

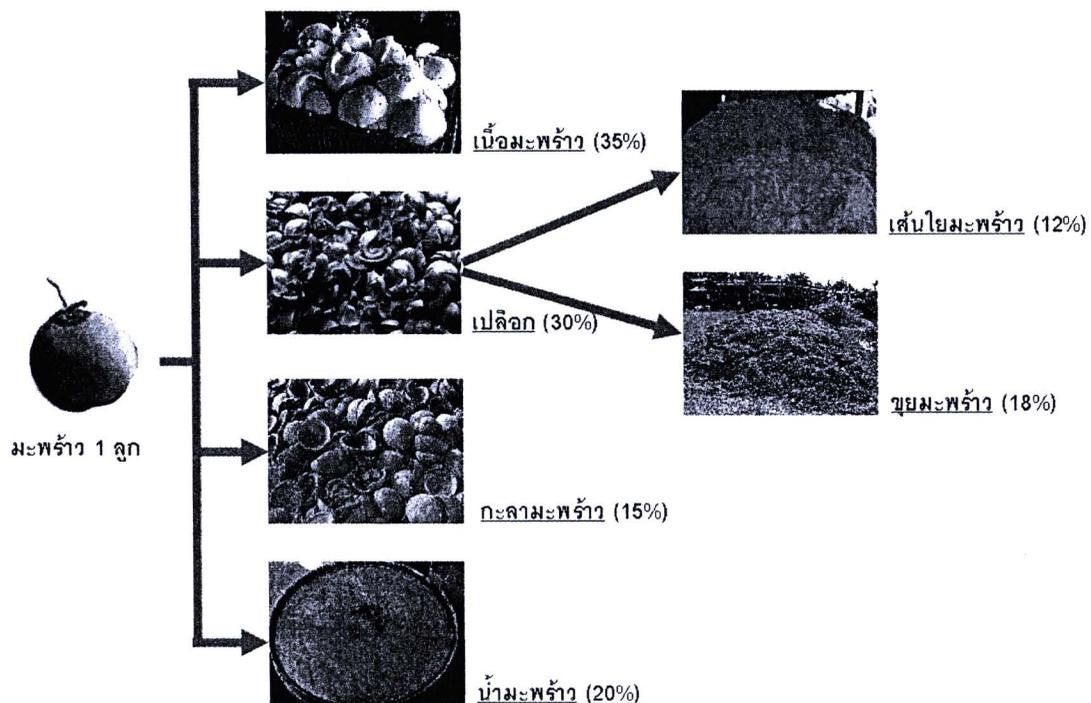
บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

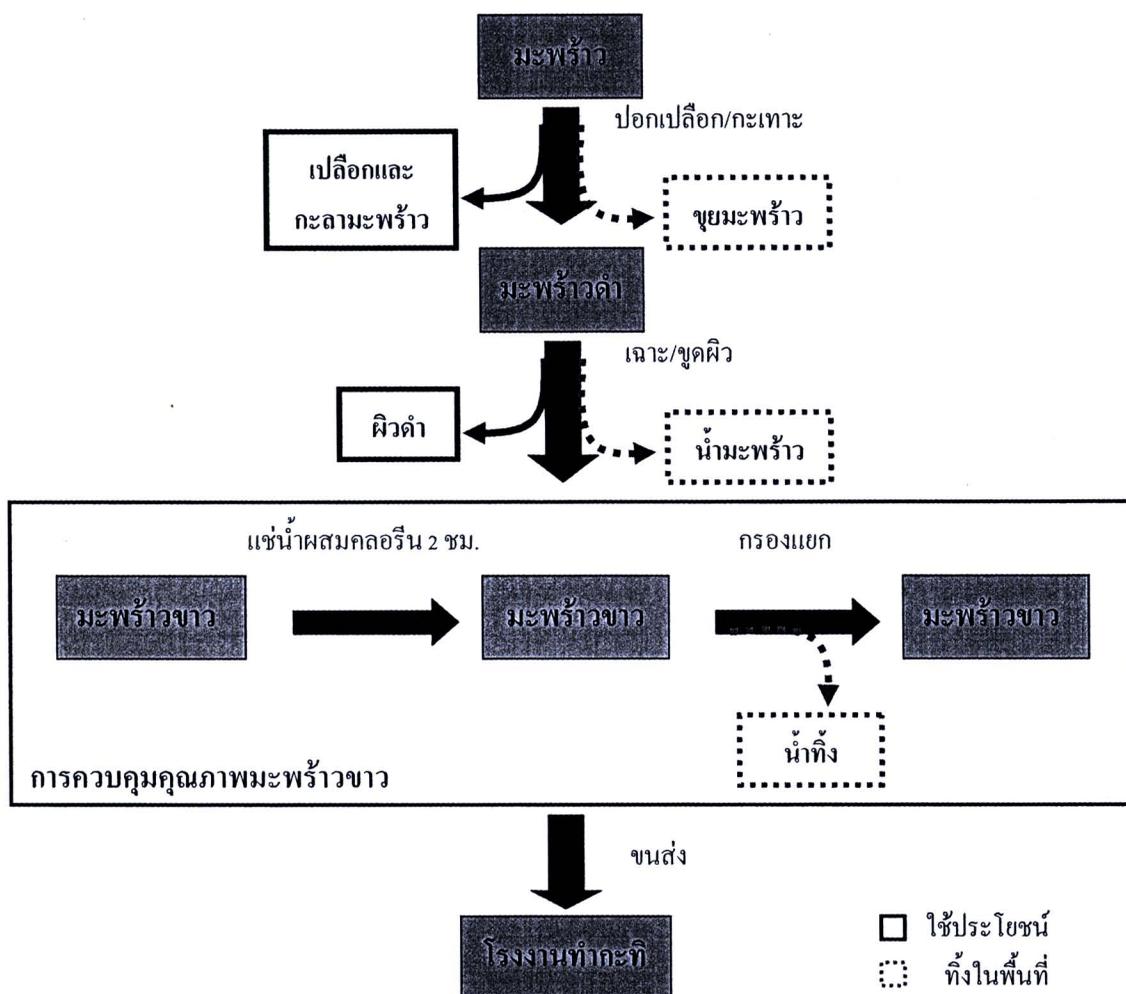
2.1 กระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาว

มะพร้าวขาว หมายถึง เนื้อมะพร้าวที่ผ่านการขูดเอาผิวดำที่ติดกับเนื้อมะพร้าวด้านนอกออก ก่อนส่งให้โรงงานผลิตกะทิต่อไป

โดยทั่วไปส่วนประกอบของมะพร้าวผล ประกอบด้วย เนื้อมะพร้าว เปลือกมะพร้าว กะลามะพร้าว และน้ำมะพร้าว (รูปที่ 2.1) สำหรับกระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาว (รูปที่ 2.2) เริ่มจากการนำมะพร้าวมาปอกเปลือกและกระเทาะเอากะลามะพร้าวออก ได้มะพร้าวดำ จากนั้นเฉาะเอาน้ำมะพร้าวออก และขูดเอาส่วนผิวดำออก ก็จะได้เนื้อมะพร้าวขาว การควบคุมคุณภาพของมะพร้าวขาว ทำโดยการแช่เนื้อมะพร้าวขาวในน้ำผสมคลอรีน อัตราส่วน น้ำ 3,000 ลิตร ต่อ คลอรีน 5 ลิตร (ความเข้มข้น ประมาณ 0.002%) แช่นาน 2 ชั่วโมง ก่อนแยกเนื้อมะพร้าวขาวเข้าสู่แช่เย็น 4 องศาเซลเซียส และขนส่งไปยังโรงงานแปรรูปกะทิต่อไป



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของมะพร้าวผล



รูปที่ 2.2 กระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาวและการเกิดวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวขาว

2.2 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปมะพร้าวขาว

กระบวนการแปรรูปมะพร้าวขาวก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ เปลือกมะพร้าว ขุยมะพร้าว กะลามะพร้าว น้ำมะพร้าว ผิวดำ และน้ำทิ้งผสมคลอรีนจากกระบวนการแช่มะพร้าวขาว (รูปที่ 2.2) สำหรับวัสดุเหลือทิ้งที่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ คือ เปลือกมะพร้าวถูกนำไปตีเอาเส้นมะพร้าวสำหรับผลิตที่นอน กะลามะพร้าวถูกนำไปเผาผลิตถ่านกะลาอัดแท่ง และผิวดำถูกนำไปสกัดเอาน้ำมันมะพร้าว ส่วนที่ยังไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่และถูกปล่อยทิ้งในพื้นที่ ได้แก่ ขุยมะพร้าว น้ำมะพร้าว และน้ำทิ้งผสมคลอรีนจากการแช่มะพร้าวขาว [สุภารัตน์ ตรีเพชรกุล และคณะ, 2551]

ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำวัสดุเหลือทิ้งเหล่านี้มาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ดังต่อไปนี้

1. น้ํามะพร้าว

น้ํามะพร้าวสามารถบริโภคได้ เนื่องจากอุดมไปด้วยสารอาหารทั้งน้ำตาลและโปรตีนรวมถึงวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมที่มีปริมาณสูงถึง 247.0 mg% ส่วนแร่ธาตุอื่นๆ มีปริมาณแตกต่างจากในน้ํามะพร้าวอ่อนเพียงเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2.1 [นพมณี โทบุญญานนท์, 2545; เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง และคณะ, 2542; Krishnankutty, 1987] จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนี้

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของน้ํามะพร้าวแก่และน้ํามะพร้าวอ่อน

องค์ประกอบ	น้ํามะพร้าวแก่	น้ํามะพร้าวอ่อน
Total solids%	5.4	6.5
Reducing sugars %	0.2	4.4
Minerals %	0.5	0.6
Protein %	0.1	0.01
Fat %	0.1	0.01
Acidity mg %	60.0	120.0
pH	5.2	4.5
Potassium mg%	247.0	290.0
Sodium mg%	48.0	42.0
Calcium mg%	40.0	44.0
Magnesium mg %	15.0	10.0
Phosphorous mg%	6.3	9.2
Iron mg%	79.0	106.0
Copper mg%	26.0	26.0

