บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบข้อมูลประสิทธิภาพของบ่อปรับเสถียรในการลดค่าความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นขนมจีน และวิธีการควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นแนวทางในการบำบัดน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์สูง ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรม เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ขนมจีน
2. ขั้นตอนการผลิตขนมจีน
3. ระยะเวลาการหมักขนมจีนและอัตราส่วนผสมที่มีผลต่อคุณภาพขนมจีนแป้งหมัก
4. ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากโรงงานผลิตขนมจีน
5. บ่อปรับเสถียร
6. ลักษณะที่สำคัญของระบบบ่อปรับเสถียร
7. ข้อดีและข้อเสียของระบบบ่อปรับเสถียร
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
9. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. ขนมจีน

ขนมจีนเป็นอาหารคาวอย่างหนึ่งของคนไทย ผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่ทำจากแป้งข้าวเจ้าที่ผ่านการต้มหรือนึ่ง ให้มีส่วนสุกประมาณร้อยละ 27-39 (pregelatinization) มีลักษณะเป็นเส้นยาว เหนียว สีขาวขุ่น เป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่มีผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย ขนมจีน มีคำว่าขนม แต่ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับขนมใด ๆ ขณะเดียวกันแม้มีคำว่า จีน แต่ไม่ได้มีความเกี่ยวข้องกับอาหารของชนชาติจีน ภาษาเหนือเรียก ขนมเส้น ภาษาอีสาน เรียกข้าวปุ้น การผลิตขนมจีนในประเทศไทยไม่มีหลักฐาน แน่ชัดว่าเริ่มมาตั้งแต่เมื่อใด มีบันทึกไว้ว่าได้มีการเริ่มทำขนมจีนมาตั้งแต่สมัยกรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้น คำว่า ขนมจีน มีความเป็นมาอย่างไรไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่สันนิษฐานว่าขนมจีนน่าจะมาจากภาษามอญ คนมอญเรียกขนมจีนว่า จิน แปลว่าสุก เนื่องจากการทำขนมจีนนั้นต้องมีการต้มแป้งพอให้แป้งสุก และเมื่อเป็นเส้นก็ทำให้สุกอีกครั้ง แต่คนไทยออกเสียงยาวว่า ขนมจีน สำหรับการบริโภคขนมจีนของคนไทยนิยมบริโภคร่วมกับอาหารประเภทแกง ซึ่งมีส่วนผสมและวิธีการปรุงน้ำยาแตกต่างกันตามท้องถิ่นของไทย

1.1 ชนิดของขนมจีน

ขนมจีนแบ่งตามกรรมวิธีการผลิตเป็น 2 ประเภท คือ ขนมจีนแป้งสดและขนมจีนแป้งหมัก

ขนมจีนแป้งสด ทำจากข้าวเจ้าหรือปลายข้าวที่ผ่านการแช่หรือล้างน้ำก่อนจะนำไปโม่หรือทำเป็นขนมจีน เก็บไว้ได้ไม่นานนัก และยังมีความเหนียวน้อยกว่าขนมจีนแป้งหมัก

ขนมจีนแป้งหมักเป็นขนมจีนที่ทำจากการหมักข้าวหรือปลายข้าวก่อนที่จะนำมาโม่หรือทำเป็นเส้นขนมจีน ขนมจีนชนิดนี้มีความเหนียว มีกลิ่นหมักและสามารถเก็บไว้ได้นาน

ขนมจีนเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเส้นที่หมักโดยเชื้อธรรมชาติ(natural culture) แล้วนำมาทำให้สุกประมาณร้อยละ 27-34 นวดและปรับความชื้นให้ได้ร้อยละ 70-75 บีบผ่านเฝือนที่เป็นแผ่นโลหะเจาะรูเล็กๆ ลงในน้ำเดือด เมื่อเส้นลอยจึงตักขึ้น แช่น้ำเย็นแล้วจับเส้นขนมจีนมีลักษณะเป็นเส้นยาว เหนียว สีขาวขุ่น มีกลิ่นหมัก รสเปรี้ยวเล็กน้อย ขนมจีนแป้งหมักมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ โปรตีน 5.7-6.6 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 0.04-0.09 ปริมาณแป้งร้อยละ 70.4-78.5 ปริมาณอะไมโลสร้อยละ 25.3-27.3 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.16-0.41 พีเอช 3.8-5.1 ความชื้นร้อยละ 69.8-76.4 (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2541) คุณค่าทางโภชนาการของขนมจีนแป้งหมักต่อ 100 กรัม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของขนมจีนแป้งหมักต่อ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน(cal)	77.0
น้ำ(g)	80.7
โปรตีน(g)	0.9
ไขมัน(g)	0.1
คาร์โบไฮเดรต(g)	18.2
ใยอาหาร(g)	0.1
เถ้า(g)	0.1
แคลเซียม(mg)	7.0
ฟอสฟอรัส(mg)	14.0
เหล็ก(mg)	0.9
ไรโบฟลาวิน(mg)	0.02
ไนอาซิน(mg)	0.4

ที่มา : กรมอนามัย (2545)

1.2 วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตขนมจีน

1.2.1 ข้าว ใช้ข้าวเจ้าหรือปลายข้าวเจ้าหัก การเลือกข้าวเพื่อใช้ทำขนมจีนต้องคำนึงถึงปัจจัย เช่น พันธุ์ข้าว แหล่งที่ปลูก วิธีการปลูก วิธีการสีข้าวและอายุการเก็บ มีผลต่อสภาวะการผลิต สีและเนื้อสัมผัสของเส้นขนมจีน ข้าวที่นิยมใช้มาก คือ ข้าวเหลืองอ่อน ข้าวนางพระยา ข้าวปิ่นแก้ว ขนมจีนไม่ต้องการความเหนียวมากนักแต่ต้องการความนุ่มมากกว่า

1.2.2 น้ำ ควรใช้น้ำสะอาดปราศจากสิ่งแขวนลอย มีความกระด้างต่ำ ถ้าเป็นน้ำบาดาลควรสูบขึ้นมาพักไว้เพื่อให้อิออนเหล็กตกตะกอน แล้วจึงนำไปทำให้หายกระด้าง ถ้าเป็นน้ำประปาไม่ควรมีคลอรีนมากเกินไปจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นผิดปกติ ถ้าใช้น้ำขุ่นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีสีคล้ำไม่น่ารับประทาน

1.2.3 เกลือ ใช้เกลือป่นหรือเกลือเม็ดใส่ในขณะโม่แป้งหรือนอนน้ำแป้ง ปริมาณที่ใช้คือ เกลือ 7 กิโลกรัม ต่อข้าว 100 กิโลกรัม เกลือช่วยป้องกันขนมจีนเน่าเมื่อตั้งทิ้งไว้ขณะรอการตกตะกอนของน้ำแป้ง

2. ขั้นตอนการผลิตขนมจีน

การผลิตขนมจีนแป้งหมักมีขั้นตอนการผลิตแบ่งได้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การหมักข้าว

