

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญอันดับ 5 รองจาก ข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง ชื่อวิทยาศาสตร์ *Manihot esculenta* L. Crantz มีชื่อเรียกทั่วไปในภาษาอังกฤษว่า แคสซาวา (Cassava) หรือทาพิโอคา (Tapioca) ประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ใช้ภาษาสเปนเรียกว่า ยูคา (Yuca) ภาษาโปรตุเกสในประเทศบราซิล เรียกว่า แมนดิโอคา (Mandioca) แถบประเทศในทวีปแอฟริกาที่พูดภาษาฝรั่งเศส เรียกว่า แมนิอ็อก (Manioc) และชื่ออื่น ต้วน้อย ต้วบ้าน (ภาคเหนือ) มันคั้น มันไม้ (ภาคใต้) มันสำโรง ลำปะหลัง (ภาคกลาง) มันทิว (พังงา) ซึ่งลำต้นมีลักษณะคล้ายข้อเพราะจากก้านใบซึ่งแก่ร่วงหล่นไป สีของลำต้นบริเวณใกล้ยอดจะมีสีเขียว ส่วนที่ต่ำลงมาจะมีสีแตกต่างกันไปตามลักษณะพันธุ์เช่น สีเงิน สีเหลือง สีนํ้าตาล ใบมีก้านใบยาวติดกับลำต้น แผ่นใบเว้าเป็นแฉกมี 3 – 9 แฉก ปลูกได้ทั่วไปในแถบเมืองร้อน ดินร่วน ดินร่วนปนทราย หรือดินทราย และปลูกได้ตลอดปี แต่สามารถแยกระยะเวลาการปลูกที่เหมาะสมซึ่งจะให้ผลผลิตสูงออกเป็น 2 ช่วง ช่วงในฤดูฝน และช่วงหลังฤดูฝน หลังจากปลูกแล้วประมาณ 2 เดือนรากจะเริ่มสะสมแป้งและมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ เรียกว่า หัว (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ เล่ม 5, 2554)

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบในหัวมันสำปะหลังและในเนื้อมัน โดยหัวมันสำปะหลัง 100 กรัมมีส่วนประกอบของน้ำร้อยละ 60.21 – 75.32 ซึ่งคิดเป็นส่วนของเปลือกและแป้งเท่ากับร้อยละ 4.08 – 14.08 และ 25.87 – 41.88 สุกท้ายเป็นส่วนของไซยาไนด์ 2.85 – 39.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ปริมาณดังกล่าวขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของมันสำปะหลัง ฤดูกาล อายุ การตัดต้นก่อนเก็บเกี่ยว และระยะเวลาหลังเก็บเกี่ยว ซึ่งเมื่อมาวิเคราะห์เป็นน้ำหนักแห้งเนื้อมัน พบว่ามีปริมาณแป้งสูงถึงร้อยละ 71.9 – 85.0 เป็นส่วนของโปรตีนร้อยละ 1.57 – 5.78 เยื่อใยร้อยละ 1.77 – 3.98 เถ้าร้อยละ 1.20 – 2.80 และไขมันร้อยละ 0.06 – 0.43 ซึ่งจะมีส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้งร้อยละ 3.59 – 8.66 แสดงตามตารางที่ 2.1 โดยองค์ประกอบส่วนใหญ่ในหัวมันสำปะหลังนั้น นอกจากน้ำแล้วคือแป้ง ซึ่งมีปริมาณถึงร้อยละ 70 – 80 จึงถือว่ามันสำปะหลังเป็นพืชที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานกับคนและสัตว์ได้ดี (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2000)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบในหัวมันสำปะหลังและในเนื้อมัน (มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย, 2554)

องค์ประกอบในหัวมัน	ปริมาณ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักหัวมัน)
น้ำ	60.2 – 75.32
เปลือก	4.08 – 1.08
เนื้อ (แป้ง)	25.87 – 41.88
ไซยาไนด์ (ppm)	2.85 – 39.27

องค์ประกอบในเนื้อมัน	ปริมาณ (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งเนื้อมัน)
แป้ง	71.9 – 85.0
โปรตีน	1.57 – 5.78
เยื่อใย	1.77 – 3.98
เถ้า	1.20 – 2.80
ไขมัน	0.06 – 0.43
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง	3.59 – 8.66

2.2 อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีการส่งออกแป้งมันสำปะหลังจำนวนมากในโลก โดยมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจากในระดับหลักแสนตันเป็นสองล้านตันต่อปี และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นถึงสามล้านตันต่อปีในอนาคตอันใกล้ ประเทศที่รับซื้อแป้งมันสำปะหลังรายสำคัญ ได้แก่ จีน ใต้หวัน ญี่ปุ่น มาเลเซีย สิงคโปร์ ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังจากประเทศไทยยังได้รับความสนใจจากประเทศต่างๆในทวีปอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ประเทศไทยมีโรงงานแป้งมันสำปะหลัง 78 โรงงาน มีกำลังผลิตรวมประมาณ 20,000 ตันต่อวัน โดยที่แป้งมันสำปะหลังใช้ภายในประเทศเท่ากับ 1.2 ล้านตันต่อปี และส่งออก 2 – 2.4 ล้านตันต่อปี (สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2554)

มนสิชา แดงรัมย์โสภณ (2554) ได้สรุปอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังของประเทศไทยไว้ดังต่อไปนี้