ที่มา: Krishnankutty (1987)

1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ จากการที่น้ํามะพร้าวแก่อุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารหลายอย่าง เช่น น้ำตาลประมาณ 0.1% และ โปรตีน 0.1% รวมถึงวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ [นพมณี โทบุญญานนท์, 2545; เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง, 2542; Krishnankutty, 1987] จึงมีการนำน้ํามะพร้าวแก่มาใช้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น เชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida tropicalis* และ *Candida utilis* สามารถ

เจริญเติบโตได้ดีเทียบเท่ากับการเลี้ยงในอาหาร MY [อินทัย คมเสวต, 2519] สำหรับแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติก 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Lactobacillus pentosus* SR 4-2 และ *Lactobacillus pentosus* AP 17-1 ที่สามารถผลิตไดอะซิติลและอะซิโทอินซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสในผลิตภัณฑ์นมหมักหลายชนิด สามารถใช้น้ำมะพร้าวแก่เป็นส่วนประกอบในอาหารเลี้ยงแบคทีเรีย โดยแบคทีเรียที่เลี้ยงในอาหารน้ำมะพร้าวทั้ง 2 สายพันธุ์มีการผลิตชีวมวลสูงกว่าในอาหาร MRS [อัสนี จิระวิบูลย์เวช, 2548] นอกจากนี้สูตรอาหารน้ำมะพร้าวที่เติมเปปโทน 1% ผงสกัดจากยีสต์ 0.5% โซเดียมอะซิเตต 0.5% แอมโมเนียมซิเตรต 0.2% และทวิน 80 0.1% สามารถใช้เป็นอาหารเลี้ยงแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก ได้แก่ *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus casei*, *Pediococcus pasvulus*, *Leuconostoc mesenteroides* และ *Leuconostoc dextranicum* ได้ดีเทียบเท่ากับอาหาร MRS [สายชล ชิวปรีชา, 2520]

1.2 **วุ้นมะพร้าว (Nata de coco)** ในการศึกษาที่ผ่านมามีการใช้น้ำมะพร้าวเป็นอาหารสำหรับเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Acetobactor xylinum* เพื่อนำไปใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตวุ้นมะพร้าวในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากในน้ำมะพร้าวประกอบด้วยน้ำตาล และสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ [เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง, 2542] แผ่นวุ้นที่เกิดจากการหมักโดยจุลินทรีย์ *A. xylinum* จัดเป็นเนื้อเยื่อประเภทเซลล์ulos ซึ่งนุ่มย่อยหรือเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ จึงถูกจัดเป็นสารอาหารประเภทเส้นใยอาหาร (Dietary fiber) ใช้เป็นอาหารในการลดน้ำหนักได้ และมีประโยชน์ในแง่การส่งเสริมสุขภาพช่วยระบบขับถ่าย [ปิยะรัชต์ กุลเมธี, 2551]

1.3 **น้ำส้มสายชูหมัก** โดยปกติสามารถใช้ผลไม้หลายชนิดเป็นวัตถุดิบในการผลิตได้ แต่ถ้าใช้น้ำมะพร้าวแก่เป็นวัตถุดิบจำเป็นต้องเติมน้ำตาลเพิ่มเพื่อให้เป็นอาหารของเชื้อยีสต์ในการหมักช่วงแรกที่มีการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ หลังจากนั้นเชื้อน้ำส้มสายชูจะเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้กลายเป็นน้ำส้ม [กรมการจัดหางาน, 2554]

1.4 **น้ำหมักชีวภาพและปุ๋ยหมัก** เกษตรกรนิยมใช้น้ำมะพร้าวแก่เป็นส่วนประกอบในการทำน้ำหมักชีวภาพ เนื่องจากมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และยังมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอีกด้วย [กองเกษตรเคมี, 2545] สำหรับการใช้น้ำมะพร้าวแก่ในปุ๋ยหมักนั้นได้มีการศึกษาพบว่า การทำปุ๋ยหมักขุยมะพร้าวร่วมกับรำ มูลโค และกากน้ำตาล สามารถใช้น้ำมะพร้าวแก่เป็นแหล่งสารอาหารและตัวปรับความชื้นได้ [Tripetchkul et al., 2009]

2. ขุยมะพร้าว

ขุยมะพร้าว (coir pith) เป็นองค์ประกอบในส่วนของการเปลือกและเส้นใยมะพร้าว มะพร้าวแต่ละผลมีส่วนที่เป็นขุยมะพร้าวประมาณ 18% ของผลมะพร้าว [van Dam, 2002] จากข้อมูลสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารของขุยมะพร้าว (ตารางที่ 2.2) พบว่า ขุยมะพร้าวมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนประมาณ 24.9%

ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดอยู่ในช่วง 30–60% อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ประมาณ 61-167 ปริมาณ lignin และ Cellulose ประมาณ 29% และ 10.10% ตามลำดับ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวขุยมะพร้าวจึงจัดเป็นวัสดุที่อยู่ในกลุ่มย่อยสลายได้ยาก

