

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าว

Influence of bio-extracts on decomposition and chemical property changes of rice straw

ชนากานต์ แยมฎีกา¹, ภาณิตย์ นาขยัน², สาวิกา กอนแสง³, ภาวิณี อารีศรีสม⁴ และ วิณา นิลวงศ์^{4*}

Chanakan Yamdeeka¹, Phanit Nakayan², Sawika Konsaeng³, Pawinee Areesrisom⁴ and Weena Nilawonk^{4*}

¹ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

¹ Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

² สาขาการพัฒนากฎมัยสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

² Division of Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

³ สาขาวิชาเกษตรเคมี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

³ Division of Agricultural Chemistry, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

⁴ สาขาวิชาการจัดการและพัฒนาทรัพยากร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

⁴ Division of Resources Management and Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

บทคัดย่อ: “ฟางข้าว” เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่สามารถนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงดินได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3x2 factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยที่ 1 คือ ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) น้ำหมักปลา 2) น้ำหมักสับปะรด และ 3) สารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ ปัจจัยที่ 2 คือ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) ไม่มีการเจือจาง 2) เจือจาง 10 เท่า และ 3) เจือจาง 15 เท่า และปัจจัยที่ 3 คือ อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1:10 และ 1:25 ก./มล. ทำการหมักฟางข้าวที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี ฟางข้าว ($P < 0.05$) โดยกรรมวิธีการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย ปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าวและสารละลายเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 20.95, 1.96, และ 0.40% ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 8.85% พบในกรรมวิธีที่หมักด้วยสารเร่งซูเปอร์ พด. 2 ที่เจือจาง 10 เท่า อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 สำหรับค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายเพิ่มสูงขึ้นหลังการหมัก โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักสับปะรดที่ไม่มีการเจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้ค่า pH เพิ่มสูงสุดเฉลี่ย 8.55 ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 32.95 dS/m ในกรรมวิธีที่ใช้สารเร่งซูเปอร์ พด.2 ไม่เจือจาง อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าชนิดและความเข้มข้นของน้ำหมักเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าวและสารละลายหลังการหมัก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการในการผลิตปุ๋ยหมักฟางข้าวและการจัดการฟางข้าวในนาข้าวเพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและการผลิตพืชได้

คำสำคัญ: น้ำหมักชีวภาพ; การย่อยสลาย; ฟางข้าว

ABSTRACT: “Rice straw” is the agricultural residues that can return to soil to improve soil properties. The objective of this study was to determine the influence of bio-extracts on the decomposition and chemical property changes

* Corresponding author: w_nilawonk@hotmail.com

Received: date; February 9, 2022 Accepted: date; July 18, 2022 Published: date; October 12, 2022

of rice straw. The experiment was conducted in a 3x3x2 factorial in completely randomized design (CRD) with 3 replications. The first factor was the bio-extract ; 1) fish bio-extract (BF), 2) pineapple bio-extract (BP), and 3) microbial activator PD2 (BM). The second factor was bio-extract concentrations; 1) stock (C1), 2) 10x dilution (C2), and 3) 15x dilution (C3), and the third factor was rice straw to bio-extract ratio; 1) 1:10 (R1) and 2) 1:25 (R2) w/v. The treatments were incubated at room temperature and 12 weeks. The results showed that the bio-extracts, concentration of bio-extracts, and rice straw to bio-extract ratios were significantly influenced on the decomposition and chemical property after incubation ($P<0.05$). The BFC1R1 treatment showed the highest decomposition (20.95%), total-N of incubated straw (1.96%) and total-N of solution (0.40%). The highest of organic matter content in solution was found in MC1R2 (8.85%) treatment. The pH and EC of solution increased after 12 weeks incubation, the highest increase of pH and EC was found in BPC1R1 (pH=8.55) and MC1R1 (EC=32.95 dS/m). The results indicate that the difference of bio-extracts and concentration is the main factor affects to the decomposition and chemical property changes of composted rice straw and solution. This point can use to be the guideline for rice straw compost production and management in rice field to improve soil fertility and plant production.

Keywords: bio-extracts; decomposition; rice straw

บทนำ

“ฟางข้าว” เป็นผลพลอยได้จากการทำนา ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 65 ล้านไร่ ให้ผลผลิตข้าวประมาณ 24 ล้านตัน/ปี มีฟางข้าวเฉลี่ยประมาณปีละ 25.45 ล้านตัน/ปี และมีปริมาณต่อชั่งข้าวที่ตกค้างอยู่ในนาข้าวประมาณ 16.9 ล้านตัน/ปี มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเฉลี่ย 0.51 0.14 และ 1.55% มีธาตุอาหารรอง แคลเซียม แมกนีเซียม และซิลิเคอร์เฉลี่ย 0.47 0.25 และ 0.17% (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) การจัดการฟางข้าวและต่อชั่งข้าวมีหลายหลายวิธี เช่น การไถกลบ การเผา การทำปุ๋ยหมัก เป็นต้น เกษตรกรโดยส่วนใหญ่นิยมจัดการต่อชั่งและฟางข้าวด้วยการเผา เพราะเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ประหยัดเงินและเวลาในการเกษตรครั้งต่อไป (อนุสร, 2560) นอกจากนี้การเผาคือการปล่อยฟางข้าวยังส่งผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดิน ได้แก่ การสูญเสียโครงสร้าง ทำให้ดินแน่นทึบ อัตราการซึมน้ำลดลง สูญเสียความสามารถในการดูดซับความชื้น เนื่องจากการเผาทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นและอินทรีย์วัตถุในดิน การสูญเสียจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศและส่งผลต่อภาวะโลกร้อนตลอดจนการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Romasanta et al., 2017) ทำให้สมบัติของดินตรงบริเวณที่มีเศษสะสมอยู่นั้นมีค่าปฏิกิริยาของดินสูงขึ้น (บังอร และคณะ, 2559) ดังนั้นการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าวเพื่อการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะทำให้เกษตรกรหันมาสนใจและปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการฟางข้าวที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาของการทำปุ๋ยหมักฟางข้าว คือ การย่อยสลายของฟางข้าวที่ค่อนข้างช้าเนื่องจากฟางข้าวประกอบด้วย เซลลูโลส 39.56% เฮมิเซลลูโลส 27.36% และลิกนิน 14.12% ซึ่งเป็นปัญหาย่อยสลายช้าในการนำฟางข้าวมาทำเป็นปุ๋ยหมักหรือการไถกลบเพื่อปรับปรุงดิน ได้มีการใช้กรดอินทรีย์ที่เกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ที่สามารถช่วยปรับสภาพฟางข้าวเพื่อลดปริมาณเฮมิเซลลูโลสและกำจัดลิกนินที่หุ้มเซลล์เซลลูโลสช่วยให้เอนไซม์สามารถย่อยสลายฟางข้าวได้มากขึ้น (วิภาดา และ นุชรา, 2556)

จุลินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้มีการนำมาใช้เพื่อเร่งการย่อยสลายของฟางข้าว โดยจุลินทรีย์จะขับเอนไซม์เซลลูเลส ออกมาย่อยสลายเศษพืชและทำให้อัตราการย่อยสลายเร็วขึ้น จุลินทรีย์ที่มีบทบาทในการย่อยสลายเซลลูโลสประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีท ได้แก่ *Bacillus* sp., *Cellulomonas* sp., *Aspergillus* sp., *Trichoderma* sp., *Nocardia* sp. และ *Streptomyces* sp. (สมศักดิ์, 2528) อมรรรัตน์ และภัทรพร (2562) พบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพจากเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ที่ย่อยสลายเซลลูโลสสามารถช่วยย่อยสลายฟางข้าวได้ 41.77% ในระยะเวลา 28 วัน ในขณะที่กรมพัฒนาที่ดิน (2558) ได้ผลิตน้ำหมักปลาโดยใช้สารเร่งซูเปอร์ พด.2 ซึ่งประกอบด้วยจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น *Bacillus* sp. *Aspergillus* sp. และ *Lactobacillus* sp. ที่จะขับเอนไซม์บางชนิดออกมาช่วยในการย่อยสลาย เช่น เอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลส เอนไซม์โปรตีเอส (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน และเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นต้น (โสฬส, 2559) สารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ทางกรมพัฒนาที่ดินได้ส่งเสริมให้มีการใช้เพื่อช่วยในการย่อยสลายของเศษซากพืช ซากสัตว์

พบว่าประกอบไปด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ต่างๆ ได้แก่ *Pichia* sp., *Lactobacillus* sp., *Bacillus* sp. และ *Burkholderia* sp. (สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาดิน, 2550) จากการศึกษาของนวลจันทร์ (2557) ได้ทดลองใช้น้ำหมักปลา และสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อมาใช้เพื่อย่อยสลายต่อขังข้าวด้วยวิธีการหมักต่อขังพบว่า การใช้น้ำหมักปลามีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสมากที่สุด และการใช้สารเร่งซูปเปอร์ พด. 2 ที่ขยายเชื้อทำให้เกิดกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสมากที่สุด นอกจากนี้ อัจฉรา และคณะ (2561) ได้ใช้ประโยชน์จากน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตโดยจากสับปะรด พบว่ามีจุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp. ที่ช่วยผลิตกรดอินทรีย์และยับยั้งเชื้อโรค ซึ่งแบคทีเรียทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสไปเป็นกรดแลคติก และช่วยในการย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักของฟางข้าวได้ (สิรินดา และสุจิตรา, 2552) โดยกลุ่มจุลินทรีย์และกรดอินทรีย์เหล่านี้ที่พบในน้ำหมักชนิดต่างๆเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งซึ่งช่วยส่งเสริมและเร่งการย่อยสลายฟางข้าวให้เร็วขึ้นได้ ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายของฟางข้าวใช้หลักการที่ว่า อินทรีย์สารต่างๆในองค์ประกอบของฟางข้าวสามารถถูกย่อยสลายและปลดปล่อยออกมาในรูปของอินทรีย์สารโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จากน้ำหมักชนิดต่างๆ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงและเพิ่มธาตุอาหารพืชให้แก่ดินได้ เมื่อผ่านกระบวนการหมักหรือไถกลบ ดังนั้นการศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพชนิดต่างๆ ความเข้มข้น และอัตราส่วนที่เหมาะสมในการหมักฟางข้าว จึงเป็นองค์ความรู้หนึ่งที่มีความสำคัญในการวางแผนการจัดการต่อขัง และฟางข้าวหลังจากที่เหมาะสมและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินไปพร้อมๆกัน

วิธีการศึกษา

ดำเนินการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ในช่วงเดือนสิงหาคม - พฤษภาคม พ.ศ. 2564 โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3x2 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลักซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยที่ 1 ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) น้ำหมักปลา (Fish bio-extract; FB) 2) น้ำหมักสับปะรด (Pineapple bio-extract; PB) และ 3) สารเร่งซูปเปอร์ พด. 2 ที่ขยายเชื้อ (Microbial activators PD2; M) ปัจจัยที่ 2 ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) ไม่มีการเจือจาง (C1) 2) เจือจาง 10 เท่า (C2) และ 3) เจือจาง 15 เท่า (C3) และปัจจัยที่ 3 อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ ได้แก่ 1) 1:10 (R1) และ 2) 1:25 (R2) ก./มล.

น้ำหมักชีวภาพ 3 ชนิด ได้แก่ น้ำหมักปลา น้ำหมักสับปะรด และสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ถูกเตรียมจากวัตถุดิบและกรรมวิธีที่แตกต่างกันโดยสูตรที่ 1 น้ำหมักปลา ผลิตจากการหมัก เศษปลา ผลไม้ กากน้ำตาล น้ำเปล่า และสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 (กรมพัฒนาดิน, 2558) สูตรที่ 2 น้ำหมักสับปะรด ผลิตโดยการหมักสับปะรดสุกร่วมกับน้ำตาลทรายแดง (อัจฉรา และคณะ, 2561) และสูตรที่ 3 สารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ ผลิตโดยการหมักสารเร่งซูปเปอร์ พด.2 ร่วมกับกากน้ำตาล (สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาดิน, 2550) หลังจากนั้นนำน้ำหมักชีวภาพที่ได้มากรองเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง และทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (Table 1)

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายของฟางข้าว

การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายของฟางข้าว ทำโดยการหั่น/สับฟางข้าวให้มีขนาดไม่เกิน 1 ซม. จำนวน 10 ก. ใส่ในขวดพลาสติกขนาด 500 มล. ปิดฝาขวดด้วยผ้าขาวบางเพื่อให้ออกซิเจนสามารถผ่านเข้าออกได้ แล้วเติมน้ำหมักชีวภาพทั้ง 3 ชนิด ตามกรรมวิธีที่กำหนด ทำการหมักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ หลังจากนั้น บันทึกน้ำหนักฟางข้าวหลังหมัก คำนวณเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายฟางข้าว (อมรรรัตน์ และ ภัทรพร, 2562) โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย (\%)} = \left[\frac{(\text{น้ำหนักฟางข้าวก่อนหมัก} - \text{น้ำหนักฟางข้าวหลังหมัก})}{\text{น้ำหนักฟางข้าวก่อนหมัก}} \right] \times 100$$

หลังจากนั้นทำการกรองและแยกส่วนของฟางข้าวออกจากน้ำหมักชีวภาพ น้ำฟางข้าวและสารละลายที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ (ฟางข้าว สับปะรด และน้ำหมักชีวภาพก่อนการหมัก) ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า อินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด กรดซิตริกและกรดแลคติก ในส่วนของฟางข้าวหลังการหมัก ทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Table 2) และในส่วนของการละลายที่ได้หลังจากการหมัก

ทำการวิเคราะห์ ความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และอินทรีย์วัตถุ (Table 3) โดยทำการวิเคราะห์ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) อัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำ 1:10 ในขณะที่สารละลายไม่ต้องทำการเจือจาง แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง pH meter ค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter ปริมาณกรดซิตริก (Citric acid) และปริมาณกรดแลคติกทั้งหมด (Lactic acid) ใช้วิธีของ AOAC (1980) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) ใช้วิธีของ Walkley and Black method ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) วิเคราะห์โดยการย่อยด้วย conc H_2SO_4 แล้วนำไปกลั่นด้วย Kjeldahl method เพื่อวัดค่า Total-N ในส่วนของ Total-P นำไปทำการพัฒนาสีด้วยวิธี Vanadomolybdate method ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด วิเคราะห์โดยการย่อยด้วย conc. HNO_3 แล้วนำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้วิธี analysis of variance (ANOVA) และวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Table 1 Chemical properties of bio-extracts and organic materials

Chemical properties	Bio-extracts			Organic materials	
	Fish	Pineapple	Microbial activators PD2	Rice straw	Pineapple
pH	3.21	4.19	4.15	-	-
EC (dS/m)	14.06	2.56	19.60	-	-
OM (%)	12.11	4.48	10.81	-	-
Total-N (%)	0.36	0.009	0.13	0.21	0.24
Total-P (%)	0.63	0.002	0.03	0.03	0.10
Total-K (%)	1.09	0.05	0.90	8.18	1.53
Total-Ca (%)	0.88	0.32	0.03	0.27	0.32
Total-Mg (%)	0.33	0.01	0.28	3.97	0.34
Moisture (%)	-	-	-	12.22	85.05
Citric acid (%)	2.40	2.61	1.28	-	2.61
Lactic acid (%)	3.25	4.38	2.12	-	4.38

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายฟางข้าว

จากการศึกษาพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อการย่อยสลายฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.55% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อเท่ากับ 11.65% และ 13.13% ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 17.55% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (14.35% และ 7.43% ตามลำดับ) ส่วนการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 14.60% ซึ่งมากกว่าการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 (11.62%) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่พบปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพและอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วน

ฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 20.95% สอดคล้องกับสมบัติของน้ำหมักปลาที่พบว่ามีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส อินทรีย์วัตถุ และค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุด (Table 1) ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพทำงานและการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆที่พบในน้ำหมัก ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์สาร เช่น *Bacillus* sp. *Aspergillus* sp. และ *Lactobacillus* sp. จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำหน้าที่ในการผลิตเอนไซม์บางชนิดออกมาช่วยย่อยสลายฟางข้าว เช่น เอนไซม์เซลลูเลสทำหน้าที่ย่อยสลายเซลลูโลส, เอนไซม์โปรติเอส (protease) ทำหน้าที่ย่อยโปรตีน, และเอนไซม์ฟอสฟาเทสทำหน้าที่ปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นต้น (โสพล, 2559) สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิณารัตน์ (2553) ที่พบว่าหลังจากกระบวนการหมักน้ำหมักชีวภาพจากปลาทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสเพิ่มขึ้นและส่งผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวมากตามไปด้วย และการศึกษาของนวลจันทร์ (2557) ที่ได้ทำการศึกษากการย่อยสลายฟางข้าวโดยการใช้ น้ำหมักชีวภาพ พบว่าการใช้น้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณแบคทีเรียและแอคติโนมัยซีทย่อยสลายเซลลูโลสเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมักและส่งผลต่อการย่อยสลายฟางข้าว นอกจากนี้ อมรรัตน์ และภัทรพร (2562) ได้ทำการทดลองหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่มีเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. เป็นเวลา 28 วัน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายฟางข้าวอยู่ในช่วง 37.27-39.30% ซึ่งสูงกว่าการใช้ น้ำหมักปลาในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าจุลินทรีย์ในน้ำหมักปลามีความหลากหลายและมีความจำเพาะเจาะจงน้อยกว่า Abdulla (2007) ได้ทำการหมักฟางข้าวโดยใช้แอคติโนมัยซีทย่อยเซลลูโลส 3 ชนิด ได้แก่ *Micromonospora*, *Streptomyces* และ *Nocardiodes* เป็นเวลา 3 เดือนพบว่าปริมาณฟางข้าวถูกย่อยสลายและลดลง 38.6-64.0% ในขณะที่ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพเป็นปัจจัยที่บ่งชี้ถึงปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงทำให้น้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายฟางข้าวได้ดีกว่า ในขณะที่อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายของฟางข้าวได้ดีกว่าอัตราส่วน 1:25 (Table 2)

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total-N) ของฟางข้าวหลังการหมัก

จากการศึกษาพบว่าชนิดของน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและอินทรีย์วัตถุในฟางข้าวหลังการหมักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.49% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อเท่ากับ 0.90% และ 1.09% ตามลำดับ ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.32% ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 และ 15 เท่า (1.13 และ 1.0% ตามลำดับ) แต่การใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพนั้นไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าว โดยการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.18% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพและอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ โดยกรรมวิธีน้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.96% (Table 2)

จะเห็นได้ว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในฟางข้าวหลังหมักสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ พด. 2 และน้ำหมักสับปะรด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในน้ำหมักปลาก่อนการหมักมากที่สุด (Table 1) นอกจากนี้ อาจเป็นไปได้ว่าในระหว่างกระบวนการหมักได้มีกระบวนการ N-immobilization เกิดขึ้นเนื่องจากปริมาณคาร์บอนที่สูงเมื่อพิจารณาจากอัตราส่วน C/N ทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในรูปของอินทรีย์สารเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนจากฟางข้าวหลังการหมักมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับฟางข้าวก่อนการหมัก มีความใกล้เคียงกับการศึกษาของ Lalremruati and Devi (2021) ที่พบว่าการทำปุ๋ยหมักจากเศษอาหารทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นในระยะสุดท้ายของการหมัก นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของไนโตรเจนทั้งหมดอาจเกิดจากการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้โดยอิสระ เช่น *Azotobacter* และ *Clostridium* (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554) และการเกิดกรดอินทรีย์จากกระบวนการหมัก (เช่น กรดแลคติก) ที่ปลดปล่อย H^+ ออกมาในสารละลายสามารถลดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปของ NH_3 ได้ (Nie and Guodi, 2020)

Table 2 Influence of bio-extracts on decomposition and total-N content of rice straw after 12 weeks of incubation

Treatment	Decomposition	Total-N (%)
Bio-extract types (A)		
Fish (FB)	14.55 ^a	1.49 ^a
Pineapple (PB)	11.65 ^c	0.90 ^c
Microbial activators PD2 (M)	13.13 ^b	1.09 ^b
Bio-extract conc. (B)		
Stock (C1)	17.55 ^a	1.32 ^a
-10 (C2)	14.35 ^b	1.13 ^b
-15 (C3)	7.43 ^c	1.03 ^c
Rice straw to Bio-extract ratio (C)		
1:10 (R1)	14.60 ^a	1.18
1:25 (R2)	11.62 ^b	1.14
F-test		
A	*	*
B	*	*
C	*	ns
A x B	*	*
A x C	ns	ns
B x C	*	*
A x B x C	*	*
FBC1R1	20.95 ^a	1.96 ^a
FBC1R2	16.35 ^{cd}	1.40 ^{bc}
FBC2R1	19.03 ^b	1.42 ^{bc}
FBC2R2	15.34 ^d	1.53 ^b
FBC3R1	8.12 ^f	1.22 ^{cd}
FBC3R2	7.50 ^f	1.40 ^{bc}
PBC1R1	17.36 ^c	1.01 ^e
PBC1R2	15.48 ^d	1.01 ^e
PBC2R1	15.62 ^d	0.90 ^{ef}
PBC2R2	7.44 ^f	0.68 ^g
PBC3R1	7.08 ^f	0.78 ^{fg}
PBC3R2	6.90 ^f	1.01 ^e
MC1R1	19.29 ^b	1.46 ^b
MC1R2	15.85 ^{cd}	1.06 ^{de}
MC2R1	16.31 ^{cd}	0.90 ^{ef}
MC2R2	12.35 ^e	1.34 ^{bc}
MC3R1	7.65 ^f	0.95 ^{ef}
MC3R2	7.33 ^f	0.80 ^{fg}
CV. (%)	6.77	9.46

* = Significantly different at P<0.05; ns = Non significant; Means in each column followed by different letters indicate significant differences using DMRT (Duncan's new multiple range test) at P<0.05

อิทธิพลของน้ำหมักชีวภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีบางประการของสารละลายที่ได้จากการหมักฟางข้าว

จากการศึกษาพบว่า ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพมีอิทธิพลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์วัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าในสารละลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 3)

ไนโตรเจนทั้งหมด

การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.14% ซึ่งมากกว่าการใช้ น้ำหมักสับปะรดและสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อ (0.01 และ 0.09% ตามลำดับ) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.12% ซึ่งมากกว่าการเจือจาง 10 และ 15 เท่า (0.11 และ 0.02%) สำหรับการใช้อัตราส่วนของฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลาย โดยพบว่า การใช้ อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 มีแนวโน้มทำให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.09% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพและอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ โดยกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.40% ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนที่พบว่าสูงที่สุดในน้ำหมักปลา (Table 1)

อินทรีย์วัตถุ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 3) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.80% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรด (1.66 และ 0.37%) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 เท่า ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.61% ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางและเจือจาง 15 เท่า (1.93 และ 0.29%) สำหรับการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.87% เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีที่ใช้สารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อเจือจาง 10 เท่าในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.85%

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ค่า pH ของสารละลายหลังจากการหมักฟางข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 3) โดยพบว่า การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาและสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อมีค่า pH ใกล้เคียงกัน กรรมวิธีการหมักด้วยน้ำหมักปลามีแนวโน้มทำให้ค่า pH ของสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.34 ส่วนการหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งซูเปอร์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีค่า pH ของสารละลายเฉลี่ยเท่ากับ 7.24 แต่จะแตกต่างกับน้ำหมักสับปะรดที่มีค่า pH ต่ำสุดเท่ากับ 6.95 ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางทำให้มีค่า pH เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.22 ซึ่งมากกว่ากับการเจือจาง 10 และ 15 เท่า (6.66 และ 6.85) สำหรับการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้ค่า pH เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 7.65 ซึ่งมากกว่าอัตรา 1:25 ที่มีค่า pH เฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 6.74 เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดยกรรมวิธีน้ำหมักสับปะรดที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้ค่า pH เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.55 การเพิ่มขึ้นของค่า pH ของสารละลายอาจเป็นผลจากกระบวนการ Mineralization ที่มีการเปลี่ยนอินทรีย์สารไปเป็นอนินทรีย์สาร เช่น กรดอะมิโนจะแปรสภาพเป็นไนเตรท มีผลทำให้สัดส่วนแอมโมเนียมต่อไนเตรทลดลง ผลจากกระบวนการดังกล่าวจะปลดปล่อยหมู่ไฮดรอกซี (OH group) ออกมาทำให้สารละลายที่เกิดจากการหมักกลายเป็นด่างหรือ pH เพิ่มขึ้น (ศิริธร และคณะ, 2557) นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของค่า EC ที่เกิดจากการปลดปล่อยอนินทรีย์สารที่เป็นด่าง (basic cations) ซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าว เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม (Table 1) และแอมโมเนีย ที่ทำให้สัดส่วน

ของไฮโดรเจนไฮดรอกไซด์ในสารละลายลดลงส่งผลให้ความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้นอีกด้วย (จิตรรา และคณะ, 2563) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Zhao et al., (2018) ที่ได้ทำการหมักฟางข้าวด้วย Hemicellulase และ *Lactobacillus plantarum* เป็นเวลา 30 วัน พบว่าค่า pH ปริมาณกรดแลคติก และ $\text{NH}_3\text{-N}$ เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก

Table 3 Influence of bio-extracts on changes of chemical properties in the solution after 12 weeks of incubation

Treatment	pH	EC (dS/m)	Total-N (%)	OM (%)
Bio-extract types (A)				
Fish (FB)	7.34 ^a	11.92 ^b	0.14 ^a	1.66 ^b
Pineapple (PB)	7.24 ^a	4.64 ^c	0.01 ^c	0.37 ^c
Microbial activators PD2 (M)	6.95 ^b	16.48 ^a	0.09 ^b	2.80 ^a
Bio-extract conc. (B)				
Stock (C1)	8.22 ^a	12.62 ^b	0.12 ^a	1.93 ^b
-10 (C2)	6.66 ^c	15.07 ^a	0.11 ^b	2.61 ^a
-15 (C3)	6.85 ^b	5.26 ^c	0.02 ^c	0.29 ^c
Rice straw to Bio-extract ratio (C)				
1:10 (R1)	7.65 ^a	10.07 ^b	0.09	1.35 ^b
1:25 (R2)	6.74 ^b	11.62 ^a	0.08	1.87 ^a
F-test				
A	*	*	*	*
B	*	*	*	*
C	*	*	ns	*
A x B	*	*	*	*
A x C	*	*	ns	*
B x C	*	*	*	*
A x B x C	*	*	*	*
FBC1R1	-	-	0.40 ^a	3.74 ^c
FBC1R2	7.98 ^b	8.23 ^{de}	0.04 ^d	0.78 ^{de}
FBC2R1	8.09 ^b	7.14 ^{ef}	0.04 ^d	0.66 ^{de}
FBC2R2	5.67 ^f	31.60 ^{ab}	0.34 ^b	4.17 ^c
FBC3R1	7.46 ^c	6.97 ^{efg}	0.03 ^d	0.34 ^e
FBC3R2	7.50 ^c	5.65 ^{fgh}	0.02 ^d	0.25 ^e
PBC1R1	8.12 ^{ab}	6.83 ^{efg}	0.03 ^d	0.46 ^e
PBC1R2	8.55 ^a	5.67 ^{fgh}	0.02 ^d	0.27 ^e
PBC2R1	8.27 ^{ab}	5.12 ^{gh}	0.02 ^d	0.45 ^e
PBC2R2	4.14 ^s	4.62 ^h	0.01 ^d	0.73 ^{de}
PBC3R1	6.10 ^e	2.74 ⁱ	0.006 ^d	0.16 ^e
PBC3R2	6.53 ^d	2.87 ⁱ	0.005 ^d	0.15 ^e
MC1R1	8.15 ^{ab}	32.95 ^a	0.21 ^c	5.03 ^b
MC1R2	8.29 ^{ab}	9.44 ^d	0.04 ^d	1.31 ^d
MC2R1	8.17 ^{ab}	11.16 ^c	0.03 ^d	0.77 ^{de}
MC2R2	5.32 ^f	30.80 ^b	0.20 ^c	8.85 ^a
MC3R1	6.81 ^d	7.64 ^e	0.02 ^d	0.53 ^{de}
MC3R2	6.71 ^d	5.72 ^{fgh}	0.02 ^d	0.28 ^e
CV. (%)	3.39	9.17	0	26.60

- = Out of solution after 8 weeks incubation; * = Significantly different at $P < 0.05$; ns = Non significant; Means in each column followed by different letters indicate significant differences using DMRT (Duncan's new multiple range test) at $P < 0.05$

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity : EC)

ค่า EC ของของสารละลายหลังจากการหมักฟางข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 3) โดยพบว่าการหมักฟางข้าวด้วยสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 ที่ขยายเชื้อทำให้มีค่า EC เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 16.48 dS/m ซึ่งมากกว่าการหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักปลาและน้ำหมักสับปะรด (11.92 และ 4.64 dS/m) ในขณะที่การหมักฟางข้าวด้วยน้ำหมักชีวภาพเจือจาง 10 ทำให้มีค่า EC เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 15.07 dS/m ซึ่งมากกว่าการหมักด้วยน้ำหมักชีวภาพที่ไม่มีการเจือจางและเจือจาง 15 เท่า (12.62 และ 5.26 dS/m) สำหรับการใช้อัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 ทำให้มีค่า EC เฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.62 dS/m ซึ่งมากกว่าการใช้อัตราส่วน 1:10 ซึ่งมีค่า EC เฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 10.07 dS/m เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ และอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพพบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน ($P < 0.05$) โดยกรรมวิธีสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 ทำให้ค่า EC ของสารละลายเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 32.95 dS/m การเพิ่มสูงขึ้นของ EC ในสารละลายหลังการหมักชี้ให้เห็นถึงความเข้มข้นของอินทรีย์สารที่เพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นผลจากการย่อยสลายและ กระบวนการ Mineralization ที่ทำให้มีการเปลี่ยนอินทรีย์สารในฟางข้าวไปเป็นอนินทรีย์สาร ส่งผลให้มีการปลดปล่อยปริมาณไอออนต่าง ๆ ออกมาสู่สารละลายเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ศศิธร และคณะ (2557) และ วิณารัตน์ และคณะ (2553) ที่พบว่าในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากน้ำตาล ค่า EC ในสารละลายจะค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการหมัก

สรุป

ชนิดของน้ำหมักชีวภาพ ความเข้มข้นของน้ำหมัก อัตราส่วนของฟางข้าวและน้ำหมักชีวภาพ มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายฟางข้าวและการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของฟางข้าวหลังการหมักเป็นเวลา 12 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยกรรมวิธีการใช้ น้ำหมักปลาที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางข้าวเฉลี่ยสูงสุด 20.95% ปริมาณไนโตรเจนในฟางข้าวและสารละลายเฉลี่ยสูงสุดที่ 1.96% และ 0.40% และพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในสารละลายสูงสุดเมื่อทำการหมักด้วยสารเร่งจุลินทรีย์ พด. 2 ที่เจือจาง 10 เท่าในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:25 โดยมีปริมาณเท่ากับ 8.85% ในขณะที่ค่า pH และการนำไฟฟ้าของสารละลายเพิ่มสูงหลังการหมัก โดยค่า pH เฉลี่ยสูงสุดพบในกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักสับปะรดที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 เท่ากับ 8.55 ในส่วนของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในสารละลายพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุดในกรรมวิธีที่ใช้สารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 ที่ไม่มีการเจือจางในอัตราส่วนฟางข้าวต่อน้ำหมักชีวภาพ 1:10 เท่ากับ 32.95 dS/m จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำหมักทั้ง 3 ชนิด น้ำหมักปลามีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายเนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ที่พบในน้ำหมักปลา ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่ากลุ่มจุลินทรีย์ที่พบในสารเร่งจุลินทรีย์ พด.2 และการย่อยสลายโดยกรดแลกติกที่มีปริมาณมากที่สุดในน้ำหมักสับปะรด ดังนั้นการใช้น้ำหมักปลาเข้มข้นหมักกับฟางข้าวอัตราส่วน 1:10 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลาย และปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดทั้งในส่วนฟางข้าวและสารละลาย กรรมวิธีดังกล่าวจึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการผลิตปุ๋ยหมักฟางข้าวที่มีคุณภาพสูง หรืออาจจะนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการตอซังฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อปรับปรุงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินสำหรับการผลิตพืชหลังนาที่ช่วยลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากแหล่งทุนสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีระบบการปลูกพืชหลังนาในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2564

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน. สำนักพิมพ์ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. คู่มือสำหรับหมอดินอาสา. สำนักพิมพ์ กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2559. การไกล่เกลี่ยตอซังเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว. แหล่งข้อมูล: http://www.ddd.go.th/menu_moc/

POSTER/rice/rice.htm. ค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน 2562.

กรมวิชาการเกษตร. 2557. กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิตรา อินเกตุ, ไพบุลย์ ประโมจน์ และนันทยา พนมจันทร์. 2563. สมบัติทางเคมีของธาตุอาหารของปุ๋ยหมักแบบเติมอากาศผลิตจาก
หญ้าเนเปียร์ ต้นข้าวโพด และผักตบชวา. วารสารแก่นเกษตร. 48: 465-472.

นวลจันทร์ ขบา. 2557. ศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักชีวภาพ และจุลินทรีย์ต่อการย่อยสลายตอซังข้าว การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์
และการปลูกข้าวสุพรรณบุรี 1 ในชุดดินเดิมบาง. ใน: รายงานผลวิจัย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ.

บ๋อง อูบล, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และศุภชัย อำคา. 2559. ผลของการจัดการตอซังข้าวร่วมกับการเตรียมดินและชนิดของ
ปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตข้าว และสมบัติของดินบางประการ. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3: 39-49.

ปิยะรัตน์ ทองธานี. 2561. ประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรต่อการเจริญเติบโตของคะน้ายอดได้หวน พันธุ์บาง
บัวทอง 35 ที่ผลิตภายใต้การมีส่วนร่วมของเกษตรกรตำบลป่าตัน อำเภอมะนัง จังหวัดลำปาง. วารสารแก่นเกษตร. 46: 1045-
1056.

วิภาดา ศิริอนุสรณ์ศักดิ์ และนุชรา สีนบัวทอง. 2556. การปรับปรุงสภาพทางเคมีเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลังงานทดแทน.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วินารัตน์ มุรธา. 2553. ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากสาเหล้มทดแทนกากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตของผัก
โขมผัก (*Amaranthus tricolor*) ผักกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* var. *chinensis*) และผักบุ้งจีน (*Ipomoea*
aquatica var. *reptans*). วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วินารัตน์ มุรธา, สมชาย ชคตะการ และอัญชลี จาละ. 2553. ประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากเศษปลาที่ใช้น้ำกากสาเหล้มทดแทน
กากน้ำตาลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่
48: สาขาพืช. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

ศศิธร กุสุวรรณ์วิจิตร, สุภารัตน์ ตรีเพชรกุล และแสงชัย เอกประทุมชัย. 2557. การผลิตน้ำหมักชีวภาพจากน้ำทิ้งในกระบวนการผลิต
น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์: อิทธิพลของชนิดน้ำตาล. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 37: 447-466.

สำนักนิเทศและการถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาที่ดิน. 2550. การขยายเชื้อจุลินทรีย์ในสารเร่ง พด.1 พด.2 พด.3 ของกรมพัฒนาที่ดิน.
กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

สิรินดา ยุ่นฉลาด และสุจิตรา ทนสูงเนิน. 2552. การผลิต D-lactic acid โดยแบคทีเรียกรดแลคติกเพื่อผลิตพลาสติกย่อยสลายได้ทาง
ชีวภาพ. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. 17: 16-23.

โสฬส แซ่ลิ้ม. 2559. ปุ๋ยอินทรีย์และการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. แหล่งข้อมูล:

http://www1.ddd.go.th/WEB_PSD/Employee%20Assessment/wean/pch/pch38/3.pdf. ค้นเมื่อ 28 พฤศจิกายน
2562.

สมศักดิ์ วงใน. 2528. จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน. ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

อนุสรณ์ สมรัก. 2560. ความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้เข้าอบรมการลดการเผาตอซังพืช ในอำเภอมะนัง จังหวัดเชียงใหม่.
วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

อมรัตน์ ชุมทอง และภัทรพร รักดีฉนวน. 2562. ผลของน้ำหมักชีวภาพต่อการย่อยสลายฟางข้าวและการเจริญเติบโตของข้าวพื้นเมือง
พันธุ์วังรี. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 6: 82-90.

อัจฉรา เพิ่ม, อัสมา มานี และสุสนา ดอเลาะ. 2561. ฤทธิ์ของน้ำหมักชีวภาพจากสับปะรด มะเขือเทศ ผลยอ และผลไม้รวมในการ
ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus* และ *Salmonella Typhimurium*. น. 1,093-1,101 ใน: รายงานการประชุม
วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์.

- Abdulla, H.M. 2007. Enhancement of rice straw composting by lignocellulolytic Actinomycete strains. *International Journal of Agriculture and Biology*. 9: 106-109.
- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis of AOAC. Available: <https://archive.org/details/gov.law.aoac.methods.1980/page/n775/mode/2up>. Accessed August 30, 2020.
- Lalremruati M., and A.S. Devi. 2021. Changes in physico-chemical properties during composting of three common household organic solid wastes amended with garden soil. *Bioresource Technology Reports*. 15: 1-7.
- Nie, E., G. Ding, and Z. Guodi. 2020. Effects of lactic acid on modulating the ammonia emissions in co-composts of poultry litter with slaughter sludge. *Bioresource Technology*. 315: 1-10.
- Romasanta, R.R., B.O. Sander, Y.K. Gaihre, M.C. Alberto, M. Gummert, J. Quilty, V.H. Nguyen, A.G. Castalone, C. Balingbing, J. Sandro, T. Correa, and R. Wassmann. 2017. How does burning of rice straw affect CH₄ and N₂O emissions? A comparative experiment of different on-field straw management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 239: 143-153.
- Zhao, J., Z. Dong, J. Li, L. Chen, Y. Bai, Y. Jia, and T. Shao. 2018. Ensiling as pretreatment of rice straw: The effect of hemicellulase and *Lactobacillus plantarum* on hemicellulose degradation and cellulose conversion. *Bioresource Technology*. 226: 158-165.