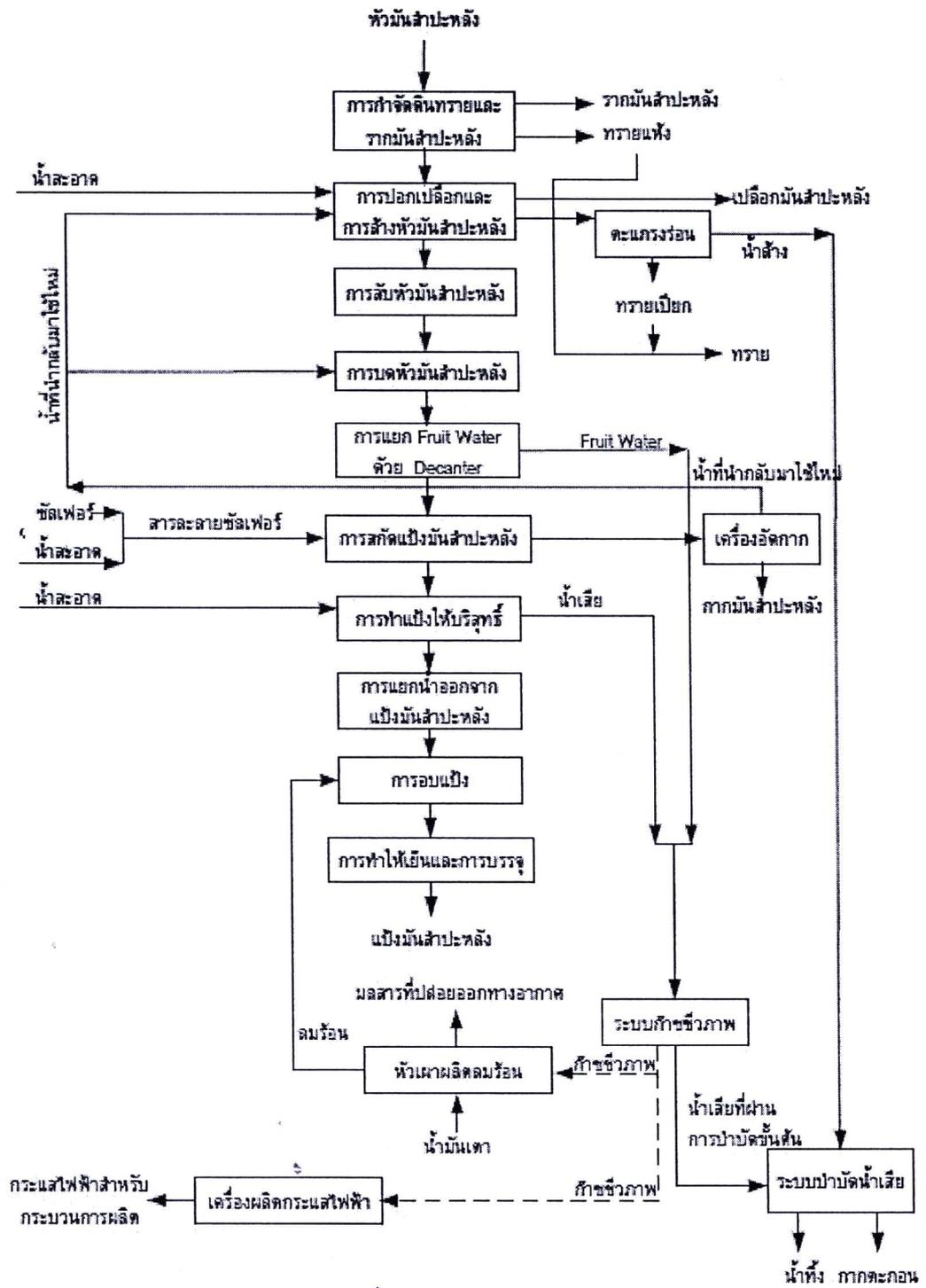
1. อุตสาหกรรมมันเส้น (Cassava chips) การแปรรูปที่ใกล้ตัวเกษตรกรมากที่สุดคือ การทำมันเส้น โดยเมื่อเก็บเกี่ยวหัวมันสดแล้ว หัวมันจะถูกนำส่งเข้าลานมันเพื่อทำการแปรรูปเป็นมันเส้น ซึ่งมันเส้นบางส่วนจะถูกส่งออกไปจำหน่ายในประเทศ ในขณะที่บางส่วนจะถูกนำไปแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดเพื่อจำหน่ายในต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์จากมันเส้นภายในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย โดยอุตสาหกรรมที่มีการใช้มันเส้น ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ และอุตสาหกรรมการหมัก เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด (Cassava pellets) มันอัดเม็ดหรือที่เรียกว่ามันเม็ด เป็นการนำมันเส้นมาแปรรูปเพื่อลดปริมาตรลง ทำให้สะดวกต่อการขนส่งมากขึ้น อัตราการแปรรูปจากมันเส้นเป็นมันอัดเม็ดขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประสิทธิภาพของเครื่องอัดเม็ด ความชื้นของมันเส้น เป็นต้น มันอัดเม็ดที่ผลิตได้จะส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอาหารสัตว์ เพราะมีปริมาณแป้งสูงและยังสามารถผลิตและส่งจำหน่ายได้ตลอดทั้งปี เนื่องจากมีราคาไม่สูงนักเมื่อเทียบกับผลิตผลของธัญพืชอื่นๆ รวมทั้งยังขนส่งได้ง่าย ไร้ฝุ่นละออง

3. อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง (Cassava starch) ในบรรดาประเทศที่ปลูกมันสำปะหลังจำนวนมาก ประเทศไทยเป็นประเทศเดียวที่ใช้มันสำปะหลังมาผลิตเป็นแป้งมากที่สุด และถือได้ว่าเป็นผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก นอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังยังเป็นอุตสาหกรรมแป้งที่มีการผลิตมากที่สุดในประเทศไทย กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน จะเป็นกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสัดแห้ง ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่ใช้เวลาในการผลิตน้อย โดยตั้งแต่เป็นหัวมันสดเข้าโรงงานจนได้แป้งแห้งใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที แป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียด สีขาว และมีความบริสุทธิ์สูง โดยจะมีปริมาณแป้ง (Starch) อยู่มากกว่าร้อยละ 95 และมีปริมาณโปรตีน ไขมัน รวมถึงฟอสฟอรัส ค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับแป้งชนิดอื่นๆ บางครั้งแป้งดิบ (Native Starch) ก็ไม่เป็นที่ต้องการต่อการใช้งานในระดับอุตสาหกรรม จึงมีการนำแป้งมาปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากขึ้น โดยกระบวนการดัดแปรแป้ง (Starch modification) ซึ่งแป้งที่ได้จะเรียกว่า แป้งดัดแปร

2.3 การผลิตแป้งมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังที่ได้คุณภาพจะนำเข้าสู่ตะแกรงร่อนดินทราย เพื่อกำจัดดินทรายที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังและทำให้ผิวนอกของหัวมันหลุดออก ของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดอยู่ในรูปของแข็ง ได้แก่ รากมันและทราย หัวมันสำปะหลังจะถูกส่งผ่านสายพานหรือเครื่องยกจากตะแกรงร่อนดินทรายไปยังเครื่องปอกเปลือกและเครื่องล้างหัวมันสำปะหลัง ในการปอกเปลือกใช้เครื่องแยกที่มีรอบการหมุนสูงจะแยกเปลือกและสิ่งเจือปนต่าง ๆ ได้แก่ ทรายที่ยังหลงเหลืออยู่ หิน และ โลหะ ออกจากหัวมันสำปะหลัง จากนั้นจะใช้วิธีฉีดน้ำพ่นเป็นฝอยเพื่อทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกแล้ว หัวมันสำปะหลังที่สะอาดจะถูกส่งไปยังเครื่องสับโดยใช้สายพานต่อเนื่อง หรือบางโรงงานอาจใช้เครื่องตัดหัวมัน เครื่องสับจะสับหัวมันสำปะหลังให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว หัวมันสำปะหลังที่สับแล้วจะตกเข้าสู่เครื่องบดมัน เพื่อให้ได้หัวมันสำปะหลังที่เป็นเม็ดละเอียด ในขั้นตอนการสกัดแป้ง จะเป็นการแยกแป้งออกจากเซลลูโลส ซึ่งได้แก่ เส้นใยและกากมันสำปะหลัง ด้วยเครื่องสกัดที่ต่ออนุกรม น้ำแป้งชั้นจะผ่านเข้าสู่เครื่องกรองหมุนเหวี่ยงรูปกรวย ซึ่งมีการพ่นน้ำเข้ามาในทิศทางสวนทางกับการไหลของน้ำแป้ง เพื่อให้เกิดการแยกตัวระหว่างแป้งและเส้นใย น้ำที่ใช้เป็นน้ำที่เกิดจากขั้นตอนการทำแป้งให้บริสุทธิ์ ในขั้นตอนนี้จะมีการเติมน้ำกำมะถันเพื่อยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ ที่จะเปลี่ยนโมเลกุลของแป้งเป็นกรดแลคติก กากมันสำปะหลังจากขั้นตอนการสกัดแป้งจะมีน้ำอยู่ในปริมาณมากถึงร้อยละ 90-95 และมีปริมาณแป้งน้อยมาก จึงมีการแยกออกจากน้ำแป้งโดยใช้เครื่องอัดกากและนำไปตากแดดบนพื้นซีเมนต์ น้ำแป้งชั้นจะถูกแยกน้ำออก และส่งเข้าสู่เครื่องอบโดยใช้ตัวส่งที่มีลักษณะเป็นเกลียวเครื่องอบจะเป็น Pneumatic Flash Dryer ซึ่งทำให้เกิดการระเหยโดยใช้ลมร้อนอุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซลเซียส แป้งที่ยังร้อนอยู่นี้จะถูกแยกต่อไปโดยใช้ไซโคลน หลังจากนั้นแป้งจะเข้าสู่ขั้นตอนการบรรจุถุงเพื่อส่งขายต่อไป ส่วนของน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะมีการนำกลับมาใช้ในส่วนของการอบแป้ง และผลิตกระแสไฟฟ้า (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)