ตารางที่ 2.2 แสดงองค์ประกอบทางกายภาพและเคมีของขุยมะพร้าว

องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี	ปริมาณที่พบใน ขุยมะพร้าว	องค์ประกอบทางกายภาพและเคมี	ปริมาณที่พบใน ขุยมะพร้าว
Moisture content (%)	11.39 – 21.61	Lignin (%)	4.20 – 40.58
Total solid (%)	27	Cellulose (%)	10.10
Ash (%)	5.05 – 17.58	Calcium (%)	0.50
pH	6.15 – 6.23	Magnesium (%)	0.48
Total carbon (%)	30 – 60.13	Iron (ppm)	0.09 – 129
Total nitrogen (%)	0.06 – 1.26	Manganese (ppm)	20 – 25
C/N ratio	61.05 – 167	Zinc (ppm)	15.8 – 19
Phosphorous (%)	0.06 – 0.36	Copper (ppm)	6.2 – 7
Potassium (%)	0.29 – 1.20	pH	6.2 – 6.9
Organic carbon (%)	24.9 – 30	Electrical Conductivity (milliohms/ cm)	< 0.25

อ้างอิงโดย พรทิพย์ เพ็ญวรรณวงศ์ (2551)

ปัจจุบันแนวคิดในการใช้ประโยชน์ของขุยมะพร้าวมีหลายรูปแบบ เช่น นำไปใช้เป็นวัสดุปลูกต้นไม้ และเป็นวัสดุคลุมดินหรือปุ๋ยหมัก [Ravindranath, 1991] ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการนำวัสดุเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่อีกครั้ง ซึ่งเป็นการลดปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อมและนำกลับมาใช้ประโยชน์โดยการแปรรูปเป็นปุ๋ยซึ่งมีคุณสมบัติในการปรับปรุงดินอีกด้วย [พรศิริ บุญชู, 2548] โดยส่วนใหญ่มีการนำขุยมะพร้าวมาใช้เป็น bulking agent และ organic amendment ในกองปุ๋ยหมักทำหน้าที่เป็นตัวเพิ่มปริมาณและขนาดในกระบวนการหมัก ช่วยรักษาโครงสร้างของกองปุ๋ยหมัก และเพิ่มช่องว่างหรือรูพรุนให้กองปุ๋ย ขุยมะพร้าวมีปริมาณคาร์บอนสูง แต่อยู่ในรูปของ Lignin Cellulose และ Silica ซึ่งมีคุณสมบัติย่อยสลายยาก [ทรงพล คุณศรีสุข, 2544] จึงควรหมักร่วมกับวัสดุหมักอื่นที่เป็นแหล่งไนโตรเจน เช่น มูลสัตว์ และรำ เป็นต้น เพื่อปรับอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนให้ลดลงและเหมาะสมต่อการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ดังนั้น ขุยมะพร้าวจึงสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยน้ำสกัด (Compost teas) ได้

2.3 การทำปุ๋ยน้ำสกัด (Compost teas)

2.3.1 ปุ๋ยน้ำสกัด (Compost teas) หมายถึง น้ำสกัดออกมาจากปุ๋ยหมัก ที่ยังคงมีสารอาหารและจุลินทรีย์บางชนิดหลงเหลืออยู่บ้าง โดยเทคนิคในการทำมีทั้งแบบให้อากาศและไม่ให้อากาศ (aerobic or anaerobic) ซึ่งของเหลวที่สกัดออกมาสามารถใช้เป็นสารอาหารสำหรับพืชเพื่อการเจริญเติบโต เนื่องจากมีสารอาหารต่างๆ โดยเฉพาะกรดอินทรีย์และฮอร์โมนพืช [Ingham, 2002; Scheuerell, 2003; Scheuerell and Mahaffee, 2002] นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำปุ๋ยสกัดมีจุดเด่นในเรื่องของการมีสารประกอบที่สามารถใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพืชได้เช่นกัน [Henis et al., 1984; Donon et al., 2007]

ระบบการเกษตรในปัจจุบันมีการใช้น้ำปุ๋ยสกัด (Compost teas) มากขึ้น เนื่องจากมีข้อดีและคุณประโยชน์หลายประการ ดังนี้ [Scheuerell, 2003; Grobe, 2003; Kelley, 2004]

- สามารถใช้เป็นสารยับยั้งหรือสารต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรคในพืชทดแทนการใช้สารเคมี หรือ สารฆ่าแมลง [Lanthier, 2007; Al-Mughrabi et al., 2008; Manandhar and Yami, 2008]
- สารประกอบที่ได้จากน้ำปุ๋ยสกัดอุดมไปด้วยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ ทำให้ช่วยลดต้นทุนในการจัดซื้อปุ๋ยเคมี
- ช่วยเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ภายในดิน เพื่อช่วยในการปรับโครงสร้าง และระบบนิเวศภายในดิน รวมทั้งสามารถช่วยในการดูดซับธาตุอาหารแก่พืช

2.3.2 รูปแบบการทำปุ๋ยน้ำสกัด การทำปุ๋ยน้ำสกัดโดยทั่วไปมีรูปแบบหรือเทคนิคในการทำ 2 แบบ คือ แบบให้อากาศและไม่ให้อากาศ (aerobic or anaerobic) [Ingham, 2005]

2.3.2.1 แบบไม่ให้อากาศ

การทำปุ๋ยน้ำสกัดแบบไม่ให้อากาศ (Non-aerate compost tea : NCT) คือ การนำปุ๋ยหมักหรือวัสดุหมัก : น้ำ มาผสมกันในอัตราส่วน 1:4-1:10 (โดยน้ำหนัก) ในภาชนะเปิดและมีการกวนเป็นระยะๆ โดยใช้เวลาในการสกัดประมาณ 7-15 วัน จากนั้นกรองเฉพาะส่วนของน้ำสกัดมาใช้ประโยชน์กับพืช [Brinton, 1995; Scheuerell, 2003; Manandhar and Yami, 2008] จากรายงานที่ผ่านมา พบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดแบบไม่เติมอากาศ (Non-aerate compost tea : NCT) สามารถยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคราแป้ง (Powdery mildew) และ โรคราสีเทา (Gray mold) ในใบของดอก geraniums และสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia* sp., *Rhizoctonia solani sclerotiorum* และ *Fusarium oxysporum* [Scheuerell, 2003] อย่างไรก็ตามยังมีปัจจัยอื่นอีกที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำปุ๋ยน้ำสกัดแบบไม่ให้อากาศ อาทิเช่น หากมีการทิ้งระยะเวลาการบ่มที่นานยิ่งขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำสกัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาของ Elad and Shtienberg (1994) พบว่า การทิ้ง

ระยะเวลาการบ่มปุ๋ยน้ำสกัดแบบไม่ให้อากาศให้นานขึ้นจาก 7 วัน เป็น 14 วัน นั้น สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *Botrytis cinerea* ที่เป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคในใบองุ่น ใบเบอร์รี่ ใบพริกไท และ ใบมะเขือเทศ นอกจากนี้การกวนปุ๋ยน้ำสกัดเป็นระยะๆ อาจช่วยเพิ่มปริมาณประชากรจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำสกัดได้ Brinton et al. (1996) รายงานว่า การกวนปุ๋ยน้ำสกัดทุก 2-3 วัน ตลอดระยะเวลาการบ่ม สามารถช่วยส่งเสริมการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในปุ๋ยน้ำสกัดได้

2.3.2.2 แบบให้อากาศ

จากรูปแบบการทำปุ๋ยน้ำสกัดแบบไม่ให้อากาศ พบว่า อาจมีข้อดีของบางประการที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำสกัด นั่นคือ ในช่วงสภาวะที่อยู่ในสภาพที่ไร้อากาศจุลินทรีย์บางกลุ่มจะสามารถปรับตัวเพิ่มความหลากหลายได้ ทั้งนี้อาจส่งผลให้จุลินทรีย์ก่อโรคเพิ่มขึ้น [Ingham, 2005; Scheuerell, 2003] ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ไม่สามารถดำรงอยู่ได้และจุลินทรีย์ก่อโรคจะเข้ามาแทนที่ในที่สุด [Ingham, 2005] จากปัญหาดังกล่าว อาจมีการปรับรูปแบบวิธีการทำปุ๋ยน้ำสกัด โดยมีการให้อากาศในระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยน้ำสกัด เนื่องจากโดยปกติการทำปุ๋ยน้ำสกัดมีความจำเป็นต้องอาศัยกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในการสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้กับพืช ได้แก่ กรดอินทรีย์และฮอร์โมนพืช [Ingham, 2002; Scheuerell, 2003; Scheuerell and Mahaffee, 2002] ที่สามารถใช้เป็นสารยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพืชได้ [Henis et al., 1984; Donon et al., 2007]

ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำสกัดมากยิ่งขึ้น จึงทำให้เกิดรูปแบบการเติมอากาศ (Aerate compost tea : ACT) เนื่องจากการเติมอากาศจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกิจกรรมจุลินทรีย์ โดยสามารถเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้ [Ingham, 2000] และสามารถช่วยลดระยะเวลาการหมักได้ ซึ่งใช้เวลาเพียง 2-3 วัน ในขณะที่ NCT ต้องใช้ระยะเวลาการหมักนานถึง 2 สัปดาห์ [Scheuerella, 2003; Kelley, 2004] อย่างไรก็ตามรูปแบบการหมักแบบเติมอากาศ ต้องใช้ความชำนาญและค่าใช้จ่ายสูงกว่าแบบไร้อากาศ

หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำสกัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพืชระหว่างปุ๋ยน้ำสกัดทั้งแบบให้อากาศและไม่ให้อากาศ พบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดที่ผ่านการสกัดทั้งแบบให้อากาศและไม่ให้อากาศนั้นต่างก็มีความสามารถในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคในพืช ได้แก่ เชื้อรา *Botrytis cinerea* อันเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคราสีเทา (Gray mold) ในผลสตอเบอร์รี่ [Welke, 2004] เชื้อรา *Fusarium moniliforme* อันเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรคโคนเน่า (Foot rot) ในต้นข้าว [Manandhar and Yami, 2008] เป็นต้น อย่างไรก็ตาม นอกจากรูปแบบวิธีการทำปุ๋ยน้ำสกัดแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการที่มีผลต่อคุณภาพของปุ๋ยน้ำสกัด

2.3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำ Compost tea ในการทำปุ๋ยน้ำสกัดที่มีประสิทธิภาพต่อการใช้เป็นสารประกอบในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค จำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคุณภาพของปุ๋ยน้ำสกัด เช่น ชนิดของวัสดุหมัก (Compost source), รูปแบบการให้อากาศ (Aeration), การเติมสารอาหาร (Nutrient additives), ระยะเวลาการหมัก (Production duration) และ ลักษณะการใช้กับพืช (Applications) [Bess, 2000; Scheuerell, 2003; Ingham, 2005] เป็นต้น

2.3.3.1 ชนิดของวัสดุหมัก (Compost source)

เหตุผลหลักในการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชหรือเพื่อเสริมธาตุอาหารพืชนั้น ต้องอาศัยความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เช่น กลุ่มเชื้อแบคทีเรีย รา และ โปรโตซัว เป็นต้น ในการผลิตสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อพืช และสารประกอบที่มีผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การเลือกใช้ชนิดหรือแหล่งของปุ๋ยหมักในการทำปุ๋ยน้ำสกัดนั้น มีผลต่อความหลากหลายของจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพ [Bess, 2000; Scheuerell, 2003; Kelley, 2004; Ingham, 2005] และการเพิ่มชนิดและจำนวนของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ [Ingham, 2005]

ตัวอย่างเช่น การทำปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์มีปริมาณความหลากหลายในประชากรจุลินทรีย์มากกว่าการทำปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยพืชสด [Scheuerell, 2003] อีกทั้งยังสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส (P) และแคลเซียม (Ca) ได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยน้ำสกัดจากเศษหญ้า [Pittway, 2003] Souleymane et al. (2009) รายงานว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากมูลไก่มีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงกว่ามูลวัว มูลแกะ สาหร่าย และ เศษจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง แต่มูลแกะสามารถช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย รา และ แอคติโนมัยซีตสูงกว่ามูลชนิดอื่น ในการเลือกชนิดของปุ๋ยหมักนั้นยังขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน [Ingham, 2005] เช่น ต้องการเพิ่มปริมาณประชากรเชื้อราที่ใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากเศษจากต้น ไม้หรือพุ่มไม้ [Touart, 2000; Ingham, 2005] ต้องการเพิ่มปริมาณประชากรแบคทีเรียใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากเศษผักหรือหญ้า [Touart, 2000] เป็นต้น หรือการผลิตปุ๋ยน้ำสกัดที่มีทั้งมูลสัตว์และเศษพืช สามารถช่วยเพิ่มปริมาณเชื้อราและแบคทีเรีย [Ingham, 2005] อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยหมักหรือวัสดุหมักที่แตกต่างกันในการทำปุ๋ยน้ำสกัดต่างก็สามารถให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ แต่ประสิทธิภาพก็จะแตกต่างกันไปตามชนิดของปุ๋ยหมัก ที่ผ่านมาพบว่าสามารถยับยั้งได้หลายโรค ได้แก่ เชื้อ *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea* และ *Phytophthora infestans* อันเป็นสาเหตุโรคราแป้ง (Powdery mildew) และ โรคราสีเทา (Gray mold) ในมะเขือเทศ [Souleymane et al., 2009]

นอกจากชนิดของวัสดุหมักแล้วอายุของปุ๋ยหมักก็มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์เช่นกัน หากต้องการความหลากหลายของจุลินทรีย์ในปริมาณสูง ควรเลือกใช้ปุ๋ยหมักที่มีอายุการหมักระยะสั้น นั่นคือ Thermal compost เนื่องจากปุ๋ยหมักที่อายุหมักในช่วงนี้ มีปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วงการเจริญเติบโตค่อนข้างสูง

[Al-Mughrabi, 2006] อย่างไรก็ตาม Scheuerell (2003) อ้างว่า ปุ๋ยหมักทั่วไปที่สามารถนำมาทำปุ๋ยน้ำสกัดควรมีอายุประมาณ 2-6 เดือน แต่ก็ยังไม่สามารถระบุชัดเจนว่าอายุของปุ๋ยหมักจะมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์หรือไม่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของปุ๋ยหมัก เช่น ปุ๋ยหมักจากฟางควรใช้เมื่อผ่านการหมักไปแล้ว 3 เดือน ปุ๋ยหมักจากฟาร์มเลี้ยงม้าที่เป็นทั้งมูลและหญ้าสามารถนำมาใช้ตั้งแต่ 9-12 เดือน เป็นต้น

2.3.3.2 รูปแบบการให้อากาศ (Aeration)

การให้อากาศถือได้ว่าเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำสกัด การให้อากาศในระหว่างการทำปุ๋ยน้ำสกัดช่วยเพิ่มปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ ตัวอย่างเช่น การใช้มูลสัตว์หรือเศษพืชมาผลิตเป็นปุ๋ยน้ำสกัดแบบให้อากาศ ทำให้แนวโน้มนประชากรจุลินทรีย์ทั้งราและแบคทีเรียค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับแบบไม่ให้อากาศ [Grobe, 2003] นอกจากนี้การให้อากาศยังช่วยลดระยะเวลาการหมักได้ ซึ่งใช้เวลาเพียง 2-3 วัน ในขณะที่รูปแบบที่ไม่ให้อากาศ (Non-aerate compost tea : NCT) ต้องใช้ระยะเวลาการหมักนานถึง 2 สัปดาห์ [Kelley, 2004]

ในทางกลับกัน หากในสภาวะนั้นอยู่ในสภาพที่ไร้อากาศจุลินทรีย์บางกลุ่มจะสามารถปรับตัวเพิ่มความหลากหลายได้ ทั้งนี้อาจส่งผลให้จุลินทรีย์ก่อโรคเพิ่มขึ้น [Ingham, 2005; Scheuerell, 2003] ซึ่งอาจจะทำให้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ไม่สามารถดำรงอยู่ได้และจุลินทรีย์ก่อโรคจะเข้ามาแทนที่ในที่สุด [Ingham, 2005] Ingham (1998) รายงานว่า รูปแบบการหมักแบบไร้อากาศนอกจากจะส่งผลให้จำนวนประชากรของกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศ (anaerobic microorganisms) เพิ่มขึ้นแล้ว จุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวยังสร้างสารประกอบต่างๆ ที่อาจส่งผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช เช่น สารจำพวก volatile organic acids (VOAs), แอลกอฮอล์, แอมโมเนีย และ ฟีนอล อันเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสร้างขึ้น โดยแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถเจริญเติบโตในสภาพการหมักแบบไร้อากาศ (anaerobic bacteria) และ ยีสต์ โดยสารประกอบเหล่านี้จะเป็นพิษต่อรากของพืช ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้กระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.3.3.3 การเติมสารอาหาร (Nutrient additives)

การเติมสารอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพปุ๋ยน้ำสกัด เนื่องจากจุลินทรีย์จะมีการใช้สารอาหารในกระบวนการย่อยสลาย อาหารที่จุลินทรีย์ต้องการนั้น ต้องเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถนำมาใช้ได้ทันที น้ำตาลที่อยู่ในรูปของกลูโคสและฟรุกโตสจัดได้ว่าเป็นแหล่งคาร์บอนหรือแหล่งอาหารที่สำคัญที่จุลินทรีย์นำไปใช้ในการสร้างพลังงาน เพื่อนำไปใช้ดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในระหว่างกระบวนการหมัก [อานัฐ ตันโซ, 2549]

ในระหว่างกระบวนการหมักทั้งแบบเติมและไม่เติมอากาศการเติมสารอาหารสามารถช่วยเพิ่มปริมาณจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ได้ [Ingham, 2005] แต่การทำปุ๋ยน้ำสกัดแบบให้อากาศและมีการเติมสารอาหารจะช่วยเพิ่มจำนวนประชากรแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์มากกว่าการทำปุ๋ยน้ำสกัดในรูปแบบไม่ให้

อากาศ [Scheuerell and Mahaffee, 2004] นอกจากนี้การเติมสารอาหารในระหว่างกระบวนการทำปุ๋ยน้ำสกัดยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคได้ เช่น การใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากเปลือกไม้และเศษหญ้า ร่วมกับการเติมกากน้ำตาล sea kelp และ cane sugar สามารถช่วยลดการติดเชื้อของจุลินทรีย์ก่อโรคของต้นหญ้าในสนามหญ้าเทียม (turf) ได้ถึง 93% [Grobe, 2003] อีกทั้งการเติมสารอาหารต่างชนิดกันก็ให้ปุ๋ยน้ำสกัดที่มีคุณภาพและผลในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชแตกต่างกัน [Al-Mughrabi, 2007]

อย่างไรก็ตามหากมีการเติมสารอาหารในปริมาณที่มากเกินไป อาจส่งผลในการจำกัดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ได้ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวลดลง ในขณะที่เดียวกัน จุลินทรีย์กลุ่มที่ก่อให้เกิดโรคมักจะเข้ามาแทนและใช้อาหารที่เหลืออยู่ในระบบเพื่อการเจริญเติบโต เมื่อนำไปใช้ประโยชน์กับพืชก็จะส่งผลให้พืชนั้นๆ เกิดโรคพืชได้ [Ingham, 2005; Scheuerell, 2003]

2.3.3.4 ระยะเวลาการหมัก (Production duration)

ในการทำปุ๋ยน้ำสกัดนั้นระยะเวลาที่ใช้จะแตกต่างกันออกไปตามแต่รูปแบบของการหมัก รูปแบบการหมักแบบไร้อากาศส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาการหมักประมาณ 3-15 วัน ในขณะที่รูปแบบการหมักแบบให้อากาศนั้นใช้ระยะเวลาการหมักประมาณ 24 ชั่วโมง [Ingham, 2005] จากรายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าระยะเวลาการหมักมีผลต่อประสิทธิภาพของปุ๋ยน้ำสกัดในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรค Ketterer et al. (1992) รายงานว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากรูปแบบการหมักแบบไร้อากาศที่อายุการหมัก 7 วัน สามารถยับยั้ง *Botrytis cinerea* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคราสีเทา (Gray mold) ในองุ่นได้ Elad and Shtienberg (1994) ได้ศึกษาต่อจาก Ketterer et al. (1992) พบว่า หากทิ้งอายุการหมักเพิ่มอีกเป็น 14 วัน จะให้ผลในการยับยั้งจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวได้ดีกว่า และนอกจากนี้ของบองุ่นแล้วยังสามารถให้ผลกับพืชชนิดอื่นด้วย เช่น ใบต้นพริกไทย, ใบเบอร์รี่ และ ใบต้นมะเขือเทศ แต่ก็มิงานวิจัยบางกลุ่มโต้แย้งว่า หากทิ้งระยะเวลาการหมักที่นานขึ้นก็ไม่ได้ช่วยให้ปริมาณหรือชนิดของผลิตภัณฑ์หรือสารประกอบที่ใช้เป็นสารชีวภัณฑ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคเพิ่มขึ้นมากนัก อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและต้นทุนมากขึ้น [Ingham, 2005] ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด โดย Bess (2000) แนะนำว่า ปุ๋ยน้ำสกัดทั่วไปควรจะใช้โดยเร็วที่สุดและควรเก็บไว้ในพื้นที่โล่งและควรมีการกวนเพื่อให้เกิดการระบายอากาศของถัง เนื่องจากระยะเวลาการหมักที่นานเกินไปมีผลกระทบในทางลบต่อความหลากหลายของจุลินทรีย์รวมทั้งสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้

2.3.3.5 ลักษณะการประยุกต์ใช้กับพืช (Applications)

การใช้ปุ๋ยน้ำสกัดเพื่อการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชให้มีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงธรรมชาติของพืชชนิดนั้นๆ ช่วงอายุพืชที่มักเกิดโรคพืช รวมทั้งลักษณะการประยุกต์ใช้กับพืช การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยน้ำสกัดกับพืชโดยทั่วไปนิยมใช้ในรูปการฉีดพ่นทางใบโดยตรง (Foliar spray) และ การรด



ลงไปนดิน (Soil drenching) ตัวอย่างเช่น ปุ๋ยน้ำสกัดจากมูลไก่ มูลวัว มูลแกะ สาหร่าย และ วัสดุเหลือทิ้งจากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง ที่หมักแบบไร้อากาศ เมื่อนำไปฉีดพ่นทางใบของมะเขือเทศ สามารถช่วยยับยั้งเชื้อราชนิดต่างๆ อันเป็นสาเหตุให้เกิดโรคพืชในมะเขือเทศ ได้แก่ *Oidium neolycopersici* สาเหตุก่อให้เกิดโรคราแป้ง (Powdery mildew) และ *Botrytis cinerea* สาเหตุก่อให้เกิดโรคราสีเทา (Gray mold) Souleymane et al. (2009) แนะนำว่าในการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากมูลสัตว์ชนิดต่างๆ ได้แก่ มูลไก่ มูลวัว มูลแกะ สาหร่าย และ เศษจากฟาร์มเลี้ยงกุ้งนั้น ควรให้ฉีดพ่นโดยตรงทางใบช่วงที่ใบของมะเขือเทศมีการเจริญเติบโตโดยฉีดป้องกันก่อนที่จะเกิดการติดเชื้อของโรค ซึ่งจะให้ผลที่ดีกว่าการฉีดพ่นหลังจากที่เป็นโรคแล้ว ในขณะเดียวกัน Al-Mughrabi (2006) ได้แนะนำว่าการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักผสมระหว่าง thermal compost, static wood chip compost และ vermin-castings ในการยับยั้งโรคพืชในหัวมันฝรั่ง ได้แก่ โรค Black scurf และ โรค Silver scurf ที่ก่อให้เกิดจุดดำที่เปลือกมันฝรั่ง และ โรคแผลสะเก็ด (Common scab) นั้นควรมีการใช้ร่วมกันระหว่างการฉีดพ่นโดยตรงทางใบและการรดลงบนพื้นดิน ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ดีขึ้น นอกจากนี้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งควรมีการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดร่วมกับสารเคลือบผิวใบ (Spray adjuvants) เนื่องจากสารดังกล่าวมีความสามารถในการช่วยให้ปุ๋ยน้ำสกัดเคลือบติดที่ผิวใบของพืชให้ครอบคลุมอย่างทั่วถึงทั้งสองด้านของใบ โดยสารประกอบดังกล่าวจะช่วยลดแรงตึงผิวและช่วยให้ละอองของปุ๋ยน้ำสกัดกระจายทั่วทุกพื้นที่ของใบ และช่วยในการปกป้องจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ที่เจริญบริเวณผิวใบจากการถูกชะล้างได้เช่นกัน [Scheuerell, 2003] อีกทั้งยังช่วยลดความเสียหายจากการถูกชะล้างโดยน้ำฝน ทำให้สารในปุ๋ยน้ำสกัดสามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชได้เต็มที่ [Scheuerell et al., 2006]