โดยนำปลายข้าวมาล้างด้วยน้ำสะอาดเพื่อให้ปราศจากฝุ่นและสิ่งเจือปน ใส่ข้าวในภาชนะสำหรับหมักซึ่งทำด้วยไม้ไผ่สาน เช่น กระบุง เข่ง ถังพลาสติก โอ่ง ถังซีเมนต์ เป็นต้น ใช้น้ำปริมาณพอสมควรพรมบนข้าวทั้งเช้าและเย็น คลุมด้วยใบตองหรือผ้าขาวบางป้องกันฝุ่น การหมักข้าวอาจตั้งทิ้งไว้กลางแดดหรือตั้งในที่ร่ม ถ้าหมักกลางแดดข้าวจะมีสีขาวแต่ถ้าหมักในที่ร่มข้าวจะมีสีเหลืองอมส้ม โดยทั่วไปการผลิตระดับอุตสาหกรรมนิยมหมักปลายข้าวเป็นเวลา 2 วัน และในระหว่างการหมักจะล้างปลายข้าวทุกวัน ส่วนการผลิตระดับพื้นบ้านจะหมักปลายข้าวจนกระทั่งปลายข้าวเปื่อยยุ่ยสามารถนวดแป้งได้ด้วยมือโดยไม่ต้องโม่ การที่ปลายข้าวหมักมีลักษณะเปื่อยยุ่ยเนื่องมาจากโมเลกุลของแป้งถูกไฮโดรไลซ์ให้สารประกอบเดกตริน และมอลโตสโดยเอนไซม์อะไมเลสซึ่งอยู่ในแป้งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แต่ถ้าหมักนานเกินไปขนมจีนอาจไม่เหนียวเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ที่มีอยู่ในข้าว และนอกจากนี้การหมักปลายข้าวยังทำให้โปรตีนที่หุ้มอยู่รอบ ๆ เม็ดแป้งสลายตัวไปร้อยละ 2-3 ซึ่งมีผลทำให้เส้นขนมจีนที่ได้มีลักษณะนุ่ม ไม่กระด้างเหมือนกับเส้นหมี่

2.2 การโม่หรือบดปลายข้าวหมัก

เมื่อหมักปลายข้าวครบ 2 วัน แล้วล้างปลายข้าวด้วยน้ำสะอาดนำไปบดด้วยโม่หินที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า หรือนำไปยีผ่านผ้าขาวบางซึ่งผูกขึงไว้ปากโอ่ง หรืออาจมีการใช้เครื่องตีแบบไฟฟ้าลักษณะเป็นถังสี่เหลี่ยมก้นมนโค้ง ซึ่งมีแกนเหล็กและก้านตีอยู่ภายในบดปลายข้าวได้ครั้งละประมาณ 40-50 กิโลกรัม ในขณะโม่หรือบดปลายข้าวนั้นจะต้องใส่เกลือ

ลงไปด้วยประมาณร้อยละ 7 ของน้ำหนักข้าว (ณรงค์ นิยมวิทย์, 2541) ถ้าปลายข้าวที่ใช้เป็นข้าวแข็งหรือข้าวเก่าจะใช้เกลือประมาณร้อยละ 4 ของน้ำหนักข้าว เกลือที่เติมลงไปในขั้นตอนนี้อาจช่วยป้องกันมิให้แป้งเกิดการหมักเมื่อตั้งทิ้งไว้ในระหว่างการตกตะกอนน้ำแป้ง

2.3 การตกตะกอนน้ำแป้ง

การตกตะกอนน้ำแป้ง เป็นการนำน้ำแป้งที่ได้จากการโม่หรือบดแล้วนำมากรองด้วยผ้าขาวบางใส่ลงไปในโอ่งหรือภาชนะอื่น เพื่อให้แป้งตกตะกอนนาน 1-2 วัน แล้วดูดน้ำส่วนบนซึ่งมีสีเหลืองกลิ่นฉุนทิ้ง 2-3 ครั้ง ขั้นตอนนี้มีผลให้แป้งมีสีขาวและมีกลิ่นน้อยลง โดยดูดน้ำทิ้งทุกวันพร้อมกับใส่เกลือทุกครั้งที่เปลี่ยนน้ำ ในการผลิตในระดับพื้นบ้านบางรายอาจนอนน้ำแป้งนานถึง 1 เดือน แต่ต้องเปลี่ยนน้ำทุกวันพร้อมกับใส่เกลือ นำแป้งที่ได้จากการตกตะกอนไปผลิตเส้นขนมจีนในขั้นต่อไป

2.4 การทับน้ำแป้ง

การทับน้ำแป้ง เป็นการกำจัดน้ำส่วนเกินออกไป โดยนำแป้งที่ได้จากการนอนน้ำแป้งใส่ในถุงผ้าด้ายดิบแล้วผูกปากถุงให้แน่น ทับด้วยของหนักนาน 1 คืน แป้งที่ได้จากขั้นตอนนี้มีความชื้นประมาณร้อยละ 42-44

2.5 การนึ่งแป้ง

แป้งที่ผ่านการทับน้ำแล้วจะเป็นก้อนแข็งเนื้อแป้งเกาะกันแน่น นำก้อนแป้งนี้ไปต้มหรือนึ่งให้แป้งสุกเฉพาะผิวโดยรอบนอก ถ้าใช้ข้าวสาร 1 ถังเมื่อโม่เป็นแป้งและผ่านการทับน้ำแป้งแล้ว และทำให้แป้งสุกเป็นบางส่วนนั้น แป้งจะสุกลึกจากผิวเข้าไปประมาณครึ่งนิ้ว ในขั้นตอนนี้ผลต่อความเหนียวของเส้นขนมจีน ถ้าแป้งสุกมากหรือน้อยเกินไป เส้นขนมจีนที่ได้จะสั้นขาดง่าย ไม่สามารถทำเส้นขนมจีนให้เป็นจับได้

2.6 การนวดแป้ง

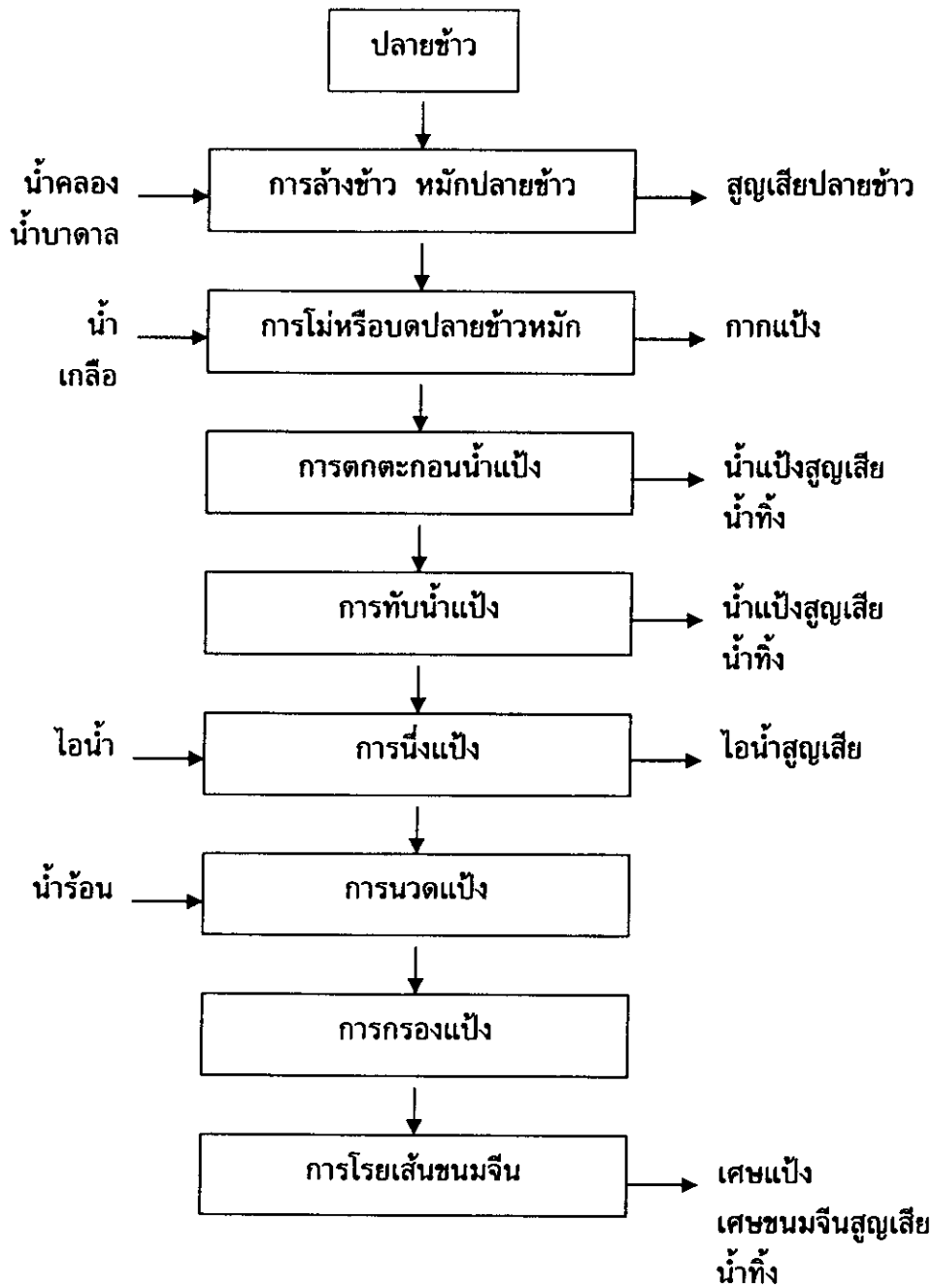
การนวดแป้งเป็นการผสมแป้งดิบและแป้งสุกที่ผ่านขั้นตอนการนึ่งให้สุกเป็นบางส่วนเข้าด้วยกัน นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดแป้งแตก แป้งมีความเหนียวขึ้น การนวดแป้งอาจนวดด้วยมือหรือนวดด้วยเครื่อง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิต การนวดแบบชาวบ้านมักใช้ครกไม้ตำจนแป้งเหนียวเข้ากันดี ถ้าแป้งแห้งเกินไปอาจมีการเติมน้ำร้อนและนวดให้เข้ากันจนได้แป้งข้นตามต้องการ ขั้นตอนนี้อาจเรียกว่าการโน้มแป้ง แป้งจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 70-75 กล่าวคือ ข้าว 1 กิโลกรัม ได้แป้งที่นวดแล้วประมาณ 3.0-3.5 กิโลกรัม

