

ผลของอีเอ็มต่อการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลัง
Effect of EM on production of biofertilizer from cassava starch wastewater

ปิยนันท์ ชมนาวัง¹ ชาญณรงค์ ชมนาวัง¹ แก้วตา สุตรสุวรรณ¹ มัลลิกา ธีระกุล¹ และรัฐพล มีลาภสม¹
Piyanan Chomnawang¹, Channarong Chomnawang², Kaewta Sootsuwan¹, Mullika Teerakun¹,
Rattapol Meelapsom³

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้จุลินทรีย์อีเอ็ม (EM) เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานแป้งมันสำปะหลังเสริมโมลาส และรำข้าวละเอียด โดยใช้แผนการทดลอง แบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุมไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ และตำรับที่ใช้สารเร่ง พด.2 หลังจากหมักเป็นเวลา 35 วัน พบว่า ทุกตำรับทดลองมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 3.72-3.85 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อยู่ในช่วง 17.05-17.75 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร, จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด อยู่ในช่วง $19.78-23.44 \times 10^4$ CFU/มิลลิลิตร, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS) อยู่ในช่วง 13.50-15.17 องศาบริกซ์, ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด อยู่ในช่วง 0.16-0.22 กรัมต่อลิตร, อินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในช่วง 29.19-32.09 %, และปริมาณธาตุอาหารพืช N, P, และ K อยู่ในช่วง 0.141-0.533%, 0.077-0.124% และ 0.873-3.679% ตามลำดับ

คำสำคัญ: หัวเชื้ออีเอ็ม, ปุ๋ยน้ำชีวภาพ, น้ำทิ้ง, แป้งมันสำปะหลัง

Abstract

The aim of this research was expected to use effective microorganisms as a starter for liquid biofertilizer production using wastewater from cassava starch factory, molasses and rice bran. The experiment was designed by completely randomized design (CRD) with 3 replications. The liquid biofertilizer production was conducted with 3 treatments as follows: starter from EM (effective microorganism), Poor-Dor 2 starter from the Land Development Department, and without starter. After 35 days of fermentation, the products were analyzed for its physio-chemical properties and numbers of microorganisms. The results showed that the properties of all treatment of liquid biofertilizers were in the range as follows: pH 3.72-3.85; electrical conductivity (EC) 17.05-17.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$; total microorganisms $19.78-23.44 \times 10^4$ CFU/ml; total soluble solids (TSS) 13.50-15.17 °Brix; total sugar 0.16-0.22 g/l; organic matter (OM) 29.19-32.09%, and plant nutritional values of total nitrogen, phosphorus and potassium were in the range of 0.141-0.533%, 0.077-0.124% and 0.873-3.679%, respectively.

¹ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานอำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

¹ Biotechnology, Faculty of Agro-industrial Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin, 46000.

*Corresponding author: Piyanan Chomnawang, Biotechnology, Faculty of Agro-industrial Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Kalasin, 46000. E-mail: piyananchomnawang@yahoo.com

Keywords: effective microorganism, biofertilizer, wastewater, cassava starch

บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทางการทำกสิกรรม รายได้ส่วนใหญ่ของประเทศมาจากการส่งออกสินค้าเกษตร น้ำมันปาล์มและอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยมาเป็นเวลานาน ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ อุตรดิตถ์ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น และหนองคาย โดยมีพื้นที่เพาะปลูกรวมกันถึงประมาณร้อยละ 40 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งหมดในประเทศไทย ผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดซึ่งมีประมาณ ร้อยละ 70 จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตมันเส้นและมันอัดเม็ด อีกประมาณ ร้อยละ 30 จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง สำหรับอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังในประเทศไทย แบ่งได้เป็นอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังชนิด native starch อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันตัดแปรรูป และอุตสาหกรรมผลิตแป้งแปรรูป เนื่องจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้หลายชนิด¹ เช่น วัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็ง ได้แก่ กากมันสำปะหลัง เปลือกมัน เศษหิน ดิน ทราศ จากกระบวนการร่อนและปอกเปลือกมัน วัสดุเหลือใช้ที่เป็นของเหลว ได้แก่ น้ำทิ้งจากขั้นตอนต่างๆ และน้ำทิ้งจากขั้นตอนเหล่านี้ มีความสกปรกทั้งในรูปของค่าบีโอดี ซีโอดี และของแข็งแขวนลอยมีค่าสูง จากลักษณะสมบัติของน้ำทิ้งดังกล่าวพบว่าจะมีไนโตรเจนคาร์บอน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้ที่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชปะปนอยู่ในน้ำทิ้งของกระบวนการผลิต เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนจึงสามารถปลูกพืชได้ตลอดทั้งปี² โดยเฉพาะแหล่งที่มีการชลประทาน ทำให้สถิติการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดเวลา จะเห็นได้ว่ามูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูงขึ้นเรื่อยๆซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณการใช้และราคาของปุ๋ยเคมีที่สูงขึ้น³ จากการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากขึ้นเป็นลำดับ มีผลต่อการทำลายทรัพยากรธรรมชาติโดยตรง⁴ และเนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรีย์วัตถุซึ่งมีปริมาณลดลงอย่างมาก^{5,6} น้ำสกัดชีวภาพ หรือ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ อาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้⁷ กระบวนการหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพโดยทั่วไปจะมีการเติมจุลินทรีย์ลงไปในลักษณะของหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ โดยหัวเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวมีวางจำหน่ายตามท้องตลาดในราคาที่แตกต่างกันไป งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำทิ้ง ที่เกิดจากกระบวนการผลิต มาเปลี่ยนให้เป็นทรัพยากรที่มีประโยชน์ต่อการปรับปรุงดินในรูปของปุ๋ยน้ำชีวภาพ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิต และสามารถแยกน้ำทิ้งจากขั้นตอนเริ่มต้นโดยไม่ต้องนำเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นแนวทางในการลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นได้ รวมถึงสามารถลดปริมาณความสกปรกของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตลงได้ เป็นการลดภาระในการบำบัดน้ำเสียของระบบน้ำเสียได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังทำให้ช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการกำจัดวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และเป็นการควบคุมและป้องกันปัญหาสภาพแวดล้อมส่วนรวมที่จะเกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมประเภทนี้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

การผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ

ทำการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์สำหรับผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพแบบสำเร็จรูปจาก กรมพัฒนาที่ดิน โดยมีชื่อ “สารเร่ง พด.2” ซึ่งอยู่ในรูปลักษณะผงแห้ง และใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์อีเอ็ม ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่ง

อยู่ในลักษณะของเหลว หัวเชื้อทั้ง 2 แบบที่กล่าวมา ใช้เป็นหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการทดลองผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ นำมาทำการหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพโดยใช้น้ำทิ้งจากโรงงานแปรงมันสำปะหลังที่มีการปรับสูตรให้เหมาะสม ต่อการผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพผสมโมลาส และรำละเอียด ทำชุดควบคุมไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ และชุดที่ใช้หัวเชื้อใน อัตราส่วนที่แนะนำข้างบรรจุภัณฑ์ หมักเป็นเวลา 35 วัน เก็บรักษาตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

การศึกษาสมบัติทางเคมีฟิสิกส์และจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ ดังนี้

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง (วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง)
- ค่าการนำไฟฟ้า (วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า)
- ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วัดค่าด้วยเครื่อง Hand refractometer
- ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธี phenol sulfuric acid⁸
- จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน Plate count technique⁹
- ปริมาณปริมาณอินทรีย์วัตถุ (วิเคราะห์ด้วย Dichromate oxidation method)¹⁰
- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (วิเคราะห์ด้วย Kjeldahl method)¹¹
- ปริมาณฟอสฟอรัส (วิเคราะห์ด้วย Ascorbic acid method)¹¹
- ปริมาณโปแตสเซียม (วิเคราะห์ด้วยเครื่อง spectrophotometer)¹¹

ในการหมักเพื่อผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพ วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ตำรับทดลอง คือ ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ไม่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์, ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากสารเร่ง พด.2 และ ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากอีเอ็ม นำข้อมูลที่วัดและวิเคราะห์ได้จากตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรม SPSS ตามแผนการทดลอง และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นตั้งแต่ 95% เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าสังเกตดังกล่าวข้างต้นของปุ๋ยน้ำชีวภาพ ตำรับต่างๆ

ผลการศึกษา

การศึกษาสมบัติของปุ๋ยน้ำชีวภาพ ที่ผลิตได้

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microorganisms)

จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในปุ๋ยน้ำชีวภาพระหว่างกระบวนการหมัก พบว่า ในวันที่ 0 ของการหมัก ทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยในช่วง $19.44-88.22 \times 10^4$ CFU/ml โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 19.44×10^4 CFU/ml และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 88.22×10^4 CFU/ml และพบว่าจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerPD เพิ่มจำนวนได้มากที่สุดในวันที่ 14 ของการหมักมีจำนวนเท่ากับ 144.11×10^4 CFU/ml ส่วนปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM และ BioFerCon เพิ่มจำนวนได้มากที่สุดในวันที่ 14 และ 21 ของการหมักมีจำนวนเท่ากับ 122.44 และ 80.67×10^4 CFU/ml ตามลำดับ หลังจากทำการหมักนาน 35 วัน พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงอยู่ในช่วง $19.78-23.44 \times 10^4$ CFU/ml โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 19.78×10^4 CFU/ml และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ

BioFerEM และ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 23.44×10^4 CFU/ml (ตารางที่ 1)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids: TSS)

ค่าความเข้มข้นปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ในปุ๋ยน้ำชีวภาพระหว่างกระบวนการหมัก พบว่าในวันที่ 0 ของการหมักทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยในช่วง 17.33-21.50 องศาบริกซ์ และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 0-7 ของการหมัก โดยในช่วงวันที่ 7 ของการหมัก ปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ในช่วง 16.33-18.00 องศาบริกซ์ ซึ่งปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 16.33 องศาบริกซ์ และปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่สูงที่สุดเท่ากับ 18.00 องศาบริกซ์ และในวันที่ 14 ของการหมัก ปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงเท่ากับ 17.33 องศาบริกซ์ ซึ่งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับอื่นๆตลอดระยะเวลาการหมัก 35 วัน โดยหลังจากวันที่ 14 ค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตัวรับมีแนวโน้มค่อนข้างลดลงไม่มากนัก และในวันที่ 35 ของการหมัก ปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในช่วง 13.50-15.17 องศาบริกซ์ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 13.50 องศาบริกซ์ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 15.17 องศาบริกซ์ (ตารางที่ 1)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar)

ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในปุ๋ยน้ำชีวภาพระหว่างกระบวนการหมัก พบว่าในวันที่ 0 ของการหมักทุกตัวรับมีค่าเฉลี่ยในช่วง 0.78-1.65 กรัมต่อลิตร และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 7-14 ของการหมัก ซึ่งพบในตัวรับ BioFerEM, และ BioFerPD โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำตาลหมดไปคงเหลือ 0.42 และ 0.47 กรัมต่อลิตรตามลำดับ ส่วน BioFerCon มีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 21-28 ของการหมัก มีค่าเฉลี่ยของน้ำตาลทั้งหมดที่เหลืออยู่เท่ากับ 0.17 กรัมต่อลิตร และในวันที่ 35 ของการหมัก พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตัวรับอยู่ในช่วง 0.16-0.22 กรัมต่อลิตร โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยที่สุดเท่ากับ 0.16 กรัมต่อลิตร และปุ๋ยน้ำชีวภาพตัวรับ BioFerEM และ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 0.22 กรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด ของปุ๋ยน้ำชีวภาพ

| Sample | Total Micro (x 10 ⁴ CFU/ml) | | TSS (Brix) | | Total sugar (g/l) | |
|-----------|-------------------------------------------|------|---------------------|------|----------------------|------|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| BioFerCon | 19.78 ^b | 5.01 | 15.17 ^a | 0.76 | 0.16 ^b | 0.01 |
| BioFerEM | 23.44 ^a | 2.91 | 13.50 ^b | 1.32 | 0.22 ^a | 0.01 |
| BioFerPD | 23.44 ^a | 1.17 | 14.83 ^{ab} | 0.29 | 0.22 ^a | 0.06 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

สมบัติทางเคมีฟิสิกส์และปริมาณธาตุอาหารพืช

หลังจากกรองอนุภาควัสดุหมักและนำไปวิเคราะห์ พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) ต่ำที่สุดเท่ากับ 3.72 ต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดเท่ากับ 3.85 สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (EC) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับให้ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าในช่วง 17.05-17.75 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร นอกจากนี้ ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon และ BioFerPD มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 17.75 และ 17.73 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร ขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM ให้ค่าเฉลี่ยการนำไฟฟ้าต่ำที่สุด มีค่า 17.05 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร ต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณของอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยน้ำชีวภาพพบว่าทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยในช่วง 29.19-32.09% พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดคือ 32.09% รองลงมาคือปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerPD มีค่าเท่ากับ 32.07% และ ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ให้ค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุดคือ BioFerCon มีค่าเท่ากับ 29.19% ซึ่งต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าพีเอช (pH) การนำไฟฟ้า (EC) และอินทรีย์วัตถุ (OM) ของปุ๋ยน้ำชีวภาพ

| Sample | pH | | EC | | OM | |
|-----------|-------------------|-------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| BioFerCon | 3.85 ^a | 0.012 | 17.75 ^a | 0.261 | 29.19 ^b | 0.897 |
| BioFerEM | 3.72 ^b | 0.012 | 17.05 ^b | 0.076 | 32.09 ^a | 0.054 |
| BioFerPD | 3.75 ^b | 0.026 | 17.73 ^a | 0.162 | 32.07 ^a | 0.246 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

สำหรับปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 0.141% ในขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดเท่ากับ 0.533% รองลงมาคือปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่า 0.522% ซึ่งสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ (P₂O₅) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับให้ค่าเฉลี่ยระหว่าง 0.077-0.124 โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.124%

สูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยปริมาณฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.077% สำหรับปริมาณโปแตสเซียมออกไซด์ (K_2O) พบว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปแตสเซียมออกไซด์สูงที่สุดเท่ากับ 3.679% ขณะที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปแตสเซียมออกไซด์ต่ำที่สุดเท่ากับ 0.873% ปุ๋ยน้ำชีวภาพทั้งสามสูตรมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้

| Sample | Total N (%) | | P ₂ O ₅ (%) | | K ₂ O (%) | |
|-----------|--------------------|-------|-----------------------------------|-------|----------------------|-------|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| BioFerCon | 0.141 ^b | 0.025 | 0.124 ^a | 0.063 | 0.873 ^c | 0.198 |
| BioFerEM | 0.522 ^a | 0.003 | 0.080 ^b | 0.022 | 3.679 ^a | 0.224 |
| BioFerPD | 0.533 ^a | 0.004 | 0.077 ^b | 0.020 | 2.203 ^b | 0.294 |

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่เหมือนกันในแต่ละสดมภ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ และปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยน้ำชีวภาพ สามารถสรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองได้ดังนี้

ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ในช่วง $19.78-23.44 \times 10^4$ CFU/ml โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยที่สุด และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM และ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยจำนวน จุลินทรีย์ทั้งหมดมากที่สุด และปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในช่วง 13.50-15.17 องศาบริกซ์ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM มีค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 13.50 องศาบริกซ์ โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงที่สุดเท่ากับ 15.17 องศาบริกซ์ และพบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับอยู่ในช่วง 0.16-0.22 กรัมต่อลิตร โดยปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerCon มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดน้อยที่สุด และปุ๋ยน้ำชีวภาพตำรับ BioFerEM และ BioFerPD มีค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดมากที่สุด โดยปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เหลือหลังจากผ่านกระบวนการหมัก อาจแสดงถึงความสามารถในการใช้แหล่งคาร์บอนจากสารละลายกากน้ำตาลของหัวเชื้อจุลินทรีย์ในปุ๋ยน้ำชีวภาพแต่ละตำรับ หากพิจารณาถึงองค์ประกอบของกากน้ำตาลจะพบว่ามีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงถึง 33.11-35.59% ซึ่งอาจเป็นปัจจัยส่งผลให้ค่าวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงขึ้นด้วย

ปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 7 ของการหมัก และเมื่อสิ้นสุดการหมักปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับมีความเป็นกรดจัด กล่าวคือ มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 3.72-3.85 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544¹² ซึ่งต้องไม่เกิน 4.5 และสอดคล้องกับคุณสมบัติของปุ๋ยน้ำชีวภาพโดยกรมพัฒนาที่ดิน⁴ (2545) รายงานว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 3-4 และใกล้เคียงกับทัศนีย์และพนารัตน์¹³ (2544) ซึ่งรายงานว่ ปุ๋ยน้ำชีวภาพทั้งที่ผลิตจากพืชและผลิตจากสัตว์มีค่าความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 3.5-5.5 โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมและไม่เป็นอันตรายต่อพืชควรอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 การที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้มีสมบัติเป็นกรด อาจมี

สาเหตุมาจากการย่อยสลายของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรงมันสำปะหลัง ซึ่งมีองค์ประกอบที่มีความเป็นกรด และกิจกรรมของจุลินทรีย์กลุ่มสร้างกรด

ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในช่วง 17.05-17.75 ไมโครซีเมน/เซนติเมตร (0.1705-0.1775 เดซิซีเมน/เมตร) โดยค่า EC นั้นจะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยน้ำชีวภาพ ซึ่งจากการติดตามการเปลี่ยนแปลงระหว่างกระบวนการหมัก พบว่าค่า EC ของปุ๋ยน้ำชีวภาพทุกตำรับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงวันที่ 7 ของการหมัก ซึ่งคาดว่าอยู่ในระยะที่วัสดุหมักเกิดการพลาสโมไลซิส¹⁴ ทำให้สารละลายภายในเซลล์วัสดุหมักซึ่งมีสมบัติเป็นสารละลายอิเล็กโตรไลต์³ ไหลออกมาพร้อมกับสารละลายกากน้ำตาล เป็นผลให้ค่า EC ของปุ๋ยน้ำชีวภาพเพิ่มสูงขึ้น แต่ไม่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งกำหนดว่าต้องมีค่าไม่เกิน 10 เดซิซีเมน/เมตร การที่ปุ๋ยน้ำชีวภาพมีค่า EC ต่ำ อาจเกิดจากในวัสดุที่ใช้หมักอาจมีแร่ธาตุที่ก่อให้เกิดค่าการนำไฟฟ้าต่ำ

ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในช่วง 29.19-32.09% ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการของของปุ๋ยอินทรีย์น้ำกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งกำหนดว่าต้องไม่ต่ำกว่า 5% แต่ยังมีค่าต่ำกว่าค่าวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืชโดยกองปฐพีวิทยา¹⁵ ซึ่งมีค่าในช่วง 33.11-35.59%¹⁶ ปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับมีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำกว่าปุ๋ยเคมี โดยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ และโปแตสเซียมออกไซด์ในช่วง 0.141-0.533%, 0.077-0.124% และ 0.873-3.679% ตามลำดับ โดยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตได้ทุกตำรับอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาการของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2544 ซึ่งกำหนดว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืชต้องมีปริมาณไนโตรเจนไม่เกิน 2% เช่น ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผัก (0.14%) และปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผลไม้ (0.27%) แต่ต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพที่ผลิตจากสัตว์ซึ่งมีค่าในช่วง 1-2% เช่น ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากปลา (0.98%) ปุ๋ยปลาเชิงการค้า (3.85%) และปุ๋ยปลา วท. (3.28%) และต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพของโครงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์ ซึ่งมีค่าในช่วง 1.99-2.31 % สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสพบว่าใกล้เคียงกับปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืช แต่ต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพจากสัตว์ ซึ่งมีค่าในช่วง 0-0.4% และ 1-1.5% ตามลำดับ เช่นปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผัก (0.3%) ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากปลา (1.12%) ปุ๋ยปลาเชิงการค้า (1.25%) และปุ๋ยปลา วท. (8.48%) และต่ำกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพของโครงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์ ซึ่งมีค่าในช่วง 1.40-1.84 % แต่สูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผลไม้มรวม ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียง 0.05% ส่วนปริมาณโปแตสเซียมให้ผลที่แตกต่างกับปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส กล่าวคือ มีปริมาณใกล้เคียงกับปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืช และปุ๋ยน้ำชีวภาพจากสัตว์ ซึ่งมีค่าในช่วง 0.1-3.5% และ 1-3% ตามลำดับ เช่น ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผัก (0.4%) ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากผลไม้มรวม (0.67%) ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากปลา (1.03%) ปุ๋ยปลาเชิงการค้า (0.3%) และสูงกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพของโครงการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเทพารักษ์ ซึ่งมีค่า 3.52%

โดยทั่วไปแล้วปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยน้ำชีวภาพจะแตกต่างกันไปตามชนิดวัสดุหมัก สูตรการหมัก และระยะเวลาการหมัก^{17,18,19,20} ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ปุ๋ยน้ำชีวภาพสูตรต่างๆ โดยกรมวิชาการเกษตร พบว่าปริมาณธาตุอาหารหลักและรองในปุ๋ยน้ำชีวภาพจากพืชจะมีปริมาณน้อยกว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพจากสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย แต่มีรายงานว่า ปุ๋ยน้ำชีวภาพเชิงการค้าบางยี่ห้อมีการเติมสารเคมีในระหว่างกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารพืชให้สูงขึ้น ทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชของปุ๋ยน้ำชีวภาพแต่ละสูตรนั้น มีความแตกต่างกันไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 ในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การอาหาร และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ที่สนับสนุนสถานที่ และเครื่องมือในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. **คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลัง แปรรูปมันตัดแปรรูปและแปรรูปมันแปรรูป**. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม; 2540.
2. วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ, ณรงค์ คงมาก, รัฐวุฒิ เสนาคำ, วิฑูรย์ ปัญญากุล, ไชยา เฟื่องอุ่น. **เกษตรกรรมทางเลือก: ความหมาย ความเป็นมา และเทคนิควิธี**. กรุงเทพฯ: เครือข่ายเกษตรกรรมทางเลือก; 2539.
3. สุรียา สาสนรักกิจ. **ปุ๋ยน้ำชีวภาพ**. วารสารดินและปุ๋ย. 2542; 21(3): 152-171.
4. กรมพัฒนาที่ดิน. **ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ทางการเกษตรของกรมพัฒนาที่ดิน สารเร่ง พด.1 พด.2 พด.3 พด.5 พด.6 พด.7 และสารปรับปรุงบำรุงดิน พด.4**. [ม.ป.ท.]: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545.
5. ภาวนา ลิกขนานนท์, วิทยา ธนานุสนธิ์, สุปราณี มั่นหมาย. **ผลิตภัณฑ์หัวเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ทำปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ และปุ๋ยอินทรีย์น้ำหมัก**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2549.
6. ผกามาศ ใจฉลาด. **ผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพแบบง่ายๆสุดเด็ดของวิทยาเขตจันทบุรีช่วยลดต้นทุนผลผลิตงาม**. **มติชนบทฉบับเทคโนโลยีชาวบ้าน**. 2545; 14 (289): 18.
7. สิทธิศักดิ์ อุปรวิงศ์, สุรศักดิ์ ประชันกาญจนา, ชัยทัศน์ ไพรินทร์. **การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ปุ๋ยน้ำชีวภาพชุมชนเกษตรเพชรบูรณ์**. วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2546; 11(3): 37-41.
8. Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebert, P.A., Smith, F. **Colorimetric method for determination of sugars and related substances**. **Anal Chem**. 1956; 28: 350.
9. สิริินดา ยุ่นฉลาด. **คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพ1**. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2540.
10. มงคล ต๊ะอุ่น. **เทคนิคและการวิเคราะห์: ในห้องปฏิบัติการดิน น้ำและปุ๋ย**. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2548.
11. ปริญญา ขยันการนาวิ. **การผลิตปุ๋ยน้ำชีวภาพโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ดินในท้องถิ่นจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2550.
12. สมคิด ดิสถาพร. **พัฒนาวิธีการผลิตพืชเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์อินทรีย์ : Development of Plant Production Methods for Organic Products**. [ม.ป.ท.]: สถาบันพืชอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; [ม.ป.ป]
13. ทศน์ เรืองหิรัญ, พนารัตน์ เสรีทวีกุล. **นานาภูมิปัญญากับน้ำสกัดชีวภาพ**. กสิกร 2544; 77(4): 14-23.
14. สมพร แซ่ลี. **การศึกษาวิเคราะห์และทดสอบปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีจำหน่ายในท้องตลาด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2547.

15. Arkhipchenko, I.A., Salkinoja-Salonen, M.S., Karyakina, J.N., Tsitko, I. Study of three fertilizers produced from farm waste. **Appl Soil Ecol** 2005; 30: 126-132.
16. Ke, B., Liang, Y.F., Zhong, Z.X., Higa, T., Aruoma, O.I. Evaluation of the toxicity and safety of the antioxidant beverage effective microorganisms-X (EM-X) in animal models. **Environ Toxicol Pharmacol** 2005; 20: 313-320.
17. Lee, J.J., Park, R.D., Kim Y.W., Shim, J.H., Chae, D.H., Rim, Y.S., *et al.* Effect of food waste compost on microbial population, soil enzyme activity and lettuce growth. **Bioresource Technol** 2004; 93: 21-28.
18. Nardi, S., Marari, F.A., Berti, A., Tosoni, M., Giardini, L. Soil organic matter properties after 40 years of different use of organic and mineral fertilizers. **Eur J Agronom** 2004; 21: 357-367.
19. Siddiqui, Z.A. Effects on plant growth promoting bacteria and composed organic fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and tomato growth. **Bioresource Technol** 2004; 95: 223-227.
20. Wu, S.c. Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., Wong, M.H. Effects of biofertilizer containing N-fixers, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. **Geoderma** 2005; 125: 155-166.