บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีการผลิตขนมจีน

การผลิตขนมจีนในการศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนการผลิตดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การหมักข้าว จะต้องนำข้าวมาล้างให้สะอาด ใส่ลงในภาชนะที่น้ำไหลผ่านได้สะดวก เช่น เข่ง กระบุง ตะกร้า หรือถังไม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ผลิต รดน้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือ เช้าและเย็น พร้อมทั้งกลับข้าวจากข้างล่างขึ้นมาอยู่ข้างบนหมุนเวียนกันไป หมักไว้ 2-3 วัน ข้าวจะเปื่อย และมีสีคล้ำเล็กน้อย สามารถบี้ได้ด้วยมือ ข้าวที่ผ่านการหมักมาแล้วจะมีกลิ่นแรงและมีสีคล้ำ

ขั้นตอนที่ 2 การบดข้าว นำข้าที่ผ่านการหมักแล้ว มาบี้ให้ละเอียด ด้วยมือหรือโม่ให้ละเอียดนำน้ำแป้งที่ได้ไปกรองผ่านผ้ากรอง

ขั้นตอนที่ 3 การนอนน้ำแป้งจะปล่อยให้แป้งตกตะกอนไว้ 1 คืน

ขั้นตอนที่ 4 การทับน้ำเป็นการกำจัดน้ำส่วนเกินออกไป โดยนำน้ำแป้งใส่ถุงผูกปากถุงให้แน่นทับด้วยของหนัก 1 คืนน้ำที่เหลืออยู่ในแป้งจะมีประมาณ 42-44% ขึ้นอยู่กับน้ำหนักและเวลาที่ใช้ทับ

ขั้นตอนที่ 5 การต้มหรือนึ่งแป้งเป็นการทำให้แป้งสุก เป็นบางส่วนและให้แป้งเหนียว การต้มแป้งเริ่มด้วยนำแป้งที่ทับไว้มาปั้นเป็นก้อนมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 20-25 ซม. หรือประมาณ 27-34 เปอร์เซ็นต์ของแป้งทั้งหมด

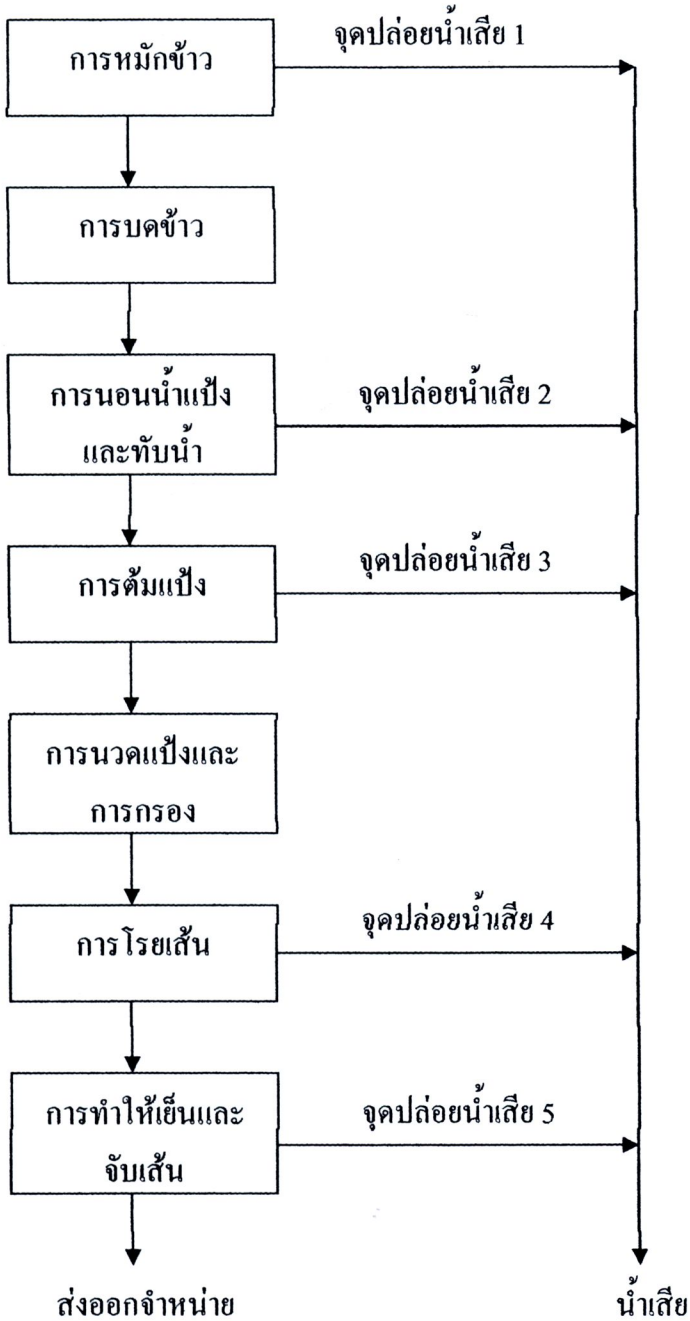
ขั้นตอนที่ 6 การนวดแป้งเป็นการผสมแป้งดิบและแป้งสุกเข้าด้วยกัน อาจนวดด้วยเครื่องจักรหรือมือขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิต

ขั้นตอนที่ 7 การกรองโดยนำแป้งที่นวดแล้วใส่ลงไปในผ้าขาวบางรวบชายผ้าเข้ากันบีบแป้งให้ผ่านผ้าออกมา

ขั้นตอนที่ 8 การโรยเส้น อาจทำได้หลายวิธี โดยใส่แป้งลงในแว่นหรือเผื่อน ใช้มือบีบแป้งให้ผ่านรูแว่นออกไปและลงในน้ำร้อนเคลื่อนมือไปรอบๆกระทะเป็นวงกลมพยายามอย่าให้เส้นขาด สำหรับการโรยเส้นในโรงงานใช้เครื่องมือที่มีลักษณะเหมือนแว่น ทำด้วยโลหะต่อตรงกับท่อเครื่องปั๊มและถังเก็บแป้งที่นวดแล้ว เมื่อเดินเครื่องปั๊มน้ำแป้งจะถูกอัดผ่านแว่นลงในน้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 90-95 องศาเซลเซียส

ขั้นตอนที่ 9 การทำให้เย็นและจับเส้น เมื่อเส้นสุกแล้วให้ตักขึ้นด้วยกระชุ ใส่ลงในน้ำเย็นควรเปลี่ยนน้ำบ่อยๆ เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำไว้อย่าให้สูงเกินไปเมื่อเส้นเย็นตัวลงจับเส้นได้และ

วางลงในภาชนะที่น้ำผ่านออกได้สะดวกซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานเรื่องขนมจีนของ ณรงค์ (2528)



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงกรรมวิธีการผลิตขนมจีนและจุดที่ปล่อยน้ำเสียของโรงงาน

2.2 ปริมาณน้ำเสียจากโรงงานขนมจีน

กิจการทำขนมจีนเป็นกิจการอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำประปาค่อนข้างมาก ในเรื่องนี้ ชัชชาย แจ่มใส (2545) ได้ศึกษาปริมาณน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนเฉลิมพาณิชย์ พบว่า โรงงานมีอัตราการผลิตขนมจีนชั่วโมงละ 2 ตันของแป้งวัตถุดิบ มีอัตราการใช้น้ำวันละประมาณ 60 ลูกบาศก์เมตรหรือประมาณ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อแป้งดิบ 1 ตัน ซึ่งคิดเป็นปริมาณขนมจีนประมาณ 4 ตัน หรือ ขนมจีน 1 ตัน ใช้น้ำในการผลิตประมาณ 7.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณนี้สอดคล้องกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) ที่รายงานไว้ว่าปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตแป้งขนมจีนอยู่ในช่วงระหว่าง 5.06-10.59 ลูกบาศก์เมตรต่อตันของขนมจีน เช่นเดียวกันกับการศึกษาของวันเพ็ญ วิโรจนกูฏ และคณะ (2542) พบว่า โรงงานผลิตขนมจีน เป็นโรงงานที่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นจากแป้งหมักและน้ำทิ้ง ซึ่งมีค่าบีโอดี สารแขวนลอย ค่อยข้างสูง จากการสำรวจโรงงานผลิตขนมจีนในเขตเทศบาลนครขอนแก่น ซึ่งมีอัตราการผลิตขนมจีนวันละ 200 – 300 กิโลกรัมต่อโรงงาน พบว่ามีน้ำเสียจากกระบวนการผลิต 3 – 5 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งเกิดจากน้ำแช่ข้าวประมาณ 1.5 – 2 ลูกบาศก์เมตร น้ำล้างโม่ประมาณ 0.5 – 1 ลูกบาศก์เมตร ส่วนน้ำอีกประมาณ 1 – 2 ลูกบาศก์เมตร มาจากการล้างและการจับเส้น น้ำจากการผลิตมีค่าความสกปรกเนื่องจากสารอินทรีย์จำพวกแป้งค่อนข้างสูง

2.3 องค์ประกอบของน้ำเสียจากโรงงานขนมจีน

ในกระบวนการผลิตขนมจีนนั้น ปกติวัตถุดิบคือ แป้งข้าวเหนียวหรือในบางพื้นที่อาจใช้แป้งข้าวเจ้าผสมอยู่บ้าง ทำให้น้ำเสียที่ออกมาจากกระบวนการทั้งสิ้น เป็นน้ำเสียที่เกิดจากการชะล้างแป้งหรือมีแป้งปนเปื้อนเป็นสำคัญ เมื่อเวลาผ่านไป แป้งที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำอาจจะเปลี่ยนรูปไปได้บ้าง แต่ยังไม่ได้ถูกแยกออกจากน้ำเกี่ยวกับความสกปรกของน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนนั้น ชัชชาย แจ่มใส (2545) เคยได้นำน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนเฉลิมพาณิชย์ มาทำการทดสอบค่าบีโอดีและซีโอดี พบว่ามีค่าบีโอดีถึง 8,640 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าซีโอดีพบมีค่าสูงถึง 13,000 มิลลิกรัมต่อลิตร และพบว่ามีค่าของแข็งแขวนลอยเท่ากับ 1,035 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์จากแป้งต่างๆ นั้น ได้มีผู้ศึกษาไว้หลายคนดังเช่น วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ และคณะ (2542) ได้ทำการศึกษาลักษณะน้ำเสียจากโรงงานขนมจีน 3 แห่ง ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ที่มีอัตราการผลิต 100 กิโลกรัมต่อวัน พบว่า มีค่าความสกปรกในน้ำเสียที่วัดได้ในรูปบีโอดีเท่ากับ 757 1,027 และ600 มิลลิกรัมต่อลิตร ในโรงงานทั้ง 3 แห่ง มีค่าเฉลี่ยในการตรวจสอบเท่ากับ 795 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีสารแขวนลอยเท่ากับ 1,052 274 และ 2,182 มิลลิกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียทั้ง 3 แห่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,169 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนมีการปนเปื้อนด้วยแป้งค่อนข้างสูง จึงทำให้เมื่อตรวจสอบในรูปของค่าบีโอดีแล้วพบว่ามีค่าสูงเช่นเดียวกัน โดยข้อมูลที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ายิ่งโรงงานขนมจีนที่มีอัตราการผลิตสูงเท่าใด ความเข้มข้นของน้ำเสียยิ่งมีค่ามากขึ้นเท่านั้น

2.4 การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีน

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนมีลักษณะเป็นการแยกแป้งหรือผลิตภัณฑ์แป้งออกจากน้ำเสีย โดยที่น้ำเสียนั้นปกติมีความสกปรกมากอันเนื่องมาจากแป้ง ดังนั้นการแยกแป้งดังกล่าว โดยกระบวนการบำบัดน้ำเสียในรูปของตะกอนเร่ง หรือการพยายามเปลี่ยนของเสียประเภทแป้งแขวนลอยให้มาอยู่ในรูปตะกอนจุลินทรีย์นั้นกระทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนจะมีของเสียที่ปนเปื้อนเป็นแป้งเป็นสำคัญ ทำให้องค์ประกอบของน้ำเสียขาดหมู่ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นสารอาหารสำคัญในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ จึงทำให้โอกาสที่ระบบจะสร้างตะกอนจุลชีพให้สำเร็จอันเนื่องมาจากการรับน้ำเสียจากโรงงานขนมจีนจึงเป็นไปได้ไม่ดี เมื่อเป็นเช่นนั้น จึงทำให้นักวิชาการหลายคนพยายามนำน้ำเสียดังกล่าวมาเข้าสู่กระบวนการไร้ออกซิเจนเพื่อทำลายแป้งแขวนลอยให้กลายเป็นสารอินทรีย์ขนาดเล็กและก๊าซซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมแนวทางหนึ่ง ตัวอย่างเช่น กัลยานี รัตโน (2538) เคยทดลองใช้ถังเกรอะ กรองไร้อากาศ เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานขนมจีน พบว่าระบบดังกล่าวสามารถลดสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้นได้ ต่อมา ไกรลาศ พิมพ์รัตน์ (2545) ได้ทดลองใช้กระบวนการชั้นตะกอนจุลินทรีย์ไร้อากาศแบบไหลขึ้น เพื่อบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแป้ง งานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบนั้นมีศักยภาพในการลดค่าบีโอดี ซีโอดี ในน้ำเสียนั้นได้ถึงร้อยละ 90 ซึ่งเป็นอัตราการลดลงอย่างน่าพอใจ ในเรื่องนี้นั้น ได้มีนักวิชาการหลายคนพยายามใช้กระบวนการไร้อากาศ เพื่อลดสารอินทรีย์ในน้ำเสียนั้น พบว่า ทุกงานวิจัยได้แสดงว่าหลังการทดลองสารอินทรีย์ในน้ำเสียมีค่าน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เหตุผลดังกล่าวนั้นนั้นมาจากสาเหตุของการเปลี่ยนรูปของสารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรตที่เป็นองค์ประกอบของน้ำเสียประเภทใช้แป้งเป็นวัตถุดิบ เมื่อเกิดการหมักทำให้ของเสียคาร์โบไฮเดรตขนาดเล็กถูกย่อยสลายไปเป็นจำนวนมาก เกี่ยวกับการย่อยสลายของของเสียในถังหมักนั้นนิยมใช้รูปแบบของถังเกรอะ (Septic Tank) มากที่สุด ซึ่ง ถังเกรอะเป็นโครงสร้างคอนกรีตหรืออื่นๆที่ใช้เก็บกักน้ำรับน้ำมาจากครัวเรือน หน้าที่หลักของถังเกรอะนั้น คือ ป้องกันไม่ให้ของเสียขนาดใหญ่ออกจากระบบ ซึ่งจะทำให้ระบบการซึมล้มเหลวในถังเกรอะมีกระบวนการทางชีวภาพของแบคทีเรียที่ไม่ใช้อากาศทำให้ตะกอนของเสียที่ถูกกักอยู่ในถังเกรอะถูกย่อยสลายไปได้ ดังนั้น ใน

ถังเกรอะจึงมีกลไกต่างๆ ที่สามารถแยกของเสียที่ลอยและจมน้ำได้โดยสามารถแยกส่วนประกอบที่สำคัญได้ 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนรองรับน้ำเสียจากห้องน้ำห้องส้วม ส่วนนี้เป็นส่วนเก็บกักของเสียเพื่อให้ของเสียเกิดการตกตะกอนหรือลอยตัวโดยมีแผงกั้น (baffle) เป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่ขวางกั้นไม่ให้โพลิเมอร์ไขมันหลุดออกไปจากถัง

ส่วนที่ 2 ส่วนรับน้ำเสียจากส่วนแรกเป็นส่วนเก็บกักน้ำที่ค่อนข้างใส ส่วนนี้จะเกิดกระบวนการทางชีวเคมีของแบคทีเรียไม่ใช้อากาศ บริเวณนี้สารอินทรีย์ในน้ำเสียเกิดการย่อยสลายทำให้เกิดก๊าซหลายชนิดขึ้น เช่น ก๊าซมีเทน (CH_4) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และอื่นๆแล้วแต่องค์ประกอบของน้ำเสีย กระบวนนี้ทำให้ของแข็งโดยเฉพาะของแข็งแขวนลอยถูกย่อยสลายกลายสภาพเป็นสารอนินทรีย์ และตกตะกอนอยู่ในส่วนล่างของถัง

ส่วนที่ 3 ส่วนที่ปล่อยน้ำเสียออกจากถังเป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับน้ำเสียจากส่วนที่ 2 ที่เป็นน้ำใสออกสู่ภายนอกถังเกรอะ เพื่อนำไปกำจัดด้วยระบบที่เหมาะสมต่อไป ส่วนนี้เป็นส่วนพักน้ำเสียก่อนน้ำเสียนั้นจะไหลออกไปนอกถัง

2.5 การใช้ถังเกรอะบำบัดน้ำเสียชุมชน

น้ำเสียเมื่อไหลเข้าสู่ถังเกรอะจะถูกแยกของเสียที่สามารถลอยตัวหรือจมตัวได้ อีกทั้งภายในถังเกรอะซึ่งเป็นสภาพไร้อากาศ (Anaerobic Condition) ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ประสิทธิภาพของถังเกรอะจึงขึ้นอยู่กับเวลาที่น้ำนิ่งอยู่ภายในถังเกรอะหรือระบบในขณะที่น้ำพักตัวอยู่ในระบบนั้น น้ำเสียจะไม่มีความเร็วในการไหลหรือความเร็วในการไหลมีค่าใกล้เคียงศูนย์มาก เนื่องจากพื้นที่หน้าตัด (Section Area) ของถังเกรอะมีค่ามากกว่าพื้นที่หน้าตัดของท่อที่รับน้ำเสียเข้าสู่ถังเกรอะมาก ในขณะที่น้ำเสียมีความเร็วต่ำจนเกือบเป็นศูนย์นั้น ตะกอนอินทรีย์ที่มีน้ำหนักต่างจากน้ำเล็กน้อยจะเกิดการตกตะกอนจมตัวหรือลอยตัวด้วยเหตุนี้ ผู้ออกแบบถังเกรอะจึงพยายามทำให้ถังเกรอะมีความสามารถในการเก็บกักน้ำได้เพียงพอที่จะทำให้เกิดการตกตะกอนและการลอยตัวขึ้น ในเรื่องนี้ www.tumcivil (2011) ได้กล่าวไว้ว่า เกณฑ์การออกแบบถังเกรอะที่รับน้ำเสียจากบ้านพักอาศัยกรณีที่มีที่พักอาศัยจำนวน 5 คน ถังเกรอะจะต้องมีปริมาตรไม่น้อยกว่า 1.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งคาดการณ์ว่าผู้พักอาศัย 1 คน ใช้น้ำและทำให้เกิดน้ำเสียประมาณ 120-140 ลิตรต่อคนต่อวัน (ชัชชาย แจ่มใส, 2543) หมายความว่า ถังเกรอะนั้นจะมีระยะพักตัวของน้ำประมาณ 1.4-2.5 วัน การพักตัวของน้ำเสียจะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดของถังเกรอะ ซึ่ง www.aqua.co.th (2011) ได้เสนอไว้ว่า เวลาที่เหมาะสมในการให้จุลินทรีย์ได้ย่อยสลายของเสีย

ในน้ำเสียคือเวลาที่น้ำเสียถูกขังไว้ในถังก่อนที่จะไหลออกไปจากถัง แต่ในถังเกรอะที่รับน้ำเสียจากครัวเรือนควรมีระยะเวลาในการเก็บน้ำไว้ไม่น้อยกว่า 1 วัน ซึ่งสภาวะดังกล่าวจะทำให้ของเสียย่อยสลายได้ประมาณ 30-40 % ของความสกปรกที่เข้ามา เช่นเดียวกันกับ www.sbsomkiet (2011) ได้กล่าวไว้ว่าถังเกรอะส่วนใหญ่ออกแบบให้มีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียได้นานประมาณ 24 ชั่วโมง ตะกอนที่ตกลงสู่ก้นถังจะถูกจุลินทรีย์ที่ปนมากับน้ำเสียย่อยสลาย โดยปฏิกิริยาการย่อยสลายที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจนทำให้ได้ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ทำให้ในการจัดทำถังเกรอะทุกครั้งผู้จัดทำจะต้องให้น้ำเสียพักอยู่ในถังเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 วัน เสมอ ด้วยเหตุผลนี้ตามรายงานของ USEPA (2000) ได้ให้ข้อมูลการออกแบบถังเกรอะไว้ว่าถังเกรอะควรมีค่าเก็บกักน้ำเสียในถังหรือเรียกว่า Hydraulic Retention Time (HRT) มีระยะเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง

เพราะฉะนั้นระยะเวลาการเก็บกักน้ำเสียในถังเกรอะจึงแปรผันตรงกับประสิทธิภาพของถังเกรอะ ในการบำบัดน้ำเสียจึงมีผู้พยายามเพิ่มประสิทธิภาพของถังเกรอะโดยการเพิ่มระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสีย ดังเช่น Stewart (2005) ได้หาระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียในถังเกรอะและศึกษาน้ำที่ออกมาจากถังเกรอะโดยให้ถังเกรอะมีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียเป็นเวลา 1.2 วัน ส่วน นภดล จรุงเกียรติ (2004) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียด้วยถังเกรอะกรองเติมอากาศสัมผัสและถังเกรอะกรองไร้อากาศ โดยใช้ค่าพักตัวของน้ำเสีย 3 วัน และ 4 วัน ที่มีอัตราการไหลเข้าของน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 1 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน พบว่าถังเกรอะกรองเติมอากาศสัมผัสมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียไม่*แตกต่างจากถังเกรอะกรองไร้อากาศ นอกจากนั้น พิชิต สกุลพราหมณ์ (2531) ได้รายงานไว้ว่า*ถังเกรอะควรมีระยะเวลาในการเก็บกักน้ำเสียประมาณ 1-3 วัน เพื่อให้ของเสียต่างๆ เกิดการย่อยสลายอยู่ภายในถังเกรอะนั้นด้วยกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน

2.6 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจน

กระบวนการไม่ใช้อากาศที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ขึ้นอยู่กับว่าถังปฏิกิริยาจะเป็นแบบใด แต่ไม่ว่าวัตถุประสงค์จะเป็นเช่นใดก็ตามกระบวนการไม่ใช้อากาศก็มักมีลักษณะสำคัญร่วมกันคือสามารถสร้างก๊าซชีวภาพจากสารอินทรีย์ ส่วนระบบบำบัดชนิดนี้ ที่นิยมนำมาใช้ในชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กต่างๆ ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังเกรอะกรองไร้อากาศ ซึ่งระบบนี้เป็นระบบการบำบัดน้ำเสียแบบที่ไม่ใช้ออกซิเจนเป็นระบบที่มีการบรรจุตัวกลาง ในคอลัมน์หรือถังเพื่อให้เป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อรักษาปริมาณตะกอน

จุลินทรีย์เนื่องจากตัวกลางทำหน้าที่ช่วยเก็บกักจุลินทรีย์ไว้ไม่ให้ถูกล้างออกจากระบบและเพื่อช่วยให้จุลินทรีย์แผ่เป็นแผ่นฟิล์ม ทำให้มีอายุสลัดจ์หรือเวลาเก็บกักของน้ำสลัดจ์นานขึ้น

ระบบ Anaerobic filter จะประกอบด้วย 2 ชนิดคือ ชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียขาเข้าที่ก้นถังจึงเรียกระบบนี้ว่า Upflow anaerobic filter หรือเรียกโดยย่อคือ ยูเอเอฟ และชนิดที่มีการปล่อยน้ำเสียขาเข้าที่ปากถัง เรียกว่า Downflow anaerobic flow หรือเรียกโดยย่อคือ ดีเอเอฟ ในระบบนี้น้ำเสียจะไหลผ่านตัวกลางที่มีตัวจุลินทรีย์เกาะอยู่กับผิวของตัวกลางและอาศัยอยู่ในช่องว่างของตัวกลาง ทำให้ระบบนี้ไม่ต้องมีการกวนน้ำเสียในถังจุลินทรีย์เหล่านั้นจะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ปนเปื้อนในน้ำเสียและปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดไหลผ่านไปยังถังตกตะกอนเพื่อตกตะกอนส่วนของแข็งแขวนลอยและจุลินทรีย์บางส่วนออกจากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วต่อไป

โดยทั่วๆ ไปเวลาเก็บกักน้ำเสียในระบบถังเกรอะกรองไร้อากาศที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพคือ ตั้งแต่ 1 - 10 วันขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสีย แต่ถ้าเป็นน้ำเสียที่มาจากแหล่งชุมชนเวลาที่เก็บกักน้ำเสียต้องใช้เวลาอย่างน้อย 4 วันขึ้นไปเพื่อทำให้ระบบนี้สามารถกำจัดเชื้อก่อโรคในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิ ระบบถังเกรอะ กรองไร้อากาศสามารถรับความสกปรกในรูปของซีโอดีตั้งแต่ 4 - 16 กิโลกรัมซีโอดี/ลูกบาศก์เมตร/วัน โดยตัวกลางที่นำมาใช้ได้ควรเป็นสารที่ไม่เกิดการย่อยสลายตามธรรมชาติ รวมทั้งก้อนหิน พลาสติก อิฐ ยางและดินเผา เพื่อเป็นแหล่งให้จุลินทรีย์เกาะและพัฒนาเป็นไบโอฟิล์มต่อไป

2.7 จุลชีววิทยาและชีวเคมีของกระบวนการไร้ออกซิเจน

การย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน เป็นกระบวนการย่อยสารอินทรีย์ในสภาพแวดล้อมที่ไร้ออกซิเจน ปฏิกิริยาบำบัดน้ำเสียไม่ว่าจะเป็นแบบใช้ออกซิเจนหรือไร้ออกซิเจนล้วนมีกลไกพื้นฐานร่วมกัน กล่าวคือทั้งคู่เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชั่น-รีดักชั่นหรือปฏิกิริยารีด๊อกซ์ ซึ่งหมายถึงปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเลคตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้และสารรับอิเลคตรอน โดยสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะเป็นสารให้อิเลคตรอน และสารอย่างอื่นที่อยู่ในน้ำจะเป็นสารรับอิเลคตรอน สำหรับปฏิกิริยาใช้และไร้ออกซิเจน ความแตกต่างจะอยู่ที่ประเภทของสารรับอิเลคตรอน โดยปฏิกิริยาใช้ออกซิเจนสารรับอิเลคตรอนก็คือออกซิเจนหากสารรับอิเลคตรอนเป็นสารอื่น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ปฏิกิริยาก็เป็นแบบไร้ออกซิเจนกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน มีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างจากกระบวนการย่อยสลายแบบใช้ออกซิเจนคือ

- ไม่มีออกซิเจนอิสระซึ่งเป็นสารรับอิเลคตรอนเข้ามาเกี่ยวข้อง
- ได้ผลสุดท้ายของปฏิกิริยาคือ ก๊าซมีเทน

- มีอัตราการสร้างตะกอนจุลินทรีย์ต่ำมาก
- มีเสถียรภาพต่ำ
- ไม่อาจลดความเข้มข้นสารอินทรีย์ให้เหลือต่ำมาก
- ต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่ำ

2.8 การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกระบวนการไร้ออกซิเจน แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ

ขั้นตอนที่ 1 : Hydrolysis

ขั้นตอนที่ 2 : Acidogenesis

ขั้นตอนที่ 3 : *Acetogenesis*

ขั้นตอนที่ 4 : Methanogenesis

ซึ่งทั้ง 4 ขั้นตอนจะเกี่ยวข้องกับกลุ่มจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่1 : Acidogenic Bacteria

กลุ่มที่2 : Acetogenic Bacteria

กลุ่มที่ 3 : Methanogenic Bacteria

2.8.1 ขั้นตอนที่ 1: Hydrolysis

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่และซับซ้อน เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และโปรตีนจะถูกทำให้มีโมเลกุลเล็กลง และละลายน้ำได้ภายนอกเซลล์โดยเอนไซม์ (Extracellular enzyme) ที่ถูกปล่อยออกมาโดยแบคทีเรียจำพวก Acidogenic โปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมันจะถูกย่อยสลายเป็นกรดอะมิโน น้ำตาลและกรดไขมัน (long-chain fatty acid) การย่อยสลายในขั้นตอนนี้ค่อนข้างช้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น พีเอช เวลากักเซลล์ (cell resident time) และอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของสารที่มีอนุภาคใหญ่ และมีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำจะใช้เวลาในการย่อยสลายนานกว่าสารที่มีขนาดอนุภาคเล็ก จากเหตุผลดังกล่าวนี้ ทำให้การย่อยแป้ง โปรตีน และเซลลูโลส ใช้เวลาแตกต่างกัน

2.8.2 ขั้นตอนที่ 2 : Acidogenesis

โมเลกุลของสารอินทรีย์จากขั้นตอนที่ 1 ได้แก่ กรดอะมิโน น้ำตาล และกรดไขมัน จะถูกใช้เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งพลังงานของแบคทีเรียสร้างกรด โดยผ่าน *กระบวนการหมักภายในเซลล์ และถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหย* (Volatile Fatty Acids) *เช่น* กรดอะซิติก กรดไพรพิออนิก กรดบิวทิริก และคาร์บอนไดออกไซด์

ผลสุดท้ายของขั้นตอนที่ 2 ที่ได้จากการหมักจะเป็นสารอะไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ผ่านจากขั้นตอนที่ 1 และ Hydrogen partial pressure ตัวอย่างเช่น การย่อยสลายกลูโคส

โดยผ่านกระบวนการย่อยสลายที่เรียกว่า Embden – Meyerhof Pathway ได้กรดอะซิติก ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้ low hydrogen partial pressure หรือได้กรดอะซิติก ไพรออนิก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน ภายใต้ high hydrogen partial pressure และภายใต้ low และ high hydrogen partial pressure วิถีทางดังกล่าวทั้ง 2 แบบ กลูโคสจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นกรดอะซิติก และกรดไขมันระเหยอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวรับอิเลคตรอน (ภายใต้สภาวะ low และ high hydrogen partial pressure)

ขั้นตอนที่ 3 : Acetogenesis

เนื่องจาก Methanogenic organism สามารถผลิตมีเทนจากกรดฟอร์มิค กรดอะซิติก ไฮโดรเจน เมธานอล และเมธิลลามิน แต่ไม่สามารถใช้กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 อะตอม เช่น กรด กรดบิวทีริค กรดไพรพิออนิก เป็นสารอาหาร (substrate) ในการผลิตมีเทนได้แบคทีเรียที่สร้างไฮโดรเจน (hydrogen-producting acetogenic bacteria) สามารถเปลี่ยนกรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนอะตอมมากกว่า 2 (C_2) ไปเป็นกรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนได้ ภายใต้สภาวะ low hydrogen partial pressure ดังสมการ

$$CH_3CH_2COOH \text{ (propionic acid)} + 2H_2O \longrightarrow CH_2COOH + CO_2 + 3H_2$$

$$CH_3CH_2\ CH_2COOH \text{ (butyric acid)} + 2H_2O \longrightarrow CH_2COOH + CO_2 + 3H_2$$

ขั้นตอนที่ 4 Methanogenesis

ในขั้นตอนนี้ประกอบด้วยแบคทีเรีย 2 ประเภท คือ แบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้จากกรดอะซิติก และแบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้จากไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ แบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงพีเอชแคบๆเท่านั้น (ประมาณ 6.7-7.2) อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตอยู่ในช่วง 30-35°C ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นช้า ดังนั้นจึงเป็นขั้นตอนที่กำหนดอัตราการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน (rate-limiting step of anaerobic)

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้จากกรดอะซิติก

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

เป็นปฏิกิริยาที่มีส่วนสำคัญในการสร้างมีแทนซึ่งจะผลิตมีแทนในระบบถึง 70% ของมีเทนที่ได้ ทั้งหมด

แบคทีเรียที่สร้างมีเทนได้จากไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ปฏิกิริยานี้เกิดขึ้นค่อนข้างเร็วใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง (Minimum doubling time) และเป็นการเคลื่อนย้ายก๊าซไฮโดรเจนในระบบออกจากระบบ

ไฮโดรเจนจะเป็นตัวควบคุมอัตราการเปลี่ยนแปลง กรดบิวทีริก และกรดไพรออนิกไปเป็นกรดอะซิติก ซึ่งจะควบคุมการทำงานของ Acidogenic bacteria มีส่วนสำคัญในการเริ่มดำเนินการระบบ (start -up) และการรับภาระบรรทุกมากเกินไป (over load) ของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้ออกซิเจน

2.9 หลักการบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศ

ในการบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการทางชีวภาพ ไม่ว่าจะเป็นแบบใช้อากาศหรือไม่ใช้อากาศก็ตามจะมีลักษณะเหมือนกันคือ เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิเดชัน-รีดักชัน หรือปฏิกิริยารีดอกซ์

ปฏิกิริยารีดอกซ์ หมายถึง ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเกิดขึ้นระหว่างสารให้อิเล็กตรอนและสารรับอิเล็กตรอน ซึ่งมีผลทำให้ได้พลังงานเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง สารให้อิเล็กตรอนจึงถือว่าเป็นแหล่งพลังงานเสมอ พลังงานที่เกิดขึ้นนี้ส่วนหนึ่งสูญเสียไปในรูปของพลังงานความร้อน อีกส่วนหนึ่งถูกนำไปใช้ในการดำรงชีวิตและสร้างเซลล์ใหม่

สารให้อิเล็กตรอนในน้ำเสียส่วนใหญ่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งจะเป็นแหล่งคาร์บอนของจุลินทรีย์ด้วย สารอินทรีย์จึงเป็นได้ทั้งแหล่งคาร์บอนและแหล่งพลังงาน อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์อาจมีแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนเป็นสารคนละชนิดได้

สารรับอิเล็กตรอนในน้ำเสียมีหลายชนิดและจะเป็นสารอื่นๆ ที่ไม่ใช่สารอินทรีย์ เช่น ออกซิเจน ไนเตรตหรือซัลเฟต เป็นต้น ผลของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นก็ต่างกันไปตามชนิดของสารรับอิเล็กตรอน เช่น ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นออกซิเจน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า Aerobic oxidation ถ้าสารรับอิเล็กตรอนเป็นไนเตรตก็จะเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันขึ้น เป็นต้น จึงสามารถแบ่งชนิดของปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบคทีเรียออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามสารรับอิเล็กตรอน คือ

1. การหมัก (Fermentation) คือ ปฏิกิริยารีดอกซ์ของสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในภาวะที่ไม่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอก

2. การหายใจ (Respiration) คือ ปฏิกิริยารีดอกซ์ที่มีสารรับอิเล็กตรอนภายนอกเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย ซึ่งสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก 2 ประเภท คือ

- Aerobic Respiration เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ที่มีโมเลกุลของออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 30 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 250136
เลขเรียกหนังสือ

- Anaerobic Respiration เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ที่ไม่ใช้โมเลกุลของออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย สารรับอิเล็กตรอนที่ใช้แทนออกซิเจน ได้แก่ ไนเตรต ซัลเฟต หรือคาร์บอนไดออกไซด์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศแตกต่างจากระบบใช้อากาศตรงที่สารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายไม่ใช่ออกซิเจน แต่เป็นสารรับอิเล็กตรอนอื่นในน้ำเสีย เช่น ไนเตรต ซัลเฟต หรือคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้นแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้าย สิ่งที่จะกำหนดว่าจะมีปฏิกิริยาชนิดใดเกิดขึ้นก็คือ สภาพของน้ำเสียในขณะนั้นว่ามีสารให้และสารรับอิเล็กตรอนชนิดใดในน้ำเสีย พีเอช และอุณหภูมิเท่าใด ขอให้พิจารณาแหล่งน้ำแห่งหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิ พีเอช มีปริมาณธาตุอาหาร และปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย มีระดับน้ำที่ไม่สูงนัก (ทำให้ออกซิเจนสามารถละลายลงไปในดินตะกอนใต้น้ำ) บริเวณผิวน้ำตอนบนจะมีแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายอาศัยอยู่ ดำรงชีพด้วยการใช้สารอินทรีย์ในน้ำบริเวณนั้นเป็นสารอาหาร แบคทีเรียกลุ่มอื่น เช่น แบคทีเรียที่ใช้ไนเตรตหรือซัลเฟตจะไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ เนื่องจากการใช้ออกซิเจนเป็นสารรับอิเล็กตรอนจะได้พลังงานสูงกว่าการใช้ไนเตรตหรือซัลเฟตมาก ทำให้แบคทีเรียกลุ่มอื่นเจริญเติบโตและแย่งใช้สารอินทรีย์ในน้ำสู้กับพวกที่ใช้ออกซิเจนไม่ได้ แม้ว่าน้ำในบริเวณนั้นจะมีไนเตรตหรือซัลเฟตก็ตาม

ในดินที่ลึกลงไปออกซิเจนในน้ำจะเริ่มลดลง เนื่องจากออกซิเจนจากอากาศแพร่ลงไปได้น้อยลงและจากการใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย แบคทีเรียกลุ่มอื่นจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทนที่ โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ไนเตรตเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายจะเป็นกลุ่มต่อไปที่เจริญเติบโตขึ้นมา เนื่องจากการใช้ไนเตรตเป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายได้พลังงานรองลงมาจากออกซิเจนเช่นเดียวกัน ในบริเวณที่ไนเตรตเริ่มหมดไปแบคทีเรียกลุ่มอื่น ได้แก่ พวกที่ใช้ซัลเฟต คาร์บอนไดออกไซด์ และสารอินทรีย์เป็นสารรับอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายจะเจริญเติบโตขึ้นมาแทน แต่แบคทีเรียกลุ่มใดจะเป็นกลุ่มเด่นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เพราะแบคทีเรียทั้งสามกลุ่มนี้มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันเป็นอย่างมาก ทั้งการพึ่งพาอาศัยกันและแข่งขันกัน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศก็เป็นเช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในธรรมชาติในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจน แต่สิ่งที่ระบบบำบัดน้ำเสียต่างออกไปจากธรรมชาติก็คือ ปริมาณของแบคทีเรียในระบบบำบัดน้ำเสียจะมีมากกว่าในธรรมชาติมาก สารอินทรีย์ถูกทำให้ลดลงได้ในเวลาที่รวดเร็วโดยแบคทีเรียจำนวนมากในระบบ แต่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศเป็นระบบที่ซับซ้อน มีกลุ่มจุลินทรีย์อาศัยอยู่ร่วมกันมากมายหลายกลุ่ม ความสัมพันธ์ของกลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งการพึ่งพาอาศัยกันและการแข่งขันกัน สารอินทรีย์ที่เข้าสู่ระบบจะถูกเปลี่ยนรูป

ไป เนื่องจากการย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์หลายกลุ่มต่อๆกัน ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายของกลุ่มจุลินทรีย์หนึ่งจะถูกย่อยสลายต่อโดยกลุ่มจุลินทรีย์หนึ่งเกิดเป็นความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน แต่ถ้าผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นสามารถใช้ได้โดยกลุ่มจุลินทรีย์หลายกลุ่ม กลุ่มที่ใช้สารอาหารชนิดเดียวกันก็ทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบแข่งขันกันขึ้น กลุ่มจุลินทรีย์หลายกลุ่มที่อาศัยอยู่ร่วมกันและมีปฏิสัมพันธ์กันเหล่านี้เองที่ทำให้เกิดปฏิกิริยารีดอกซ์และเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปต่างๆ เช่น กรดอินทรีย์ มีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ หรือซัลไฟด์ เป็นต้น แต่สารอินทรีย์ในระบบจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่มใด และถูกใช้ไปในสัดส่วนเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางสภาวะแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลให้แบคทีเรียกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดดเด่นที่สุดในระบบถ้าหากพิจารณาในระบบบำบัดน้ำเสียแบบไม่ใช้อากาศโดยทั่วไปที่ผลิตมีเทน จุลินทรีย์กลุ่มที่โดดเด่นที่สุด ในระบบก็คือ แบคทีเรียสร้างมีเทน และแบคทีเรียสร้างกรดที่ทำงานร่วมกันได้ผลิตภัณฑ์หลักเป็นก๊าซมีเทน

2.10 การกำจัดน้ำเสียโดยระบบซึมใต้ผิวดิน

การกำจัดน้ำเสียด้วยระบบซึมใต้ผิวดิน (Subsurface leaching system) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของถังเกรอะใช้สำหรับกำจัด effluent ที่ออกจากถังเกรอะ น้ำเสียส่วนที่ซึมลงไปใต้ผิวดินนี้จะมีออกซิเจนจากบรรยากาศแทรกซึมเข้าไปได้ถึง จึงทำให้การย่อยสลายเป็นแบบ aerobic process แต่เมื่อเวลาผ่านไปก็อาจเกิดการอิ่มตัวทำให้กลายสภาพเป็น anaerobic process ได้

ขบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ภายในพื้นที่ดินที่รับการซึมเป็นไปอย่างสลับซับซ้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน และจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินบริเวณนั้นๆจุลินทรีย์มีอยู่มากมายหลายชนิด ทั้งแบคทีเรีย, Fungi, Mold, Protozoa, Nematodes, Earthworms, Insects และอื่นๆ นอกจากนั้นยังมีรากพืชที่ชอนไชอยู่ในดินด้วย สิ่งต่างๆเหล่านี้จะช่วยกันย่อยสลายสารอินทรีย์ (Complex organic matters) ให้เป็น Simple organic matters แล้วถูกดูดซึมเข้าไปในดิน จุลินทรีย์ต่างๆรวมทั้งรากพืชก็จะเอาไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การทำระบบซึมใต้ผิวดินนี้ มีหลักเกณฑ์ที่ต้องพิจารณาประกอบดังต่อไปนี้

2.10.1 ความเหมาะสมของดิน (Suitability of soil) ได้แก่

2.10.1.1 อัตราการซึมของดิน (Percolation rate) ต้องให้อยู่ภายในเกณฑ์ที่กำหนด *เช่น percolation rate เกิน 30 นาทีต่อนิ้ว ไม่ควรทำหลุมซึม และ percolation rate เกิน 60 นาทีต่อนิ้ว* ไม่ควรทำระบบซึมแบบใดๆทั้งสิ้น เป็นต้น

2.10.1.2 ระดับน้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินในบริเวณที่ทำระบบซึมนั้นต้องอยู่ลึกจากพื้นล่างสุดของร่องซึมหรือหลุมซึมไม่น้อยกว่า 1.20 เมตร

2.10.1.3 ช่วงของการปล่อยน้ำเสียออกสู่ระบบซึม เป็นการปล่อยออกไปเป็นระยะๆหรือติดต่อกันตลอดวัน ถ้าปล่อยเป็นระยะๆพื้นดินก็มีโอกาสพักตัวทำให้รับการซึมได้ดี แต่ถ้าปล่อยน้ำเสียติดต่อกันตลอดเวลาก็จะทำให้ดินอิ่มตัวได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังมีความแห้งหรือเปียกของดินประกอบด้วย

2.10.1.4 จุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะในส่วนของ Top soil มีจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีกว่าส่วนที่อยู่ลึกลงไป

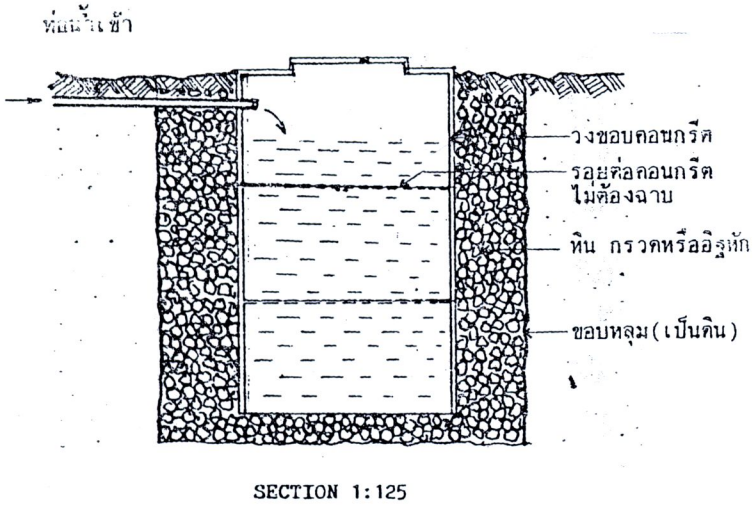
2.10.1.5 ความสะอาดของน้ำเสียที่ออกจากถังเกรอะ ถ้าสะอาดมากการซึมก็เป็นไปได้ดี น้ำเสียที่พักตัวอยู่ในถังเกรอะนานๆย่อมมีลักษณะที่ดีกว่าและทำให้การซึมในดินดีขึ้น นอกจากนั้น น้ำเสียที่เจือจางมากๆก็ช่วยทำให้การซึมดีขึ้นอีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นพบว่า ในขบวนการกำจัดน้ำโสโครกโดยใช้บ่อเกรอะ น้ำที่ผ่านจากบ่อเกรอะไม่ใช่น้ำที่สะอาดประมาณร้อยละ 60-70 ของตะกอนแขวนลอยเท่านั้นที่ถูกตกตะกอนออกไป แต่ส่วนที่ละลายน้ำ (Dissolved solid) ยังคงอยู่ในน้ำปะปนอยู่กับส่วนที่เหลือจากการเน่าเปื่อย (Decomposition) ของกากตะกอน ดังนั้นจึงทำให้น้ำที่ออกจากบ่อเกรอะมีลักษณะค่อนข้างใส มีสีน้อยมาก และมีกลิ่นเหม็น ซึ่งเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์และก๊าซอื่นๆ นอกจากนี้ยังมีแบคทีเรียอยู่ด้วยเป็นจำนวนมากและไม่มีปฏิกิริยาใดๆในบ่อเกรอะที่ทำให้แน่ใจได้ว่าแบคทีเรียชนิดที่ก่อให้เกิดโรค (Pathogenic bacteria) ถูกกำจัดหมดไป ดังนั้นถ้าปล่อยน้ำที่ระบายออกจากบ่อเกรอะลงสู่คูคลองหรือแหล่งน้ำธรรมชาติจะเป็นเหตุรำคาญและเป็นเหตุของการแพร่เชื้อโรคได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการจัดการที่เหมาะสม วิธีการหนึ่งที่ใช้กันมานานและเป็นวิธีการที่ประหยัดไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรือเทคโนโลยีสมัยใหม่ คือ การปล่อยให้น้ำที่ล้นจากบ่อเกรอะซึมลงในดิน ดินจะทำหน้าที่กรองสิ่งปฏิกูล และแบคทีเรียในดินจะใช้ออกซิเจนที่มีอยู่ในดินช่วยย่อยสลายของเสียที่ละลายน้ำอยู่จนหมด ระบบนี้มีชื่อว่าระบบซึมในดิน (Soil absorption system) ซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ

2.10.2 หลุมซึม (Seepage pit) วิธีการจะทำเหมือนกับการทำหลุมของส้วมซึม คือการขุดหลุมลงไปในดินมีขนาดกว้าง-ลึกตามปริมาณของน้ำเสียที่ต้องการกำจัด ภายในหลุมต้องมีวัสดุกันดินพังกรุหลุมไว้ อาจเป็นวงขอบคอนกรีตหรือก่ออิฐไม่ฉาบปูนก็ได้ แต่การใช้วงขอบคอนกรีตจะสะดวกและประหยัดกว่า

รูปแบบของหลุมซึมที่ถูกต้องนั้นต้องทำเป็น 2 หลุม เป็นอย่างน้อยและวางให้ห่างกันไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความกว้างของหลุมโดยวัดจากจุดกึ่งกลางของหลุม ทั้งนี้เพื่อให้มีพื้นที่ในการรับการซึมได้เพียงพอ ซึ่งจะทำให้พื้นดินบริเวณโดยรอบนั้นไม่เกิดการอิ่มตัว (Saturation) ได้ง่าย

ในกรณีที่ใช้วงขอบคอนกรีตกรุหลุมซึม ควรขุดหลุมให้กว้างกว่าวงขอบที่ใช้ คือให้มีช่องว่างระหว่างวงขอบกับดินข้างหลุมประมาณ 20 เซนติเมตร เป็นอย่างน้อย ช่องว่างส่วนนี้ให้ใช้วัสดุหยาบ เช่น อิฐหัก หิน หรือกรวด ใส่ลงไปให้เต็ม ซึ่งจะช่วยให้รับการซึมได้ดีขึ้น ภายในหลุมซึมไม่ต้องใส่วัสดุใดๆ เพราะนอกจากจะทำให้ปริมาตรความจุของถังลดลงแล้วยังเป็นการสิ้นเปลืองโดยไม่เกิดประโยชน์ใดๆอีกด้วย นอกจากนี้หลุมซึมควรจะมีฝาปิดที่มีช่องปิด-เปิดได้ เพื่อการตรวจสอบหรือแก้ไขเมื่อมีเหตุที่ทำให้ระบบซึมขัดข้อง (ภาพที่ 2)

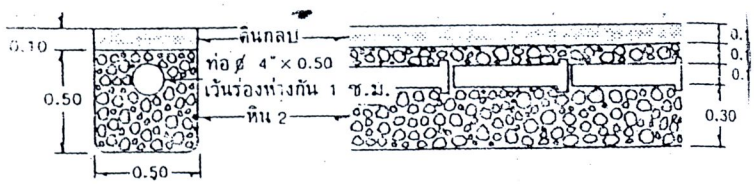


ภาพที่ 2 ลักษณะของหลุมซึมที่ถูกต้อง

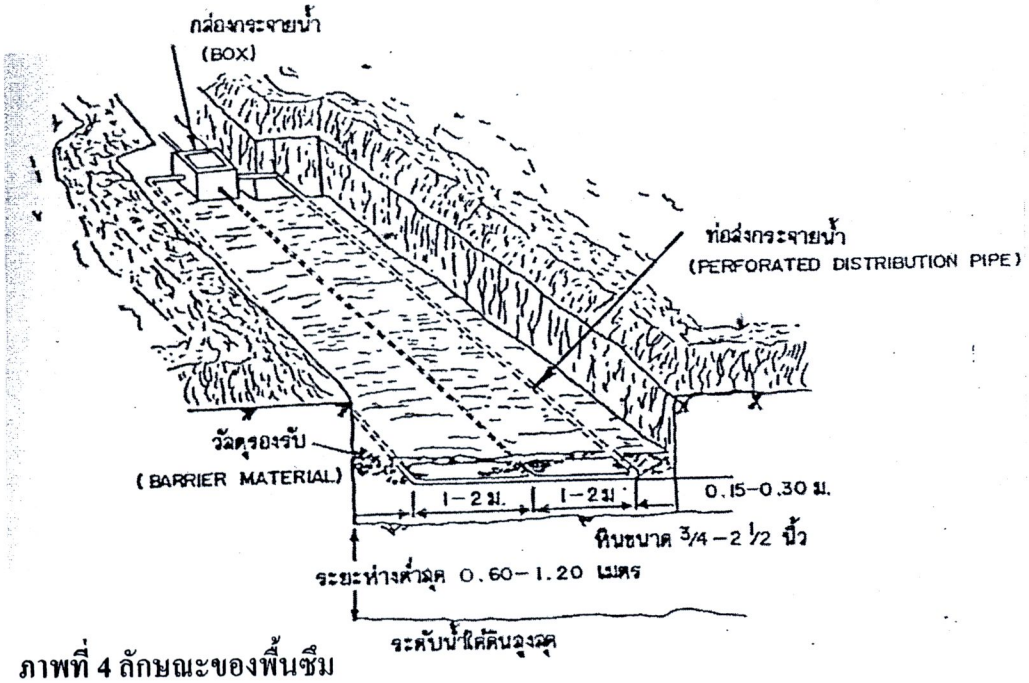
2.10.3 ร่องซึม (Absorption Trench) เป็นวิธีการกำจัด effluent จากถังเกรอะโดยการทำให้น้ำซึมลงไปในดินแบบเดียวกับหลุมซึม แต่เท่าที่ใช้มาปรากฏว่าสามารถรับการซึมได้ดีกว่าหลุมซึมมาก ตามข้อกำหนดของการทำระบบซึมกำหนดไว้ว่าถ้าอัตราการซึมของดินมากกว่า 30 (ระดับน้ำลดลง 1 นิ้ว ในเวลา 30 นาที) ไม่ควรทำหลุมซึม แต่ยังคงสามารถทำร่องซึมได้ จนกระทั่งอัตราการซึมเกินกว่า 60 จึงไม่ควรทำระบบซึมใดๆทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นหลุมซึมหรือร่องซึม ต้องทำระบบอื่น เช่น Anaerobic filter เป็นต้น

การที่ร่องซึมสามารถรับการซึมของน้ำได้ดีกว่าหลุมซึมก็เพราะว่า ร่องซึมอยู่ในชั้นดินตื้นๆ ลึกไม่เกิน 60 เซนติเมตร ในชั้นของดินระยะนี้มีจุลินทรีย์ที่จะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ได้มากกว่าชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ซึ่งมีทั้งแบคทีเรีย Fungi Nematodes Earthworm และพวกแมลงต่างๆ นอกจากนั้นยังมีพวกรากพืชซึ่งช่วยดูดซับน้ำอีกด้วย ที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การทำร่องซึมซึ่งวางท่อไปตามแนวนอนทำให้มีพื้นที่ผิวที่จะกระจายน้ำออกไปสู่พื้นดินได้มากกว่าการทำหลุมซึมอีกด้วย

2.10.4 พื้นซึม (Absorption bed) สำหรับระบบพื้นซึมนั้นแตกต่างจากระบบร่องซึม คือ พื้นซึมมีความกว้างมากกว่า 1 เมตร และระบบประกอบด้วยเส้นท่อมากกว่า 1 แนวเส้นท่อ ดังนั้นจึงถือว่าพื้นที่ซึมน้ำของพื้นซึมเกิดขึ้นทางด้านล่างเป็นหลัก การระบายน้ำโสโครกในดินโดยระบบพื้นซึมนี้ได้มีการศึกษาค้นคว้าโดยสำนักงานควบคุมอาคาร (Federal Housing Administration) ของสหรัฐอเมริกา สรุปได้ว่าความสัมพันธ์ทางหลักเกณฑ์ระหว่างการทดสอบความซึมของดินกับพื้นที่ที่ต้องการสำหรับการซึมของร่องซึมสามารถประยุกต์ใช้ได้กับพื้นซึมเช่นเดียวกัน ลักษณะทั่วไปของระบบร่องซึมและระบบพื้นซึมแสดงไว้ดังนี้



ภาพที่ 3 ลักษณะของระบบร่องซึม



ภาพที่ 4 ลักษณะของพื้นซึม

2.10.4.1 สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์ (2527) ได้ให้ข้อแนะนำในการพิจารณาพื้นที่ที่จะใช้ร่องซึมและพื้นซึม โดยอาศัยหลักเกณฑ์การพิจารณาปัจจัยที่สำคัญคือ ความสามารถของพื้นที่หรือพื้นดินในการซึมน้ำในช่วงระยะเวลาหลายๆปีสำหรับการใช้ระบบ ดังนั้นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับดินเป็นต้นว่า เนื้อดิน (Soil texture) โครงสร้างดิน (Soil structure) สีดิน (Soil colors) และความลาดชันของพื้นที่ รวมทั้งระดับน้ำใต้ผิวดินมีความสำคัญสำหรับการกำหนดความเหมาะสมของพื้นที่ ข้อกำหนดโดยทั่วไปของพื้นที่ได้รวบรวมแสดงไว้ในตารางที่

การออกแบบระบบซึมดินเริ่มตั้งแต่พื้นที่ซึมน้ำซึ่งน้ำโสโครกไหลลงสู่พื้นดิน เมื่อการทำงานของระบบดำเนินไปเรื่อยๆการอุดตัน (Clog) ของดินจะเกิดขึ้น ทำให้ความสามารถของดินในการซึมน้ำลดลงเป็นเหตุให้ระบบล้มเหลวได้ นอกจากนี้ปริมาณน้ำโสโครกที่ปล่อยเข้าสู่ระบบในแต่ละวันก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถทำให้ระบบล้มเหลวได้เช่นกัน

ในการจัดทำระบบพื้นที่ซึมต้องใช้ปัจจัยต่างๆเพื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การพิจารณาสถานที่ที่จะใช้ร่องซึมและพื้นซึม

หัวข้อพิจารณา	ข้อกำหนด
1) พื้นที่ภูมิประเทศ[ก]	ควรเป็นพื้นที่ราบมีการระบายน้ำดี พื้นที่ที่เป็นเนินมีความเหมาะสมกว่าพื้นที่มีลักษณะเป็นแอ่ง
2) ความลาดชัน[ข]	สำหรับระบบร่องซึมความลาดชันที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 0-25 % ส่วนพื้นที่ใดที่มีความลาดชันมากกว่า 25 % ยังพออนุโลมให้ใช้ได้ แต่จะมีข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องจักรในการก่อสร้างสำหรับระบบพื้นซึมขีดจำกัดของความลาดชันควรเป็น 0-5 %
3) ระยะห่างของระบบซึมกับสิ่งก่อสร้างอื่นๆ	
- บ่อน้ำ	15-30 เมตร
- หนองน้ำ, น้ำพุ	15-30 เมตร
- เขตบ้านเรือน	2-4 เมตร
- ฐานรากของอาคาร	3-6 เมตร

หัวข้อพิจารณา	ข้อกำหนด
4) เนื้อดิน	ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย(Sandy) หรือดินร่วน (Loamy) มีความเหมาะสมมากที่สุด ส่วนดินที่มีกรวด (Gravel) หรือหินมนเล็ก (Cobble) ผสมอยู่มาก ซึ่งทำให้มีช่องว่าง (Pore) มาก และดินเหนียว (Clay) ซึ่งมีความซึมช้าไม่เหมาะสมที่จะใช้ระบบซึมทั้งสองนี้
5) โครงสร้างดิน	โครงสร้างของดินที่มีลักษณะ Granular, Blocky หรือ Prismatic มีความเหมาะสมมากกว่าดินที่มีโครงสร้างแบบ Platy หรือดินที่ Unstructured
6) สีดิน	พื้นที่ใดที่ดินมีสีอ่อนๆสม่ำเสมอ (Bright uniform color) แสดงว่าเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี การถ่ายเทอากาศดี เหมาะสมที่จะใช้ระบบซึมนี้ ส่วนดินที่มีสีเข้ม เช่น น้ำตาลเข้มหรือเทาเข้ม หรือมีจุดประ (Mottles) แสดงว่าดินนั้นอิ่มน้ำ ระดับน้ำใต้ผิวดินอยู่สูงตลอดปีหรือเกือบตลอดปี ไม่เหมาะสมที่จะใช้ระบบซึมดังกล่าวนี้
7) ชั้นของดิน	ชั้นของดินถ้ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งเนื้อดินหรือโครงสร้างดิน ต้องทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่เป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของน้ำ
8) ความลึกของชั้นที่ไม่อิ่มตัว	ส่วนล่างสุดของระบบกับระดับน้ำใต้ดินสูงสุด ควรมีระยะห่างอย่างน้อย 0.60-1.20 เมตร
9) อัตราการซึม	ดินควรมีอัตราการซึมอยู่ในช่วง 1-60 นาที/นิ้ว(ค) และต้องระมัดระวังในการก่อสร้างสำหรับดินที่มีความซึมช้า

(ก) ตำแหน่งของพื้นที่และความลาดชันเป็นอุปสรรคอย่างมากสำหรับพื้นซึม เนื่องจากความลึกในการขุดปรับดิน

(ข) ระยะที่ให้ไว้เป็นเพียงข้อแนะนำทั่วไป ในการปฏิบัติจริงต้องพิจารณาแต่ละสถานที่ให้ละเอียดทั้งสภาพภูมิประเทศ ความซึมของดิน น้ำใต้ดิน และลักษณะทางธรณีวิทยาด้วย

(ค) ดินที่มีความซึมเร็วกว่า 1 นาที/นิ้ว ก็สามารถใช้ระบบทั้งสองนี้ได้ แต่ต้องมีการขุดดินเดิมออก แล้วใช้ดินร่วนทรายหรือทรายถมให้หนาอย่างน้อย 60 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 อัตราน้ำโสโครกที่ใช้ในการออกแบบ สำหรับระบบร่องซึมและพื้นซึม[ก]

เนื้อดิน	อัตราการซึม		อัตราน้ำโสโครกใช้ในการออกแบบ[ข] gpd/m^2
	นาที/นิ้ว	นาที/ซม.	
กรวด, ทรายหยาบ	<1	<0.4	ไม่เหมาะสม[ค]
ทรายหยาบ ปนทรายปานกลาง	1-5	0.4-2	13.33
ทรายละเอียด, ดินร่วนปนทราย	6-15	3-6	8.89
ดินทรายปนดินร่วน, ดินร่วน	16-30	7-12	6.67
ดินร่วนปนทรายแป้ง	31-60	13-24	5
ดินเหนียวปนทรายแป้ง, ดินร่วนเหนียว	61-120	25-50	2.22[ง]

(ก) สามารถใช้คำนวณออกแบบสำหรับการซึมทางด้านข้าง (Sidewall infiltration rates) ด้วย

(ข) อัตรานี้คิดจากน้ำโสโครกที่ออกจากบ่อเกรอะ ที่ใช้ตามที่อยู่อาศัย ถ้าเป็นน้ำทิ้งจากแหล่งอื่นต้องเพิ่มค่าความปลอดภัยด้วย

(ค) ดินที่มีอัตราการซึมเร็วกว่า 0.4 นาที/เซนติเมตร (1 นาที/นิ้ว) สามารถใช้ระบบนี้ได้เช่นกัน แต่ต้องมีการรองพื้นด้วยทรายหยาบหรือดินร่วนทรายให้มีความหนาอย่างน้อย 60 เซนติเมตร

(ง) ดินชนิดนี้จะมีปัญหาเป็นอย่างมากในระหว่างการก่อสร้าง

นอกจากนี้ US.EPA ได้ให้ข้อแนะนำในการพิจารณาความเหมาะสมของการใช้ร่องซึมและพื้นซึม โดยคำนึงถึงอัตราการซึมไว้ดังนี้

1) ดินที่มีอัตราการซึมเร็วกว่า 0.4 นาที/เซนติเมตร (1 นาที/นิ้ว) ไม่สมควรใช้ระบบซึมแบบร่องซึมหรือพื้นซึม ทั้งนี้เพราะว่าดินที่ซึมน้ำเร็วเกินไป เช่นดินทรายจะทำให้กำจัดน้ำเสียไม่เกิดประสิทธิผล เนื่องจากช่วงเวลาในการบำบัดน้อย สิ่งสกปรกและแบคทีเรียต่างๆยังคงหลงเหลืออยู่ และจะไหลลงไปในดินทำให้เกิดการปนเปื้อน (Contamination) ต่อคุณภาพของน้ำใต้ดิน

2) ดินที่มีอัตราการซึมช้ากว่า 25 นาที/เซนติเมตร (60 นาที/นิ้ว) ก็ไม่สมควรก่อสร้างระบบซึมแบบร่องซึมหรือพื้นซึม เนื่องจากดินประเภทนี้เกิดการบดอัดแน่นได้ง่ายในระหว่างก่อสร้าง ทำให้อัตราการซึมของดินลดลงถึงครึ่งหนึ่งของอัตราการซึมที่คาดไว้

2.10.4.2 ข้อเปรียบเทียบระหว่างร่องซึมกับพื้นซึม

ข้อดีของพื้นซึมคือ

(1) พื้นซึมต้องการพื้นที่น้อยกว่าร่องซึม

(2) ค่าก่อสร้างสำหรับพื้นซึมน้อยกว่าค่าก่อสร้างสำหรับร่องซึม

อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาแล้วพบว่าร่องซึมยังมีความเหมาะสมและนิยมใช้กันมากกว่าพื้นซึม เนื่องจาก

(1) ร่องซึมสามารถเพิ่มพื้นที่ด้านข้าง (Sidewall area) ได้ถึง 5 เท่า ซึ่งสะดวกกว่าการใช้พื้นซึมที่ด้านล่าง (Bottom area) ที่เท่ากัน

(2) ความเสียหายอันเกิดจากการก่อสร้างมีน้อย เพราะว่าเครื่องจักรสำหรับใช้ในการก่อสร้างสามารถทำงานข้างๆเส้นท่อได้

(3) การก่อสร้างร่องซึมทำได้สะดวกในพื้นที่ลาดชัน ส่วนพื้นซึมใช้ได้ในเฉพาะพื้นที่ราบ และดินเป็นดินทรายหรือร่วนทราย และมีความลาดชันน้อยกว่า 5 %

2.10.5 ระบบพูนดิน (Mound system) ได้มีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกที่เมืองนอร์ท ดาโกตา ในปลายปี ค.ศ.1940 ต่อมารู้จักกันในชื่อ Nodak Disposal System ระบบซึมแบบระบบพูนดินถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาเรื่องดินที่มีความซึมช้า และมีระดับน้ำใต้ดินสูงพื้นซึมได้จัดสร้างบนกรวดหยาบ ซึ่งถมลงบนดินเดิมที่ขุดลอกผิวหน้าดินออกไปแล้ว ในระยะเวลาที่ใช้ระบบนี้พบว่าน้ำโสโครกที่ไหลลงไปยังดินชั้นล่างยังไม่ผ่านการบำบัดที่เพียงพอ จึงมีการปรับปรุงระบบนี้เรื่อยมา ปัจจุบันระบบพูนดินก็ได้นำมาใช้ภายใต้เงื่อนไขหลายอย่าง

ระบบพูนดินเป็นระบบซึมน้ำโสโครกในดินที่ยกระดับดินขึ้นมาให้สูงจากดินธรรมชาติ โดยใช้วัสดุมาถมพื้นดินเดิมนั้น วัตถุประสงค์ของการใช้ระบบก็เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาที่เป็นข้อจำกัดของพื้นที่ในการใช้ระบบซึมแบบอื่นๆคือ

- ดินที่มีอัตราการซึมช้า
- ดินที่มีชั้นการซึมน้อย คือมีชั้นหินอยู่ระดับสูงใกล้ผิวดิน
- ดินที่มีการซึมน้ำดี แต่ระดับน้ำใต้ดินสูงมาก

ในกรณีที่ดินมีการซึมน้ำไม่ดี คือดินเดิมเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวจัด การใช้เป็นการช่วยให้ระบบซึมน้ำดีขึ้น โดยใช้ดินที่นำมาถมชั้นบนเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี เช่น ดินทราย หรือดินร่วนทราย สำหรับในกรณีที่ดินมีการระบายน้ำดี แต่ระดับน้ำใต้ดินสูง การเพิ่มดินถมขึ้นไปเป็นการทำให้ระยะห่างของน้ำที่ซึมลงสู่ดินกับระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น ดินจึงมีเวลาเพียงพอในการบำบัดน้ำทิ้งให้สะอาดขึ้น รูปที่แสดงลักษณะของระบบพูนดินดังกล่าว

2.11 ผลกระทบของการใช้ดินกำจัดน้ำเสีย

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากถังเกรอะแล้วยังคงมีสารอินทรีย์ตกค้างอยู่เป็นจำนวนมาก อีกทั้งในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจนนั้น สารอินทรีย์บางส่วนจะกลายเป็นสารอนินทรีย์ตกค้างในน้ำเสียที่ผ่านออกไปจากถังเกรอะรวมทั้งเชื้อก่อโรคที่ยังคงเหลืออยู่ด้วย ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบดินอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพราะในสภาพจริงของดินนั้น องค์ประกอบของดินไม่ได้มีเพียงแร่ธาตุกับสารอินทรีย์เท่านั้น แต่ในดินยังมีส่วนที่เป็นน้ำและอากาศอยู่ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินชั้นบนสามารถแบ่งองค์ประกอบได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. องค์ประกอบเชิงแร่ธาตุ (Mineral matter) เป็นสารของอนินทรีย์สารที่ได้จากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ธาตุแต่ละชนิด ตามสภาพดินและอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป
2. องค์ประกอบเชิงอินทรีย์ (Organic matter) เป็นส่วนประกอบที่มีอยู่ไม่มากและมีอยู่น้อยกว่าองค์ประกอบส่วนแรก เนื่องจากองค์ประกอบส่วนนี้มาจากซากพืช ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อยและผสมลงในระบบดิน ปกติส่วนนี้โดยส่วนใหญ่จะได้มาจากพืช
3. น้ำ (Water) เป็นส่วนประกอบของดินที่อยู่ในลักษณะของของเหลวและความชื้นตามช่องว่างต่างๆภายในระบบดิน (Pore space)
4. อากาศ (Air) ได้แก่ ก๊าซต่างๆที่อยู่ภายในช่องว่างในระบบดินเช่นเดียวกับน้ำ

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์ (2541) ได้เสนอไว้ว่าในระบบดินมีส่วนประกอบต่างๆที่เหมาะแก่การเพาะปลูก โดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบที่เป็นของแข็งประมาณ 50 % โดยปริมาตร หมายความถึงจะมีสารอนินทรีย์วัตถุประมาณ 45 % และอินทรียวัตถุอีก 5 % โดยปริมาตร และมีส่วนประกอบที่เป็นช่องว่างและน้ำอีกประมาณ 50 % โดยปริมาตร แบ่งเป็นสารละลาย 25 % และอากาศประมาณ 25 % ซึ่งดินแต่ละชนิดแต่ละชนิดมีองค์ประกอบต่างๆกันออกไป

2.11.1 ผลกระทบของน้ำเสียต่อฟิสิกส์ของดิน

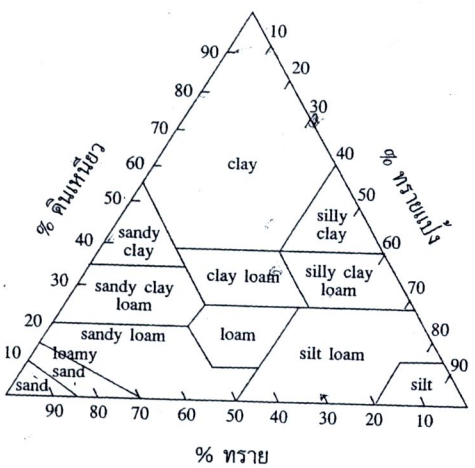
สมบัติฟิสิกส์ของดินเป็นลักษณะของดินที่สามารถมองเห็นได้หรือสัมผัสได้ เช่น เนื้อดิน (Soil texture) โครงสร้างดิน (Soil Structure) ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ความพรุน (Porosity) สภาพความซึมได้ (Permeable)

2.11.1.1 เนื้อดิน เป็นลักษณะทางฟิสิกส์ขั้นพื้นฐาน ซึ่งจะมีผลในการควบคุมสมบัติทางฟิสิกส์อื่นๆของดิน เนื้อดินสื่อความหมายถึงขนาดหรือความหยาบ ละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์ (Inorganic particle) ปกติทางวิชาการจะแยกเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มอนุภาคทราย (Sand) จัดเป็นกลุ่มที่มีขนาดใหญ่ที่สุด
- กลุ่มอนุภาคทรายตะกอน หรือทรายแป้ง (Silt) จัดเป็นกลุ่มอนุภาคปานกลาง
- กลุ่มอนุภาคดินเหนียว (Clay) จัดเป็นกลุ่มอนุภาคเล็กที่สุดในดิน

สัดส่วนของอนุภาคในดินจะมีผลต่อสมบัติทางฟิสิกส์หลายประการ เช่น ความสามารถในการอุ้มน้ำ (Water holding capacity) ความสามารถในการถ่ายเทอากาศ (Aeration) ความแข็งของดิน (Soil Strength)

ดินทั่วไปจะประกอบด้วยอนุภาคทั้ง 3 ชนิดนั้น แต่สัดส่วนในดินแต่ละชนิดไม่เท่ากันทำให้เป็นผลการเกิดเนื้อดินหลายชนิด วิทยาศาสตร์ของดินจึงได้จัดแบ่งชนิดของเนื้อดิน เป็นกลุ่มประเภท (Textural classes) ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 12 ประเภทเนื้อดิน ซึ่งแบ่งออกได้โดยสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน (Soil textural triangle)



ภาพที่ 5 สามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน

สามารถแบ่งเนื้อดินได้ดังนี้

- กลุ่มเนื้อละเอียด (Fine textured) ประกอบด้วย 5 ประเภท คือ ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay) ดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) ดินร่วนเหนียว (Clay loam) และดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (Silty clay loam)

- กลุ่มเนื้อปานกลาง (Medium textured) ประกอบด้วย 4 ประเภท คือ ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ดินร่วน (Loam) ดินร่วนปนทรายแป้ง (Silty loam) ดินทรายแป้ง (Silt)

- กลุ่มเนื้อหยาบ (Coarse textured) ประกอบด้วยดิน 3 ประเภท คือ ดินทราย (Sand) ดินทรายร่วน (Loamy sand) และดินร่วนทราย (Sandy loam)

2.11.1.2 ความหนาแน่น (Soil density) เป็นสมบัติของดินที่ได้รับผลกระทบบางส่วนจากชนิดทางเนื้อดิน และอีกบางส่วนได้จากเม็ดดิน (aggregation) หรือการเกิดโครงสร้างดิน ความหนาแน่นของดินแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลแห้งของดิน (m_s) และปริมาตรรวม (V_b) คือ

$$\text{Bulk Density} = \frac{m_s}{V_b}$$

เมื่อ

m_s = มวลของดินตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิ 105 - 110°C จนน้ำหนักคงที่

V_b = ผลรวมระหว่างปริมาตรของแข็ง (Solid Volume) และปริมาตรช่องว่าง

- ความหนาแน่นอนุภาค (Particle Density) หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลแห้งของดิน (m_s) ต่อหน่วยปริมาตรของของแข็ง (V_s) คือ

$$\text{Particle Density} = \frac{m_s}{V_s}$$

ในดินตัวอย่างเดียวกันพบเสมอว่าความหนาแน่นรวมจะมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นอนุภาคเสมอ ความหนาแน่นรวมของดินจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นกับว่าดินนั้นมีปริมาตรช่องว่างมากหรือน้อยเพียงใด ถ้าอนุภาคเรียงตัวกันแล้วได้ปริมาตรช่องว่างมาก ความหนาแน่นรวมจะมีค่าต่ำและถ้าอนุภาคเรียงตัวกันแล้วเหลือช่องว่างอยู่น้อยความหนาแน่นรวมจะมีค่ามาก

2.11.1.3 ความพรุน (Porosity) เป็นสมบัติที่ถูกควบคุมโดยปริมาตรและขนาดของช่องในดิน และปริมาตรรวมของดิน คือ

ความพรุนรวม (Total Porosity; E)

$$E = \frac{V_p}{V_b}$$

เมื่อ

V_p = ปริมาตรของช่องว่าง

V_b = ปริมาตรรวมของดิน

ความพรุนบอกให้เราทราบว่า ถ้าดวงดินแห้งมาโดยให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 1 หน่วย ในระหว่างอนุภาคแห้งเหล่านั้นจะมีช่องว่างอยู่เท่าใด

2.11.1.4 โครงสร้างดิน (Soil Structure) ในดินเนื้อละเอียดและมีความพรุนสูงแต่มีช่องขนาดเล็กเป็นส่วนใหญ่จะมีการระบายอากาศและน้ำที่ไม่ดี เพราะการส่งผ่านน้ำและอากาศในดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างจะดำเนินไปได้ดีโดยอาศัยช่องขนาดใหญ่ในขณะที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำก็ยังคงมีอยู่สูงที่เป็นเช่นนั้นเพราะโครงสร้างดิน ซึ่งหมายถึง การจับตัวเป็นเม็ดของอนุภาคเดี่ยวโดยกลไกทางธรรมชาติ เม็ดดินที่ได้อาจเรียกว่า หน่วยโครงสร้าง (Structure Unit) โดยมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

- โครงสร้างประเภทกลม (Granular Structure) เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะเกิดช่องขนาดใหญ่ ช่วยให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี

- โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยม (Blocky Structure) รูปร่างคล้ายกล่อง พบในดินชั้น B ขนาดของเม็ดดินโตกว่าประเภททรงกลมอยู่ประมาณ 5 – 50 มิลลิเมตร โครงสร้างประเภทนี้ เมื่อเรียงตัวเป็นหน้าตัดดินจะมีสภาพให้น้ำและอากาศซึมได้

- โครงสร้างแบบแผ่น (Platy Structure) รูปร่างเป็นแผ่นโครงสร้างประเภทนี้จะพบในดินที่มีการอัดตัว (Compaction) การเรียงตัวของโครงสร้างแบบนี้ทำให้ขัดขวางการไหลของน้ำในดินและระบายอากาศไม่ดี

- โครงสร้างแบบแท่ง (Prism Structure) รูปร่างเป็นแท่ง หน่วยโครงสร้างขนาดใหญ่ มีความยาวตั้งแต่ 10 – 100 มิลลิเมตร เรียงตัวต่อกัน โครงสร้างชนิดนี้จะทำให้สภาพการซึมน้ำได้ปานกลาง

ดินในธรรมชาติไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างเสมอไป ดินหลายชนิดไม่มีโครงสร้างซึ่งอาจอยู่แบบอนุภาคเดียว (Single Grain) ได้แก่ ดินเนื้อหยาบ ประเภทดินทรายจับตัวกันน้อยหรืออาจอยู่เป็นก้อนทึบ ได้แก่ ดินเนื้อละเอียด เช่น ดินนาที่ผ่านการไถมาหลายครั้ง ทำให้ดินยึดติดกัน ไม่มีปัจจัยที่ทำให้ดินแตกเป็นเล็กๆ ทำให้ดินมีสภาพการซึมน้ำได้ต่ำ

2.11.1.5 ความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (Permeability)

ความสามารถให้น้ำซึมผ่านของดิน เป็นสมบัติประการหนึ่งของดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับช่องว่าง (pore space) ของดิน ปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของช่องว่าง เนื้อดินแต่ละประเภทจะมีช่องว่างของดินแตกต่างกัน ดินเนื้อละเอียด เช่นเดินเหนียวมีช่องว่างขนาดเล็ก จะมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านช้าหรือช้ามาก ส่วนดินเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายซึ่งมีช่องว่างขนาดใหญ่มีความสามารถให้น้ำซึมเร็วถึงเร็วมาก สำหรับดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายแป้ง เป็นดินที่จัดเป็นเนื้อดินปานกลาง จะมีความสามารถให้น้ำซึมค่อนข้างช้าจนถึงค่อนข้างเร็วในรูปที่ ..... จะเห็นว่าถึงแม้ปริมาณของช่องว่างทั้งหมด (total pore space) ของดินทรายจะมีน้อยกว่าดินร่วนปนทรายแป้ง และ

ดินเหนียวก็ตาม แต่ปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของช่องว่างซึ่งดินทรายมีขนาดใหญ่กว่าดินเหนียว จึงมีความสามารถในการซึมน้ำเร็วกว่าข้างต้น

ความสามารถให้น้ำซึมผ่านวัดกันเป็นระยะทางในการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านหน้าตัดขวางของดินอิ่มตัว (Saturated soil) ภายใน 1 หน่วยเวลา โดยทั่วไปวัดเป็น นิ้ว/ชม. การแบ่งชั้นความสามารถให้น้ำซึมผ่านของดินแบ่งได้ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ชั้นความสามารถให้น้ำซึมผ่าน

ความสามารถให้น้ำซึมผ่าน (นิ้ว/ชม.)	ชั้น (class)
น้อยกว่า 0.06	ช้ามาก
0.06 – 0.20	ช้า
0.20 – 0.60	ช้าปานกลาง
0.60 – 2.00	ปานกลาง
2.00 – 6.00	เร็วปานกลาง
6.00 – 20	เร็ว
20 ขึ้นไป	เร็วมาก

ช่องว่างในดินมีขนาดตั้งแต่ 2 – 3 ไมครอน จนถึงหลายๆมิลลิเมตร แต่โดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) และช่องว่างขนาดเล็ก (micropore) ในดินที่อิ่มตัว การไหลของน้ำผ่านช่องว่างขนาดใหญ่เป็นไปโดยแรงโน้มถ่วง ส่วนช่องว่างขนาดเล็กซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการไหลของน้ำ และถือว่าในช่องว่างขนาดเล็กมีกระแสต้านทานการไหลของน้ำโดยแรงโน้มถ่วง นอกจากนี้แล้วยังสังเกตได้ว่าช่องว่างขนาดใหญ่จะเปลี่ยนแปลงตามความลึกของดิน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่าเนื้อดิน และโครงสร้างของดินซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณช่องว่างของดิน มีผลต่อความสามารถในการให้น้ำซึม

2.12 คุณสมบัติดินทางชีวภาพ

เป็นการศึกษาดินในเชิงของสิ่งมีชีวิตในดินโดยเฉพาะจุลินทรีย์หรือจุลชีพ หมายถึงสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ปกติมีขนาดเล็กกว่า 0.1 มิลลิเมตร การอยู่รวมกันทางจุลินทรีย์ในดินเป็นชุมชน เรียกว่า ระบบนิเวศของดิน (Soil ecosystem) ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ดินนั้น จักรกฤษณ์ หอมจันทน์ (2533) สรุปไว้ว่า ในดินทั่วไปพบจุลินทรีย์แบ่งออกได้เป็น

แบคทีเรีย เชื้อรา แอคติโนมัยซีส สาหร่าย โปรโตซัว และไวรัส แต่ที่สำคัญที่สุดในระบบดิน คือ แบคทีเรีย

2.12.1แบคทีเรียในดิน เป็นจุลินทรีย์ที่มีมากที่สุดในดินทั้งชนิดเซลล์เดี่ยว (unicellular) โซ่ (Chain) และกลุ่ม (Colony) แบคทีเรียจะทำการย่อยของเสียจากน้ำเสีย เมื่อดินนั้นได้รับของเสียทำให้ของเสียเปลี่ยนรูปไป

2.8.2 ปัจจัยที่มีผลกับแบคทีเรียดิน

2.12.2.1 ความชื้นของดิน (Soil Moisture Context) น้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ดังนั้นความชื้นจึงมีความสำคัญต่อแบคทีเรียดิน ด้วยเหตุนี้น้ำและอากาศในดินที่อยู่ในช่องว่างระหว่างดินจึงส่งผลกับจำนวนจุลินทรีย์ดิน ปกติระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียดินอยู่ที่ระดับ 50 – 75 % ของความสามารถการอุ้มน้ำของดิน (Water Holding Capacity; WHC)

2.12.2.2 อุณหภูมิ (Soil temperature) มีผลต่อปฏิกิริยาการย่อยสลายของเสียโดยจุลินทรีย์ดิน รวมทั้งการระเหยน้ำในดินออกไปจากดิน และแบคทีเรียที่อยู่ในดินมีทั้งแบคทีเรียที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างต่ำ (Psychophillic bacteria) ซึ่งจะสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่ออุณหภูมิ 0 – 5 $^{\circ}$C ส่วนกลุ่มที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ที่อุณหภูมิค่อนข้างสูงกลาง ๆ (Mesophilic bacteria) ประมาณ 25 – 35 $^{\circ}$C แบคทีเรียกลุ่มนี้เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่มีมากที่สุดในดินทางประเทศไทย กลุ่มนี้มีบทบาทมากในการทำลายของเสียที่ส่งเข้าสู่ระบบดิน และกลุ่มที่พบในดินแต่ไม่มากอีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มที่อาศัยอยู่ในดินที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง (Thermophilic bacteria) โดยอาศัยที่อุณหภูมิ 45 – 60 $^{\circ}$C พบไม่มากในดินประเทศไทย แต่พบมากกว่ากลุ่มที่เจริญอยู่ในอุณหภูมิต่ำ

2.12.2.3 อินทรียวัตถุในดิน (Soil Organic Matter) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมาก เพราะแบคทีเรียจะใช้อินทรียวัตถุนี้เป็นแหล่งพลังงานในดิน ตลอดจนการเพิ่มมวลชีวภาพในดินหรือกิจกรรมต่างๆในดินขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุทั้งสิ้น

2.12.2.4 ความเป็นกรดด่างในดิน (Soil pH) มีผลกระทบต่อน้ำย่อยของแบคทีเรียปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆอาศัยความเป็นกรด ด่างที่เป็นกลางทั้งสิ้น ความเป็นกรด ด่างที่เหมาะสมของดินอยู่ระหว่าง 6.5 – 7.5

2.12.2.5 ออกซิเจนในดิน (Soil Oxygen) เป็นปัจจัยที่ส่งผลค่อนข้างรุนแรงต่อระบบดิน เพราะปริมาณของออกซิเจนในดินควบคุมให้กลุ่มแบคทีเรียในดินเจริญเติบโตได้ต่างกัน ในดินเนื้อหยาบมีการระบายอากาศดีซึ่งจะทำให้ในดินนั้นมีการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกลุ่มใช้อากาศ (Aerobic bacteria) แต่ถ้าในดินมีการระบายอากาศได้ไม่ค่อยดีนักในดินจะมีการเจริญเติบโต

แบบแฟคคูลเททีฟ (Facultative bacteria) หรือถ้าในดินมีการระบายอากาศไม่ดีหรือมีช่องว่างเหลืออยู่น้อยมากจนอากาศเข้าไปในระบบดินไม่ได้ แบคทีเรียที่เจริญเติบโตอยู่นั้นจะเป็นแบคทีเรียกลุ่มไร้อากาศ (Anaerobic bacteria)

2.13 กลไกการกำจัดน้ำเสียโดยระบบดิน

การกำจัดน้ำโสโครกโดยการปล่อยน้ำโสโครกลงไปในดิน เพื่อให้ดินทำการกำจัดน้ำโสโครกนั้นให้สะอาดไม่ก่อมลภาวะขึ้น เป็นระบบหรือขบวนการทำงานของดินที่ประกอบด้วยการกระทำที่ซับซ้อนทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และยังมีกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ต่างๆ อยู่ที่ชั้นผิวดินอีกด้วย ดังแสดงในแผนผังและรายละเอียดต่อไปนี้

กลไกการบำบัด (Treatment Mechanism)

ทางกายภาพ	ทางเคมี	ทางชีววิทยา
- การกรอง	- การดูดติดผิว (adsorption)	- การย่อยสลายอินทรียวัตถุ
- การเจือจาง	- การตกตะกอน (precipitation)	

2.13.1 กลไกการบำบัดทางกายภาพ

เมื่อน้ำเสียถูกปล่อยลงสู่ดินและไหลผ่านช่องว่างของดิน ตะกอนแขวนลอยต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าช่องว่างก็จะถูกกักและกำจัดออกไปและเมื่อการกักตะกอนดำเนินไปเรื่อยๆ ตะกอนที่ถูกกักไว้ก็จะรวมตัวกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้น และอุดให้ช่องว่างเล็กลง ทำให้สามารถกักตะกอนที่มีขนาดเล็กๆ ลงไปได้อีก

ความลึกหรือระยะทางที่ใช้ในการกำจัดหรือกรองตะกอนต่างๆ ขึ้นอยู่กับขนาดของตะกอนแขวนลอย เนื้อดิน และอัตราน้ำเสียที่ปล่อยลงดิน นั่นคือถ้าปริมาณน้ำเสียมีมาก และดินมีเนื้อหยาบระยะทางหรือความลึกที่จะกำจัดตะกอนก็ต้องเพิ่มมากขึ้นด้วย

2.13.2 กลไกการบำบัดทางเคมี

โดยที่ดินแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติของเนื้อดินแตกต่างกัน ดินเนื้อหยาบซึ่งประกอบด้วยอนุภาคดินประเภทแร่ปฐมภูมิ (primary mineral) ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีคล้ายๆ หรือเหมือนกับแร่ประกอบหิน (rock forming mineral) ซึ่งเกือบจะไม่มีปฏิกิริยาเคมี หรือไม่มีเลยก็ว่าได้ ซึ่งนับว่าแตกต่างจากดินเหนียว โดยที่แร่ดินเหนียวจัดว่าเป็นสารคอลลอยดอล และมีปฏิกิริยาเคมีมาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำจัดสารต่าง ๆ

ดินเหนียวบางชนิดสามารถเติมหรือใส่สารเคมีประเภทกรด ด่าง หรือเกลือได้ โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ (form) ของมันเลย ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) นอกจากนี้การแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange) เป็นสมบัติประการ

สำคัญของดินที่ใช้อธิบายถึงสภาพความเป็นกรด สภาพความเป็นด่างของดิน ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการกำจัดสารเคมีในน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ดิน เช่น ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป

2.13.3 กลไกทางชีวภาพ

เมื่อของเสียซึ่งเป็นสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบดิน แบคทีเรียที่เป็นกลุ่มหลักของจุลินทรีย์ดินจะทำการย่อยสลายของเสียนั้นให้กลายเป็นพลังงานและเปลี่ยนไปเป็นเซลล์หรือมวลชีวภาพในดิน ทำให้ดินมีปริมาณแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก แบคทีเรียที่ดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะนี้ส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียกลุ่มแฟคูลเททีฟไปจนถึงแบคทีเรียกลุ่มไร้อากาศ เนื่องจากในช่องว่างระหว่างดินจะมีน้ำเสียซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดจากถังเกรอะมาแล้ว อีกทั้งน้ำที่ออกมาจากถังเกรอะจะขาดออกซิเจนค่อนข้างรุนแรง เพราะถังเกรอะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยกระบวนการที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้น้ำที่ปล่อยออกมาขาดออกซิเจนตามไปด้วย นอกจากนี้ ยังเกิดการสร้างสารอนินทรีย์ต่างๆจากสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้เป็นสารตั้งต้นในการดำรงชีวิต ผลผลิตที่เหลือเป็นอนินทรีย์สารละลายอยู่ในช่องว่างระหว่างดินและสารละลายดิน ถ้าดินนั้นมีระบบรากพืชร่วมอยู่ด้วยจะเพียงพอต่อการดูดไปใช้ของระบบรากพืชต่างๆ ทำให้ของเสียลดลงหรือหายไปได้

2.14 การอุดตันของดิน (Soil Clogging)

การกำจัดน้ำโสโครกโดยใช้ระบบซึมในดินมีข้อกำหนดที่สำคัญในการตัดสินว่าดินมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ระบบหรือไม่ คือ ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของดิน อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าดินมีความเหมาะสมและมีการใช้ระบบซึมในดินนั้นไปเรื่อยๆ ดินซึ่งทำหน้าที่กรองหรือกักสิ่งโสโครกต่างๆ ก็จะมีการอุดตัน (clog) เกิดขึ้นได้ และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบลดน้อยลง สาเหตุที่เกิดการอุดตันของดินเกิดจากปัจจัยหลายประการ ทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ

2.14.1 ปัจจัยทางกายภาพ (Physical Factors)

ดินที่มีขนาดของเม็ดดินคละกัน จะสามารถอัดแน่นได้ดีกว่าดินที่มีขนาดของเม็ดดินขนาดเดียวกัน สำหรับพวกเม็ดดินที่มีขนาดละเอียดจะเรียงตัวกันเป็นชั้นบางๆ ตามผิวพื้นดิน และการเรียงตัวของเม็ดดินประเภทนี้จะทำให้เกิดการอุดตัน Orlob และ Krone (1956) พบว่า การตกตะกอนของอนุภาคที่ละเอียดจะอยู่ในชั้นล่างของพวกที่มีอนุภาคใหญ่ การดูดติดผิวของเม็ดดินและการซึมเข้าตามจุดที่สัมผัสของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าจนเกิดการอุดตัน การอุดตันประเภทนี้จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลา จากนั้นการอุดตันจะเป็นการอุดตันที่ถาวรจนมีผลต่ออัตราการซึมผ่านของน้ำจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ทำให้มวลของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงใหม่

การอุดตันที่เกิดขึ้นทางกายภาพที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ความหน่วงของความชื้นดิน เนื่องจากแรงดันในหลอดเล็ก (Capillary force) Winneberger และคณะ ได้แสดงให้เห็นว่าดินที่มีขนาดเม็ดดินพอเหมาะที่ทำให้แรงตึงผิวและแรงดันในหลอดเล็กสูงสุดจะมีความยาวของแท่งดินสำหรับการระบายน้ำน้อยที่สุด ซึ่งแสดงว่า แรงดันในหลอดเล็กเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการไหลของน้ำในดิน

2.14.2 ปัจจัยทางเคมี

ปฏิกิริยาทางเคมีในดินบางอย่างโดยเฉพาะไอออนเอกเชน (Ion exchange) ทำให้เกิดการอุดตันขึ้นได้ เช่น การเกิด deflocculation ของดิน เนื่องจากมีความเข้มข้นของโซเดียมสูง โฟร์แมนและคณะ (1945) ได้พบว่า ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่มากจะมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านสูงมากกว่าดินปกติเมื่อเปรียบเทียบโดยปล่อยน้ำที่มีปริมาณโซเดียมต่ำ และน้ำที่มีปริมาณโซเดียมอยู่สูงลงไป

2.14.3 ปัจจัยทางชีวภาพ

ปัจจัยทางชีวภาพของดินที่ทำให้เกิดการอุดตัน ขึ้นกับคุณสมบัติของอินทรียสารในน้ำโสโครกและสภาวะแวดล้อมของดิน โดยทั่วไปแล้วการอุดตันเนื่องมาจากปัจจัยทางชีวภาพจะเกิดขึ้นที่บริเวณหน้าดินหรือชั้นตื้นๆของดิน ซึ่งการอุดตันที่ผิวดินนี้ ยังเกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุอีก 2 ประการ คือ

2.14.3.1. การลดลงของขนาดช่องว่าง เนื่องจากการทับถมของตะกอนแขวนลอยของอินทรียสาร

2.14.3.2. การลดลงของขนาดช่องว่างเนื่องจากการเจริญของแบคทีเรีย ตามบริเวณช่องว่างที่มีตะกอนถูกกักอยู่

ช่องว่างที่ถูกอุดตันหรือขนาดเล็กลงจากสาเหตุข้างต้นนี้ สามารถเปิดขึ้นได้ใหม่โดยการย่อยสลายของอินทรียสาร โดยแบคทีเรียและการตายของแบคทีเรีย เนื่องจากอาหารน้อยลงหรือในช่วงที่ดินแห้ง