากนี้ยังรวมถึงพวกที่เจริญเติบโตอยู่ในบริเวณที่ลุ่มน้ำขังแฉะอีกด้วย

ขนาดของพืชน้ำมีตั้งแต่เล็กมากจนต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Microphytes) ไปจนถึงขนาดใหญ่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Macrophytes) พืชน้ำมีการเจริญเติบโตในแหล่งน้ำแตกต่างกัน โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทของพืชน้ำตามลักษณะแหล่งที่อยู่เป็น 4 ประเภทดังนี้ (กรมประมง. กองประมงน้ำจืด, 2538: 1 – 3; สุชาดา ศรีเพ็ญ, 2542: 8 – 10)

2.5.1.1 พืชใต้น้ำ (Submerged Plants)

เป็นพืชน้ำที่มีส่วนของราก ลำต้น และใบอยู่ใต้น้ำทั้งหมด อาจมีรากยึดกับพื้นดินใต้น้ำหรือไม่ก็ได้ บางชนิดเมื่อเจริญเต็มที่ก็จะส่งดอกขึ้นมาเจริญที่ผิวน้ำหรือเหนือน้ำ พืชใต้น้ำมีประโยชน์มากเพราะจะคายก๊าซออกซิเจนให้กับน้ำโดยตรง ขณะเดียวกันก็จะดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของสัตว์น้ำทำให้แหล่งน้ำอยู่ในสภาพสมดุล ตัวอย่างพืชประเภทนี้ ได้แก่ สาหร่ายและสันตะวาชนิดต่าง ๆ

2.5.1.2 พืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged Plants)

พืชน้ำประเภทนี้เป็นพวกที่เจริญเติบโตอยู่ใต้น้ำบางส่วนและโผล่เหนือน้ำบางส่วน โดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดินใต้น้ำ แล้วส่งส่วนของใบและดอกขึ้นมาเจริญเหนือน้ำ บางชนิดพบว่าที่โคนต้นมีเนื้อเยื่อโปร่ง ๆ สีขาว เรียกว่า Aerenchymatous Tissue ทำหน้าที่เก็บสะสมอากาศไว้เพื่อช่วยในการหายใจ ตัวอย่างพืชประเภทนี้ ได้แก่ บัวต่าง ๆ และกกบางชนิด เป็นต้น

2.5.1.3 พืชลอยน้ำ (Floating Plants)

พืชน้ำประเภทนี้จะมีการเจริญเติบโตลอยอยู่ระดับผิวน้ำ มีรากห้อยอยู่ใต้ระดับน้ำ ส่วนของลำต้น ใบ และดอก จะเจริญเติบโตที่เหนือน้ำ ถ้าอยู่ในน้ำตื้นรากอาจจะหยั่งยึด

พื้นดินใต้น้ำก็ได้ พืชลอยน้ำขนาดเล็กมักลอยตัวได้อย่างอิสระ เช่น พวกแหนต่าง ๆ ส่วนพวกที่มีขนาดใหญ่มักจะมีส่วนหนึ่งส่วนใดเปลี่ยนไปเป็นทุ่นเพื่อพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ เช่น ผักตบชวา มีส่วนของก้านใบพองตัวเป็นทุ่น ผักบุ้งมีส่วนลำต้นภายในกลวงเป็นช่องอากาศใหญ่ช่วยให้ลำต้นเลื้อยทอดตัวไปบนผิวน้ำได้ดี เป็นต้น

2.5.1.4 พืชชายน้ำ (Marginal Plants)

พืชน้ำประเภทนี้มักขึ้นอยู่ตามชายน้ำ ริมตลิ่ง หนองน้ำหรือทะเลสาบ โดยมีรากหรือทั้งรากและลำต้นเจริญอยู่ในพื้นดิน และส่งลำต้นบางส่วน ใบและดอกขึ้นมาที่เหนือน้ำ เช่น ผักเป็ดน้ำและหญ้าต่าง ๆ พืชน้ำประเภทนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับพวกพืชโผล่เหนือน้ำมากจนบางครั้งไม่สามารถแยกได้ชัดเจน ซึ่งพืชบางอย่างพบว่าจำแนกเป็นได้ทั้งพืชโผล่เหนือน้ำและพืชชายน้ำ เช่น ต้นกกบางชนิด เป็นต้น