2.7 การกรองแป้ง

เนื่องจากการนวดแป้งไม่สามารถทำให้เนื้อแป้งละเอียดทั้งหมด เม็ดแป้งยังแตกออกไม่หมด บางส่วนเป็นเม็ดเล็กๆ ปะปนอยู่ ต้องกรองแป้งด้วยผ้าขาวบาง เพื่อให้แป้งที่ผ่านการกรองมีความละเอียด สม่ำเสมอ โรยเส้นได้สะดวก ขนมจีนที่ได้จะมีเส้นเรียบสม่ำเสมอ

2.8 การโรยเส้นขนมจีน

การโรยเส้นขนมจีนทำได้หลายวิธี ถ้าเป็นการผลิตแบบพื้นบ้าน มักใช้แว่นเฝือน สำหรับเฝือนนั้นเป็นภาชนะรูปทรงกระบอก ทำด้วยโลหะอาจเป็นสังกะสีหรือเหล็กปลอดสนิมเจาะรูเล็ก ๆที่ก้นสำหรับยึดในขณะที่ทำการกด มีภาชนะอีกใบหนึ่งมีลักษณะคล้ายกันแต่มีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย สามารถสวมลงไปในภาชนะใบแรกได้พอดี ภาชนะใบนี้ก้นเรียบไม่เจาะรูสำหรับกดให้แป้งออกจากภาชนะใบแรก แว่นมีลักษณะเป็นแผ่นโลหะกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 นิ้ว เจาะรูเล็ก ๆ ตามขนาดที่ต้องการ เต็มผิวหน้าแผ่นโลหะ วางแผ่นโลหะกลมตรงกลางผืนผ้าซึ่งเจาะเป็นวงกลมขนาดเดียวกับแผ่นโลหะ แล้วเย็บตรึงขอบแผ่นโลหะติดกับผ้าเมื่อใส่แป้งลงในแว่นแล้วต้องรวบชายผ้าเข้าหากัน ใช้อีกมือหนึ่งบีบเพื่อให้แป้งผ่านรูเล็ก ๆ ลงไปในน้ำร้อนในกะทะเคลื่อนมือไปรอบ ๆ กะทะเป็นวงกลม พยายามรักษาระยะระหว่างแว่นกับน้ำร้อนให้คงที่และระวังอย่าให้เส้นขาด ขณะโรยควรรักษาอุณหภูมิน้ำไว้ที่ 90-95 องศาเซลเซียส ภาชนะที่ใช้ต้มน้ำร้อนเพื่อโรยเส้นขนมจีนต้องมีขนาดใหญ่มากพอ มิฉะนั้นน้ำร้อนที่ใช้ลวกจะลดอุณหภูมิเร็วเกินไปทำให้เส้นขนมจีนไม่สุกและไม่เหนียว ไม่ควรโรยเส้นให้มากเกินไปเพราะอาจเกิดปัญหาเส้นสุกไม่เสมอกันและเส้นไม่เหนียว ขั้นตอนการผลิตขนมจีนดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตขนมจีน

3. ระยะเวลาการหมักขนมจีนและอัตราส่วนผสมที่มีผลต่อคุณภาพขนมจีนแป้งหมัก

การหมักเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแก่ปลายข้าวมากที่สุด เกิดขึ้นโดยปฏิกิริยาของเชื้อจุลินทรีย์หลายชนิด เชื้อรา *Rhizopus sp.* สร้างเอนไซม์มาย่อยสลายแป้ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีของแป้ง ส่วนผสมของแป้งเหนียวมากขึ้น แบคทีเรีย *Lactobacillus sp.* สร้างกรดทำให้ความเป็นกรด-เบส ลดลง (นิตยา บุญมี, 2542) และเกิดกลิ่นรสอันเป็นลักษณะประจำของขนมจีนหมัก แบคทีเรีย *Bacillus sp.* ย่อยสลายโปรตีนได้ดีจึงย่อยโปรตีนที่ห่อหุ้มเม็ดแป้งออกไป ทำให้เม็ดแป้งดูดน้ำและแตกตัวได้ง่ายมากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน เส้นขนมจีนที่ผลิตได้มีความนุ่ม ไม่แข็งกระด้าง

องค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนแปลงไป คือ ปริมาณโปรตีนลดลงประมาณร้อยละ 1 แป้งลดลงร้อยละ 4 น้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 อะมิโลสเพิ่มขึ้น ประมาณร้อยละ 1 กรดทั้งหมดเพิ่มขึ้น ร้อยละ 0.56 และความเป็นกรด - เบส ลดลงเป็น 4.0 (นิตยา บุญมี, 2542) ลักษณะความหนืดของปลายข้าวเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการหมัก วัดจากเครื่องวัดความข้นหนืดอะมิโลกราฟของบราเบนเดอร์ คือ มีความข้นหนืดเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ ในช่วงที่แคบกว่าการเปลี่ยนแปลงของปลายข้าวที่ไม่หมัก ความข้นหนืดสูงสุดของปลายข้าวลดลงจาก 875 เป็น 775 B.U. เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที ความข้นหนืดลดลงน้อยกว่าเดิม คือ จากเดิมลดลง 185 เป็นลดลง 126 B.U. ต่อจากนั้นเมื่อลดอุณหภูมิลงถึง 50 องศาเซลเซียส ความข้นหนืดของปลายข้าวหมักเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเดิมคือ จากเดิมเพิ่มขึ้น 790 B.U. เป็นเพิ่มขึ้นเพียง 250 B.U. (ศิริพร จันทนา, 2541)