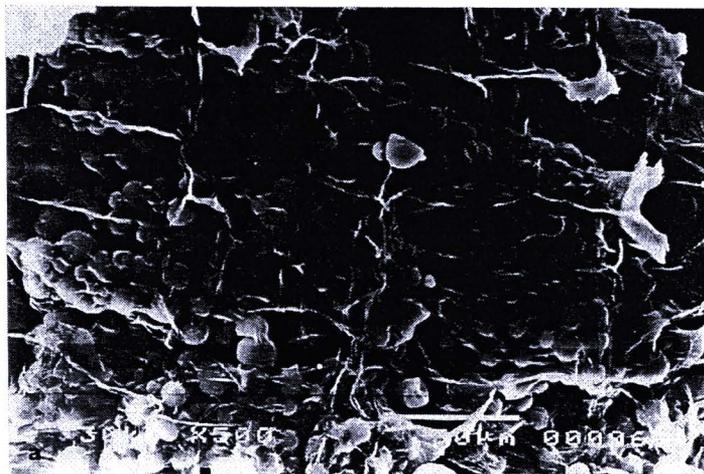
รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตเบี่ยงมันสำปะหลัง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2549)

2.4 กากมันสำปะหลัง

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นทำให้เกิดส่วนที่เหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตที่เรียกว่า กากมันสำปะหลัง โดยหัวมันสำปะหลัง 4.21 ตัน จะมีส่วนของกากมันสำปะหลังถึง 1.4 ตัน (Chavalparit และ Ongwande, 2009) ซึ่งกากมันสำปะหลังส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามปริมาณของกากมันสำปะหลังยังคงเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากและก่อให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงมีความพยายามใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง Sriroth, et.al. (2000) พบว่าองค์ประกอบของกากชั้น มีปริมาณความชื้นร้อยละ 72.00 ± 0.08 เป็นส่วนของแป้งร้อยละ 17.80 ± 1.24 โดยจะมีส่วนของกาก ร้อยละ 7.17 ± 0.06 เป็นส่วนของโปรตีน ไขมัน และจีไธร้อยละ 0.40 ± 0.00 , 0.03 ± 0.00 และ 0.44 ± 0.00 มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.99 แต่เมื่อทำให้แห้งแล้วพบว่าเป็นส่วนประกอบของแป้งสูงถึงร้อยละ 68.89 ± 4.00 เป็นส่วนของกากร้อยละ 27.75 ± 0.20 โปรตีน ไขมัน และจีไธร้อยละ 1.55 ± 0.03 , 0.12 ± 0.01 และ 1.70 ± 0.01 มีค่าพีเอช 4.99 ส่วนรูปที่ 2.2 เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบ สแกน เพื่อดูโครงสร้างของกากมันสำปะหลังพบว่า เม็ดแป้งอยู่ภายใต้โครงสร้างที่สลับซับซ้อนของ เซลลูโลสและโปรตีนเมตริกซ์

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลัง (Sriroth, et.al.2000)

ส่วนประกอบ	กากชั้น(ร้อยละ)	กากแห้ง(ร้อยละ)
แป้ง	17.80 ± 1.24	68.89 ± 4.00
ความชื้น	72.00 ± 0.08	-
จีไธ	0.44 ± 0.00	1.70 ± 0.01
โปรตีน	0.40 ± 0.00	1.55 ± 0.03
กาก	7.17 ± 0.06	27.75 ± 0.20
ไขมัน	0.03 ± 0.00	0.12 ± 0.01
พีเอช	4.99	4.99



รูปที่ 2.2 กากมันสำปะหลังจากการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Sriroth, et.al. 2000)

2.5 กระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบไร้อากาศ

กระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 2.5

1. ไฮโดรไลซิส (hydrolysis)

สารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมันและโปรตีน จะถูกแบคทีเรียย่อยสลายโดยใช้ เอนไซม์ ให้กลายเป็นสารประกอบที่ไม่ซับซ้อนเช่น น้ำตาล กรดอะมิโน เพื่อใช้ในกระบวนการสร้างกรด แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการย่อยสลายคือแบคทีเรียจำพวกแฟลคคัลเททีฟแอนแอโรบิกแบคทีเรีย

2. อะซิโดเจเนซิส (acidogenesis)

ผลผลิตในขั้นตอนการไฮโดรไลซิสจะถูกแบคทีเรียสร้างกรดนำมาใช้เป็นอาหารและเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่ายได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรไพอิก กรดบิวทริก ก๊าซไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งผลผลิตเหล่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหารและความดันพาร์เชียลของไฮโดรเจน

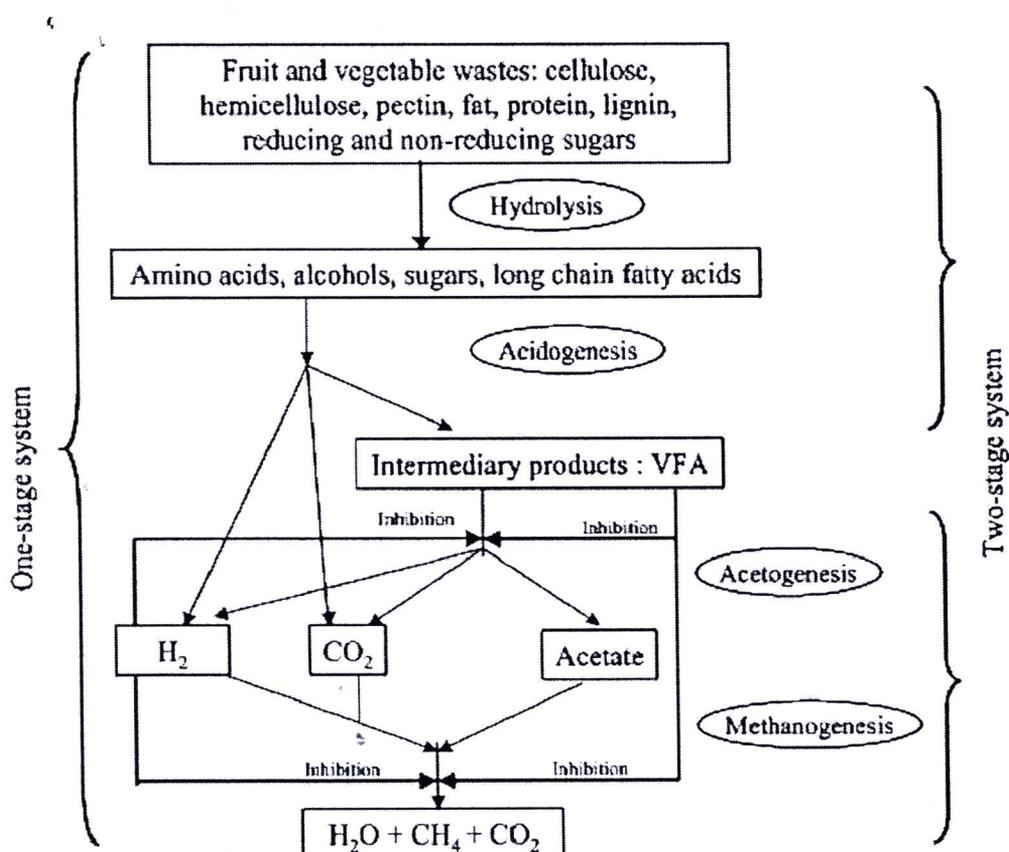
3. อะซิโดเจเนซิส (acetogenesis)