2.5.2 หลักการการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำ

จากการจำแนกระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติเป็น 3 ระบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าพืชน้ำมีส่วนสำคัญในการบำบัดน้ำเสียใน 2 ระบบ คือ ระบบบึงประดิษฐ์และระบบพืชลอยน้ำ Tchobanoglous (1987: 28) ได้เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างหลักการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไปกับหลักการบำบัดน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำไว้ว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบทั่วไปจะทำการบำบัดน้ำเสียอย่างรวดเร็ว โดยใช้อุปกรณ์เครื่องมือ และการควบคุมระบบที่ซับซ้อน ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำจะทำการบำบัดน้ำเสียอย่างช้า ๆ ให้เป็นไปโดยธรรมชาติ และไม่ต้องพึ่งพาอุปกรณ์เครื่องมือและการควบคุมระบบที่ยุ่งยากซับซ้อนแต่ประการใด

กระบวนการในการปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยใช้พืชน้ำเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่างปฏิกิริยาทางชีววิทยา ปฏิกิริยาทางฟิสิกส์ – เคมี และลักษณะของพืชน้ำที่นำมาใช้ ซึ่งในแต่ละระบบอาจมีการปลูกพืชชนิดเดียวกัน (Monoculture) หรือมากกว่าหนึ่งชนิด (Polyculture) ก็ได้ รากของพืชน้ำจะทำหน้าที่เสมือนเป็นที่ยึดเกาะของแบคทีเรียเพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ การทำงานของแบคทีเรียจะทำให้ปริมาณสารแขวนลอยที่มีอยู่ในน้ำ (Total Suspended Solid) และค่าบีโอดี (BOD) ลดลง นอกจากนี้พืชน้ำยังมีหน้าที่ช่วยในการดูดซึมสารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) มาเก็บสะสมไว้ในตัวเอง (พัฒนี จันทรโรทัย, 2536: 155)

Stowell et al. (1981: 919 – 940 อ้างถึงใน ปิยนุช บุญศิริชัย, 2547: 24) ศึกษาการทำงานของส่วนต่าง ๆ ของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสีย ได้สรุปหลักการทำงานของแต่ละส่วนของพืชน้ำแยกเป็นส่วนของพืชที่อยู่ในน้ำและส่วนของพืชที่อยู่เหนือน้ำ ดังนี้

1. ราก ก้าน หรือลำต้นที่อยู่ในน้ำ จะทำหน้าที่ดูดซับ (Up Take) สารพิษและสารอาหาร เป็นพื้นผิวให้จุลินทรีย์อาศัยอยู่และเจริญเติบโต เป็นตัวกลางในการกรอง (Filtration) และดูดซับ (Absorption) ตะกอนและของแข็งที่ลอยอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเข้มข้นของแสงแดดที่ส่องตรงสู่ผิวน้ำเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของสาหร่ายในน้ำ

2. ก้าน ลำต้น หรือใบที่อยู่เหนือน้ำ จะช่วยลดผลกระทบของลมที่มีต่อน้ำ เช่น การพัดและทำให้ตะกอนที่จมอยู่ขุ่นขึ้นมา และทำให้การส่งผ่าน (Transfer) ของก๊าซและความร้อนระหว่างบรรยากาศและน้ำลดลง

สำหรับคุณสมบัติของพืชน้ำที่เหมาะสมในการนำมาใช้บำบัดน้ำเสีย พัฒนี จันทรโรทัย (2536: 155 – 156) ได้ให้ข้อสังเกตในการเลือกใช้พืชน้ำในการปรับปรุงคุณภาพน้ำไว้ 7 ข้อ ดังนี้

1. สามารถปรับตัวและเจริญเติบโตได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ นอกจากนี้ยังต้องสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป และจะต้องเป็นพืชที่ทนต่ออากาศเย็นได้ดี

2. มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงและเจริญเติบโตได้ดี ซึ่งปริมาณสารอาหารในน้ำที่พืชนำไปใช้นั้นจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับกับอัตราการเจริญเติบโตของพืชและองค์ประกอบภายในเนื้อเยื่อพืช

3. มีความสามารถในการส่งผ่านออกซิเจนได้สูง โดยพืชน้ำบางชนิด เช่น ผักตบชวา สามารถส่งผ่านออกซิเจนลงมาตามใบ ลำต้น และราก ซึ่งปริมาณออกซิเจนที่ส่งผ่านมานี้บางส่วนรากจะนำไปใช้ในการหายใจ ในขณะที่ออกซิเจนส่วนที่เหลือจะส่งผ่านลงมาที่ชั้นน้ำและแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์

4. สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษได้ค่อนข้างกว้าง

5. มีความสามารถในการดูดซึมและเก็บสะสมสารต่าง ๆ ได้ พืชน้ำหลายชนิดสามารถดูดซึมเอาปริมาณสารอาหารและแร่ธาตุที่มีอยู่ในน้ำได้ในปริมาณที่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณสารอาหารที่พืชดูดไปใช้จะสัมพันธ์โดยตรงกับชีวมวลของพืช พืชที่มีชีวมวลต่อหน่วยพื้นที่มากย่อมมีโอกาสที่จะเก็บสะสมปริมาณสารอาหารไว้ได้มาก อย่างไรก็ดีสารอาหารที่พืชดูดไปนั้นจะอยู่ในเนื้อเยื่อพืชเพียงช่วงระยะเวลาสั้น ๆ เมื่อพืชนั้นตายลงสารอาหารเหล่านี้ก็จะกลับคืนสู่แหล่งน้ำ

6. มีความทนทานต่อโรคและแมลงต่าง ๆ ได้ดี

7. ต้องง่ายต่อการจัดการโดยเฉพาะการนำพืชน้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียเนื่องจากพืชน้ำจะสามารถลดปริมาณสารอาหารที่มีอยู่ในน้ำให้ได้ผลดีที่สุดนั้น จะต้องมีการนำพืชน้ำนั้นออกจากระบบบ้าง เพื่อไม่ให้พืชน้ำอยู่กันหนาแน่นเกินไปจนเกิดความเครียด

พืชน้ำที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ผักตบชวา ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ผักตบชวาจะมีความสามารถในการลดปริมาณบีโอดี (BOD) ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS) โลหะต่าง ๆ และไนโตรเจนได้ในปริมาณมาก ปริมาณบีโอดีลดลงจากการที่สารอินทรีย์ในน้ำเสียถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ที่รากและส่วนต่าง ๆ ของพืช ของแข็งแขวนลอยลดลงจากการตกตะกอนและส่วนหนึ่งไปยึดติดอยู่กับรากพืช โลหะต่าง ๆ จะลดลงจากการถูกดูดซับโดยพืช ส่วนไนโตรเจนจะลดลงจากการถูกดูดซับโดยพืช จากการระเหย และจากการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ (Reed et al., 1995: 137 – 142)

2.5.3 การใช้งานระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพืชน้ำในประเทศไทย

การใช้พืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียในประเทศไทยมีการทดลองอย่างต่อเนื่อง และมีการนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในหลายพื้นที่ เช่น ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเริ่มดำเนินโครงการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 มีการทดลองใช้พืชน้ำประเภทพืชโผล่เหนือน้ำ (Emerged Plants) ได้แก่ ธูปฤาษีและกกกลม บำบัดน้ำเสียจากเทศบาลเมืองเพชรบุรี โดยทดลองทำเป็นแปลงที่มีขนาดและรูปแบบการบำบัดที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลองโดยใช้แปลงขนาด 5 x 100 เมตร เติมน้ำเสียระดับความสูง 30 เซนติเมตร โดยปล่อยน้ำในลักษณะต่อเนื่องแบบไหลล้น พบว่า พืชน้ำสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีเมื่อระยะทางยาวขึ้น กล่าวคือ ที่ระยะทาง 80 เมตร จากหัวแปลงก็สามารถบำบัดน้ำเสียได้ แต่ที่ระยะทาง 100 เมตร จะยิ่งบำบัดได้ดีขึ้น ซึ่งผลการวิจัยจากสถานีวิจัยแหลมผักเบี้ยมีการเผยแพร่ไปยังภูมิภาคต่าง ๆ โดยสร้างเป็นแปลงสาธิตและฝึกอบรมนักปฏิบัติการที่ศูนย์ย่อยในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2544: 33 – 38)