4. ลักษณะสมบัติน้ำเสียจากโรงงานผลิตขนมจีน

น้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ ก๋วยเตี๋ยว และขนมจีน มาจากขั้นตอนการผลิตที่สำคัญคือ การล้างข้าว การแช่ข้าว น้ำที่ใช้ในการผลิต เช่น น้ำโม่แป้ง น้ำที่รีดออกจากแป้ง น้ำที่ใช้ในการต้มหรือแช่เย็น และน้ำที่ใช้ล้างภาชนะ อุปกรณ์หรือพื้นโรงงาน สิ่งสกปรกที่เจือปนในน้ำทิ้งจากการผลิตขนมจีน ส่วนใหญ่เป็น เศษข้าว และเศษแป้ง ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ง่ายโดยแบคทีเรียในธรรมชาติ ขณะที่การย่อยสลายปริมาณออกซิเจนในน้ำจะถูกใช้หมดไปทำให้เกิดสภาพไร้อากาศ เกิดสารประกอบซัลไฟด์ ทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็น สีดำคล้ำเป็นที่น่ารังเกียจ นอกจากนั้นตะกอนขนาดใหญ่จาก เศษข้าว เศษขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว จะตกตะกอนหมักหมมอยู่ก้นบ่อ น้ำมีค่าตะกอนหนักสูง (Settleable solid) บางส่วนทำให้น้ำขุ่นข้นเป็นสารแขวนลอย (Suspended solid) และบางส่วนละลายน้ำ (Dissolve solid) เป็นอาหารอย่างดีของแบคทีเรีย และเพิ่มปริมาณของแป้งในน้ำ ทำให้ดูขุ่นข้น น่ารังเกียจ

สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย (2542) ศึกษาลักษณะสมบัติของน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีค่าบีโอดีเฉลี่ย 3,920 มก./ล. (ค่าพิสัย 1,000-14,000 มก./ล.) ค่าสารแขวนลอยเฉลี่ย 8,400 (ค่าพิสัย 1,000-30,000 มก./ล.)

จากการศึกษาของโครงการนักรบสิ่งแวดล้อม (2549) โดยการสำรวจโรงงานผลิตแป้งขนมจีนในจังหวัดขอนแก่นซึ่งมีอัตราการผลิตเฉลี่ยวันละ 1,000-1,500 กก./โรงงาน โดยการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตใช้ระบบบำบัดบ่อปรับเสถียร พบว่ามีลักษณะสมบัติน้ำเสียดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะสมบัติน้ำเสียโรงงานขนมจีน จ.ขอนแก่น ที่มีอัตราการผลิต 1000-1,500 กก./วัน

ลักษณะสมบัติน้ำเสีย	โรงงานที่เก็บตัวอย่าง			
	1	2	3	4
พีเอช	8.9	6.9	8.2	4.9
บีโอดี(mg/l)	340.0	62.5	80.0	2,825.0
สารแขวนลอย(mg/l)	2,236.0	25.0	226.0	360.0
แอมโมเนีย-ไนโตรเจน(mg/l)	235.0	2.8	73.9	78.0

ที่มา : นักรบสิ่งแวดล้อม (2549)

จากสถิติจำนวนโรงงานของสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2549 ที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ จำนวนทั้งสิ้น 4,574 แห่ง พบว่า มีโรงงานที่ประกอบกิจการผลิตเส้นหมี่ ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน และการทำผลิตภัณฑ์จากแป้งทั้งหมด 125 แห่ง ที่เหลือเป็นกิจการประเภทการผลิตอื่นๆ เมื่อจำแนกตามหมวดหลักอุตสาหกรรมการผลิตแป้งและผลิตภัณฑ์แป้ง พบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากเป็นอันดับหนึ่ง และพบว่าของเสียและมลพิษจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ ก๋วยเตี๋ยว และเส้นขนมจีน ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ ด้านการบำบัดน้ำเสียของโรงงานในพื้นที่ศึกษา พบว่า ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ คือ สภาพการระบายน้ำเสียภายในโรงงานไม่ดี ทำให้มีน้ำเสียกักขังบนพื้นโรงงาน เปรอะเปื้อน นอกจากนี้บ่อบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่อยู่ในสภาพที่เสื่อมโทรม ขาดการดูแลรักษามีตะกอนสะสมในบ่อบำบัดมากเกินไป ปัญหามลพิษจากการประกอบการผลิตเส้นหมี่ ก๋วยเตี๋ยว และขนมจีน มีปัญหาสิ่งแวดล้อมหลักๆ คือ

4.1 ปัญหาน้ำเสีย

ส่วนใหญ่เกิดจากขั้นตอนการล้าง แช่ และโม่เมล็ดข้าวเจ้าหัก นอกจากนี้เกิดขึ้นจากการกรอง และการล้างพื้น ล้างอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีน้ำเสียจากการล้างและแช่เมล็ดข้าวในปริมาณมากที่สุด น้ำเสียนั้นจะมีสภาพเป็นกรด ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแข็งละลาย และคอลลอยด์ มีของแข็งแขวนลอยอยู่ปริมาณไม่มากนัก มีสารประกอบคาร์โบไฮเดรท พวกแป้งและน้ำตาลอยู่สูง ซึ่งทำให้มีสารอินทรีย์ในรูปบีโอดี และซีโอดีอยู่ปริมาณมาก ทำให้เกิดการสลายตัวและเน่าเหม็นได้ง่าย ลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตขนมจีน

ค่าพารามิเตอร์	โรงงานแห่งที่ 1		โรงงานแห่งที่ 2	
	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย
pH	3.6-4.1	3.8	4.6-8.8	6.9
Temperature(°c)	42-52	4.6	28-31	29.5
TDS(mg/l)	1,583-2,336	2,059	2,116-3,716	2,976.50
SS(mg/l)	1,185-2,029	1,476	354-734	516.75
BOD(mg/l)	965-1,297	1,086	685-880	772.25
COD(mg/l)	20,760-21,840	21,440	19,800-20,400	20,080

ที่มา : กาญจนา นาถะพินธุ และคณะ(2546)

4.2 ปัญหากลิ่นเหม็น

เกิดจากการย่อยสลายของน้ำเสียที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการผลิตและในระหว่างเส้นทางระบายน้ำเสีย ซึ่งเป็นผลผลิตในรูปก๊าซจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียต่อของเสียในน้ำ ก๊าซที่เกิดขึ้น ได้แก่ มีเธน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่มีกลิ่นเหม็นโดยเฉพาะพวกกรดอินทรีย์ ก๊าซเหล่านี้นอกจากจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นแล้ว บางชนิดอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนด้วย นอกจากนี้ยังเกิดกลิ่นเหม็นจากขั้นตอนการผลิตอีกหลายประการ เช่น การแช่เมล็ดข้าวในบ่อ การนึ่งแป้ง ฯลฯ

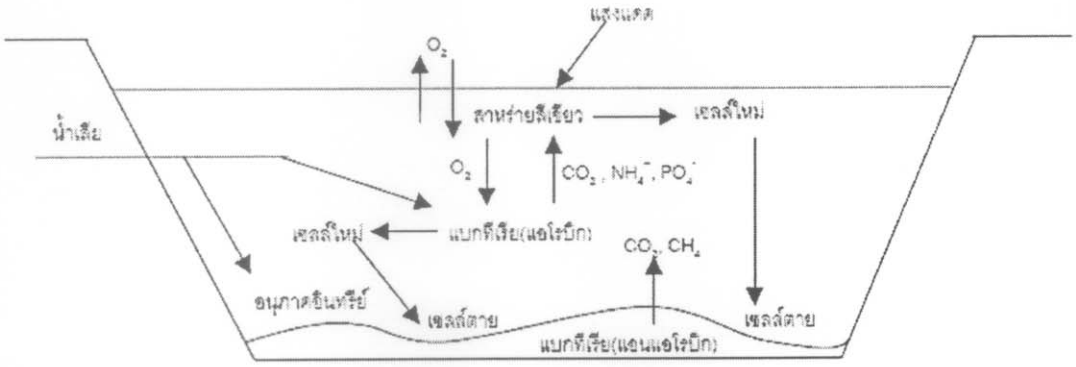
4.3 ปัญหาขยะและปัญหาสุขาภิบาลอื่น ๆ

ปัญหาขยะจากเศษแป้ง เศษเส้นขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว ซึ่งเป็นขยะที่เน่าเสียได้ง่าย รวมทั้งปัญหาเกี่ยวกับการไต่ตอมของแมลงต่าง ๆ โดยเฉพาะแมลงวัน ต่อวัตถุดิบหรือในระหว่างขั้นตอนการผลิต น้ำเสียและกากของเสียต่าง ๆ นอกจากจะเป็นที่เพาะพันธุ์แมลงต่าง ๆแล้ว แมลงเหล่านี้อาจเป็นพาหะโรคติดต่อมาสู่ประชาชนหรือก่อให้เกิดเหตุเดือดร้อนรำคาญได้ อีกประการหนึ่งการไต่ตอมของแมลงเหล่านี้ทำให้ของเสียเน่าสลายตัวได้เร็วยิ่งขึ้น ปัญหาเรื่องน้ำเสียและกลิ่นเหม็นจะรุนแรงยิ่งขึ้นด้วย นอกจากนี้ในสถานประกอบการ โดยเฉพาะพื้น หากเทลาดไม่ดีทำให้มีน้ำขังเฉอะแฉะเกิดการหมักหมม เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงพาหะนำโรค

5. บ่อปรับเสถียร (Stabilization Pond)

เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยธรรมชาติในการบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ 3 รูปแบบ คือ บ่อแอนแอโรบิค (Anaerobic pond) บ่อแฟคัลเททีฟ (Facultative pond) บ่อแอโรบิค (Aerobic pond) โดยบ่อสุดท้ายเป็นบ่อบ่ม (Muturation pond)

ทำหน้าที่ในการตกตะกอนของแข็ง และปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม บ่อปรับเสถียรสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชน หรือโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานผลิตอาหาร โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2545) ซึ่งโดยส่วนใหญ่มักใช้บ่อบำบัดร่วมกันมากกว่า 1 ประเภท หรือในบางกรณีอาจใช้บ่อบำบัดร่วมกันทั้ง 3 ประเภทก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้งที่ต้องการ



ภาพที่ 2 การทำงานของแบคทีเรียและสาหร่ายในบ่อปรับเสถียร(กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

5.1 บ่อปรับเสถียรชนิดแอนแอโรบิค(Anaerobic pond)

นิยมใช้ในวงจำกัดไม่แพร่หลายมากเหมือนบ่อแอโรบิก (Aerobic pond) ที่นิยมออกแบบใช้ก็เฉพาะในการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง ๆ ไม่อยู่ในสภาพที่จะมีออกซิเจนละลายน้ำได้พอเพียงกับปฏิกิริยาของ Aerobic หรือ Facultative bacteria ได้ คือ ออกซิเจนละลายน้ำไม่มีหรือมีอยู่ปริมาณน้อยมาก มักไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พวก Anaerobic bacteria จึงเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำปฏิกิริยา จึงมักทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกลิ่นเหม็นระเหยขึ้นจากบ่อและน้ำเสียในบ่อจะมีสีคล้ำและมีฟองแก๊สผุดขึ้น ไม่มีสภาพเป็นเหมือนบ่อน้ำหรือสระน้ำ จะอยู่ในสภาพของบ่อน้ำโสโครกซึ่งเป็นที่น่ารังเกียจของผู้ที่พบเห็น จึงควรตั้งอยู่ห่าง ๆ ชุมชนหรือตั้งอยู่ใต้กระแสลม เพื่อไม่ให้ชุมชนได้รับกลิ่นเหม็นรบกวนจากบ่อ ในปัจจุบันนิยมออกแบบบ่อปรับเสถียรชนิดแอนแอโรบิก (Anaerobic pond) ใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียพิเศษจากโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิดซึ่งมีความเข้มข้นสูง ๆ เช่น โรงงานอาหารกระป๋อง ผลไม้กระป๋อง โรงงานน้ำตาล โรงฆ่าสัตว์ ฯลฯ โดยนำเข้าบำบัดในบ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic pond) ก่อนน้ำล้นจากบ่อแอนแอโรบิก (Anaerobic pond) จึงจะนำเข้าบำบัดในบ่อแฟคัลเททีฟ(Facultative pond) และบ่อแอโรบิก (Aerobic pond) ตามลำดับต่อไป วิธีการดังกล่าวนี้จะช่วยทำให้สามารถประหยัดค่าดำเนินการลงได้เป็นอย่างมาก

ระบบนี้เป็นการทำงานร่วมกันของจุลินทรีย์หลายประเภท เช่น สาหร่าย รา และโปรโตซัว โดยจะย่อยสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างเชิงซ้อน และมีน้ำหนักโมเลกุลสูงให้เป็นสาร

โมเลกุลเดี่ยว ปฏิกิริยาโดยรวมและผลของการย่อยสลายสารอินทรีย์ในระบบ ผลผลิตที่ได้คือ CH_4, CO_2, H_2, H_2S, NH_3 เนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยสลายไม่ต้องการแสงแดด ดังนั้น บ่อบำบัดน้ำทิ้งประเภทนี้จึงสามารถก่อสร้างให้ลึกได้มากประมาณ 2.5-5.0 เมตร (กระทรวงสาธารณสุข, 2543)

5.2 **บ่อปรับเสถียรชนิดแฟคัลเททีฟ(Facultative Pond)**

บ่อแฟคัลเททีฟเป็นบ่อปรับเสถียรที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยเฉพาะในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำของชุมชน และเหมาะกับพื้นที่ที่อยู่ในเขตร้อนและมีแสงแดดจัดตลอดปี (กรมควบคุมมลพิษ, 2545 อ้างถึง Metcalf & Eddy, 1991และ Mara, D.D, 1976) บ่อแฟคัลเททีฟเป็นกระบวนการที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ทั้งสภาวะแอโรบิกและแอนแอโรบิก ส่วนบนของบ่อซึ่งแสงแดดสามารถส่องถึง ประมาณ 30-50 เซนติเมตรจากผิวน้ำ มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งได้รับออกซิเจนส่วนใหญ่จากการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย และออกซิเจนจากอากาศละลายที่ผิวน้ำบางส่วน การที่จะรักษาส่วนบนของบ่อให้มีสภาวะแอโรบิกนั้น ต้องมีอัตราการถ่ายออกซิเจนจากสาหร่ายและผิวน้ำมากกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนจากจุลินทรีย์ ทำให้บ่อแฟคัลเททีฟรับอัตราภาระบีโอดีได้อย่างจำกัด นอกจากนี้ปริมาณสาหร่ายและออกซิเจนละลายน้ำจะลดลงตามระดับความลึกของบ่อ เนื่องจากแสงแดดส่องผ่านได้น้อยลง และที่ความลึกระดับหนึ่งจะมีสภาวะไร้ออกซิเจน ทำให้บางส่วนของบ่อมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ด้วยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการบำบัดที่เกิดขึ้น เรียกว่า การทำความสะอาดตัวเอง (Self-purification) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในบ่อบำบัดแบบแฟคัลเททีฟ (Facultative pond) มีรายละเอียดคือ เมื่อน้ำเสียถูกปล่อยลงบ่อบำบัด ปฏิกิริยาแรกที่เกิดขึ้นคือ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Aerobic bacteria) ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นที่ความลึกไม่เกิน 1 เมตร ซึ่งน้ำมีค่าสารละลายออกซิเจนค่อนข้างสูง ผลที่เกิดขึ้นก็คือ ได้เซลล์แบคทีเรียใหม่ และสารประกอบอื่นๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ซึ่งจะเห็นได้ว่าปฏิกิริยานี้เป็นการใช้ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ อย่างไรก็ตามในช่วงเวลากลางวันที่มีแดดสาหร่ายสีเขียวที่เกิดขึ้นในบ่อจะทำการสังเคราะห์แสง โดยใช้สารประกอบไนโตรเจน ซึ่งร่วมกับพลังงานที่ได้จากแสงแดด ทำให้เกิดเซลล์ใหม่ น้ำ และออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนที่เกิดขึ้นนี้จะละลายอยู่ในน้ำทดแทนออกซิเจนส่วนที่ถูกแบคทีเรียใช้ไป ดังนั้นขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบใช้ออกซิเจนอิสระจึงเกิดขึ้นรวดเร็วขึ้น