ผลผลิตจากขั้นตอนอะซิโดเจเนซิสไม่สามารถผลิตก๊าซมีเทนโดยตรงได้ดังนั้นกรดไขมันระเหยง่ายที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม เช่น โพรไพอิก บิวทริก ถูกแบคทีเรียย่อยสลาย ผลผลิตที่ได้ประกอบไปด้วย กรดอะซิติก คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจน

4. เมทาโนเจนีซิส (methanogenesis)

กรดอะซิติกและไฮโดรเจนถูกแบคทีเรียใช้สร้างมีเทน กรดไขมันระเหยที่มีคาร์บอนมากกว่า 2 อะตอม ไม่สามารถถูกเปลี่ยนเป็นก๊าซมีเทนได้ การเกิดก๊าซมีเทนเกิดได้ 2 แบบ แบบแรกคือเกิดจากการเปลี่ยนกรดอินทรีย์ไปเป็นก๊าซมีเทน ซึ่งก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนนี้มีปริมาณเป็น 70 % และอีกส่วนหนึ่งจะเกิดจากการรีดิวซ์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทน

จะเห็นได้ว่ากระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพจะต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของแบคทีเรียหลายๆ กลุ่ม ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยความสามารถในการย่อยสลายของแต่ละกลุ่มก็จะมีผลซึ่งกันและกัน ซึ่งมีผลต่อความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการย่อยสลายในการบำบัดทางชีวภาพแบบไร้อากาศ (Bouallagui, et.al. 2005)

ข้อดีและข้อเสียของกระบวนการบำบัดแบบไร้อากาศ

ข้อดี

1. ประหยัดพลังงาน และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศ
2. มีการสร้างเซลล์จุลินทรีย์ต่ำกว่ากระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศประมาณ 3 – 20 เท่า
3. ผลผลิตคือได้ก๊าซมีเทนซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้
4. เหมาะสำหรับน้ำเสียที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ๆ

ข้อเสีย

1. เป็นกระบวนการที่ใช้เวลานาน โดยเฉพาะตอนเริ่มต้นกระบวนการ
2. ต้องการผู้ควบคุมระบบที่มีความรู้และมีประสบการณ์ในการดำเนินการ
3. อาจลงทุนสูงสำหรับน้ำที่มีความสกปรกน้อย
4. หากระบบล้มเหลวอาจส่งกลิ่นเหม็นได้

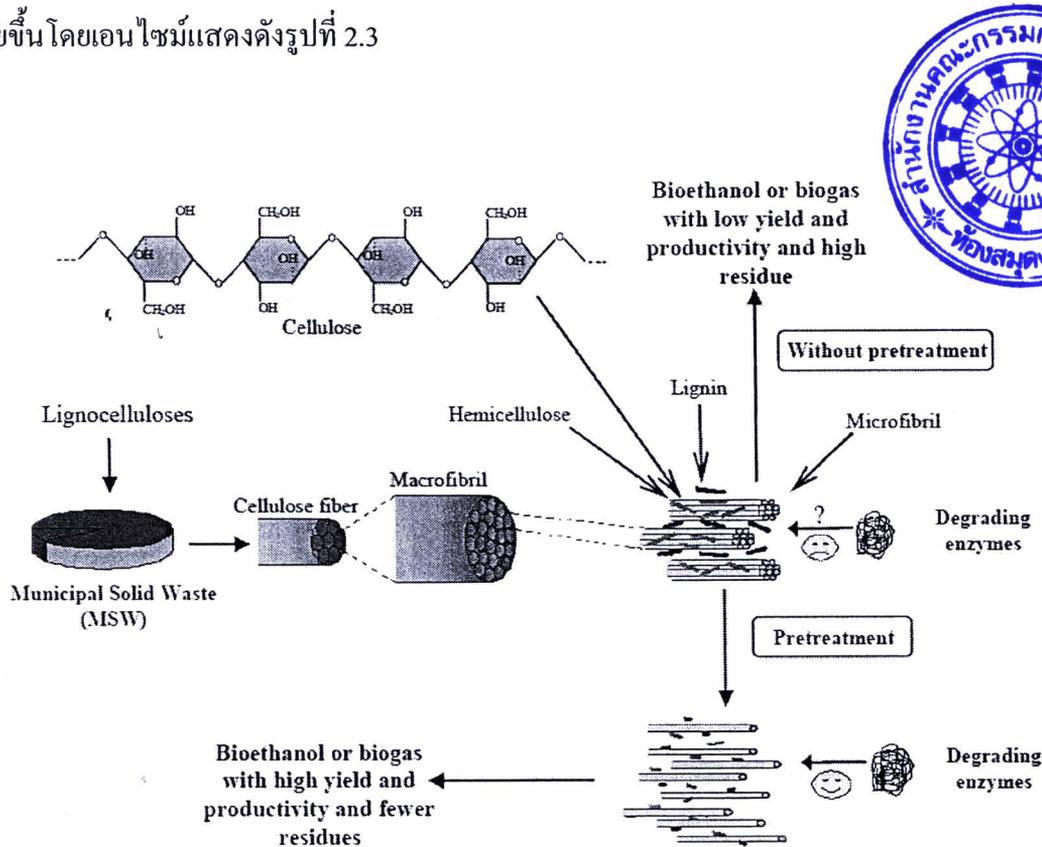
2.6 การบำบัดเบื้องต้น

เป็นระยะเวลาแล้วที่ได้มีการศึกษาการย่อยสลายวัสดุชีวมวลให้ดีขึ้นเพื่อผลิตมีเทนและเอทานอลมีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับการบำบัดเบื้องต้นด้วยวิธีที่แตกต่างกันเพื่อการย่อยสลายที่ดีขึ้น โดยที่วัสดุประเภทชีวมวลนั้นมีส่วนประกอบ 3 ชนิดเป็นหลัก คือ

เซลลูโลส คือ หน่วยย่อยของกลูโคสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ β 1-4 ไกลโคซิดิก การรวมตัวของเซลลูโลสมีรูปแบบที่เรียกว่าเส้นใย หรือ กลุ่มของเซลลูโลส

เฮมิเซลลูโลส คือ โครงสร้างของคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยโพลิเมอร์ที่แตกต่างกัน เช่น เพนโตส เฮกโซส และกรดน้ำตาล โดยมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าเซลลูโลสและสั้นกว่า ซึ่งย่อยสลายได้ง่ายกว่า เฮมิเซลลูโลสมีหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างเซลลูโลสและลิกนินทำให้เป็นเครือข่ายที่แข็งแรง การละลายของเฮมิเซลลูโลสจะได้ส่วนประกอบที่แตกต่างกันไปเช่น แมนโนส ไซโลส กลูโคส อาราบิโนส และกาแลคโตส

ลิกนิน คือ ส่วนประกอบหนึ่งที่มีในผนังเซลล์ โดยเป็นพอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยมอนอเมอร์ต่างชนิดกันไม่เป็นผลึก ทำให้พืชมีโครงสร้างที่น้ำซึมผ่านไม่ได้และป้องกันการย่อยสลายจากจุลินทรีย์หรือการออกซิเดชัน การจะเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตเอทานอลหรือมีเทนนั้นจึงต้องมีการจัดการโครงสร้างที่สลับซับซ้อนออกเพื่อสามารถให้เอนไซม์เข้าถึงได้ง่าย ซึ่งจากคุณสมบัติข้างต้นนั้นแล้วทำให้วัสดุชีวมวลทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ของการบำบัดเบื้องต้นคือเปลี่ยนคุณสมบัติเหล่านั้นให้ย่อยสลายขึ้น โดยเอนไซม์แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วัตถุประสงค์ของการบำบัดเบื้องต้น (Taherzadeh และ Karimi, 2008)

เนื่องจากวัสดุชีวมวลมีความสลับซับซ้อนของโครงสร้างจึงไม่ยง่ายต่อการบำบัดเบื้องต้นอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ใบข้าวโพดใช้การบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดเจือจางมีแนวโน้มต่อประสิทธิภาพที่ดี แต่วิธีนี้ไม่มีประสิทธิภาพต่อฟางข้าวโพด ผลิตภัณฑ์ของเซลลูโลสที่ใช้ประโยชน์ได้ถูกจำกัดด้วยพื้นที่ผิวโดยลิกนิน และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งปัจจัยดังกล่าวเป็นผลต่ออัตราการย่อยสลาย แสดงให้ผลของการบำบัดเบื้องต้นต่อการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดย Hendriks และ Zeeman, (2009) ได้สรุปการบำบัดเบื้องต้นต่างๆ ไว้ดังต่อไปนี้



1. การบำบัดเบื้องต้นด้วยเครื่องกล

การตัดวัสดุชีวมวลให้มีขนาดเล็กลง เป็นการบำบัดเบื้องต้นทางกายภาพ มีจุดประสงค์เพื่อลดขนาดและความยาวของพันธะ ทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวในการใช้ประโยชน์และทำให้ลดระดับดิกิริโพลีเมอร์ ทำให้อัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้น 5 – 25 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของชีวมวล ระยะเวลา และประเภทของการตัด โดยข้อดีของการบำบัดเบื้องต้นทางเครื่องกลคือ ไม่มีการเกิดขึ้นสารประกอบเฟอร์ฟิวรัล และไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟิวรัล ทำให้เหมาะสมทั้งในการผลิตก๊าซมีเทนและเอทานอล แต่พบว่าการใช้ประโยชน์จากวิธีนี้ต้องคำนึงถึงพลังงานที่ต้องป้อนเข้าไปทำให้ยังไม่สามารถเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์การลงทุน

2. การบำบัดเบื้องต้นด้วยความร้อน

การให้ความร้อนโดยทั่วไปนั้นความร้อนที่อุณหภูมิ 150 – 180 องศาเซลเซียส แรกเริ่มเฮมิเซลลูโลสเริ่มละลายต่อนั้นคือส่วนของลิกนิน โดยวิธีการนี้จะมีการผลิตส่วนประกอบของฟินอลซึ่งเกิดจากการสลายส่วนของลิกนิน ส่วนสารประกอบเฟอร์ฟิวรัล และ ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟิวรัล เกิดจากการสลายตัวของน้ำตาล ซึ่งสารประกอบเหล่านี้จะเกิดได้ดียิ่งในสภาวะเป็นกรด สารเหล่านี้เป็นสาเหตุในการยับยั้งหรือเป็นพิษต่อแบคทีเรีย ยีสต์ เมทาโนเจน โดยที่อุณหภูมิมากกว่า 220 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 นาที ทำให้ผลผลิตเอทานอลเกือบจะโดนยับยั้งอย่างสมบูรณ์เนื่องจากการก่อกวนของเฟอร์ฟิวรัล และสารประกอบอื่น (ลิกนินละลายน้ำ) เมื่ออุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่าควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากไม่ต้องการให้เกิดปฏิกิริยาไพโรไลซิส ส่วนการใช้ไอน้ำและการระเหยเยื่อด้วยไอน้ำใช้ในการบำบัดเบื้องต้นชีวมวลจะใส่ลงในถังขนาดใหญ่โดยให้อุณหภูมิสูง ไอน้ำ และความดันจากนั้นจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ข้อแตกต่างของ การใช้ไอน้ำ และการระเหยเยื่อด้วยไอน้ำ คือระยะเวลาในการลดอุณหภูมิ โดยวัตถุประสงค์ของการระเหยเยื่อด้วยไอน้ำ คือหลีกเลี่ยงการเกิดสารยับยั้ง ผลดีของวิธีนี้คือกำจัดส่วนของเฮมิเซลลูโลสเป็นจำนวนมากทำให้เอนไซม์เข้าถึงเซลลูโลสได้ง่าย ยีสต์บางชนิดสามารถเปลี่ยนเพนโตสเป็นเอทานอล แต่การบำบัดเบื้องต้นด้วยความร้อนนั้นมีความเสี่ยงต่อการผลิต เฟอร์ฟิวรัล (Furfural) ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟิวรัล (HMF) และสารละลายฟินอล โดยสารเหล่านี้จะยับยั้งการหมักเอทานอลหรือการผลิตก๊าซมีเทนจากแบคทีเรีย อย่างไรก็ตาม ผลผลิตก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นหลังจากระยะเวลาการปรับตัวของแบคทีเรีย

3. การบำบัดเบื้องต้นด้วยเคมี

การบำบัดเบื้องต้นด้วยกรด มีวัตถุประสงค์คือ การละลายเฮมิเซลลูโลสและสามารถเข้าถึงเซลลูโลสได้ดีขึ้น สามารถใช้ได้ทั้งกรดเข้มข้นหรือกรดเจือจาง ปฏิกิริยาหลักคือละลายส่วนของเฮมิเซลลูโลส โดยจะได้ผลผลิตคือ โมโนเมอร์ เฟอร์ฟิวรัล (Furfural) ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟิวรัล (HMF) ส่วนของลิกนินนั้นจะรวมตัวและตกตะกอน มีความชัดเจนเมื่อใช้กรดเข้มข้นในการบำบัดเบื้องต้น

การใช้กรดแก่ในการบำบัดเบื้องต้นไม่มีความน่าสนใจเพราะเสี่ยงต่อการก่อสารยับยั้ง มีแนวโน้มในการใช้กรดเจือจางเพราะการใช้กรดเจือจางให้ปริมาณสารยับยั้งในปริมาณที่ต่ำ การผลิตก๊าซมีเทนจากการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดมีความน่าสนใจมากกว่าการผลิตเอทานอล เนื่องจากเมทาโนเจนสามารถจัดการส่วนของเฟอร์ฟูรัล (Furfural) และ ไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล (HMF) ในช่วงของการปรับตัว แต่การใช้กรดแก่เช่น ซัลฟูริกหรือ ไนตริก มีผลทำให้ผลผลิตมีเทนลดลงเนื่องจาก ซัลเฟตหรือไนเตรต เป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือไนโตรเจน

การบำบัดเบื้องต้นด้วยด่าง ปฏิกริยาแรกที่เกิดขึ้นคือ การละลายน้ำของเฮมิเซลลูโลส โดยที่ตัวทำละลายไม่ใช่ น้ำเรียกว่าปฏิกริยานี้ว่าโซเวลชัน และปฏิกริยาระหว่างเอสเทอร์กับเบสแก่ เรียกว่าซาปอนนิฟิเคชัน นี่คือการทำให้ชีวมวลมีการบวมและเอนไซม์สามารถใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น แต่จะมีส่วนของสารยับยั้งออกมาเช่นกันเช่น เฟอร์ฟูรัล (Furfural) ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียผลผลิตเอทานอล ตัวอย่างเช่นการใช้ด่างร่วมกับความร้อนในการบำบัดเบื้องต้น พบว่าลิกนินละลายน้ำความเข้มข้นมากกว่า 1 กรัมต่อลิตร ให้ผลอย่างมีนัยสำคัญต่อเมทาโนเจน การใช้ด่างความเข้มข้นต่ำเป็นที่น่าสนใจในการผลิตเอทานอล ผลผลิตสารยับยั้งรุนแรงน้อยกว่าในการผลิตก๊าซมีเทนเมื่อเทียบกับยีสต์ที่ให้ผลิตเอทานอล

การบำบัดเบื้องต้นด้วยสารออกซิไดซ์ เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์หรือกรดเปอร์รัสเซติก โดยมีวัตถุประสงค์ในการกำจัดลิกนินและเฮมิเซลลูโลสทำให้สามารถเข้าถึงเซลลูโลสได้มากขึ้น ซึ่งในระหว่างการบำบัดเบื้องต้นจะมีหลายปฏิกริยาที่เกิดขึ้นเช่น การแทนที่ของอิลเลคตรอน การสลายของอะโรมาติกนิวเคลียส ในหลายกรณีสารออกซิไดซ์ไม่สามารถที่จะใช้งานได้โดยที่น้ำตาลจะสูญหายเพราะไม่ถูกออกซิไดซ์และมีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดสารยับยั้งในระหว่างการบำบัดเบื้องต้น

นอกจากนี้ยังมีวิธีการบำบัดเบื้องต้นที่ใช้หลายวิธีร่วมกันเช่น การใช้ความร้อนร่วมกับกรด การใช้ความร้อนร่วมกับด่าง การใช้ความร้อนร่วมกับสารออกซิไดซ์หรือ การบำบัดเบื้องต้นด้วยแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งวิธีการเหล่านี้ล้วนแล้วเป็นเทคนิคที่น่าสนใจอย่างยิ่ง โดยสรุปผลการบำบัดเบื้องต้นด้วยวิธีต่างๆต่อโครงสร้างชีวมวล แสดงดังรูปที่ 2.4 อย่างไรก็ตามการบำบัดเบื้องต้นนั้นมีข้อจำกัดโดยปัจจัยต่างๆเช่น ผลึกของเซลลูโลส พื้นที่ผิวและปริมาณลิกนิน การลดสารยับยั้งจากการบำบัดเบื้องต้นพบว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่สูงหรืออาจไม่ได้ผล ปริมาณน้ำ การใช้พลังงานและปริมาณสารเคมี และวิธีการที่สามารถดำเนินงานได้อย่างต่อเนื่อง สิ่งเหล่านี้ยังต้องมีการศึกษาในอนาคตต่อไป

	Increase accessible surface area	Decrystallization cellulose	Solubilization hemicellulose	Solubilization lignin	Formation furfural/HMF	Alteration lignin structure
Mechanical	+	+				
ST/SE	+		+	-	+	+
LHW (batch)	+	ND	+	-	-	-
LHW (flow through)	+	ND	+	+/-	-	-
Acid	+		+	-	+	+
Alkaline	+		-	+/-	-	+
Oxidative	+	ND		+/-	-	+
Thermal + acid	+	ND	+	+/-	+	+
Thermal + alkaline (lime)	+	ND	-	+/-	-	+
Thermal + oxidative	+	ND	-	+/-	-	+
Thermal + alkaline + oxidative	+	ND	-	+/-	-	+
Ammonia (AFEX)	+	+	-	+	-	+
CO ₂ explosion	+		+			

+ = major effect.

- = minor effect.

ND = not determined.

รูปที่ 2.4 ผลจากการบำบัดเบื้องต้นด้วยวิธีต่างๆต่อ โครงสร้างชีวมวล (Hendriks และ Zeeman, 2009)

2.7 การเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศในการย่อย

สลายวัสดุชีวมวล

การย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศเป็นกระบวนการของการสลายสารอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ไร้อากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการที่พบในได้ในธรรมชาติเช่น ตะกอนดินในบ่อน้ำ ระบบทางเดินอาหารของสัตว์ นอกจากนี้มีการใช้ระบบการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศในการย่อยสลายของเสียอุตสาหกรรมและเศษซากพืช โดยได้ผลผลิตก๊าซชีวภาพซึ่งเป็นข้อได้เปรียบในการจัดการของเสียมากกว่ารูปแบบอื่น การบำบัดเบื้องต้นเป็นวิธีการหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศในการย่อยสลายวัสดุชีวมวลแต่ยังมีหลายวิธีการและหลายสาเหตุต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ Ward, et.al. (2008) สรุปส่วนสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศในการย่อยสลายวัสดุชีวมวล ดังต่อไปนี้

1. การออกแบบปฏิกรณ์

ความต้องการพื้นฐานในการออกแบบปฏิกรณ์ไร้อากาศคือ มีอัตราการสลายสารอินทรีย์สูงและต่อเนื่อง ระยะเวลาการกักเก็บสั้น(เพื่อลดขนาดของปฏิกรณ์) และให้ผลผลิตก๊าซมีเทนในปริมาณสูง การก่อสร้างยังต้องคำนึงถึงรูปร่างของปฏิกรณ์เพื่อความสามารถในการกวนผสมและการสูญเสียความร้อน ถึงแม้ว่าปฏิกรณ์รูปทรงสี่เหลี่ยมมีความง่ายในการก่อสร้างแต่มีข้อจำกัดในเรื่องของการไหลและการกวนผสม ซึ่งปัจจุบันมีปฏิกรณ์ไร้อากาศหลายประเภทและออกแบบให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่นำมาย่อยสลาย ซึ่งแบ่งสามกลุ่มหลัก คือ ปฏิกรณ์แบบเบดซ์ ปฏิกรณ์แบบแช่ต่อเนื่อง และปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอน (หรือหลายขั้นตอน) ซึ่งปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอนจะแยกระหว่างช่วงของ

การผลิตกรดและผลิตภัณฑ์เทน โดยสถานะสิ่งแวดล้อม ทำให้ปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอนนั้นมีเสถียรภาพ และผลผลิตก๊าซมีเทนที่สูงกว่า อย่างไรก็ตามปฏิกรณ์แบบสองขั้นตอนนั้นมีค่าใช้จ่ายที่สูงในก่อสร้าง และการบำรุงรักษา

2. การกวนผสม

นอกจากการออกแบบปฏิกรณ์แล้วนั้น การกวนผสมเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ เนื่องจากการกวนผสมที่ดีทำให้จุลินทรีย์มีการสัมผัสกับสารอาหารมากขึ้นและลดฟองก๊าซ โดยถ้าการกวนผสมเร็วเกินไปผลผลิตก๊าซชีวภาพลดลงเนื่องจากตะกอนเม็ดแตก แต่อย่างไรก็ตามการกวนผสมไม่ได้ส่งผลต่อการย่อยสลายอย่างเดียว ยังมีผลที่ตามมาเช่นค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษา การกวนผสมมีหลายวิธีการที่แตกต่างกันการ การใช้ใบพัดสำหรับปฏิกรณ์ที่มีความหนืดต่ำ ปฏิกรณ์แบบรวมมีแท่งสกรูอยู่ตรงกลางเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวขึ้นลงของ หรือบางปฏิกรณ์ใช้การเวียนกลับของก๊าซชีวภาพหรือน้ำเสียโดยการใช้ปั๊ม

3. การเก็บกักตะกอนจุลินทรีย์

การกักเก็บจุลินทรีย์สามารถทำได้โดยการใช้ตัวกลางให้จุลินทรีย์ยึดติด เช่น ปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบตรึงฟิล์ม (AF) หรือจุลินทรีย์ในรูปแบบตะกอนเม็ดในระบบยูเอเอสบี (UASB) ซึ่งวิธีการเหล่านี้สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ถูกชะล้างออกจากระบบ การอุดตันของตัวกลางจะเกิดกับของเสียที่มีค่าของแข็งสูง โดยปฏิกรณ์แบบตรึงฟิล์มไม่เหมาะสมกับของเสียป้อนมีค่าของแข็งทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 3 ซึ่งปัญหานี้แก้ไขโดยการใช้ปฏิกรณ์ไร้อากาศแบบไฮบริดจ์ (AHR) โดยส่วนล่างของปฏิกรณ์นั้นเป็นตะกอนเม็ด ส่วนบนเป็นแบบการตรึงฟิล์ม

4. อุณหภูมิ

ระบบการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศนั้นสามารถใช้ได้กับพื้นที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส แต่ปฏิกรณ์จะทำงานได้ดีในช่วง เมโซฟิลิก หรือ เทอร์โมฟิลิก อุณหภูมิ 35 และ 55 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจาก 32 องศาเซลเซียสเป็น 30 องศาเซลเซียส มีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพ การเพิ่มปริมาณก๊าซชีวภาพจากผลของอุณหภูมินั้นจะต้องมีความสอดคล้องกับค่าใช้จ่ายในการเพิ่มความร้อนและดูแลรักษาระบบ

5. พีเอช

พีเอชที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศมีช่วงที่แคบมาก 6.8 – 7.2 โดยผลผลิตก๊าซมีเทนจะลดลงมากเมื่อพีเอชต่ำกว่า 6.6 ในขณะที่พีเอชสูงเกินไปตะกอนจุลินทรีย์จะแตกตัวนำไปสู่ความล้มเหลวของระบบ ถึงแม้ว่าพีเอชที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนนั้นจะเท่ากับ 7

แต่พีเอชที่เหมาะสมของจุลินทรีย์สร้างกรดอยู่ที่ 5.5 – 6.5 นี้คือเหตุผลต่อการแยกระบบเป็น 2 ช่วง เพื่อให้ค่าพีเอชเหมาะสมต่อจุลินทรีย์ผลิตมีเทนและผลิตกรด ปริมาณบัพเฟอร์ในระบบหรือความเป็นค่ามีความสำคัญต่อระบบ แสดงจากสมดุลระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และไบคาร์บอเนตต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอช การวัดปริมาณบัพเฟอร์เป็นวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือในการตรวจวัดสมดุลของระบบมากกว่าการตรวจวัดพีเอชโดยตรง การสะสมของกรดไขมันระเหยทำให้ลดปริมาณบัพเฟอร์ก่อนที่พีเอชจะลดลง

6. กรดไขมันระเหย

กรดไขมันระเหยเป็นตัวกลางที่สำคัญต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศซึ่งสามารถเป็นได้ทั้งสารอาหารและสารยับยั้งจุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทน จากการสะสมของกรดไขมันระเหยทำให้จุลินทรีย์ผลิตก๊าซมีเทนไม่สามารถย่อยสลายได้ทันและทำให้ระบบหยุดยั้งเนื่องจากพีเอชลดต่ำลง โดยจะเกิดขึ้นกับวัตถุดิบที่ป้อนสามารถย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว แต่วัตถุดิบที่ป้อนย่อยสลายได้ยากมีแนวโน้มเป็นไปตามขั้นตอนการย่อยสลายของกระบวนการไร้อากาศ

7. วัตถุดิบที่ป้อน

การเปรียบเทียบผลผลิตก๊าซชีวภาพจากวัตถุดิบที่แตกต่างกันเป็นเรื่องที่ยากในการวิเคราะห์ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันของงานวิจัย เช่น การกวนผสม อุณหภูมิ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ของแข็งระเหย และระยะเวลาเก็บ ด้วยเหตุผลเหล่านี้เป็นการดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบโดยอัตราการเกิดก๊าซมีเทนสูงสุด หาโดยศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทน (BMP) ซึ่งให้ความเฉพาะเจาะจงอัตราผลิตก๊าซมีเทนจากวัตถุดิบ เช่น วัตถุดิบจากชุมชนมีปัจจัยหลายชนิดต่ออัตราการเกิดก๊าซมีเทนโดยขึ้นอยู่กับ วิถีชีวิต สถานที่ ฤดูกาล ทำให้มีความแตกต่างขององค์ประกอบของเสีย ซึ่งวัตถุดิบที่ป้อนย่อยสลายได้ง่ายมีศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนสูง หรือวัสดุชีวมวล ศักยภาพการผลิตก๊าซมีเทนอาจจะสูงในชีวมวลบางชนิดแต่จะต่ำเมื่อชีวมวลเหล่านั้นมีส่วนประกอบที่ย่อยสลายได้สูงซึ่งจะต้องมีขั้นตอนการบำบัดเบื้องต้นก่อน

8. การย่อยสลายร่วมกัน (Co-digestion)

การย่อยสลายร่วมกันระหว่างตะกอนน้ำเสียและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรือขยะชุมชนสามารถช่วยให้ผลผลิตก๊าซมีเทนจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศดีขึ้น โดยให้เหตุผลจากการย่อยสลายร่วมกันคือการปรับค่าอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N ratio) ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนในอุดมคติเท่ากับ 25 – 30:1 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมักมีค่าต่ำกว่าที่กล่าวไว้ เช่น กากตะกอนน้ำเสียมีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 9:1

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กัลยา อยู่นาน (2546) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลจากเปลือกและกากมันสำปะหลัง โดยที่กรดซัลฟิวริกนั้นมีประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่ากรดไฮโดรคลอริกและกรดอะซิติก ที่ความเข้มข้นกรด 0.1 M กรดซัลฟิวริกมีอัตราการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ถึงร้อยละ 60 โดยที่กรดไฮโดรคลอริก และ อะซิติก มีอัตราการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ร้อยละ 45 และ 15 การใช้อุณหภูมิและระยะเวลามีผลต่ออัตราการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์ โดยอุณหภูมิสูงและระยะเวลานานขึ้นมีส่วนทำให้การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ดีขึ้น โดยพบว่าค่าที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากกากมันสำปะหลังคือ ร้อยละ 1.5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริก 0.025 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 60 นาที ซึ่งให้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสร้อยละ 41.34 ไส้โลสร้อยละ 9.5 แรมโนส ร้อยละ 2:11 และ 5 – ไฮดรอกซีเมทิลเฟอรัฟรัล ร้อยละ 0.16 โดยน้ำหนักแห้ง

Del Campo, et.al. (2006) ศึกษาการนำเศษผักมาทำการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดซัลฟิวริก โดยอัตราส่วนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวในของเหลวสูงที่สุดจากการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดร้อยละ 40.29 และ 50.20 สำหรับมะเขือเทศและพริกแดง และให้ผลมากขึ้นเมื่อวัสดุที่นำมาผ่านการบำบัดเบื้องต้นเป็นเมล็ดถั่ว และมากที่สุดคือผักชีฝรั่งให้อัตราส่วนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวย้อยละ 78.18

Cuzin, et.al. (1992) ศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังมาผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้ปฏิกรณ์แบบท่อไหล พบว่าให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพ 0.661 ลบ.ม. ก๊าซชีวภาพต่อกิโลกรัมของแข็งระเหย ที่อัตราการระเหยอินทรีย์ 3.6 กิโลกรัม ของแข็งระเหย/ลบ.ม.-วัน

Sriroth, et.al. (2000) ศึกษากากมันสำปะหลังมาศึกษาการบำบัดเบื้องต้นด้วยโซนิเคชันหรืออินคิวเบเตอร์ร่วมกับการใช้เอนไซม์ผสมระหว่างเอนไซม์เซลลูเลสและเพกทินเนส โดยใช้เอนไซม์เซลลูเลส 15 NCU และ เอนไซม์เพกทินเนส 122.5 PG ต่อกรัมกากแห้ง เป็นเวลา 60 นาทีพบว่าทำให้ใช้แป้งได้อีกร้อยละ 40

Teghammar, et.al. (2010) ศึกษาผลผลิตก๊าซชีวภาพจากเยื่อไม้โรงงานกระดาษผ่านการบำบัดเบื้องต้นด้วยความร้อนร่วมกับเคมี พบว่าที่ความร้อน 220 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที และเติมสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร้อยละ 2 โดยเมื่อเข้าสู่การบำบัดแบบไร้อากาศสามารถผลิตมีเทนได้มากกว่าเยื่อไม้ที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นร้อยละ 107 และอัตราการย่อยสลายเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 132

Fernandes, et.al. (2009) ศึกษาการนำ หญ้า ฟางข้าว และ ไม้สน มาทำการบำบัดเบื้องต้นด้วยความร้อนร่วมกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์, แอมโมเนียมคาร์บอเนต และกรดเมอริก จากนั้นจึงเข้าสู่ระบบบำบัดแบบไร้อากาศ พบว่าการบำบัดเบื้องต้นด้วยความร้อนร่วมกับเคมีให้ผลในทางที่ดี ซึ่งวัสดุที่มีลิกนินสูง พบว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์ให้ผลดี โดยไม้สนมีปริมาณก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นร้อยละ 242 ส่วนฟางข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 128 ส่วนหญ้าเมื่อเข้าสู่กระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศให้ปริมาณก๊าซมีเทนต่ำกว่าหญ้าที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นในทุกสภาวะการบำบัดเบื้องต้น

Zhang, et.al. (2011) ได้ศึกษาหาค่าที่เหมาะสมในการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดซัลฟิวริกต่อผลผลิตก๊าซมีเทนจากกากมันสำปะหลัง ซึ่งในการทดลองใช้การบำบัดเบื้องต้นใช้อัตราส่วนของแข็งต่อของเหลว 1:10 (น้ำหนักต่อปริมาตร) กรดซัลฟิวริกความเข้มข้นร้อยละ 1.32 – 4.68 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ระยะเวลา 3.18 – 36.82 นาที อุณหภูมิ 143.18 – 176.82 องศาเซลเซียส พบว่าเมื่อวิเคราะห์ด้วยอาเอ็มเอสแล้ว พบว่าค่าที่เหมาะสมคือ 157.84 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกร้อยละ 2.99 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ระยะเวลา 20.15 นาที ซึ่งจะได้ค่ามีเทนมากกว่าชุดควบคุมร้อยละ 56.96

Xiao และ Clarkson (1997) ศึกษากระดาษหนังสือพิมพ์มาทำการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดผสมระหว่างอะซิดิกและไนตริก พบว่าที่ความเข้มข้นของกรดอะซิดิกร้อยละ 35 และไนตริกร้อยละ 2 สามารถกำจัดลิกนินได้ร้อยละ 80 และเมื่อนำเข้าระบบปฏิกรณ์ไร้อากาศพบว่าสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้มากกว่ากระดาษหนังสือพิมพ์ที่ไม่ได้บำบัดเบื้องต้นด้วยกรด และกระดาษหนังสือพิมพ์ที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้ร้อยละ 75 ในการทดลองที่ 60 วัน

Zhao, et.al. (2009) ศึกษาผลการบำบัดเบื้องต้นฟางข้าวด้วยกรดผสมระหว่างอะซิดิกและโพรไพออนิก พบว่าที่ความเข้มข้นของกรด 0.75 โมลต่อลิตร และเวลาที่ทำการบำบัดเบื้องต้น 2 ชั่วโมง ที่อัตราส่วนของแข็งและของเหลวเท่ากับ 1:20 คือค่าที่เหมาะสมในการบำบัดเบื้องต้น หลังจากนั้นจึงเข้าระบบแอนแอโรบิกแบบแบคซ์ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส 30 วัน พบว่าฟางข้าวที่บำบัดเบื้องต้นด้วยกรดสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพร้อยละ 35.84

จากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าโดยชีวมวลเองแล้วสามารถย่อยสลายทางชีวภาพแบบไร้อากาศได้ เช่น เปลือกมันสำปะหลังในปฏิกรณ์แบบท่อไหล แต่มีบทความเกี่ยวกับบำบัดเบื้องต้นบำบัดเบื้องต้นมีส่วนช่วยให้การย่อยสลายดีขึ้นและสามารถให้ผลผลิตเอทานอลหรือก๊าซชีวภาพได้สูงกว่าชีวมวลที่ไม่ผ่านการบำบัดเบื้องต้น การบำบัดเบื้องต้นส่งผลให้เปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของชีวมวล เช่น การใช้เอนไซม์เพื่อลดส่วนของเซลลูโลสและโปรตีน ทำให้สามารถใช้ประโยชน์เม็ดแป้งได้มากขึ้น แต่การบำบัดเบื้องต้นนั้นมีหลากหลายวิธีการ โดยวิธีที่เป็นที่นิยมคือการใช้ความร้อนร่วมกับสารเคมี ซึ่งมีผลทำให้จัดการกับส่วนของลิกนินและเฮมิเซลลูโลส การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดเบื้องต้นในรูปแบบต่างๆ เช่น ซีโอดีละลายน้ำ ปริมาณลิกนินที่ลดลง และปริมาณน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเลือกผลจากการบำบัดเบื้องต้นที่ให้ประสิทธิภาพสูงมาเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ หรือ ทดลองทำแบบจำลองผลจากการบำบัดเบื้องต้นเพื่อที่จะให้ได้ค่าที่เหมาะสมจากนั้นจึงทดลองผลิตก๊าซชีวภาพ จากการทดลองโดยใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบตั้งต้นนั้นน้อยมาก ซึ่งกากมันสำปะหลังนั้นมีเป็นจำนวนมากอีกทั้งยังอุดมไปด้วยสารอินทรีย์ เช่น เม็ดแป้งและเซลลูโลส ทำให้เป็นที่น่าสนใจต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยกากมันสำปะหลังมีความเป็นกรดอยู่แล้วอีกทั้งโรงงานแป้งนั้นมีการใช้กรดซัลฟิวริก ถึงแม้ว่าการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดจะมีส่วนของสารพิษที่เกิดจากการละลายของน้ำตาล แต่อย่างไรก็ตามเบคทีเรียไร้อากาศสามารถปรับตัวและผลิตก๊าซชีวภาพได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการบำบัดเบื้องต้นด้วยกรดต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง