

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลของการศึกษาวิจัย “ผลิตพริกหวานปลอดสารพิษโดยใช้น้ำสกัดทางชีวภาพในระบบไฮโดรโปนิกเพื่อทดแทนการใช้สารละลายปุ๋ยเคมีของเกษตรกรตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่” สามารถนำเสนอเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 บริบทและสภาพการณ์โดยรวมของชุมชนโป่งแยง อำเภอแม่ริม

ชื่อตำบลโป่งแยง ในหลักฐานประวัติศาสตร์ไม่ได้บันทึกไว้ ได้ทราบจากคนเฒ่าคนแก่เล่าสืบต่อกันมาว่า ตำบลโป่งแยงเป็นตำบลเก่าแก่มาก 400 ปีขึ้นไป ซึ่งจะตั้งหมู่บ้านโป่งแยงนี้หลังการตั้งเมืองเชียงใหม่ อายุราว 600 กว่าปี ตำบลโป่งแยงแต่เดิมมีเพียงสองถึงสามหมู่บ้าน มีผู้ใหญ่บ้านเรียกว่า พ่อหมื่น ต่อมาได้ตั้งเป็นตำบลแม่สะ อำเภอหางดง มีกำนันคนแรกเรียกว่า พ่อขุนแก้ว และได้ย้ายมาขึ้นกับตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จนกระทั่งได้เป็นตำบลโป่งแยงขึ้นกับอำเภอแม่ริมจนถึงปัจจุบัน คำว่า หมื่น ท้าว ขุน พระยา ถ้าจะเทียบกับปัจจุบัน หมื่น คือ ผู้ใหญ่บ้าน ท้าว คือ กำนัน ขุน คือ นายอำเภอ พระยา คือ ผู้ว่าราชการจังหวัด ทางภาคเหนือเรียกผู้ใหญ่บ้านว่า พ่อหลวง เรียก กำนันว่า พ่อแคว้น คือ ผู้ปกครองแคว้นแดนดินแห่งหนึ่ง คำว่า “โป่งแยง” ผู้เฒ่าผู้แก่เล่าสืบต่อกันมาว่า ในอดีตกาลเมืองเชียงใหม่ถูกฆ่าศึกศัตรูยกทัพมารุกราน รบฆ่าฟันแย่งชิงเอาบ้านเมืองเพื่อต้องการเอาเป็นเมืองขึ้น เพราะเชียงใหม่อุดมสมบูรณ์ด้วยข้าวปลาอาหารมาแต่โบราณกาล เมื่อเกิดสงครามรบฆ่าฟันกันบ่อย ขุนนางเจ้าสร้อยดอกพรวัวจึงได้อพยพครอบครัวจากเชียงใหม่มาตั้งบ้านเรือนหนึ่งหลัง อยู่ด้วยกัน 7 หม้อข้าว หรือ 7 ครอบครัวปลูกบ้านหลังเดียวขนาดใหญ่ เรียกว่า “บ้านหลวง” ซึ่งอยู่ในเขตหมู่ที่ 3 ตำบลโป่งแยง ชาวบ้านเรียกติดปากกันว่า บ้านหลวง ซึ่งเป็นต้นกำเนิดของตำบลโป่งแยง ขุนนางเจ้าสร้อยดอกพรวัว เป็นผู้มีบรรณโณมสวยามิพชาวเนียนหาผู้ใดเทียบได้ ท่านได้ปักฐานอยู่บริเวณบ้านหลวง ท้าวพระยาผู้ครองเมืองเชียงใหม่และหัวเมืองน้อยใหญ่ ในประเทศล้านนาศัณย์นั้นทราบกิตติศัพท์ขุนนางเจ้าสร้อยดอกพรวัวผู้เลอโฉมยิ่งนัก ต่างหลั่งไหลพากันมาผอมาแยง (มาดู) โดยที่ขุนนางเจ้าสร้อยดอกพรวัวท่านเบื่อศึกสงคราม อยากมาอยู่ที่สงบสันติ หลบภัยสงครามการเมือง ไม่อยากจะพบท้าวขุนพระยาเมืองเล็กเมืองใหญ่ เจ้าเมืองเชียงใหม่จึงปลอมตัวเป็นชาวบ้านเข้ามาผอมาแยง จึงได้ชื่อตำบลโป่งแยง สมัยนั้นเป็นตำบล “ปลอมแยง” ต่อมาเปลี่ยนเป็น “โป่งแยง” และปัจจุบันเปลี่ยนเป็นตำบล “โป่งแยง” ซึ่งเป็นตำบลหนึ่งซึ่งนำมาผอ มาดูหรือมาแยง คำว่า “แยง” แปลว่า ดู ซึ่งเหมาะสมกับชื่อในปัจจุบันซึ่งใคร ๆ ก็อยากมาดูมาแยงความงามของสตรีและแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ อีกประการหนึ่งในสมัยโบราณการการต่อสู้รบทัพจับศึกของเมืองเชียงใหม่ ได้เคลื่อนย้ายพล

ทหารจำนวน 1,400 คน เข้ามาในตำบลโป่งแยงที่ห้วยบันสี ตรงข้ามสวนพฤกษศาสตร์ภาคเหนือ กรมป่าไม้ ในปัจจุบันเป็นเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างตำบลโป่งแยงกับตำบลแม่แรม และเจ้าเมืองเชียงใหม่ยังได้เคลื่อนย้ายทหารเข้ามาในเขตตำบลโป่งแยง ตั้งค่ายพักแรมที่บ้านโป่งแยงนอก จำนวนหนึ่งแสนคน เรียกว่า ม่อนพระยาแสน

ตำบลโป่งแยงมีประกอบด้วยหมู่บ้านทั้งหมด 10 หมู่บ้าน โดยประชากรที่อาศัยอยู่ในตำบลโป่งแยงที่มีทั้งชาวไทยพื้นราบและชาวไทยเผ่าม้ง มีจำนวนครอบครัวประมาณ 2,474 ครอบครัว

ตำบลโป่งแยงมีอาณาเขตติดต่อทางทิศต่างๆดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ตำบลแม่แรม	อำเภอแมริม
	ติดต่อกับ	ตำบลสะเมิงเหนือ	อำเภอสะเมิง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ตำบลบ้านปาง	อำเภอหางดง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ตำบลแม่แรม	อำเภอแมริม
	ติดต่อกับ	ตำบลสุเทพ	อำเภอเมือง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	ตำบลสะเมิงเหนือ/ใต้	อำเภอสะเมิง

สภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศของเอื้อต่อการดำเนินธุรกิจท่องเที่ยวและการเกษตรพืชเมืองหนาว เนื่องจากตำบลโป่งแยงมีสภาพทางกายภาพอากาศค่อนข้างเย็นเกือบตลอดปี มี 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม - มิถุนายน อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือน กรกฎาคม - ตุลาคม อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 18-27 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนถึงเดือน กุมภาพันธ์ อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 8-20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส อีกทั้งลักษณะภูมิประเทศ ตำบลโป่งแยงมีสภาพทางกายภาพทั่วไปเป็นภูเขา บางส่วนเป็นที่ราบเชิงเขาและที่ราบพื้นที่บางส่วนอยู่ในความรับผิดชอบของอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยและแม่สลา พื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม เนื่องจากมีสภาพอากาศหนาวเย็น ซึ่งผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ลิ้นจี่ พริกหวาน ซาโยเต้ (ผักแม้ว) ดอกกุหลาบ ดอกเบญจมาศ สตรอเบอร์รี่ หอมหัวใหญ่ กระเทียม กะหล่ำปลี มะเขือเทศ สลัดแก้ว ลักษณะภูมิอากาศหนาวเย็นนี้มีความเหมาะสมในการส่งเสริมอาชีพและการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร

จากการวิเคราะห์ปัจจัยและสถานการณ์ของตำบลโป่งแยง พบว่าตำบลโป่งแยงมีจุดเด่นหลายด้าน อาทิ การมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่ ชุมชนตั้งอยู่ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งพื้นที่สำคัญทางธุรกิจท่องเที่ยว มีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจหลายแห่ง และพื้นที่ส่วนใหญ่ของชุมชนเหมาะสมต่อการทำเกษตรกรรมพืชเศรษฐกิจเมืองหนาว อาทิ พริกหวาน ซาโยเต้ สตรอเบอร์รี่ ดอกกุหลาบ ดอกเบญจมาศ แต่จุดด้อยและปัญหาของชุมชนส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องระบบการจัดการและการส่งเสริมกลุ่มอาชีพต่างๆในชุมชนซึ่งขาดความเข้มแข็ง ไม่ต่อเนื่อง และปัญหา

เกี่ยวมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากขยะ มลพิษทางอากาศ และการปนเปื้อนของสารเคมีที่เกิดจากการใช้เพื่อการเกษตร

4.2 สำรวจการปลูกพริกหวานของชุมชนโป่งแยง

การปลูกพริกหวานของเกษตรกรในชุมชนตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ เป็นรูปแบบการปลูกแบบไม่ใช้ดิน (Hydroponic) ภายในโรงเรือนโครงเหล็กที่คลุมด้วยพลาสติกใส ซึ่งมีขั้นตอนและองค์ประกอบในการปลูกพริกหวาน ดังนี้

4.2.1 รูปแบบโรงเรือนและระบบการปลูก

- โรงเรือนมีโครงสร้างทำจากเหล็ก ขนาดโรงเรือนประมาณ 6 เมตร เรียงยาวตามขนาดพื้นที่ โรงเรือนมีความสูงจากพื้นถึงคาน 2.5-4 เมตร ในแต่ละโรงเรือนจะแบ่งแปลงปลูกออกเป็น 4-6 แถว โดยการยกคานดินให้สูง 10 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละแถวมีความกว้างประมาณ 30 เซนติเมตร และห่างกัน 80-120 เซนติเมตร ด้านหัวและหางแถวอยู่ห่างจากผนังโรงเรือน 80-150 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะโรงเรือนสำหรับปลูกพริกหวาน

- ถูปลูกวางห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตร บนแถวที่ยกคันดินขึ้น เรียงกันจนสุดความยาวของแถว แล้ว ขึงลวดกับคาน ตรงกลางแต่ละแถวเพื่อใช้สำหรับแขวนเชือกฝ้ายลงมาที่ถูปลูกสำหรับทำค้างพุ่มต้นพริกหวาน (ภาพที่ 4)



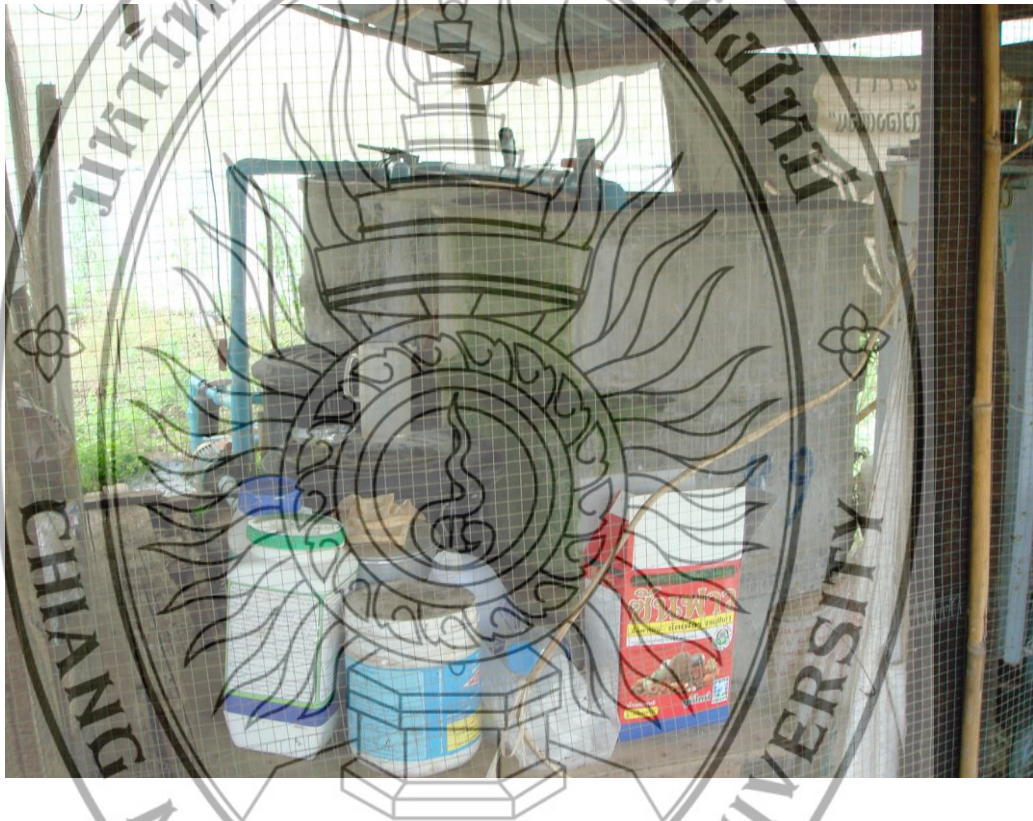
ภาพที่ 4 การขึงลวดเพื่อแขวนเชือกทำค้างพุ่มต้นพริกหวาน

- ใช้ระบบหัวน้ำหยดโดยจะปักบริเวณโคนต้นพริก (ภาพที่ 5) ซึ่งได้ทำการต่อมาจากท่อย่อยโพลีเอธิลีน และท่อหลักโพลีไวนิลคลอไรด์ เพื่อนำสารละลายธาตุอาหารที่ปั๊มออกมาจากถังสารละลายอาหารมายังต้นพริก



ภาพที่ 5 ระบบหัวน้ำหยดสำหรับให้สารละลายธาตุอาหารกับต้นพริกหวาน

- ปุ๋ยที่ใช้ในการปลูกพริกหวานแบบไม่ใช้ดินเป็นปุ๋ยเกร็ดละลายน้ำได้ ประกอบด้วยชุดเอและชุดบี แต่ละชุดมีน้ำหนักชุดละ 20 กิโลกรัม โดยจะนำปุ๋ยผสมน้ำแยกถึงชุดละ 100 ลิตร ซึ่งจะได้สารละลายธาตุอาหารเข้มข้น จากนั้นนำสารละลายทั้งชุดในปริมาณที่เท่ากัน ผสมกับน้ำลงในถังผสมใหญ่ปริมาตร 1,000-2,000 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยปรับค่า pH ให้ อยู่ประมาณ 5.5 และค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 2.5 จากนั้นจึงปล่อยสารละลายธาตุอาหารไปตาม ท่อระบบน้ำหยดวันละ 2-5 ครั้ง โดยแต่ละถังจะได้รับสารละลายธาตุอาหารประมาณ 1 ลิตร ตาม สภาพอากาศและความเหมาะสม



ภาพที่ 6 ระบบหัวน้ำหยดสำหรับให้สารละลายธาตุอาหารกับต้นพริกหวาน

4.2.2 ขั้นตอนการปลูกพริกหวาน

- ในการปลูกพริกหวาน 1 ชุดปลูก จะใช้ระยะเวลาประมาณ 209-330 วัน โดย เริ่มจากการเพาะเมล็ดพันธุ์พริกหวานในถาดหลุมที่บรรจุพีทมอส (ภาพที่ 7) สำหรับเป็นตัวค้ำ จุนและให้น้ำทุกวัน เป็นระยะเวลา 7-15 วัน



ภาพที่ 7 การเพาะกล้าพริกหวานในถาดหลุมที่มีพีทมอส

- จากนั้นทำการย้ายต้นกล้าจากถาดหลุมมาปลูกในถุงเพาะชำขนาดเล็กที่บรรจุพีทมอสหรือขุยมะพร้าว จำนวนถุงละ 2 ต้น (ภาพที่ 8) และเลี้ยงกล้าให้เจริญในถุง โดยให้สารละลายธาตุอาหารที่ปรับค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าทุกวัน เป็นระยะเวลา 7-15 วัน



ภาพที่ 8 การเพาะต้นกล้าพริกในถุงขุยมะพร้าวจำนวน 2 ต้นต่อถุง

- ทำการย้ายต้นกล้าไปปลูกในถุงเพาะชำขนาดใหญ่ที่บรรจุกาบมะพร้าวสับ เพื่อช่วยเป็นต้นสำหรับอุ้มน้ำ โดยให้สารละลายธาตุอาหารทุกวัน เป็นระยะเวลา 60-90 วัน



ภาพที่ 9 การย้ายต้นกล้าไปปลูกในถุงเพาะชำขนาดใหญ่ที่บรรจุกาบมะพร้าวสับ

- หลังจากนั้นจึงเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยใช้มีดหรือกรรไกรที่สะอาดตัดขั้วผลพริกหวานบริเวณที่ติดกับลำต้น โดยจะมีระยะเวลาในการเก็บสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ซึ่งสามารถเก็บผลผลิตไปได้อีกเป็นระยะเวลา 120-180 วัน จึงหมดชุดปลูกแล้วถอนต้นกล้าทิ้ง จากนั้นควรมีการทำความสะอาดและพักโรงเรือนประมาณ 15-30 วัน ก่อนที่จะเริ่มปลูกพริกหวานชุดใหม่

4.3 สภาพการณ์การปลูกพริกหวานของเกษตรกรชุมชนโป่งแยง

จากการลงพื้นที่เพื่อสำรวจ เก็บข้อมูล และสร้างความร่วมมือกับชุมชนโป่งแยง โดยได้เชิญผู้นำชุมชนและตัวแทนชาวบ้านผู้ปลูกพริกหวานมาร่วมเสวนาในเวทีชาวบ้าน พบว่ากลุ่มตัวแทนชาวบ้านและผู้บริหารขององค์การบริหารส่วนตำบลโป่งแยงมีความยินดีในการให้ความ

ร่วมมือที่จะดำเนินการวิจัยร่วมกันเป็นอย่างดี ซึ่งจากข้อมูลพื้นฐานของชุมชนและสภาพการณ์ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และจัดเวทีชาวบ้านพบว่า การปลูกพริกหวานแบบให้ปุ๋ยและธาตุอาหารกับพริกหวานในรูปแบบสารละลายด้วยระบบน้ำหยด โดยได้รับการส่งเสริมเทคนิคการเพาะปลูกจากบริษัทเอกชนที่จัดจำหน่ายพันธุ์พริกหวานให้แก่เกษตรกร โดยมีพื้นที่เพาะปลูกเป็นจำนวนมากในหมู่ที่ 1, 2, 3, และ 6 ของตำบลโป่งแยง ซึ่งในการผลิตพริกหวานของเกษตรกรในชุมชน พบว่าการปลูกด้วยระบบน้ำหยดในโรงเรือนโครงเหล็กที่คลุมด้วยพลาสติกและตาข่าย จะต้องมีต้นทุนเริ่มตั้งแต่การสร้างโรงเรือนซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายประมาณ 450,000-500,000 บาท ต่อพื้นที่ประมาณ 1 ไร่ สามารถปลูกพริกหวานได้ประมาณ 2,800 ต้น โดยจะให้ผลผลิตต่อต้น 3 กิโลกรัม ผลพริกหวานที่ชาวบ้านเก็บเกี่ยวเพื่อจัดจำหน่ายจะมีราคาแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคุณภาพของผลผลิตซึ่งถ้าเป็นเกรดเอและมีจะมีราคาสูง ซึ่งตัวแทนชาวบ้านชาวบ้านบอกว่าเคยมีราคากิโลกรัมละ 150 บาท แต่ปัจจุบันราคาเหลือกิโลกรัมละ 45-50 บาท เคยขายได้ราคาต่ำสุดที่กิโลกรัมละ 25 บาท โดยคุณภาพของพริกหวานจะดูได้จากสี ขนาด ความหนา และอายุหลังการเก็บเกี่ยว ในการปลูกพริกหวานชาวบ้านจะใช้พีทมอสและมะพร้าวสับเป็นวัสดุเพาะเนื่องจากมีความสามารถในการดูดซับสารละลายปุ๋ยได้ดี ปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นสูตร 15-0-0 และแม่ปุ๋ยของบริษัทล้านช้างสูตร A (15-0-0+MgSO₄) และ B (0-52-34+Fe+Nitric) โดยใช้ น้ำที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.5-6.0 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ที่ 1.4 โดยในการปลูกหนึ่งฤดูจะมีการให้ปุ๋ยจำนวน 25 ชุด ชุดละ 2,500 บาท โดยต้นทุนใช้จ่ายสำหรับค่าปุ๋ยและยาในการเพาะปลูกต่อฤดูประมาณ 120,000-130,000 บาท เมล็ดพริกหวานทั้งสีเขียว (พันธุ์ gold frame) และสีแดง (พันธุ์ togo, edison, และ spathocus) ราคาเมล็ดละ 5.50 บาท ของบริษัท รอยเตอร์ ซีด ประเทศฮอลแลนด์ ปัจจุบันนิยมซื้อต้นกล้าแทน ซึ่งราคาต้นละ 7.50 บาท พริกหวานมีระยะเวลาปลูกตั้งแต่เพาะเมล็ดถึงเก็บเกี่ยวทั้งหมด 9 เดือน โดยเริ่มต้นจากการเพาะเมล็ดในถาด 20 วัน จากนั้นจึงย้ายต้นกล้าลงปลูกในถุงนาน 18 วัน เพื่อให้ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์แล้วจึงย้ายไปปลูกในถุงที่มีวัสดุเพาะ ซึ่งจะใช้เวลาพัฒนาจากเมล็ดเป็นต้นที่พร้อมให้ผลผลิตประมาณ 2.5 เดือน และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อีก 6.5 เดือน โดยมีรายได้ทั้งหมดตลอดฤดูปลูกเป็นเงิน 300,000-400,000 บาท หากต้องเริ่มต้นเปลี่ยนปลูกใหม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 50,000 บาท ซึ่งช่วงระยะหลังมาไม่กี่ปีเกษตรกรบางรายในชุมชนต้องเลิกปลูกพริกหวานไปเนื่องจากราคาของผลผลิตพริกหวานที่ไม่แน่นอนและค่าใช้จ่ายในการดูแล อาทิ ค่าปุ๋ย ฮอร์โมน สารเคมีที่ใช้ในการฉีดพ่นมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกประสบปัญหาขาดทุนจากการปลูกพริกหวานจำหน่าย

4.4 การศึกษาการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้

4.4.1 ลักษณะทางกายภาพของน้ำหมักผักและผลไม้สูตรต่าง ๆ

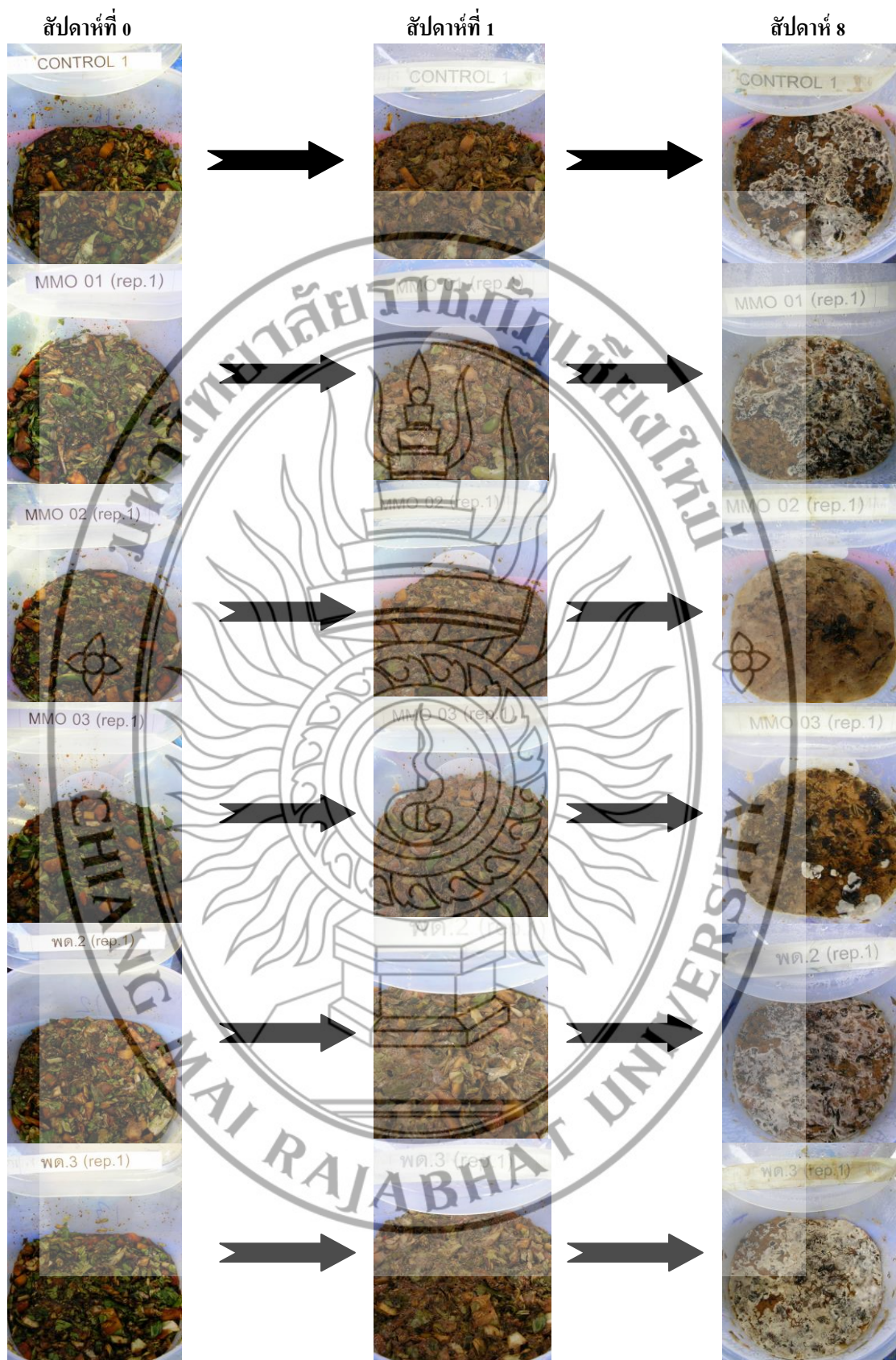
ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่พบในระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพที่สังเกตได้แสดงดังภาพที่ 10 ซึ่งมีลักษณะดังนี้

สัปดาห์แรก: กากวัตถุดิบต่างๆ จมอยู่ในส่วนของเหลว กลิ่นของกากน้ำตาลเด่น

สัปดาห์ที่ 2-4: กลิ่นเปรี้ยวที่ค่อนข้างชัดเจน คล้ายกลิ่นผลไม้ดอง มีฟองเล็กๆ ลอยขึ้นมาตลอดเวลา และกากวัตถุดิบลอยขึ้นสู่ผิวหน้าด้วย น้ำหมักด้วยหัวเชื้อสูตร MMO-02 เป็นที่รื้อฟื้นที่กลิ่นเปรี้ยวรุนแรงที่สุด คาดว่าน่าจะเกิดจากการเจริญของแบคทีเรียแลกติกมากที่สุด สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์แบคทีเรียแลกติกที่กล่าวมาแล้ว ในขณะที่กลุ่มควบคุมก็พบว่ากลิ่นเปรี้ยวน้อยที่สุด และกากวัตถุดิบลอยขึ้นมาน้อยกว่า

สัปดาห์ที่ 5-8: กากวัตถุดิบเริ่มละมุนมากขึ้น และมีกลิ่นค่อนข้างรุนแรง





ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของน้ำหมักผักผลไม้ด้วยหัวเชื้อสูตรต่าง ๆ

4.4.2 การคัดเลือกหัวเชื้อสำหรับผลิตน้ำหมักชีวภาพ

ในการคัดเลือกหัวเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากเศษผักและผลไม้ครั้งนี้ ได้มีเกณฑ์ช่วยในการตัดสินใจหลายประการ ได้แก่ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มระหว่างการหมักน้ำหมัก การเปลี่ยนของค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในน้ำหมัก เป็นต้น ซึ่งภายหลังจากการทดลองใช้หัวเชื้อแต่ละชนิดมาหมักเศษผักและผลไม้แล้วติดตามค่าต่างๆ เหล่านี้ ผลการทดลองพบดังต่อไปนี้

(A) การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำหมัก

กลุ่มแรกที่ได้ทำการติดตามคือแบคทีเรียชนิดใช้อากาศในการเจริญเติบโต (aerobic bacteria) พบว่าช่วงสัปดาห์แรกของการหมัก เกือบทุกทริทเมนต์จะมีการเจริญของเชื้อกลุ่มนี้เพิ่มขึ้น ยกเว้นกลุ่มที่ใช้หัวเชื้อสูตร MMO-03 ที่การเจริญของเชื้อกลุ่มนี้ลดลง แต่เมื่อเวลาการหมักเพิ่มขึ้นก็พบว่า การเจริญของเชื้อแทบจะไม่เปลี่ยนแปลง และลดลงเล็กน้อยเมื่อถึงสัปดาห์ที่ 7 ของการหมัก โดยรวมแล้วจำนวนเชื้อแบคทีเรียกลุ่มใช้อากาศในการเจริญเติบโต มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังแสดงในภาพที่ 11 การที่แบคทีเรียกลุ่ม aerobic bacteria ไม่สามารถเจริญเติบโตได้มากกว่านี้ อาจเนื่องจากออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำหมักเริ่มหมดไป จนเชื้อไม่สามารถเจริญได้ ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ดี เนื่องจากการในการหมักน้ำหมักชีวภาพนั้น เราต้องการให้จุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการอากาศในการเจริญ (anaerobic bacteria) สามารถเจริญได้แทน ได้แก่ ยีสต์ และแบคทีเรียแลกติก เป็นต้น เพราะสามารถผลิตสารเมตาบอไลต์ที่มีประโยชน์ได้ดี

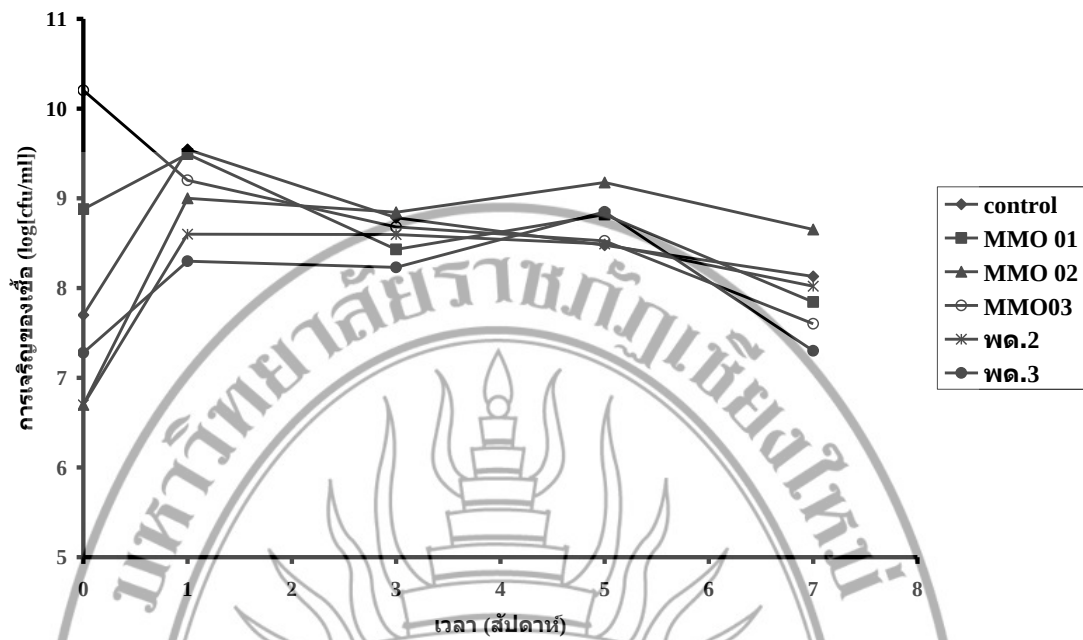
อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าเมื่อเริ่มต้นการหมักนั้น จะมีจุลินทรีย์เริ่มต้นอยู่ในระบบอยู่แล้ว ซึ่งคาดว่าจะปนเปื้อนมาจากวัตถุดิบทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้สุก ซึ่งใกล้เคียงเป็นแหล่งของเชื้อจุลินทรีย์ รวมไปถึงน้ำที่ใช้เติมน้ำหมัก และสิ่งแวดล้อมระหว่างการเตรียมน้ำหมักด้วย จุลินทรีย์เหล่านี้ก็มีประโยชน์บ้าง ในแง่การช่วยย่อยเศษวัตถุดิบต่างๆ ให้กลายเป็นอินทรีย์วัตถุที่พืชพร้อมนำไปใช้ แต่อย่างไรก็ตาม การหมักอาจดำเนินไปได้ช้า หรือเป็นไปในทิศทางที่ไม่ได้คาดหวังไว้ ดังนั้นจึงได้มีการเติมหัวเชื้อเข้าไปช่วยเร่งอัตราเร็วการหมัก และที่สำคัญคือควบคุมให้การหมักเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เนื่องจากหัวเชื้อที่คัดเลือกมาใช้นี้ ผ่านการคัดเลือกและทดสอบจากผู้ผลิตว่ามีจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์และสามารถผลิตน้ำหมักชีวภาพที่มีคุณภาพได้

เมื่อพิจารณาที่จำนวนเชื้อแบคทีเรียกลุ่มแลกติก (lactic acid bacteria; LAB) แล้วก็จะเห็นว่า เมื่อเวลาการหมักผ่านไป เชื้อสามารถเจริญเติบโตได้เพิ่มมากขึ้น ในทุกทริทเมนต์ ไม่เว้นแม้แต่กลุ่มที่ไม่ได้เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (control) ดังแสดงในภาพที่ 12 แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่า ในช่วงสัปดาห์แรก กลุ่มควบคุมนี้การเจริญจะต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ อย่างชัดเจน แต่หลังจากนั้นการ

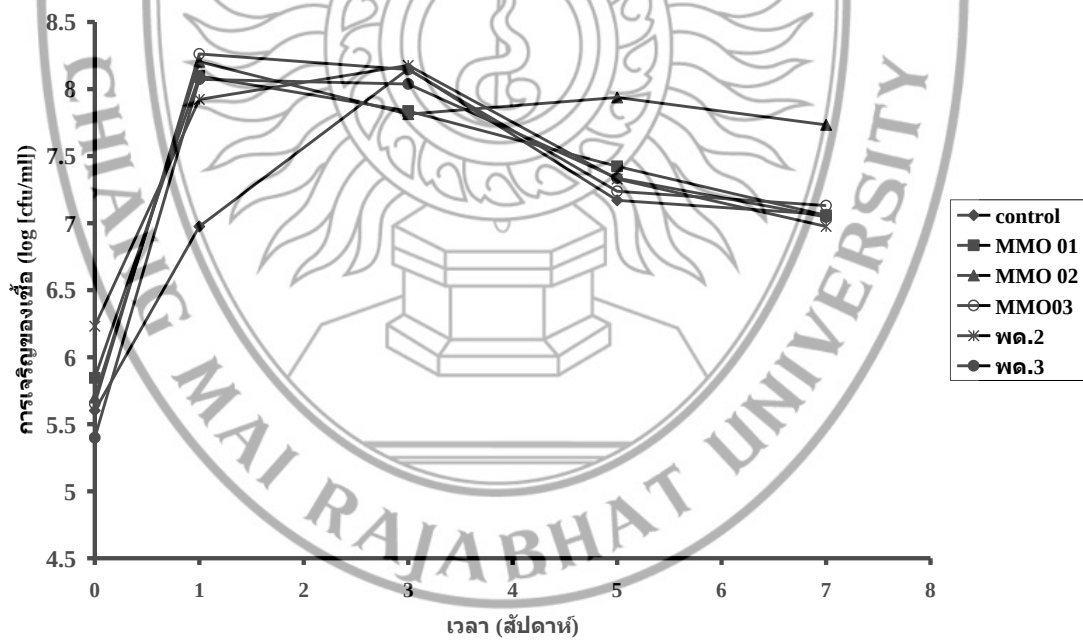
เจริญของ LAB ในทุกกลุ่มแทบจะไม่ต่างกัน ยกเว้นกลุ่มที่ใช้หัวเชื้อสูตร MMO-02 ที่การเจริญของ LAB โตเด่นขึ้นมาอย่างชัดเจน ผลการทดลองสอดคล้องกับการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมัก ที่พบว่ามีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (pH ลดลง) ดังแสดงในภาพที่ 13 การที่ความเป็นกรดเพิ่มขึ้นคาดว่าเกิดจากการดอินทรีย์ที่ LAB สร้างขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรดแลกติก ซึ่งกรดอินทรีย์เหล่านี้มีข้อดีช่วยในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ ทั้งนี้ค่า pH มีความสำคัญมากต่อการเจริญของพืช ในด้านความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในสารละลาย โดยทั่วไปสารละลายควรมี pH อยู่ในช่วง 5.5-6.5 จะถือว่ามีความเหมาะสมที่สุด แต่หากค่า pH ต่ำกว่า 4 มาก จะเป็นอันตรายต่อรากพืช แต่ถ้าสูงกว่า 7 ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้การดูดซึมฟอสฟอรัส เหล็ก และแมงกานีสผิดปกติไป (อาณัฐ, 2549)

จุลินทรีย์อีกกลุ่มที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์คือ แบคทีเรียกลุ่มก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli*, *Shigella* spp. และ *Salmonella* spp. ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้พบได้ทั่วไปในทางเดินอาหารของคนและสัตว์ การตรวจพบแบคทีเรียเหล่านี้แสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของของเสียจากทางเดินอาหารของคนและสัตว์ ซึ่งอาจปนเปื้อนอยู่บนวัตถุดิบได้ อันที่จริงการตรวจพบแบคทีเรียเหล่านี้ในน้ำหมักชีวภาพ ก็อาจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำหมักสักเท่าไร แต่ก็เป็นบ่งชี้ได้คร่าวๆ ถึงคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้เตรียมน้ำหมักครั้งนี้ได้ ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 12 ซึ่งพบว่าในน้ำหมักเริ่มต้นในทุกทริทเมนต์มีเชื้อ *Salmonella* และ *Shigella* spp. ปนเปื้อนอยู่แต่เมื่อการหมักผ่านไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์ กลับพบจำนวนเชื้อดังกล่าวลดลง โดยลดลงมากที่สุดที่น้ำหมักที่หมักด้วยหัวเชื้อ MMO-02 และลดลงน้อยที่สุดในกลุ่มควบคุมที่ไม่เติมหัวเชื้อลงไปเพิ่ม แต่เมื่อการหมักเข้าสู่สัปดาห์ที่ 3 ก็ไม่สามารถตรวจพบเชื้อ *Salmonella* และ *Shigella* spp. เลย สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชื้อ LAB ที่พบว่าจำนวนเชื้อ LAB มีมากในน้ำหมักที่เติมหัวเชื้อสูตร MMO-02 ดังนั้นจึงช่วยควบคุมเชื้อดังกล่าวได้ ส่วนในน้ำหมักที่ไม่เติมหัวเชื้อนั้น LAB มีจำนวนน้อยที่สุด ดังนั้นการลดลงของ *Salmonella* และ *Shigella* spp. จึงน้อยกว่านั่นเอง ในส่วนของเชื้อ *E. coli* นั้น พบว่าไม่สามารถตรวจพบได้ในน้ำหมักทุกทริทเมนต์และทุกช่วงระยะเวลา

นอกจากกลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าวที่ได้ตรวจวิเคราะห์แล้วนั้น ยังมีจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ อีกมากมายที่ยังได้ตรวจวิเคราะห์ ได้แก่ ยีสต์ (yeasts) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ กลุ่ม acetic acid bacteria ทำหน้าที่เปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติก กลุ่มจุลินทรีย์ย่อยสลายอินทรีย์ไนโตรเจน ทำหน้าที่เปลี่ยนโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน และกลุ่มจุลินทรีย์แปรสภาพฟอสฟอรัส ที่ช่วยเปลี่ยนฟอสฟอรัสอินทรีย์และอนินทรีย์ให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถพบเชื้อราเจริญได้ที่ผิวหน้าอีกด้วย ดังเช่นในการทดลองนี้พบว่าหลังจากสัปดาห์ที่สอง จะมีเชื้อราเจริญขึ้นที่ผิวหน้าเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เนื่องจากเชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต แต่เชื้อราก็จะช่วยย่อยอินทรีย์สารในวัตถุดิบด้วยเช่นกัน



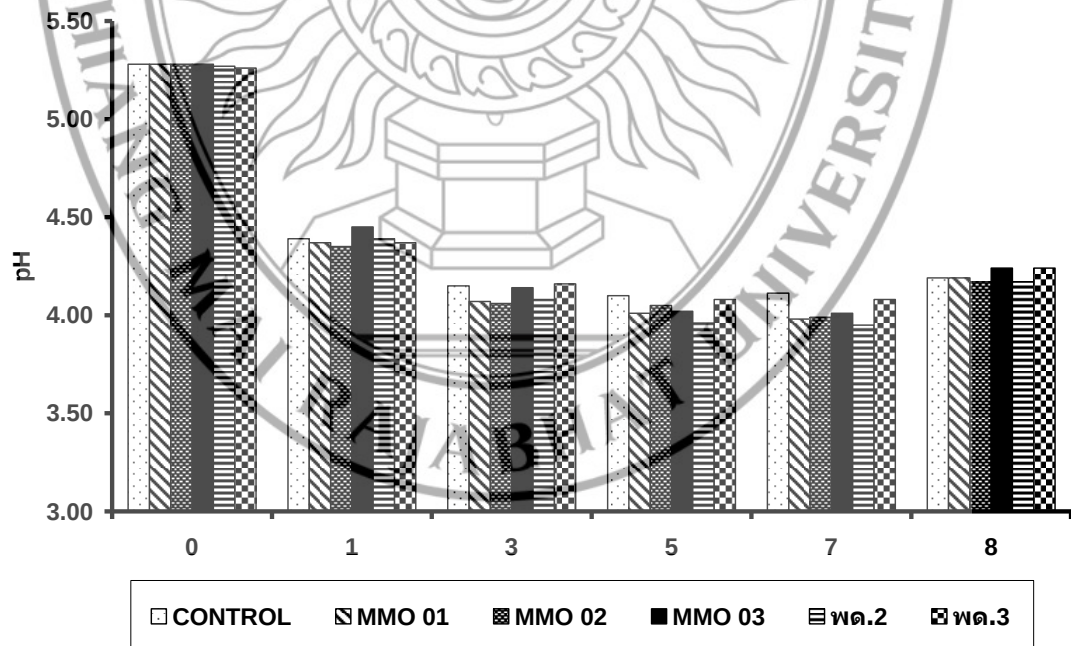
ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงการเจริญของเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่ใช้ออกาตในการเจริญในระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพ



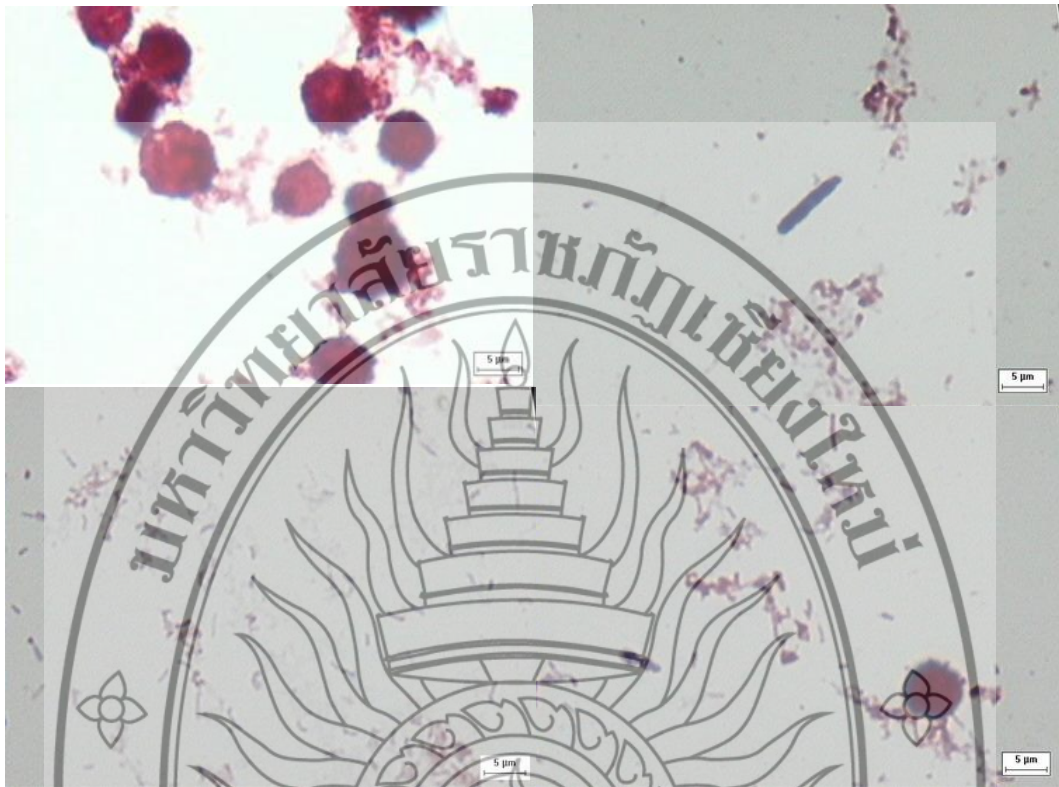
ภาพที่ 12 การเปลี่ยนแปลงการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแลกติกในระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 13 การเปลี่ยนแปลงการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Salmonella* และ *Shigella* spp. ในระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพ



ภาพที่ 14 การเปลี่ยนแปลง pH ระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพด้วยหัวเชื้อสูตรต่างๆ



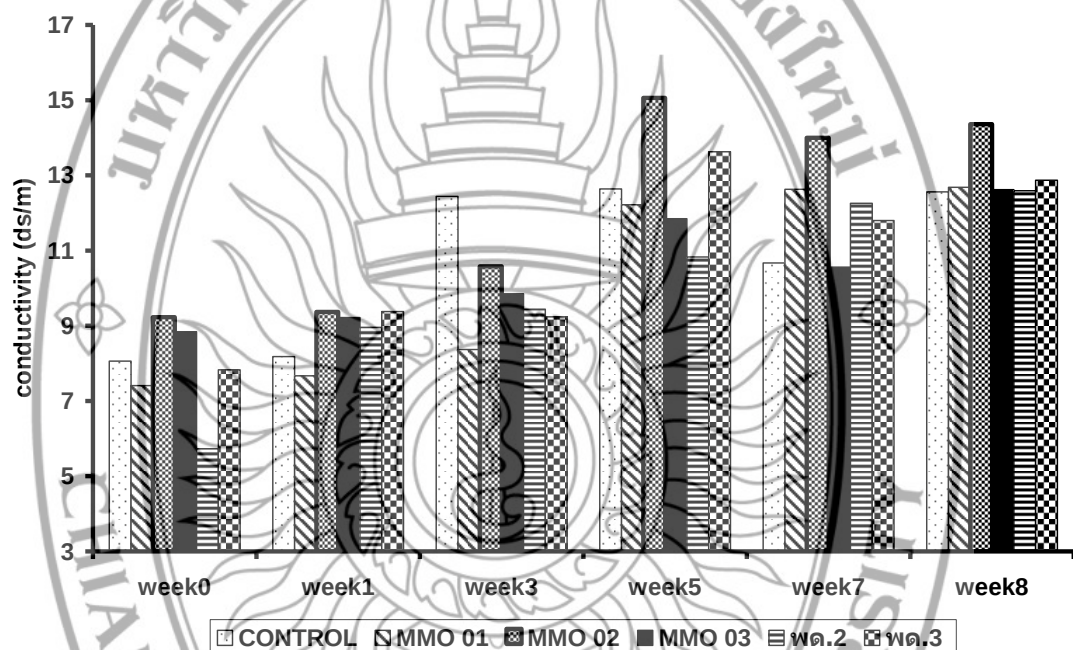
ภาพที่ 15 แสดงลักษณะที่พบเมื่อย้อมสีห้วเชื้อสูตร MMO-02 แล้วสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์

(B) ค่าการนำไฟฟ้า (EC)

ในระหว่างการหมักน้ำหมักชีวภาพนั้น ได้ทำการวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายน้ำหมักชีวภาพที่หมักด้วยหัวเชื้อแต่ละสูตรด้วย ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 16 ซึ่งก็จะเห็นว่าเมื่อการหมักผ่านไปนั้น ค่า EC จะเพิ่มขึ้นในทุกทริทเมนต์ โดยทริทเมนต์ที่หมักด้วยหัวเชื้อสูตร MMO-02 จะมีค่า EC สูงโดดเด่นกว่าสูตรอื่นๆ ค่า EC นี้จะเป็นค่าที่บอกถึงความเข้มข้นของสารละลาย ถ้าค่า EC สูงก็แสดงว่าสารละลายมีความเข้มข้นสูง คือมีธาตุอาหารละลายอยู่มาก ซึ่งก็สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์เป็นแหล่งของเอนไซม์ต่างๆ ที่ช่วยย่อยผนังเซลล์ของพืช เมื่อผนังเซลล์ถูกย่อยสลาย ก็จะทำให้สารต่างๆ ในเซลล์ละลายออกมามากขึ้น ตลอดจนสารเมตาบอไลต์ต่างๆ ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น ก็จะทำให้ค่า EC สูงขึ้นได้ด้วย อาณัฐ (2549) รายงานอีกว่าพืชแต่ละชนิดต้องการค่า EC นี้แตกต่างกันไป ยกตัวอย่างกรณีการปลูกพืชด้วยระบบไฮโดรโปนิก พบว่าผักที่กินใบ เช่น ผักสลัด ผักกาด คะน้า กวางตุ้ง อาจต้องการค่า EC ในสารละลายปุ๋ยน้ำที่เท่ากัน แต่กรณีพืชกินผลนั้น เช่น มะเขือเทศ พริก

หวาน แตงกวา เมล่อนและแคนตาลูป จะต้องการค่า EC ในสารละลายที่ไม่เท่ากัน นอกจากนี้พืชในแต่ละระยะของอายุก็ต้องการปุ๋ยที่มีค่า EC ไม่เท่ากันด้วย

กรมพัฒนาที่ดินได้รายงานมาตรฐานของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิดไว้ในฐานข้อมูลออนไลน์ ดังแสดงในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าน้ำหมักชีวภาพที่ผลิตขึ้นจากผักและผลไม้ครั้งนี้ทุกวิธีหมักจะมีค่า EC ต่ำกว่ามาตรฐานของน้ำหมักจากผักเล็กน้อย ส่วนเมื่อเทียบกับมาตรฐานของน้ำหมักจากผลไม้กลับพบว่าค่าสูงกว่าเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามเมื่อจะนำน้ำหมักชีวภาพไปใช้จริงก็ควรจะมีการปรับค่า EC ให้เหมาะสมกับชนิดและอายุของพืชอีกครั้ง ซึ่งกรณีพืชกินผลดังเช่น พริกหวานนี้ ไม่ให้ปุ๋ยที่มีค่า EC เกินกว่า 3.0 (อาณัฐ, 2549)



ภาพที่ 16 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำหมักชีวภาพทุกสูตรในแต่ละช่วงเวลาของการหมัก

ตารางที่ 4 มาตรฐานของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพแต่ละชนิด

ชนิดปุ๋ยน้ำหมักชีวภาพ	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) dS/m
ปลา	21.60
ผัก	15.93
ผลไม้รวม	3.78
หอยเชอร์รี่	29.18
นม	6.45
เลือดปลา	63.00

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2552. (www.idd.go.th/pldweb/tech/organic/start.swf)

(C) ธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในน้ำหมักชีวภาพจำนวน 6 ชนิด คือ อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แมกนีเซียม และแคลเซียม ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 17-22

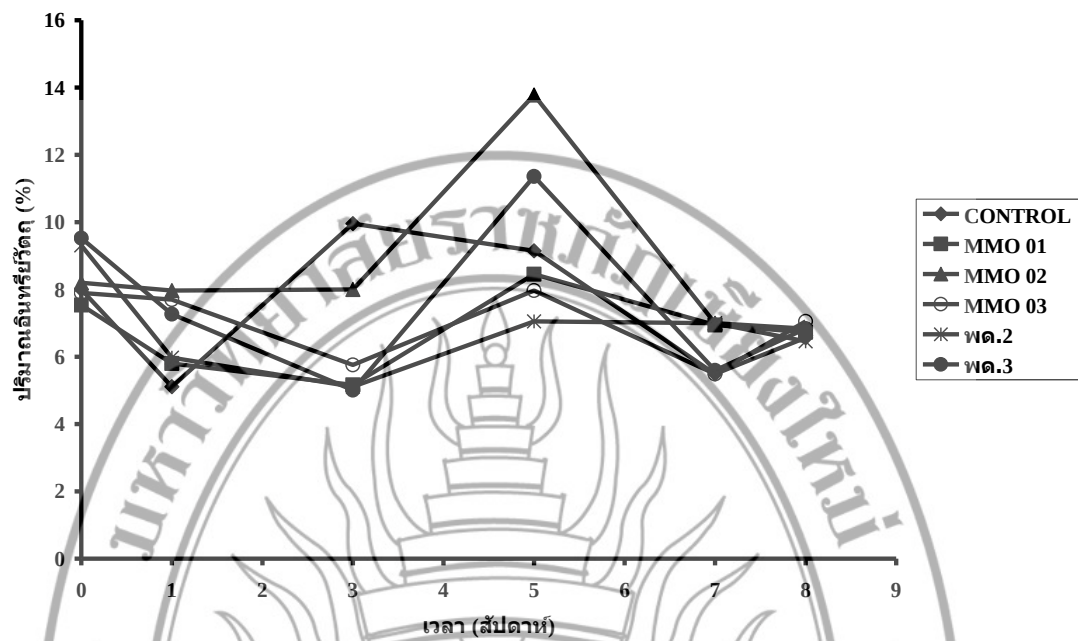
จะสังเกตได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารหลักทั้ง 3 ชนิด ในน้ำหมักทุกสูตรจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น และสูงสุดในสัปดาห์ที่ 5 ของการหมัก และหลังจากนั้นก็ลดลงเหมือนกัน ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารรองทั้งสองชนิดกลับมีปริมาณสูงสุดในสัปดาห์ที่ 3 ของการหมัก และลดลงไปเรื่อยๆ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหมักชีวภาพที่ได้จากการหมักด้วยหัวเชื้อทั้ง 5 สูตรนี้ พบว่า หัวเชื้อสูตร MMO-02 ทำให้การหมักเกิดธาตุอาหารเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมาคือหัวเชื้อ พด.3 โดยเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อ MMO-02 แล้วพบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส ทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด แคลเซียมทั้งหมด และแมกนีเซียมทั้งหมด เท่ากับ 13.78, 0.28, 0.08, 1.18, 0.24 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้หัวเชื้อสูตร MMO-02 นี้เป็นหัวเชื้อที่ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้พัฒนาขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้เป็นแหล่งของ จุลินทรีย์สายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์และแข็งแรงเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศ ไทย สามารถยับยั้งและกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียที่ก่อโรคได้หลายชนิด นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมของโคโคซานและ ฮอร์โมนจากผลไม้สุกคือ จิบเบอเรลลิน ซาโตโคนิน และซีเอดิน (www.iqs.mju.ac.th/IQS_PHP/index-10.html) ส่วนหัวเชื้อ พด.3 นั้นหน่วยงานผู้ผลิตได้ให้มีส่วนผสมของจุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน โดยมีความสามารถป้องกันหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคพืชที่ทำให้เกิดอาการรากหรือโคนเน่า และแปรสภาพแร่ธาตุในดินบางชนิดให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ เชื้อ *Trichoderma* spp. และ *Bacillus* spp. (www.idd.go.th/menu_5wonder/pd_2.html) กรมพัฒนาที่ดินรายงานปริมาณธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละชนิดดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นว่าปริมาณ ธาตุฟอสฟอรัสในน้ำหมักผักผสมผลไม้ด้วยหัวเชื้อสูตร MMO-02 จากการวิจัยนี้ สูงกว่ามาตรฐานน้ำหมักผลไม้รวมแต่ต่ำกว่าน้ำหมักผัก ปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่ามาตรฐานน้ำหมัก ผักและผลไม้รวม ปริมาณแคลเซียมต่ำกว่ามาตรฐานน้ำหมักผักและผลไม้รวม ส่วนปริมาณ แมกนีเซียมสูงกว่ามาตรฐานน้ำหมักผลไม้รวมแต่ต่ำกว่าน้ำหมักผัก

อย่างไรก็ตามแม้จะมีปริมาณธาตุอาหารสูงในน้ำหมักชีวภาพ แต่เนื่องจากค่าความเป็น กรด-ด่าง ของน้ำหมักชีวภาพมีค่าค่อนข้างต่ำ ซึ่งจะส่งผลเสียต่อการดูดซึมแร่ธาตุอาหารไปใช้ ประโยชน์ของพืชได้ ดังนั้นหากจะนำไปใช้จริงอาจจะต้องทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างนี้ เสียก่อน รวมทั้งเจือจางให้ได้ค่า EC เหมาะสมกับระยะอายุของต้นพริกหวาน ซึ่งน่าจะอยู่ที่ไม่ เกิน 3.0 หากไม่ปรับค่า pH แล้ว จะส่งผลเสียต่อการเจริญของพืชเป็นอย่างมาก ดังที่ปฐพีชล

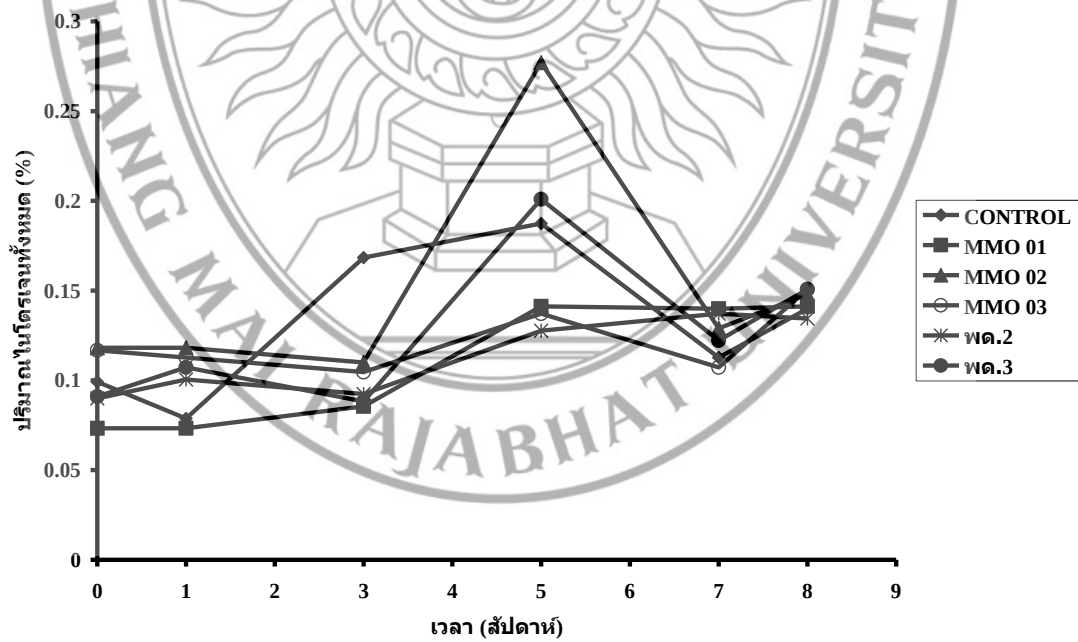
(2551) ได้รายงานไว้ว่า pH ที่ต่ำเกินไปจะทำให้ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม ถูกชะล้างออกจากดินหรือวัสดุปลูกได้ง่าย ส่วนฟอสฟอรัสก็จะถูกตรึงไว้ในรูปเหล็กและอะลูมิเนียม ฟอสเฟต ซึ่งดูดซึมไปใช้ได้ยาก ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารที่จะถูกพืชดูดซึมไปใช้ได้ก็จะน้อยลง

ดังนั้นจากผลการศึกษาในส่วนนี้ ที่พบว่าหัวเชื้อสูตร MMO-02 ช่วยให้การเจริญของ จุลินทรีย์ภายในน้ำหมัก และปริมาณธาตุอาหารสูงขึ้นมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หัวเชื้อ ชนิดอื่น จึงได้คัดเลือกหัวเชื้อสูตร MMO-02 มาใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพจากผักและผลไม้ เพื่อใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีที่ให้กับต้นพริกหวานในระบบไฮโดรโปนิกส์ต่อไป แต่ก็ควรต้องมีการปรับสภาพน้ำหมักให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

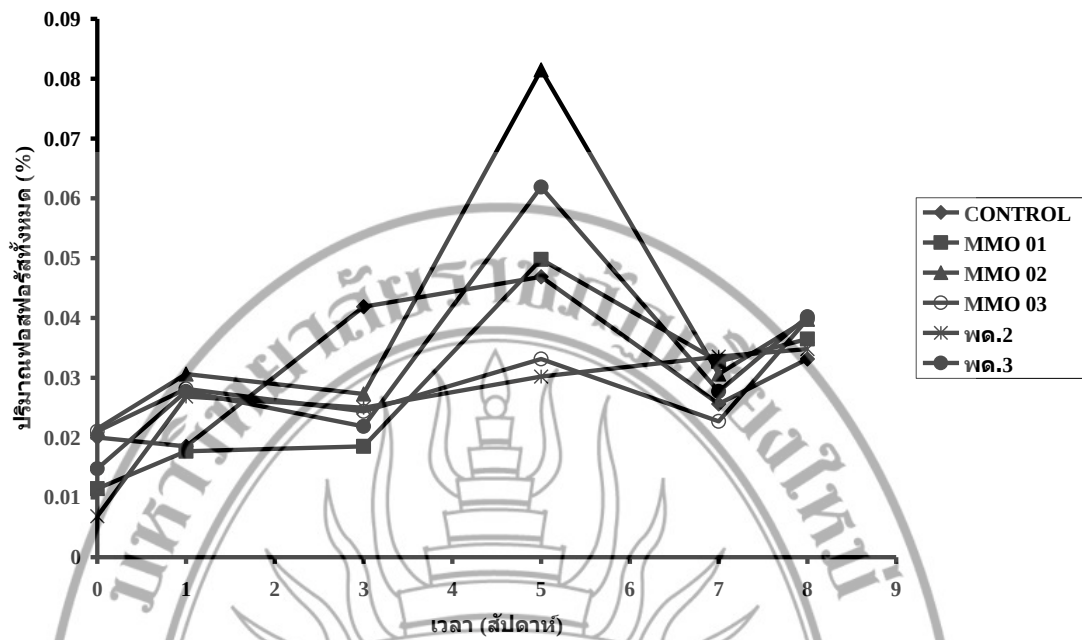




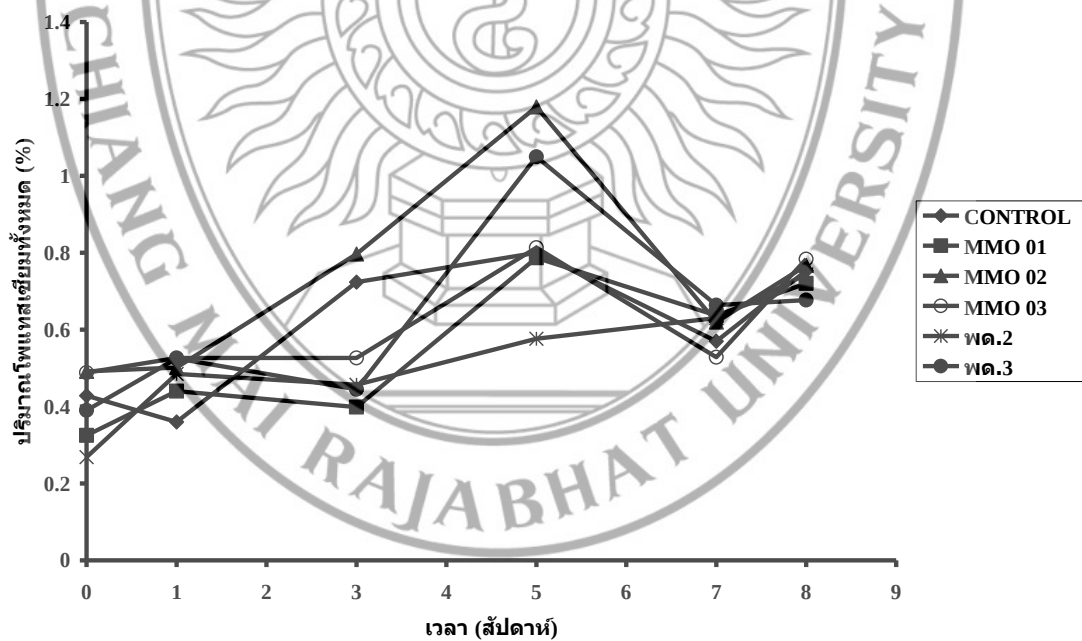
ภาพที่ 17 ปริมาณไนไตรต์ที่ลดลงในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ



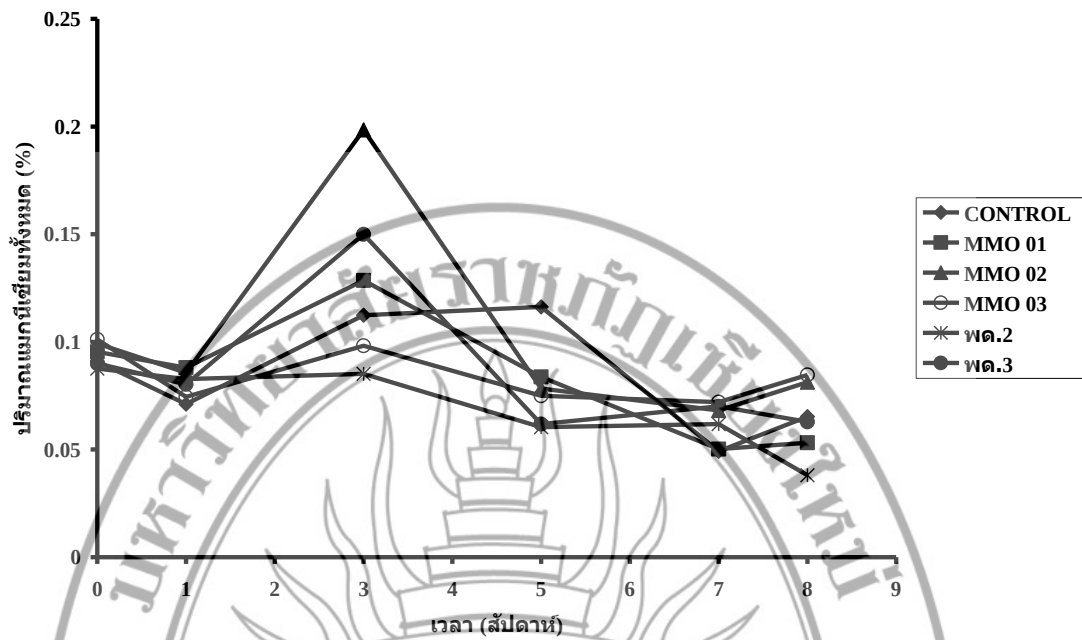
ภาพที่ 18 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ



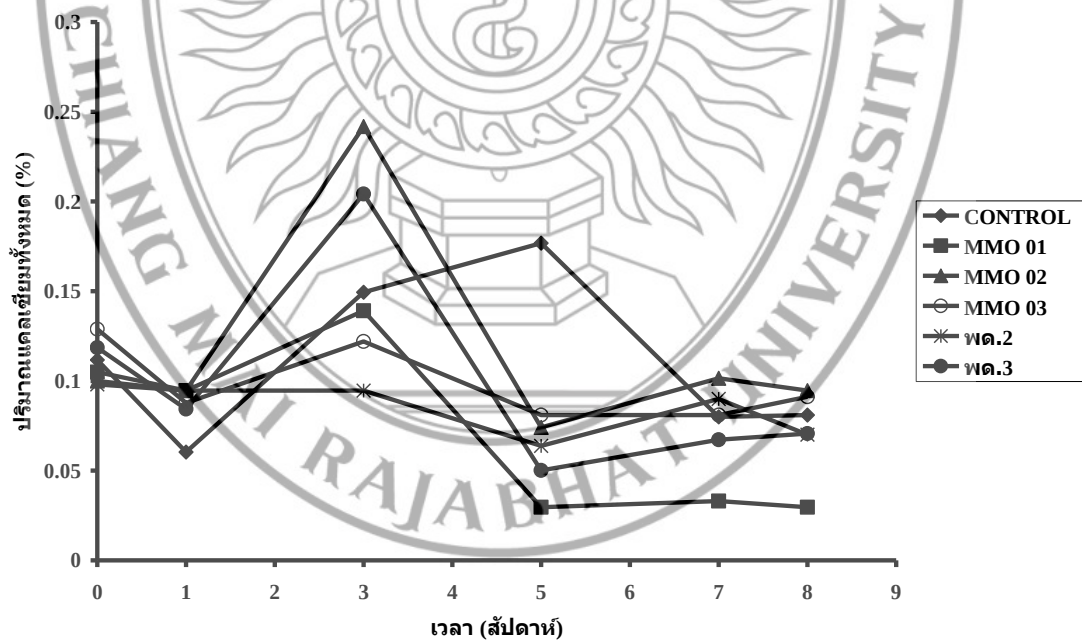
ภาพที่ 19 ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ



ภาพที่ 20 ปริมาณโพแทสเซียมในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ



ภาพที่ 21 ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมดในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ

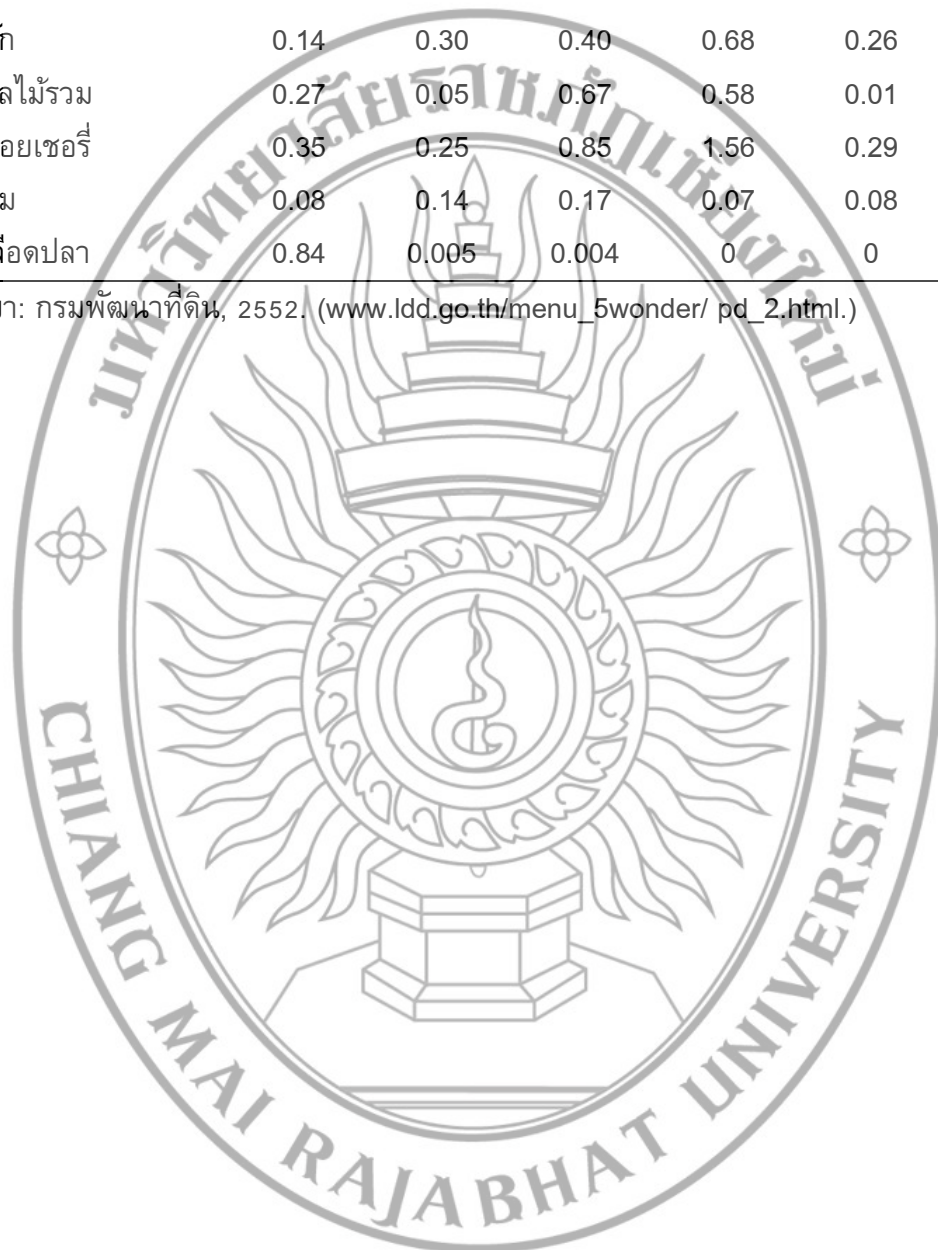


ภาพที่ 22 ปริมาณแคลเซียมในน้ำหมักชีวภาพเมื่อหมักด้วยหัวเชื้อชนิดต่างๆ

ตารางที่ 5 ปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์น้ำแต่ละชนิด

ชนิดปุ๋ยน้ำหมัก	ธาตุอาหาร (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
ปลา	0.98	1.12	1.03	1.66	0.24	0.20
ผัก	0.14	0.30	0.40	0.68	0.26	0.27
ผลไม้รวม	0.27	0.05	0.67	0.58	0.01	0.17
หอยเชอรี่	0.35	0.25	0.85	1.56	0.29	0.15
นม	0.08	0.14	0.17	0.07	0.08	0.17
เลือดปลา	0.84	0.005	0.004	0	0	0

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2552. (www.idd.go.th/menu_5wonder/pd_2.html.)



4.5 การทดสอบใช้น้ำหมักชีวภาพในการปลูกพริกหวานด้วยระบบไฮโดรโปนิค

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลของน้ำหมักชีวภาพกรรมวิธีต่าง ๆ เปรียบเทียบกับ น้ำเปล่า และปุ๋ยเคมี รวม 6 กรรมวิธี นาน 4 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพ ส่งผลต่อการเจริญและพัฒนาการของพริกหวานแตกต่างกัน (ตารางที่ 6, ภาพที่ 23) กล่าวคือ เมื่อพิจารณาจากลักษณะใบและลำต้น พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำหมักมากขึ้น ต้นกล้าอ่อนเกิดอาการเหี่ยวเฉาและตายลงจำนวนมาก โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักเจือจาง 8 เท่า ซึ่งมีต้นกล้าพริกหวานตายมากถึง 19 ต้น และกรรมวิธีที่ใช้น้ำหมักผสมน้ำหมักเจือจาง 8 เท่า พบตาย 1 ต้น ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการทดลอง ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ต้นกล้าพริกหวานสามารถเจริญเติบโตได้ในทุกกรรมวิธี โดยมีจำนวนต้นที่รอดชีวิตไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 7) ในกรรมวิธีอื่นๆ พริกหวานสามารถมีชีวิตรอดได้ในสภาวะการทดลองนี้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของทิพวรรณ (2549) ที่ใช้น้ำหมักชีวภาพจากขี้ไก่ 20 ผสมกับรำละเอียด 30 กิโลกรัม หมักนาน 1 สัปดาห์ ทดสอบกับผักฮ่องเต้ พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ให้ผลดีอยู่ระหว่างการเจือจางที่ 20-40 เท่า และยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีได้ดี



ภาพที่ 23 ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นพริกหวานในระบบไฮโดรโปนิค นาน 4 สัปดาห์ ในกรรมวิธีต่างๆ ได้แก่ a) ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจือจาง 16 เท่า ในอัตราส่วน 1:1 b) น้ำเปล่า c) น้ำหมักเจือจาง 32 เท่า d) ปุ๋ยเคมี e) น้ำหมักเจือจาง 16 เท่า f) น้ำหมักเจือจาง 8 เท่า

พริกหวานเริ่มออกดอกตั้งแต่สัปดาห์แรกหลังการย้ายปลูกในทุกกรรมวิธี ส่วนการติดผลเห็นชัดเจนในสัปดาห์ที่ 3 (ตารางที่ 6) ซึ่งเห็นว่าน้ำหมักชีวภาพไม่ทำให้การออกดอกผิดปกติ

ตารางที่ 6 ลักษณะใบและลำต้นพริกหวานในแต่ละสัปดาห์ที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่างๆ นาน 4 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	อาการของพริกหวาน					
	น้ำ	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจือจาง 8 เท่า	น้ำหมักเจือจาง 8 เท่า	น้ำหมักเจือจาง 16 เท่า	น้ำหมักเจือจาง 32 เท่า
1 (7 มิ.ย. 52)	ลำต้นเล็กใบสีออกเหลืองๆ	ลำต้นสมบูรณ์ ใบเขียว เริ่มแตกกิ่ง	ต้นโตไม่เท่ากัน ใบเล็กกว่าปุ๋ยเคมี	ตาย 12 ต้น ต้นเล็กใบเล็กเขียวเข้ม	ลำต้นสมบูรณ์ใบเขียว	ลำต้นสมบูรณ์ใบเขียว
2 (13 มิ.ย. 52)	*ใบเหลือง บางต้นเริ่มตูมดอก	***ใบใหญ่ เริ่มตูมดอก	**ลำต้นเล็กกว่าปุ๋ยเคมี ใบเขียวขึ้น เริ่มตูมดอก	*ต้นแกร็น เขียวเข้ม เริ่มตูมดอก	**บางต้นใบเหี่ยว บางต้นเริ่มตูมดอก	**ลำต้นสมบูรณ์ใบเขียว บางต้นเริ่มตูมดอก
3 (15 มิ.ย. 52)	*ดอกเหี่ยวเฉา ติดผล บางต้น	ติดผลบางต้น ผลสมบูรณ์	ติดผลบางต้น ผลเล็ก	ติดผลแต่ผลขนาดเล็กมาก	ใบเหี่ยวเพิ่ม และเหลือง เริ่มติดผล	ลำต้นสมบูรณ์ใบเขียว
4 (25 มิ.ย. 52)	ผลไม่สมบูรณ์ แคระแกร็น	ผลโต ขยาย ขนาดขึ้น	ผลโต ขยาย ขนาดขึ้นแต่เล็กกว่าปุ๋ยเคมี	ผลบิดเบี้ยว ผิดปกติ ต้นแคระ	ผลโตปกติ ขยายขนาด บางผล ผิดปกติ	ลำต้นสมบูรณ์ใบเขียว ติดผลปกติ

*ออกดอก 1 ช่อ, ** ออกดอก 2-4 , *** ออกดอกมากกว่า 4

ตารางที่ 7 จำนวนต้นพริกหวานที่มีชีวิตรอดและตายที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่างๆ นาน 4 สัปดาห์

สัปดาห์ที่	จำนวนต้นพริกหวานที่ตายหรือย้ายออกจากโรงเรือน					
	น้ำ	ปุ๋ยเคมี	ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจี๊ยบ 8 เท่า	น้ำหมักเจี๊ยบ 8 เท่า	น้ำหมักเจี๊ยบ 16 เท่า	น้ำหมักเจี๊ยบ 32 เท่า
1 (7 มิ.ย. 52)	1*	0	1	12	1*	0
2 (13 มิ.ย. 52)	0	0	0	4*	0	0
3 (15 มิ.ย. 52)	0	0	0	0	0	0
4 (25 มิ.ย. 52)	0	0	0	0	0	0
จำนวนต้นที่มีชีวิตรอด	24	25	24	9	24	25

*ตายหรือโรคและแมลงรบกวนต้องย้ายออกจากโรงเรือน

ในการทดลองนี้มีโรคราแป้งและแมลงหนอนรบกวนต้นพริกหวาน ทำให้สูญเสียต้นกล้าในการทดลองเนื่องจากต้องย้ายต้นที่เป็นโรคออกจากโรงเรือน เพื่อลดปัจจัยอื่นที่จะส่งผลต่อการเจริญของพริกหวาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดโรคและแมลงให้ทั่วทุกต้น (ตารางที่ 8) จำนวน 6 ครั้ง ในช่วงระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ไม่สามารถกำจัดหนอนและราแป้งได้อย่างถาวร ต้องมีการฉีดพ่นซ้ำในช่วงเริ่มต้นของการแพร่ระบาด ผลลัพธ์ที่ไปว่าได้ใช้ได้ดีในการกำจัดราแป้ง พบว่าโรคลดลงอย่างเห็นได้ชัดหลังฉีดพ่น

ตารางที่ 8 บันทึกการใช้สารเคมีกำจัดโรคและแมลงในการปลูกพริกหวานนาน 4 สัปดาห์

วันที่	เวลา	สารเคมี	ปริมาณ
3 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน เค้าท์ดาว (คาบาเม็กติน)	3 ซีซี น้ำ 4 ลิตร
7 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน เค้าท์ดาว (คาบาเม็กติน)	3 ซีซี น้ำ 4 ลิตร
13 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน คาโบซัลแฟน+ยาฆ่ารา แป้งโปรว่าโด	10 ซีซี ½ ชอง น้ำ 5 ลิตร
14 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน คาโบซัลแฟน+ยาฆ่ารา แป้งโปรว่าโด	10 ซีซี ½ ชอง น้ำ 5 ลิตร
18 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน เค้าท์ดาว +ยาฆ่าราแป้ง โปรว่าโด	10 ซีซี ½ ชอง น้ำ 6 ลิตร
23 มิ.ย. 52	6.30 น.	พ่นยาฆ่าหนอน แร่นด้อม	10 ซีซี น้ำ 5 ลิตร

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของน้ำหมักชีวภาพต่อน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนผลของพริกหวาน (ตารางที่ 9) พบว่า การเจือจางน้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้น 16 เท่า และ 32 เท่า ให้ผลของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งดีกว่าการเจือจางน้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้น 8 เท่า และดีกว่าชัดเจนเมื่อเทียบกับน้ำแต่ให้ผลด้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักที่เจือจาง 8 เท่าให้ผลของน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกับการใช้น้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้น 8 เท่า และน้ำ แต่น้อยกว่าน้ำหมักชีวภาพที่เจือจาง 16 เท่า และ 32 เท่า และการใช้ปุ๋ยเคมี สำหรับการติดผลของพริกหวาน (ตารางที่ 9) พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีให้จำนวนผลมากที่สุด (5 ผล) รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจือจาง 8 เท่า และการใช้น้ำหมักชีวภาพที่ความเข้มข้น 16 เท่า และ 32 เท่า

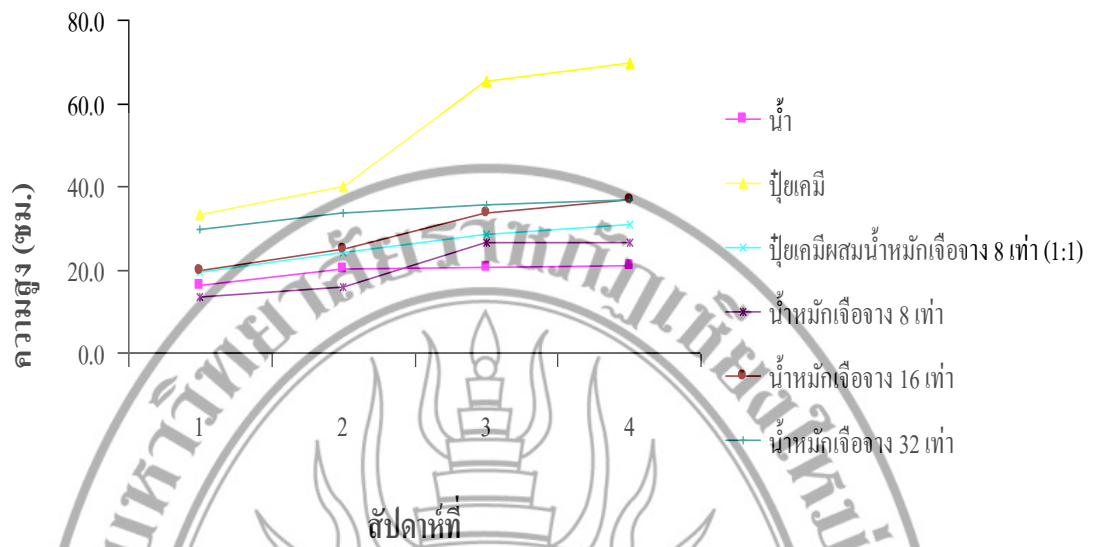
ตารางที่ 9 น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนผลของพริกหวานที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (กรัม)	จำนวนผลพริก
น้ำ	12.17±4.02 ^{b*}	2.20±0.66 ^{ab}	0.20±0.41 ^a
ปุ๋ยเคมี	783.69±418.96 ^a	52.30±27.77 ^d	5.08±3.07 ^c
ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจือจาง 8 เท่า	106.21±40.35 ^a	8.63±2.42 ^a	1.84±1.18 ^b
น้ำหมักเจือจาง 8 เท่า	9.48±12.76 ^b	1.31±1.74 ^a	0.08±0.28 ^a
น้ำหมักเจือจาง 16 เท่า	88.04±34.00 ^b	8.30±2.31 ^{bc}	1.40±1.00 ^b
น้ำหมักเจือจาง 32 เท่า	91.50±22.08 ^b	10.68±1.18 ^c	1.32±0.99 ^b

*ตัวอักษรในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วย Duncan test

ความสูงเฉลี่ยที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่าง ๆ นาน 4 สัปดาห์ (ภาพที่ 24) พบว่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ในทุกกรรมวิธี สามารถเห็นการเจริญเติบโตได้ชัดเจนจากความความสูงที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 และในสัปดาห์ที่ 4 ความสูงเฉลี่ยของพริกหวานมากที่สุดในการใช้ปุ๋ยเคมี (69.9 เซนติเมตร) รองลงมาคือน้ำหมักชีวภาพที่เจือจาง 32 เท่า (69.9 เซนติเมตร) และ 16 เท่า (69.9 เซนติเมตร) ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักที่เจือจาง 8 เท่า (31 เซนติเมตร) และน้ำหมักที่เจือจาง 8 เท่า (26.7 เซนติเมตร) ตามลำดับ และน้อยที่สุดคือน้ำ (21.2 เซนติเมตร)

ส่วนค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลายก้นถุงของพริกหวาน (ภาพที่ 25) พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 ในทุกกรรมวิธี น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยมากที่สุด และน้อยที่สุดคือน้ำหมักที่เจือจาง 32 เท่า การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักที่เจือจาง 8 เท่า มีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน แต่การเจริญเติบโตต่างกันมาก อานัฐ (2549) กล่าวว่า ค่าการนำไฟฟ้ามีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยพืชแต่ละช่วงชีวิตต้องการค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เช่น ช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางต้นและใบควรมีค่าการนำไฟฟ้าที่ 1.5 mS/cm ช่วงออกดอก 2.0 mS/cm ช่วงติดผล 3.0 mS/cm เป็นต้น ซึ่งในการทดลองนี้ค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก



ภาพที่ 24 ความสูงเฉลี่ยของพริกหวานที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่างๆ นาน 4 สัปดาห์



ภาพที่ 25 ค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยของสารละลายกันถุงพริกหวานที่ปลูกทดสอบในกรรมวิธีต่างๆ นาน 4 สัปดาห์

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในต้นพริกหวาน (ตารางที่ 10) พบว่า ไนโตรเจนมีความแตกต่างกันมากในทุกกรรมวิธี ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีมีการสะสมมากที่สุด (4.17%) และน้อยที่สุดคือน้ำ ซึ่งเกิดอาการเหลืองทั้งต้น (มงคลและศรีจิตร, 2552) ฟอสฟอรัสพบมากเกือบทุกกรรมวิธีที่ใช้ให้น้ำหมักชีวภาพ และพบน้อยที่สุดในการใช้ปุ๋ยเคมี การใช้น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มส่งผลต่อการสะสมโพแทสเซียมในต้นเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับธาตุอาหารรอง พบว่าการให้น้ำเพียงอย่างเดียวมีปริมาณแคลเซียมมากที่สุด และพบน้อยที่สุดในการใช้น้ำหมักที่เจือจาง 8 เท่า ในขบวนการ นอกจากนี้พบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในต้นพริกหวาน ในการวิเคราะห์พบมากที่สุดในการใช้ปุ๋ยเคมีและพบน้อยที่สุดในการใช้น้ำ

ในการวิเคราะห์ธาตุอาหารพบว่า แคลเซียมและโพแทสเซียมมีค่าไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งสองเป็นธาตุที่เกี่ยวข้องกับการยับยั้งการดูดซึมโซเดียมไอออน ช่วยเพิ่มการดูดซึมน้ำหรือทนต่อภาวะแห้งแล้งได้ (Rubio และคณะ, 2003)

ตารางที่ 10 ปริมาณธาตุไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่สะสมในต้นพริกหวานในกรรมวิธีต่างๆ ที่ปลูกทดสอบนาน 4 สัปดาห์ ในระบบไฮโดรโปนิกส์

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารในต้นพริกหวาน* (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
น้ำ	1.00 ^a	0.79 ^c	5.80 ^{ab}	4.21 ^e	0.50 ^a
ปุ๋ยเคมี	4.17 ^f	0.53 ^a	6.82 ^c	3.89 ^d	1.15 ^c
ปุ๋ยเคมีผสมน้ำหมักเจือจาง 16 เท่า (1:1)	2.36 ^e	0.69 ^{bc}	6.35 ^{bc}	3.19 ^b	0.72 ^b
น้ำหมักเจือจาง 8 เท่า	1.77 ^d	0.67 ^b	6.75 ^c	2.87 ^a	0.54 ^b
น้ำหมักเจือจาง 16 เท่า	1.52 ^c	0.80 ^c	5.67 ^a	3.47 ^{bc}	0.49 ^b
น้ำหมักเจือจาง 32 เท่า	1.30 ^b	0.69 ^{bc}	5.56 ^a	3.66 ^{cd}	0.54 ^b

*ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็กในแต่ละคอลัมน์แสดงค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วย Duncan test

ปัจจัยทางกายภาพหลายปัจจัยในระบบไฮโดรโปนิกส์ เช่น ค่าการนำไฟฟ้า ค่าความเป็นกรดต่าง ธาตุอาหาร และอื่นๆ ล้วนเกี่ยวเนื่องกันในการส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การหาสภาวะที่เหมาะสมได้จะสามารถเพิ่มปริมาณการผลิตได้ (สมบุญ, 2544) ในการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าน้ำหมักชีวภาพที่ปริมาณความเข้มข้นต่ำสามารถทำให้พริกหวานมีการเจริญ และพัฒนาการตามปกติ และให้ผลผลิตได้ แม้ว่าผลผลิตจะไม่มากเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีก็ตาม แต่ก็มีความปลอดภัยสูง และที่สำคัญมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าปุ๋ยเคมีมาก ดังนั้นน้ำหมักชีวภาพมีแนวโน้มอันดีใการช่วยลดและ/หรือทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีได้ แต่ต้องศึกษาถึงความเข้มข้นที่เหมาะสมในการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อไป