ในบริเวณก้นบ่อซึ่งไม่มีออกซิเจนละลายเหลืออยู่ เนื่องจากแสงแดดส่องไปถึงน้อยและออกซิเจนจากบรรยากาศละลายลงไปในน้ำในส่วนก้นบ่อได้น้อย ตะกอนต่างๆรวมทั้งสาหร่ายสีเขียว และแบคทีเรียที่ตายจะจมสะสมที่ก้นบ่อ ทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระ (Anaerobic) ซึ่งจะเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นเซลล์ใหม่และสารประกอบอื่นๆ ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย มีเทน

และไฮโดรเจนซัลไฟด์ สำหรับเกลือแอมโมเนียส่วนที่เหลือจากการใช้ในการสังเคราะห์แสงนั้นจะถูกเติมออกซิเจนโดยแบคทีเรียพวกไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Nitrifying bacteria) ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนชนิดหนึ่งเพื่อเปลี่ยนแอมโมเนียให้เป็นเกลือไนเตรต ซึ่งเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นว่าไนตริฟิเคชัน (Nitrification)

ในขณะเดียวกันในบริเวณที่มีออกซิเจนน้อยจะเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) โดยดีไนตริฟายอิงแบคทีเรีย (Denitrifying Bacteria) เกลือไนเตรตจะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซไนโตรเจนที่ลอยขึ้นสู่บรรยากาศ ปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) จึงเป็นปฏิกิริยาสุดท้ายที่จะทำลายไนโตรเจนในน้ำทิ้ง ซึ่งจะมีความสำคัญในแง่การควบคุม เพื่อไม่ให้แหล่งน้ำที่รับน้ำทิ้งนี้เกิดสาหร่ายมาก (Algae bloom) หรือมีวัชพืชเกิดมาก ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์บางส่วนนั้นจะถูกออกซิไดซ์กลับมาเป็นซัลเฟตละลายอยู่ในน้ำ หากมีปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบสูงเกินไปจนออกซิเจนในน้ำไม่เพียงพอ เมื่อสาหร่ายใช้ก๊าซออกซิเจนและปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา จะส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ลดต่ำลง และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดลงจนอาจเกิดสภาวะขาดออกซิเจน และเกิดปัญหากลิ่นเหม็นได้

5.3 บ่อปรับเสถียรชนิดแอโรบิค(Aerobic Pond)

เป็นบ่อที่นิยมใช้แพร่หลาย โดยจะไม่มีกลิ่นเหม็นเป็นเหตุรำคาญเกิดขึ้น สภาพโดยทั่วไปไม่เป็นที่น่ารังเกียจแก่ผู้พบเห็นเพราะมีลักษณะเหมือนสระน้ำที่ประชาชนชาวชนบทนิยมสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นแหล่งน้ำ ปฏิกิริยาการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในบ่อปรับเสถียรชนิด แอโรบิก (Aerobic pond) เกิดจากแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic bacteria) และแบคทีเรียที่สามารถใช้และไม่ใช้ออกซิเจน (Facultative bacteria) ย่อยสลายอินทรีย์สารที่มีในน้ำเสียโดยใช้อินทรีย์สารเป็นอาหารและได้ออกซิเจนอิสระมาใช้ในปฏิกิริยาจากออกซิเจนที่มีละลายอยู่ในน้ำ ออกซิเจนละลายน้ำของบ่อปรับเสถียรชนิดแอโรบิก (Aerobic pond) ได้มาจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งด้วยกันคือ จากอากาศและจากปฏิกิริยาของสาหร่ายสีเขียวที่เจริญอยู่ในบ่อ โดยออกซิเจนในอากาศละลายลงในน้ำได้เองตามธรรมชาติ ทำให้เกิดเป็นออกซิเจนละลายน้ำได้ส่วนหนึ่ง ส่วนออกซิเจนละลายน้ำอีกส่วนหนึ่งนั้นได้มาจากปฏิกิริยาการสังเคราะห์แสง (Photosynthesis) ของสาหร่ายสีเขียวที่มีเจริญอยู่ในน้ำ

ปฏิกิริยาระหว่างแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนและสาหร่ายในบ่อปรับเสถียรเป็นปฏิกิริยาชีวสัมพันธ์ (Biological symbiosis) คือแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนจะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นสารประกอบรูปต่างๆ ขึ้นใหม่ ที่สำคัญได้แก่ CO_2, NH_3, PO_4^{2-}, H_2O โดยเฉพาะ CO_2 นั้น สาหร่ายจะนำไปใช้เป็นสารอาหารสำคัญในปฏิกิริยาสังเคราะห์แสงและมี O_2 เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา O_2 ที่เกิดขึ้นจากสาหร่ายส่วนหนึ่งก็จะละลายน้ำทำให้แบคทีเรียนำไปใช้เป็นประโยชน์ในการย่อยสลายอินทรีย์สารได้ ดังนั้นปริมาณของอินทรีย์สารที่มีปะปนอยู่ในน้ำเสียก็จะถูกทำลายให้ลดปริมาณลงได้ด้วยปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ดังกล่าวนี้ ถ้ามีการควบคุมให้บ่อปรับเสถียรทำงานได้

อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำที่ไหลล้นออกจากบ่อก็จะมีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง สามารถปล่อยเป็นน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำได้โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย

5.4 บ่อบ่ม (Maturation Pond)

บ่อบ่มมีจุดประสงค์เพื่อกำจัดเชื้อโรคมากกว่ากำจัดบีโอดี จึงมักใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำทิ้งต่อจากบ่อบำบัดต่าง ๆนอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งแขวนลอยหรือปริมาณสาหร่ายได้ สภาวะของบ่อบ่มจะมีสภาพเป็นแอโรบิกตลอดทั้งบ่อ ความลึกไม่มากนักและแสงแดดสามารถส่องถึงก้นบ่อ ใช้รองรับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วเพื่อฟอกน้ำทิ้งให้มีคุณภาพดีขึ้น

ตารางที่ 4 เกณฑ์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียร

	เกณฑ์การออกแบบ	
หน่วยบำบัด	พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ออกแบบ
1. บ่อแอนแอโรบิก	- ระยะเวลากักเก็บน้ำ	2-4 วัน
	- ความลึกของน้ำในบ่อ	2-4 เมตร
	- อัตราภาระบีโอดี	224-672 กรัมบีโอดี/ตร.ม.-วัน
	- ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 50
2. บ่อแฟคัลเททีฟ	- ระยะเวลากักเก็บน้ำ	7-30 วัน
	- ความลึกของน้ำในบ่อ	1-1.5 เมตร
	- อัตราภาระบีโอดี	34 กรัมบีโอดี/ตร.ม.-วัน
	- ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 70-90
3. บ่อแอโรบิค	- ระยะเวลากักเก็บน้ำ	4-6 วัน
	- ความลึกของน้ำในบ่อ	0.2-0.6 เมตร
	- อัตราภาระบีโอดี	45 กรัมบีโอดี/ตร.ม.-วัน
	- ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 80-95
4. บ่อบ่ม	- ระยะเวลากักเก็บน้ำ	5-20 วัน
	- ความลึกของน้ำในบ่อ	1-1.5 เมตร
	- ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดี	ร้อยละ 60-80

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2546)