ส่วนพืชน้ำประเภทพืชลอยน้ำ (Floating Plants) ที่นิยมนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ผักตบชวา ตัวอย่างโครงการ เช่น โครงการบำบัดน้ำเสียบึงมักกะสัน มีการนำผักตบชวาไปใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โครงการนี้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในปี พ.ศ. 2528 โดยให้หน่วยงานต่าง ๆ ร่วมกันปรับปรุงบึงมักกะสัน บึงมักกะสันเป็นบึงที่การรถไฟแห่งประเทศไทยได้ขุดขึ้นในปี พ.ศ. 2474 อยู่ใจกลาง

กรุงเทพมหานคร มีความลึก 15 เมตร กว้าง 60 เมตร ยาว 2,380 เมตร มีเนื้อที่ผิวน้ำรวมประมาณ 92 ไร่ โดยระบบบำบัดน้ำเสียบึงมักกะสันเป็นระบบบ่อผึ่ง (Oxidation Pond) ใส่ผักตบชวาเข้าไปเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับสารอาหารและโลหะหนักในน้ำเสียที่มาจากคลองสามเสน ดูแลระบบโดยการเก็บเกี่ยวผักตบชวาออกทุก 10 สัปดาห์ เพื่อไม่ให้มีปริมาณที่หนาแน่นจนเกินไป ระบบนี้สามารถบำบัดน้ำเสียได้วันละ 30,000 – 100,000 ลูกบาศก์เมตร สามารถลดค่าบีโอดี (BOD) ได้โดยเฉลี่ยร้อยละ 51 และสามารถกำจัด Total Coliform แบคทีเรีย และ Fecal Coliform แบคทีเรียเฉลี่ยร้อยละ 90 และ 89 ตามลำดับ ต่อมา เมื่อมีโครงการก่อสร้างทางด่วนมหานครขั้น 2 ระยะที่ 1 ผ่านบึงมักกะสันในปี พ.ศ. 2533 ทำให้น้ำในบึงไม่ถูกแสงแดดจึงได้มีการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียบึงมักกะสันด้วยการติดตั้งเครื่องเติมอากาศแบบทุ่นลอยขนาด 11 กิโลวัตต์ จำนวน 10 เครื่อง ร่วมกับการใช้ผักตบชวา ทำให้สามารถบำบัดน้ำเสียได้เพิ่มขึ้นเป็นวันละ 260,000 ลูกบาศก์เมตร (สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, 2540: 109 – 114)

นอกจากนี้น้ำเสียจากเทศบาลหลายแห่งในประเทศไทยมีการนำพืชน้ำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยใช้เป็นระบบบึงประดิษฐ์แบบน้ำอยู่เหนือผิวดิน (Free Water Surface System) ได้แก่ เทศบาลเมืองสกลนคร เทศบาลนครหาดใหญ่ เป็นต้น ได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อรับน้ำหลังจากผ่านการบำบัดในบ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond) พืชที่ใช้ในระบบบึงประดิษฐ์ได้แก่ กก แฝก ธูปฤาษี และพืชลอยน้ำขนาดเล็ก เช่น สาหร่าย จอก แหน เป็นต้น โดยเทศบาลเมืองสกลนครได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์ที่สามารถรองรับน้ำเสียได้ 16,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์ 184.5 ไร่ ส่วนเทศบาลนครหาดใหญ่ได้สร้างระบบบึงประดิษฐ์ที่สามารถรองรับน้ำเสียได้ 138,600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ใช้พื้นที่ในการก่อสร้างระบบบึงประดิษฐ์ 515 ไร่ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545: 77 – 85)

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ผักกระเฉด

ธงชัย ภู่วชิรานนท์ (2526: บทคัดย่อ) ศึกษาการสะสมตะกั่วในผักบุ้งและผักกระเฉดจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยทดลองปลูกผักบุ้งและผักกระเฉดในสารละลายไฮโดรโปนิค (Hydroponic Solution) ที่มีความเข้มข้นตะกั่วต่างกัน 3 ระดับ คือ 1, 5 และ 10 พีพีเอ็ม พบว่า การสะสมของตะกั่วในในผักทั้ง 2 ชนิด ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายไฮโดรโปนิค และอายุพืช โดยผักกระเฉดจะมีการสะสมของตะกั่วมากกว่าผักบุ้งในสภาวะเดียวกัน

วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ (2532: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับสารอาหารในบึงมักกะสัน โดยศึกษาพืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวา พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของพืชทั้ง 3 ชนิดนั้นใกล้เคียงกัน ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารคิดเป็นร้อยละในน้ำหนักแห้งของผักบุ้ง พบว่า มีโพแทสเซียม ไนโตรเจน แคดเมียม ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียมเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.403, 3.589, 0.865, 0.544 และ 0.201 ตามลำดับ ในผักกระเฉดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 2.002, 3.585, 1.054, 0.442 และ 0.176 ตามลำดับ และในผักตบชวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 4.750, 2.280, 1.133, 0.633 และ 0.246 ตามลำดับ และความสามารถในการดูดซับโลหะหนักคิดเป็นไมโครกรัมต่อกรัมในน้ำหนักแห้ง พบว่า มีเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง และแคดเมียมในผักบุ้งเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 908.34, 202.36, 86.38, 21.48 และ 0.74 ตามลำดับ ในผักกระเฉดเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1,160.27, 288.51, 111.70, 32.40, 16.15 และ 0.64 ตามลำดับ และในผักตบชวาเฉลี่ยทั้งหมดเท่ากับ 1,212.10, 415.68, 148.58, 30.63, 16.12 และ 0.69 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่าพืชน้ำทั้ง 3 ชนิด มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักในน้ำได้ดีและมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียในบึงมักกะสัน

จิตติมา วสุสิน (2539: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งชุมชนและที่พักอาศัย โดยศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักกระเฉดจอก และผักตบชวา น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำเสียซึ่งยังไม่ผ่านการบำบัดใด ๆ เลยจากศูนย์ศาลายา การศึกษาใช้บ่อดินแบบขนาดเล็กโดยให้มีระยะเวลากักเก็บน้ำทิ้ง 15 วัน ทำการปลูกพืชให้เต็มพื้นที่ผิวหน้าทั้ง 3 ชนิด ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาจะมีการเก็บเกี่ยวออกเป็นระยะ ๆ ผล

การศึกษา พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีที่สุด ส่วนจอกและผักกระเฉดก็สามารถที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้เช่นเดียวกันแต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า

ธนิยา เกาศล (2545: บทคัดย่อ) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำร่วมกับระบบบ่อบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยศึกษาประสิทธิภาพของพืชน้ำ 3 ชนิด คือ ผักบุ้ง ผักกระเฉด และผักตบชวา พบว่า มีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียใกล้เคียงกันทั้ง 3 ชนิด และค่าตัวแปรจากการบำบัดส่วนใหญ่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่าพืชทั้ง 3 ชนิด มีความเหมาะสมในการนำมาบำบัดน้ำเสีย โดยผักบุ้งและผักตบชวามีความคงทนและดูแลรักษาง่าย และผักตบชวาสามารถปลูกให้ครอบคลุมพื้นที่ผิวน้ำได้ง่ายกว่าพืชอีก 2 ชนิด

ปิยนุช บุญศิริชัย (2547: บทคัดย่อ) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยใช้ผักกระเฉด โดยทดลองใช้ระดับชีวมวลผักกระเฉดที่ 0.2, 0.4, 0.6 และ 0.8 กิโลกรัม ศึกษาที่ระยะเวลา 10, 20 และ 30 วัน พบว่า คุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งได้แก่ ไนเตรท แอมโมเนีย บีโอดี ฟอสฟอรัสรวม และตะกอนแขวนลอย มีแนวโน้มลดลงตามระดับชีวมวลและระยะเวลาการบำบัดที่เพิ่มขึ้น ส่วนค่าพีเอชมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับชีวมวลเพิ่มขึ้น แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการบำบัดนานขึ้น โดยที่ระดับชีวมวลผักกระเฉด 0.8 กิโลกรัม ที่ระยะเวลา 30 วัน จะสามารถบำบัดคุณภาพน้ำทิ้งได้มากกว่าผักกระเฉดในทุก ๆ ระดับ สำหรับระดับชีวมวลรวมของผักกระเฉดที่ระดับชีวมวลเริ่มต้นที่ 0.2 กิโลกรัม จะมีชีวมวลเพิ่มขึ้น ส่วนที่ระดับชีวมวลอื่น ๆ มีชีวมวลลดลง ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่า การใช้ผักกระเฉดบำบัดน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดมีความเป็นไปได้ แต่ต้องมีระดับชีวมวลของผักกระเฉดกับปริมาณน้ำทิ้งที่เหมาะสมต่อกัน

2.6.2 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียโดยใช้พืชน้ำอื่น ๆ

เพลินจิต ทมทิตชงค์, สนธิ คชวัฒน์ และศักดิ์สิทธิ์ ตรีเดช (2530: 1 – 13) ศึกษาประสิทธิภาพของผักตบชวา ในการกำจัดโลหะหนัก แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว ในน้ำทิ้งจากโรงงานชุบโลหะประเภทสังกะสีและทองเหลือง ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งร้อยละ 100, 75, 50 และ 25 ในระยะเวลา 3 สัปดาห์ พบว่า ผักตบชวาที่เลี้ยงไว้ในระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งร้อยละ 100 และ 75 ตายภายใน 1 สัปดาห์ ส่วนผักตบชวาที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นของน้ำทิ้งร้อยละ 50 ตายภายใน 2 สัปดาห์ กลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มน้ำหนักได้ครบเวลา 3 สัปดาห์ คือ กลุ่มที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นน้ำทิ้งร้อยละ 25 ที่ระดับความเข้มข้นนี้มี

ปริมาณเริ่มต้นของแคดเมียม ทองแดง และตะกั่ว เท่ากับ 0.33, 2.53 และ 1.12 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ผักตบชวาสามารถกำจัดแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วเมื่อสิ้นสัปดาห์แรกได้ร้อยละ 24.42, 17.39 และ 25.00 ตามลำดับ เมื่อสิ้นสัปดาห์ที่สองสามารถกำจัดได้ร้อยละ 36.36, 39.13 และ 43.75 ตามลำดับ และเมื่อครบเวลา 3 สัปดาห์สามารถกำจัดได้ร้อยละ 42.44, 44.27 และ 48.21 ตามลำดับ หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักของผักตบชวาจะต่ำลงมาก ซึ่งผลจากการศึกษาสรุปว่า มีความเป็นไปได้ในการที่จะนำผักตบชวาไปใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยก่อนนำไปใช้ควรทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับความทนทานของผักตบชวาที่มีต่อปริมาณโลหะหนักและสารมลพิษอื่น ๆ ของโรงงานนั้นเสียก่อน

กิตติ เอกอำพล และสำอาง หอมชื่น (2530: 14 – 15) ทำการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษโดยใช้กกกลมและผักตบชวาในเวลา 1 เดือน พบว่า ผักตบชวาสามารถลดค่าบีโอดี (BOD) ซีโอดี (COD) ของแข็งแขวนลอยรวม ฟอสเฟต และสีของน้ำเสียได้เฉพาะภายในช่วง 20 วันนับจากเริ่มปลูกลงในน้ำเสีย ส่วนกกกลมสามารถลดค่าทั้ง 5 นี้ได้ตลอดระยะเวลา 30 วันที่ทำการศึกษา นอกจากนี้พืชน้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติในการรักษาระดับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าคงที่อยู่ที่ระดับใกล้เคียง 7 ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่า กกกลมมีความน่าสนใจที่จะนำไปใช้เป็นพืชน้ำในการบำบัดน้ำเสียเนื่องจากมีคุณค่าทางเศรษฐกิจและมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียที่ดี

มุกดา สุขสมาน (2532: บทคัดย่อ) ศึกษาการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานทอผ้าย่านรังสิต โดยใช้ผักตบชวา ธูปฤาษี และสาหร่าย ใช้ระยะเวลาในการบำบัด 8 สัปดาห์ พบว่า ธูปฤาษีมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการใช้บำบัดน้ำเสีย ส่วนพืชชนิดอื่น ๆ จะมีประสิทธิภาพด้อยลงอันเนื่องจากซากที่ตายลงและเน่าเปื่อยในน้ำทำให้น้ำมีคุณภาพต่ำลง โดยธูปฤาษีมีชีวิตอยู่ได้ตลอดการทดลองในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ส่วนผักตบชวาและสาหร่ายจะสามารถบำบัดน้ำเสียได้ในระยะสัปดาห์แรก ๆ จากนั้นจะเริ่มตายในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

บุญส่ง ไข่เกษ (2535: บทคัดย่อ) ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนการเคหะแห่งชาติด้วยพืชน้ำ โดยศึกษาพืชน้ำ 3 ชนิด ได้แก่ ผักตบชวา จอก และแหน ทดลองในภาคสนามที่ชุมชนการเคหะนครหลวง จังหวัดสมุทรปราการ จากการศึกษา พบว่า ผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่มีความเหมาะสมในการใช้บำบัดน้ำเสียมากกว่าจอกและแหน และเสนอแนะว่า หากจะทำการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนการเคหะให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ควรจะใช้ระบบบ่อหมักไร้อากาศร่วมกับระบบบ่อผักตบชวา

ปกรณ์ ประดิษฐ์ทอง (2540: บทคัดย่อ) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารพืชและโลหะหนักในระบบบำบัดน้ำเสีย จังหวัดเพชรบุรี ธาตุอาหารพืชที่ศึกษา ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม นิกเกิล โดยจำลองลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ ใช้พืช 2 ชนิด คือ กกกลมและธูปฤาษี ใช้ช่วงเวลาการขังน้ำในแปลง 3, 5 และ 7 วัน สลับกับการระบายน้ำออกให้แห้ง 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างดิน น้ำ และพืชจากแปลงทดลอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียในแปลงทดลองตลอดระยะเวลา 90 วัน พบว่า ธาตุอาหารพืชและโลหะหนักในน้ำที่ออกจากแปลงมีปริมาณลดลง ธาตุอาหารส่วนที่ลดลงนั้นพบสะสมอยู่ในดินและพืช แต่โลหะหนักที่ลดลงพบสะสมอยู่เฉพาะในพืชเท่านั้น ช่วงเวลาการขังน้ำ 7 วัน สามารถทำให้เกิดการสะสมของไนโตรเจนในดินได้สูงที่สุด ส่วนช่วงเวลาการขังน้ำ 3 วัน สามารถทำให้เกิดการสะสมของฟอสฟอรัสในดินได้สูงที่สุด และไม่พบความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมและโลหะหนักระหว่างช่วงเวลาการขังน้ำและชนิดพืชที่ต่างกัน ธูปฤาษีสามารถทำให้เกิดการสะสมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินได้ดีกว่ากกกลม และการปลูกพืชทำให้เกิดการสะสมของธาตุอาหารพืชในดินมากกว่าไม่ปลูกพืช ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่า ควรเลือกใช้ช่วงเวลาการขังน้ำ 3 วัน เนื่องจากสามารถบำบัดน้ำเสียได้ในปริมาณมากโดยใช้ระยะเวลาสั้นกว่า และควรเลือกพืชชนิดกกกลมเนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงกว่าธูปฤาษี

สุชาดา ศรีเพ็ญ และคณะ (2542: 26 – 1 – 26 – 9) ศึกษาความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารและโลหะหนักของกกกลมและธูปฤาษีในการบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม ธาตุอาหารที่ศึกษา ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ทองแดง สังกะสี และโลหะหนักที่ศึกษา ได้แก่ ตะกั่ว ปรอท แคดเมียม ผลการศึกษา พบว่า ความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารของทั้งกกกลมและธูปฤาษีสามารถดูดซับได้ใกล้เคียงกัน ยกเว้นส่วนรากของธูปฤาษีสามารถดูดซับทองแดงและสังกะสีได้ดีกว่าส่วนรากของกกกลม ส่วนความสามารถในการดูดซับโลหะหนัก ส่วนรากและส่วนต้นของกกกลมสามารถดูดซับปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ได้ดีกว่าส่วนรากและส่วนต้นของธูปฤาษี ซึ่งจากผลการศึกษาสรุปว่า กกกลมและธูปฤาษีน่าจะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ และถ้าในบริเวณที่มีโลหะหนักปนเปื้อนในน้ำเสีย การปลูกกกกลมจะเหมาะสมกว่าการปลูกธูปฤาษี