6. ลักษณะที่สำคัญของระบบบ่อปรับเสถียร

ลักษณะที่สำคัญของระบบบ่อปรับเสถียร (Stabilization pond) นั้นได้แก่

6.1 แบคทีเรียมีชีวิตอยู่ในลักษณะแขวนลอย

6.2 ออกซิเจนที่แบคทีเรียใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์นั้นได้มาจาก 2 แหล่งดังนี้

- จากการถ่ายเทออกซิเจนตามธรรมชาติระหว่างน้ำและอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวน้ำของบ่อบำบัด(Atmospheric reaction)

- การสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เป็นความสัมพันธ์แบบซิมไบโอซิส (Symbiosis) สาหร่ายส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นสาหร่ายชนิดยูคาริโอต เป็นองค์ประกอบสำคัญ

6.3 การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ใช้ออกซิเจนอิสระจะเกิดขึ้นที่ความลึกไม่เกิน 1 เมตร ปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำจะมีค่าค่อนข้างสูง ผลที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการย่อยสลายก็คือ เซลล์แบคทีเรียใหม่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ แอมโมเนีย และฟอสเฟต ในช่วงเวลากลางวันที่มีแสงแดดจะเกิดความสัมพันธ์แบบซิมไบโอซิส (Symbiosis) ระหว่างแบคทีเรียและสาหร่าย คือ สาหร่ายสีเขียวที่เกิดขึ้นในบ่อจะทำการสังเคราะห์แสงโดยการใช้สารประกอบไนโตรเจนทำให้เกิดเซลล์สาหร่ายใหม่ น้ำ และออกซิเจน ซึ่งออกซิเจนที่เกิดขึ้นนี้จะถูกแบคทีเรียนำไปใช้ในปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์ ในบริเวณก้นบ่อ ตะกอนต่าง ๆ สาหร่ายสีเขียว และแบคทีเรียที่ตายแล้วจะจมตัวสะสมที่ก้นบ่อ ในสภาวะไม่มีออกซิเจน ทำให้เกิดปฏิกิริยาการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน ผลที่เกิดจากปฏิกิริยาก็คือ ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย มีเทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์

7. ข้อดีและข้อเสียของระบบบ่อปรับเสถียร

ข้อดี

7.1 สามารถบำบัดน้ำเสียที่มีปริมาณมาก ๆได้

7.2 ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียมีราคาต่ำกว่าระบบบำบัดน้ำเสียอื่น ๆ

7.3 ระบบไม่มีปฏิกิริยาซับซ้อนมากนัก

7.4 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบต่ำ

7.5 ไม่ต้องใช้บุคลากรที่มีความชำนาญสูงในการดูแลระบบ

ข้อเสีย

7.6 ระบบไม่สามารถบำบัดน้ำเสียให้มีคุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้งในช่วงเวลาที่มีน้ำน้อย และในฤดูแล้งเกิดปัญหาสาหร่ายมากเกินไป (Algae bloom)

7.7 เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงเนื่องจากปฏิกิริยาในระบบ

7.8 เมื่อน้ำที่ออกจากระบบมีคุณภาพไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งชุมชนอาจทำให้แหล่งน้ำธรรมชาติเกิดสภาพเสื่อมโทรม

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กาญจนา นาถะพินธุ และคณะ (2546) ได้ศึกษาการจัดการกากของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นจากการประกอบอาชีพอุตสาหกรรมในครัวเรือนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลุ่มอาชีพที่ศึกษาได้แก่ อาชีพทำผลิตภัณฑ์จากยางรถยนต์ อาชีพทำเส้นขนมจีน อาชีพย้อมและทอผ้าไหม อาชีพทำผลิตภัณฑ์บัดกรีสังกะสี และอาชีพทำเครื่องปั้นดินเผา พบว่า การจัดการกากของเสียและมลพิษที่เกิดจากการทำงานอุตสาหกรรมในครัวเรือนโดยส่วนใหญ่ไม่มีการป้องกันและกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้น จะปล่อยลงสู่ดินและแหล่งน้ำใกล้เคียง บางพื้นที่มีเหตุรำคาญจากกลิ่น เขม่าควัน น้ำทิ้งจากการทำงาน และการจัดการสถานที่ทำงานไม่เหมาะสมทำให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์แมลงและสัตว์นำโรค

ไกรลาศ พิมพ์รัตน์(2545) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยกระบวนการชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น โดยมีระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียที่แตกต่างกันที่ 24 และ 36 ชั่วโมง พบว่า ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบยูเอเอสบี โดยที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสียที่ 36 ชั่วโมงมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียเหมาะสมกว่าเนื่องจากสามารถลดค่าซีโอดีและค่าสารแขวนลอยของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำทิ้งที่กำหนด

ฉัตรชัย ลิขิตรัตน์เจริญ (2541) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตขนมจีน โดยระบบถังหมักแบบต่อเนื่องขนาดจำลอง ระบบบำบัดประกอบด้วยถังหมักวางต่อเนื่องกัน 5 ถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 6 นิ้ว ปริมาตร 12.4 ลิตร ระยะเวลาเก็บกักถังละ 1 วัน และมีถังจ่ายน้ำเสียเพื่อควบคุมให้น้ำเสียสังเคราะห์ที่ไหลเข้าสู่ระบบมีอัตราการไหล 12 ลิตร/วัน ผลการศึกษา พบว่า ประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD, ปริมาณสารแขวนลอย และ VFA เป็นร้อยละ 78.12, 70.62, 91.18 และ 83.25 โดยที่ pH ของน้ำค่อนข้างคงที่ คือ เข้าสู่ระบบ pH เท่ากับ 7.5 ออกจากระบบ pH เท่ากับ 7.88

ธัญญา ว่องไวอมรเวช (2543) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานขนมจีนโดยกระบวนการโคแอกกูเลชั่น – ฟล้อคคูเลชั่น เมื่อใช้สารส้มอัตรา 80 มิลลิกรัม/ลิตร และเฟอร์ริคคลอไรด์ในอัตรา 40 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นสารสร้างตะกอน ปูนขาว 2,000 มิลลิกรัม/ลิตร เป็นตัวช่วยสร้างตะกอน พบว่า สารส้มและเฟอร์ริคคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการบำบัดซีโอดีร้อยละ 52.78, 55.15 ประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยร้อยละ 95.14, 96.20 ประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่นร้อยละ 95.14, 96.20

พงศกร เทียนสว่าง (2542) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยถังปฏิกิริยาอัพโฟลว์แอนแอบิกไฮบริดฟิลเตอร์ (UAHF) พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 79-93 และ 91-97 เมื่อเทียบกับซีโอดีทั้งหมดและซีโอดีละลายน้ำตามลำดับ และระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากขึ้นเมื่อมีภาระบรรทุกเพิ่มขึ้น คิดเป็นอัตราการผลิตมีเทน 0.26- 0.30 ล./ก.ซีโอดีที่เข้าระบบ

พีระฉัตร วิญญูตระกูล และวีระเดช วงศ์สูงเนิน(2541) ได้ศึกษาการจัดการน้ำเสียโรงงานขนมจีนโดยใช้ถังหมักไร้อากาศ ระบบมีถังหมักไร้อากาศ 4 ถัง ผลการศึกษา พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพค่า BOD, COD, TKN, Org-N, TSS, TDS เท่ากับ 82.03%, 88.79%, 70.12%, 93.01%, 62.45% และ 87.40% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามลักษณะสมบัติน้ำเสียที่ออกยังมีค่าสูง โดยมี BOD 451 mg/l, COD 699 mg/l, NH_3-N 46.5 mg/l, TKN 59.7 mg/l, Org-N 13.1 mg/l, TSS 382 mg/l และ TDS 506 mg/l

สุรสิทธิ์ เรืองเวชภักดี (2541) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนด้วย Effective Microorganism (EM) โดยใช้การหมักแบบไม่ใช้อากาศในระบบ Batch เพื่อลดค่าความสกปรกในน้ำเสีย พบว่า ค่า SS, TDS และ Org-N ลดลงประมาณ 45%, 65% และ 58% ตามลำดับ ค่า pH เพิ่มจาก 3.84 เป็น 5.36 และค่า NH_3 เพิ่มขึ้น 58.5% การใช้ EM สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จริงแต่มีแนวโน้มที่อาจเป็นไปได้

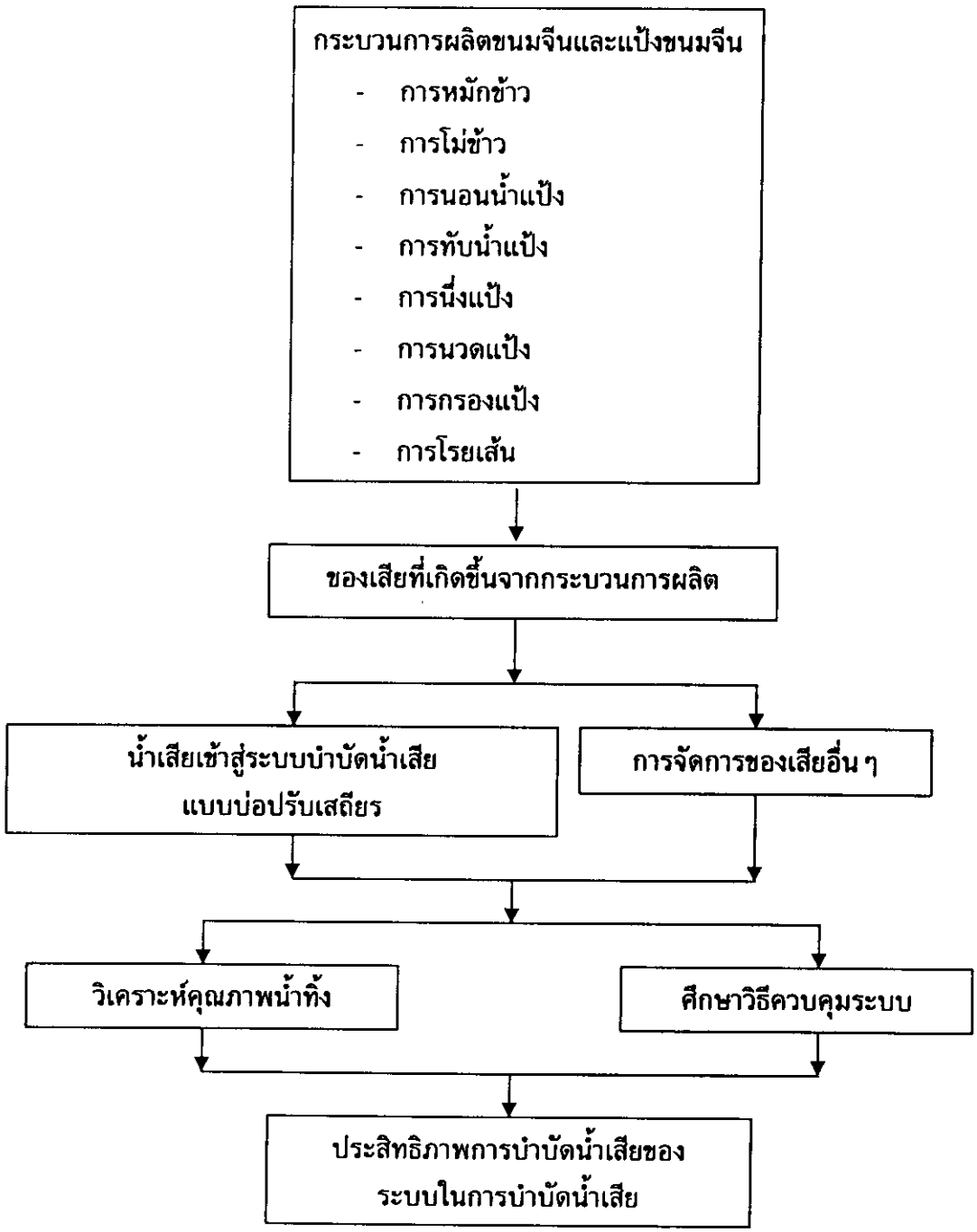
เอกลักษณ์ น้อยหมื่นไวย (2545) ได้ศึกษาประสิทธิภาพถังกรองไร้อากาศร่วมกับถังกรองทรายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ พบว่า ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของถังกรองไร้อากาศ เมื่อเพิ่มระยะเวลาระบบจะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น น้ำเสียที่ผ่านระบบพบว่ามีค่าเฉลี่ย BOD, TDS เท่ากับ 130.9, 2,392 mg/l ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรม ค่า SS มีค่าเฉลี่ย 146.7 mg/l อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

จากข้อมูลด้านวิชาการและผลการศึกษาต่าง ๆ ที่ผ่านมา ๆ พบว่า น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทแป้ง เช่น ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว มีค่าความสกปรกสูง และมีปัญหาเรื่องกลิ่นรบกวน ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตขนมจีนมีอยู่อย่างแพร่หลายในชุมชนต่าง ๆทำให้เกิดปัญหาขึ้น จากปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียต่าง ๆเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ได้มีการศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนด้วย Effective Microorganism(EM) โดยใช้การหมักแบบไม่ใช้อากาศในระบบ Batch เพื่อลดค่าความสกปรกในน้ำเสีย ผลการศึกษาพบว่าการใช้ EM สำหรับการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนยังไม่สามารถยืนยันได้ว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้จริง แต่มีแนวโน้มที่เป็นไปได้ (สุรสิทธิ์ เรืองเวชภักดี, 2541) ได้มีการศึกษาการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวด้วยกระบวนการชั้นตะกอน จุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น และพบว่าระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบ โดยระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 36 ชั่วโมง สามารถลดค่าซีโอดีและสารแขวนลอยของน้ำที่เข้าระบบให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (ไกรลาศ พิมพ์รัตน์, 2545) เช่นเดียวกับการศึกษาประสิทธิภาพถังกรองไร้อากาศร่วมกับถังกรองทรายในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นหมี่ โดยระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 48 ชั่วโมง สามารถลดค่าสารแขวนลอยของน้ำทิ้งให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (เอกลักษณ์ น้อยหมื่นไวย, 2545) การศึกษาการบำบัดน้ำเสียจาก

โรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวโดยถังปฏิกิริยาอัพโฟลว์แอนแอโรบิกไฮบริดฟิลเตอร์ (UAHF) (พงศกร เทียนสว่าง, 2542) การศึกษาการจัดการน้ำเสียโรงงานขนมจีนโดยใช้ถังหมักไร้อากาศ (พีระฉัตร วิญญูตระกูล และ วีรเดช วงศ์สูงเนิน, 2541)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ายังไม่มีประสิทธิภาพที่ดีพอในการลดค่าบีโอดีซึ่งถือเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อคุณภาพแหล่งน้ำ ให้มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด นอกจากนั้นยังมีข้อจำกัดของระบบต่าง ๆ ไกรลาศ พิมพ์รัตน์ (2545) ศึกษาพบว่ามีความเป็นไปได้ในการนำระบบยูเอเอสบีไปใช้บำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของน้ำเสียแต่ละแห่ง หากมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูงควรมีการเจือจางก่อน และน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดก็ต้องผ่านการตกตะกอน เนื่องจากเศษเส้นก๋วยเตี๋ยวที่ปะปนอาจก่อให้เกิดการอุดตันในระบบได้ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ระบบล้มเหลว มีระยะเวลาการเดินระบบที่นานและต้องดูแลระบบอย่างสม่ำเสมอ พงศกร เทียนสว่าง (2541) พบว่าระบบ UAHF ล้มเหลวเนื่องจากมีการหลุดของเม็ดตะกอนบริเวณชั้นตะกอนล่างอย่างรวดเร็ว

9. กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย