บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การคัดแยกจุลินทรีย์จากรากพืชบริเวณดินกรดจัด

3.1.1 สมบัติทางเคมี-กายภาพของตัวอย่างดินกรดจัด

จากการเก็บตัวอย่างดินกรดจัด และดินเค็มที่เป็นกรดจัดมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่า ดินกรดจัดจากจังหวัดนราธิวาส และจากบ้านเหมืองจากมีความเป็นกรดด่างต่ำ (2.94 และ 3.69) ส่วนบ้านท่านางหอม และบริเวณบริเวณบ้านบางเตง จะมีความเป็นกรดด่างค่อนข้างสูง (4.81 และ 5.01) และในดินเค็มที่เป็นกรดจัด (บริเวณบ้านท่านางหอม) มีค่าการนำไฟฟ้าและเบสที่แลกเปลี่ยนได้ (exchable Ca, Mg, K และ Na) สูง และในดินทุกบริเวณมีค่าอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก ในดินกรดจัดจากนราธิวาสจะมีค่าอินทรียวัตถุสูงมาก (362.41 กรัมต่อกิโลกรัม) และในดินตัวอย่างทุกตัวอย่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (0.38-2.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางเคมี-กายภาพของตัวอย่างดินกรดจัดที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร

สมบัติทางเคมี-กายภาพ	บ้านเหมืองจาก อ.ปากพะยูน	บ้านบางเตง อ.ปากพะยูน	บ้านท่านางหอม อ.หาดใหญ่	ต.โคกกระดูกหมู อ.เมืองนราธิวาส
pH (1:5)	3.69	5.01	4.81	2.94
EC* (1:5) (dS m^{-1})	1.27	3.26	8.14	2.72
exchangeable Ca ($cmol_c$ kg^{-1})	1.00	7.52	4.77	6.04
exchangeable Mg ($cmol_c$ kg^{-1})	6.33	18.24	20.74	4.49
exchangeable K ($cmol_c$ kg^{-1})	0.59	1.98	4.37	0.73
exchangeable Na ($cmol_c$ kg^{-1})	1.68	1.82	3.73	0.09
exchangeable Al ($cmol_c$ kg^{-1})	9.87	6.59	7.73	13.33
Organic matter (g kg^{-1})	35.96	89.74	52.35	362.41
available P (mg kg^{-1})	0.38	1.72	0.91	2.17

*EC = ค่าการนำไฟฟ้า; electrical conductivity

3.1.2 จุลินทรีย์จากดินและดินเขตอิทธิพลของราก

จากการคัดแยกจุลินทรีย์จากดิน และดินเขตอิทธิพลของรากที่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณดินกรดจัด และดินเค็มที่เป็นกรดจัด พบว่า ไม่พบจุลินทรีย์ในดินที่สามารถเจริญอยู่ได้บนอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ แต่จะพบเชื้อจุลินทรีย์ที่มีลักษณะต่างๆกันที่ คัดแยกออกมาจากดินเขตอิทธิพลของราก สามารถเจริญได้บนอาหารแข็งสูตร modified Pikovskaya ที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ทั้งหมด 12 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3.2) ซึ่งคัด-แยกมาได้จากดินเขตอิทธิพลของรากเสม็ดขาว (*Melaleuca cajuputi*) และกก (*Scleria sumatrensis*) เมื่อนำไปเทียบเคียงลำดับเบส พบว่า มีจุลินทรีย์ 3 สกุล คือ เชื้อแบคทีเรีย *Acidocella* sp. 8 สายพันธุ์ แบคทีเรีย *Burkholderia* sp. 3 สายพันธุ์ และยีสต์ *Ustilago* sp. 1 สายพันธุ์

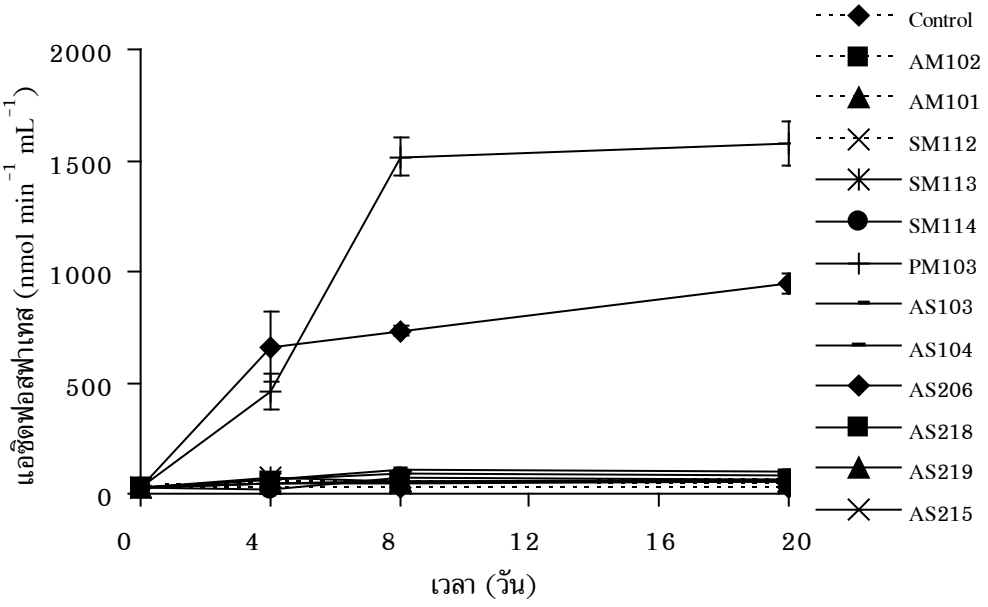
ตารางที่ 3.2 จุลินทรีย์ที่เจริญบนอาหารแข็งสูตร modified Pikovskaya ที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์

ชนิดพืช	พื้นที่ที่เก็บตัวอย่าง	สกุลของจุลินทรีย์	ชนิดของจุลินทรีย์	รหัส
เสม็ดขาว	บ้านเหมืองจาก	*Burkholderia tropicalis*	แบคทีเรีย	AM102
(*Melaleuca cajuputi*)	บ้านเหมืองจาก	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	AM101
	บ้านท่านางหอม	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	SM112
	บ้านท่านางหอม	*Burkholderia* sp.	แบคทีเรีย	SM113
	บ้านท่านางหอม	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	SM114
	โคกกระดูกหมู	*Ustilago* sp.	ยีสต์	PM103
กก	บ้านเหมืองจาก	*Burkholderia* sp.	แบคทีเรีย	AS103
(*Scleria sumatrensis*)	บ้านเหมืองจาก	*Acidocella rubrifacience*	แบคทีเรีย	AS104
	บ้านบางเตง	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	AS206
	บ้านบางเตง	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	AS218
	บ้านบางเตง	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	AS219
	บ้านบางเตง	*Acidocella* sp.	แบคทีเรีย	AS215

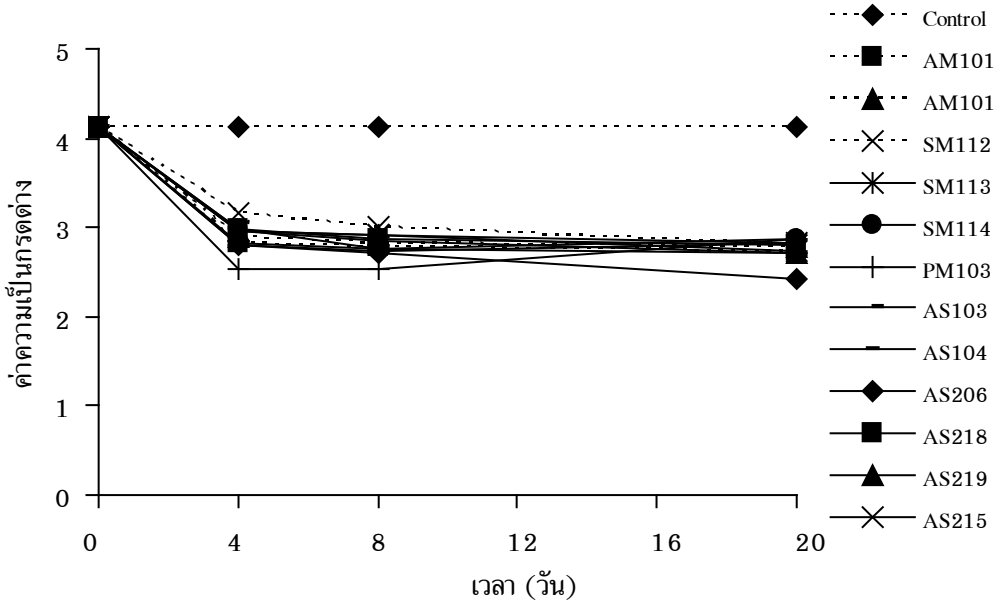
3.2 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส

3.2.1 กิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของจุลินทรีย์

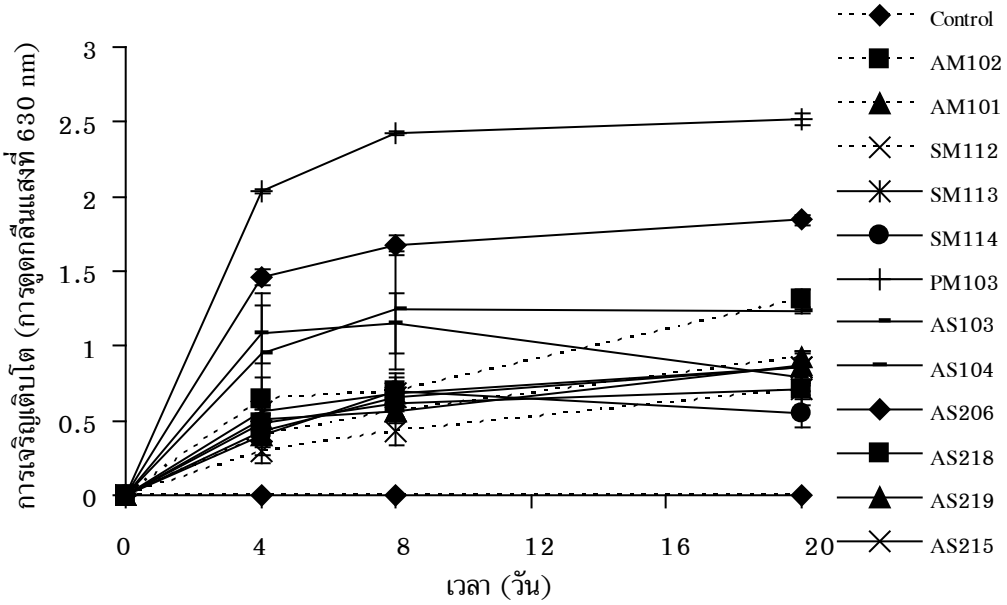
จากการศึกษากิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของจุลินทรีย์ พบว่า เชื้อ *Acidocella* sp. AS206 มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงสุด (660.74 nmol min^{-1} mL^{-1}) ในช่วงเวลา 4 วันแรก จากนั้นกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น ในขณะที่เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีกิจกรรมเอนไซม์สูงสุด โดยจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเวลาผ่านไปตั้งแต่ 8 วัน และเมื่อเวลาผ่านไป 20 วัน เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงสุด (1,577 nmol min^{-1} mL^{-1}) ส่วนเชื้อชนิดอื่น ๆจะมีกิจกรรมเอนไซม์น้อยมาก และใกล้เคียงกับชุดควบคุม (control) (รูปที่ 3.1) ส่วนความเป็นกรดด่างของอาหารในขณะที่เลี้ยงเชื้อ พบว่า ความเป็นกรดด่างของอาหารลดลงในลักษณะเดียวกันทุกชนิดจุลินทรีย์ คือ ในช่วง 6 วันแรก ความเป็นกรดด่างลดลงเร็วมากโดยเฉพาะเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีความเป็นกรดด่างต่ำสุด (2.54) หลังจากนั้นความเป็นกรดด่างลดลงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่ (รูปที่ 3.2) ในขณะเดียวกัน การเจริญเติบโตของเชื้อแต่ละชนิดเจริญเร็วหรือช้าต่างกันออกไปตามชนิดของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถพิจารณาจากค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีการเจริญเติบโตสูงสุด (ค่าการดูดกลืนแสง 2.519 เมื่อเลี้ยงไว้ 20 วัน) (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.1 กิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของเชื้อ เมื่อเลี้ยงไว้เป็นเวลา 20 วันในอาหารที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต



รูปที่ 3.2 ความเป็นกรดด่างที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเลี้ยงไว้เป็นเวลา 20 วันในอาหารที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต



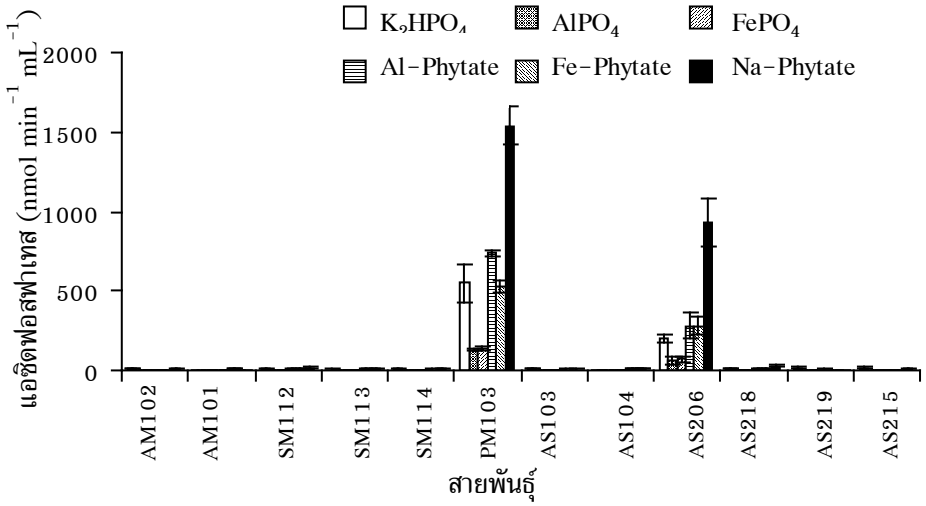
รูปที่ 3.3 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เมื่อเลี้ยงไว้เป็นเวลา 20 วันในอาหารที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต

3.2.2 การผลิตกรดอินทรีย์โดยจุลินทรีย์

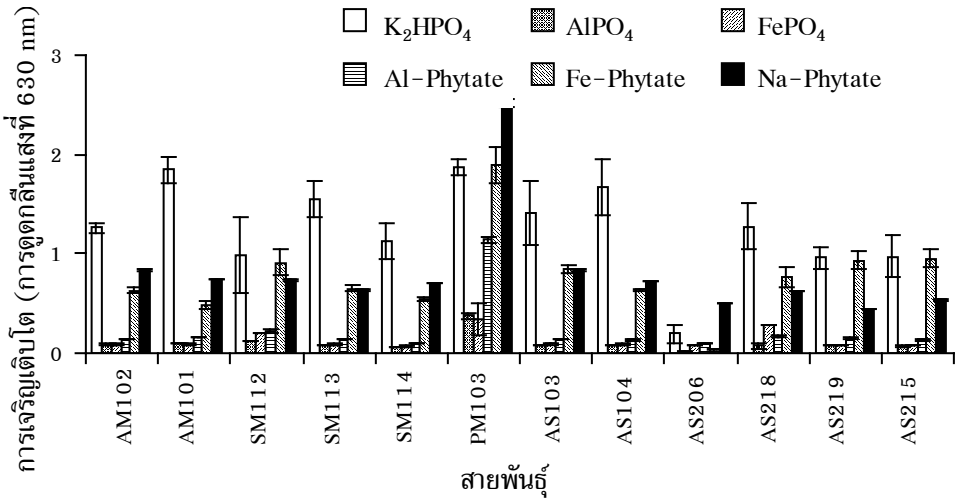
จากการศึกษาการผลิตกรดอินทรีย์ของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่คัดแยกมาได้ พบว่าไม่สามารถตรวจวัดกรดอินทรีย์ได้ โดยเครื่องคาปิลารีไอออนแอนนาไลเซอร์ ตั้งแต่เวลา 0 ถึง 14 วัน

3.2.3 ความสามารถในการใช้ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆโดยจุลินทรีย์

จากการศึกษา พบว่า เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ที่เลี้ยงในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทตมีกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงสุดถึง 1,576 nmol min^{-1} mL^{-1} (รูปที่ 3.4) ในขณะที่เชื้อ *Acidocella* sp. AS206 มีกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสสูงสุดเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมฟีเทต แต่กิจกรรมของเอนไซม์น้อยกว่าเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ในขณะที่เชื้อชนิดอื่นไม่แสดงกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส ส่วนการเจริญ เติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ที่เลี้ยงไว้ในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ง่าย (K_2HPO_4) จะดีกว่าอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปอื่น ๆ ยกเว้นเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 และ *Acidocella* sp. AS206 ที่สามารถเจริญในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทตได้ดีที่สุด (รูปที่ 3.5) แต่ *Ustilago* sp. PM103 มีการเจริญเติบโตดีกว่า



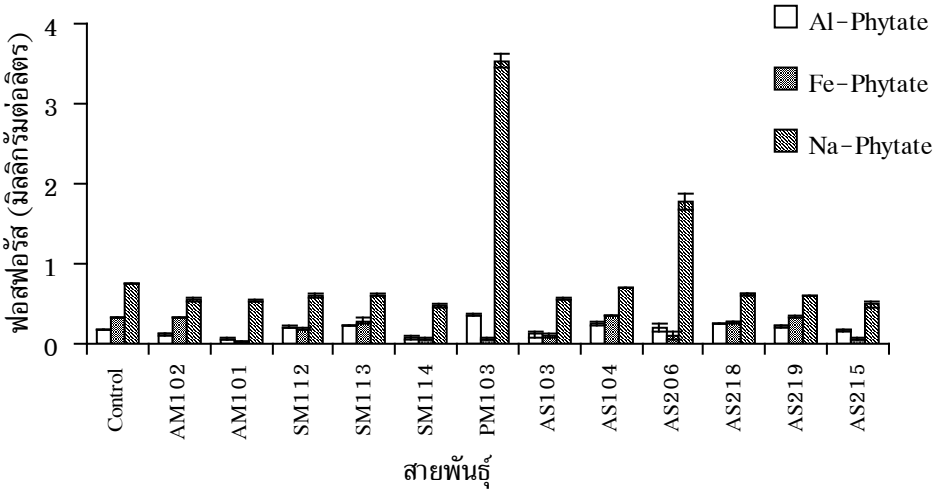
รูปที่ 3.4 กิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของเชื้อที่คัดแยกมาได้ เมื่อเวลาผ่านไป 20 วัน ในอาหารที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ



รูปที่ 3.5 การเจริญเติบโตของเชื้อที่คัดแยกมาได้ เมื่อเวลาผ่านไป 20 วัน ในอาหารที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปต่างๆ

3.2.4 การทดสอบการละลายของอินทรีย์ฟอสฟอรัสโดยจุลินทรีย์

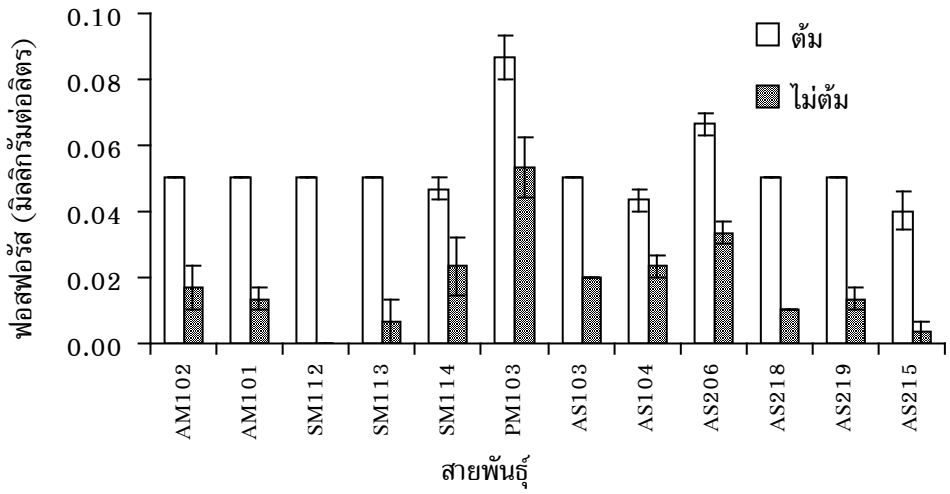
เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต ออกมามากที่สุด (3.530 ± 0.090 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในขณะที่การละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปไอรอน และอะลูมินัมไฟเทต พบว่า ไม่มีเชื้อที่คัดแยกมาได้ สามารถละลายฟอสฟอรัสออกมาจากอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปดังกล่าวได้ (รูปที่ 3.6)



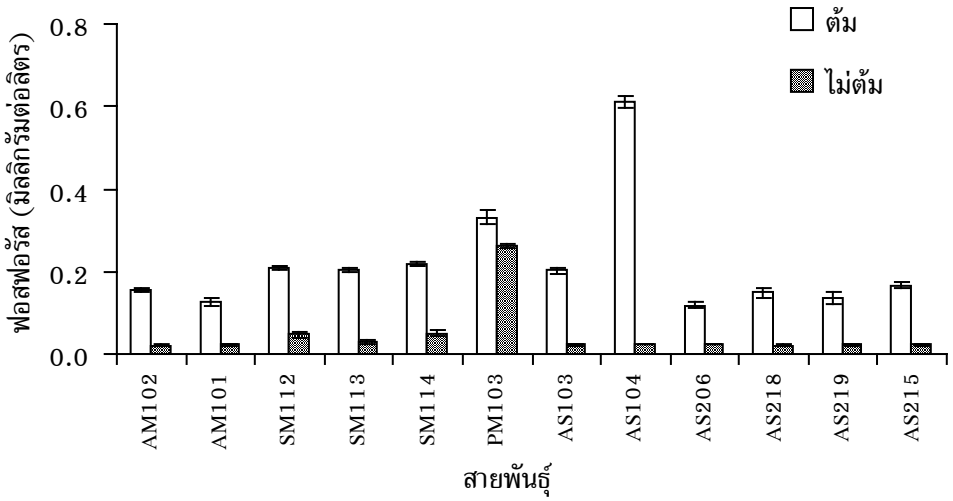
รูปที่ 3.6 การละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสโดยเชื้อที่คัดแยกมาได้หลังจากบ่มไว้ 14 ชั่วโมง

3.2.5 การทดสอบการละลายของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสโดยจุลินทรีย์

จากการศึกษาการละลายอะลูมินัมฟอสเฟต และไอรอนฟอสเฟตโดยจุลินทรีย์ พบว่า จุลินทรีย์ทั้งหมดสามารถละลายฟอสฟอรัสออกมาเพียงเล็กน้อย ในตำรับการทดลองที่นำจุลินทรีย์ทั้งหมดไปต้มทำให้มีฟอสฟอรัสในสารละลายสูงกว่าตำรับการทดลองที่ไม่นำจุลินทรีย์ไปต้ม โดยเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีฟอสฟอรัสละลายออกมาจากอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปอะลูมินัมฟอสเฟตในตำรับการทดลองที่ต้ม และไม่ต้มออกมาได้มากที่สุด (0.087 และ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) (รูปที่ 3.7) และพบว่าในอาหารที่เลี้ยงเชื้อที่มีฟอสฟอรัสในรูปไอ-รอนฟอสเฟต เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ที่ไม่ต้มจะมีฟอสฟอรัสมากที่สุด (0.260 มิลลิกรัมต่อลิตร) แต่เมื่อนำไปต้มแล้วนำส่วนใสไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัส พบว่า เชื้อ *Acidocella rubrifacience* AS104 จะมีฟอสฟอรัสในสารละลายมากที่สุด (0.610 มิลลิกรัมต่อลิตร) อย่างไรก็ตาม แม้ว่าเชื้อสามารถละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสออกมาได้ แต่เป็นปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ใส่ลงไป (5 มิลลิกรัมต่อลิตร) (รูปที่ 3.8) (การที่ไม่มีชุดควบคุม เนื่องจากได้ทำการทดสอบก่อนมาแล้ว และไม่พบฟอสฟอรัสแม้ว่าจะต้มหรือไม่ต้มก็ตาม)



รูปที่ 3.7 การละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปอะลูมินัมฟอสเฟตโดยเชื้อที่คัดแยกได้

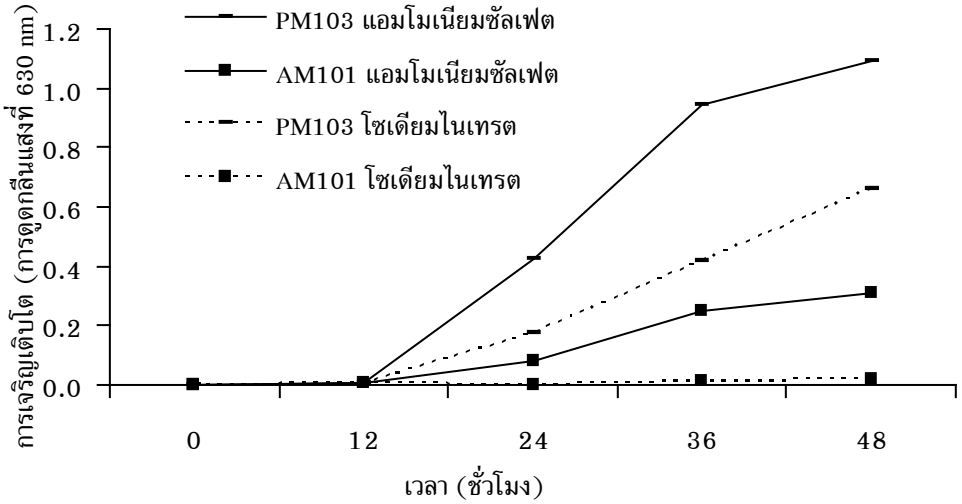


รูปที่ 3.8 การละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปไอรอนฟอสเฟตโดยเชื้อที่คัดแยกได้

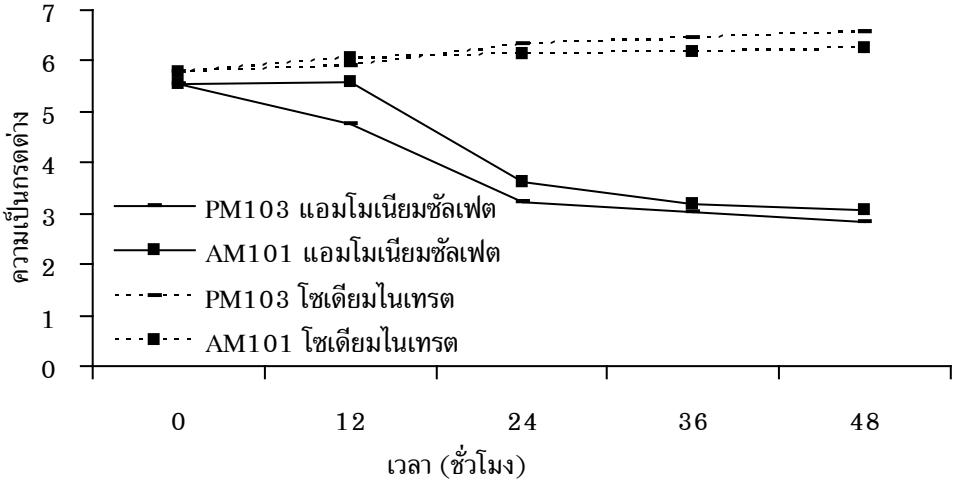
3.3 ผลของไนโตรเจนและแคตไอออนบางชนิดต่อการเจริญของจุลินทรีย์

3.3.1 รูปของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

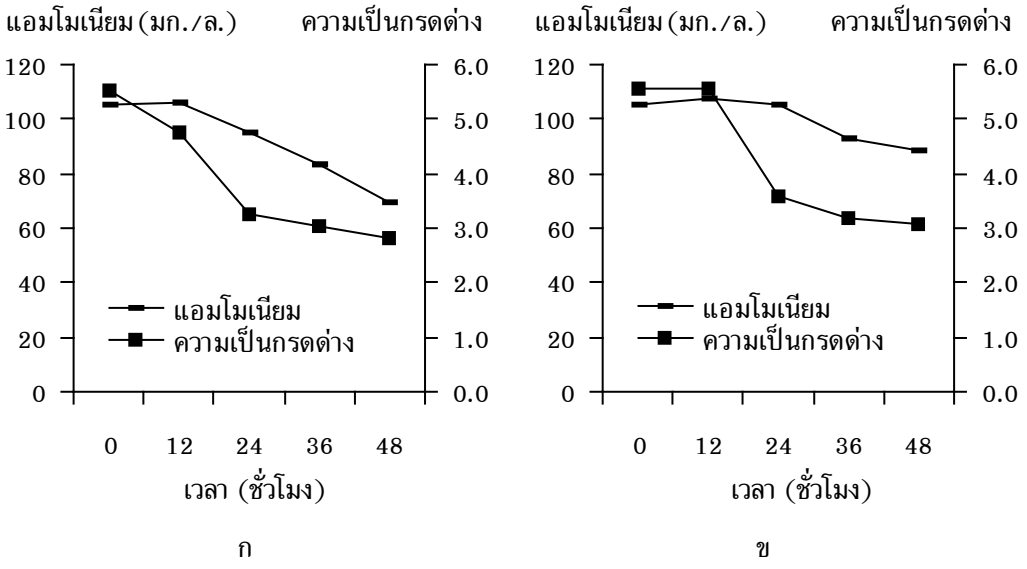
จุลินทรีย์ที่เลี้ยงในอาหารสูตร modified Pikovskaya ที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าอาหารที่ใช้ไนโตรเจนในรูปโซเดียมไนเทรต โดยใช้ช่วง 12 ชั่วโมงแรก จุลินทรีย์ในอาหารทั้ง 2 ชนิดยังไม่มีการเจริญเติบโต แต่หลังจาก 12 ชั่วโมง การเจริญเติบโตจะเห็นได้อย่างชัดเจน เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ที่เลี้ยงในอาหารที่ใช้แอมโมเนียมซัลเฟตมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (รูปที่ 3.9) และความเป็นกรดด่างในอาหารที่ใช้แอมโมเนียมซัลเฟตจะลดลง ในขณะที่อาหารที่ใช้โซเดียมไนเทรตจะไม่แสดงให้เห็นการลดลงของความเป็นกรดด่างในช่วง 48 ชั่วโมง ซึ่งการลดลงของความเป็นกรดด่างเริ่มแสดงให้เห็นเมื่อเวลาผ่านไป 12 ชั่วโมง โดยจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 12-24 ชั่วโมง และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงเวลา 48 ชั่วโมง (รูปที่ 3.10) และยังพบว่า ความเป็นกรดด่างในอาหารมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกับปริมาณแอมโมเนียมในอาหาร (รูปที่ 3.11) แต่การลดลงของความเป็นกรดด่างจะไม่สัมพันธ์กับปริมาณแคตไอออนที่เป็นเบส (โพแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม) ที่เปลี่ยนไปในอาหาร โดยปริมาณแคตไอออนมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก (รูปที่ 3.12)



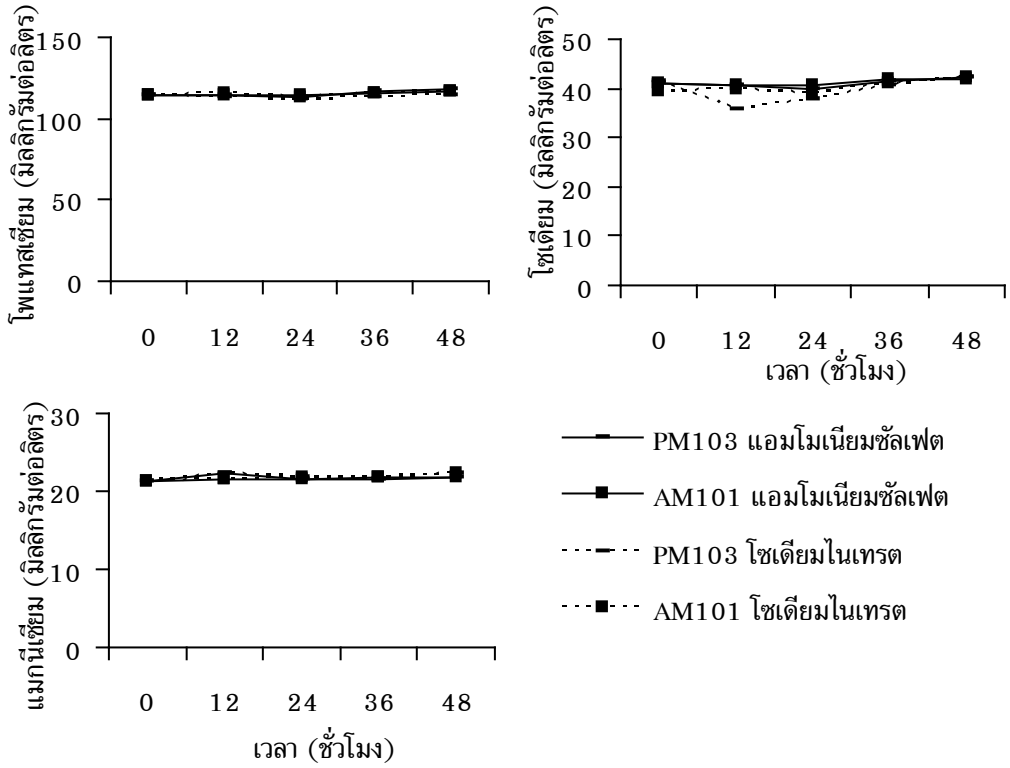
รูปที่ 3.9 การเจริญเติบโตของ *Acidocella* sp. AM101 และ *Ustilago* sp. PM103 ในอาหารที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้โซเดียมไนเทรต



รูปที่ 3.10 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างในอาหารที่เลี้ยง *Acidocella* sp. AM101 และ *Ustilago* sp. PM103 ในอาหารที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ใช้โซเดียมไนเทรต



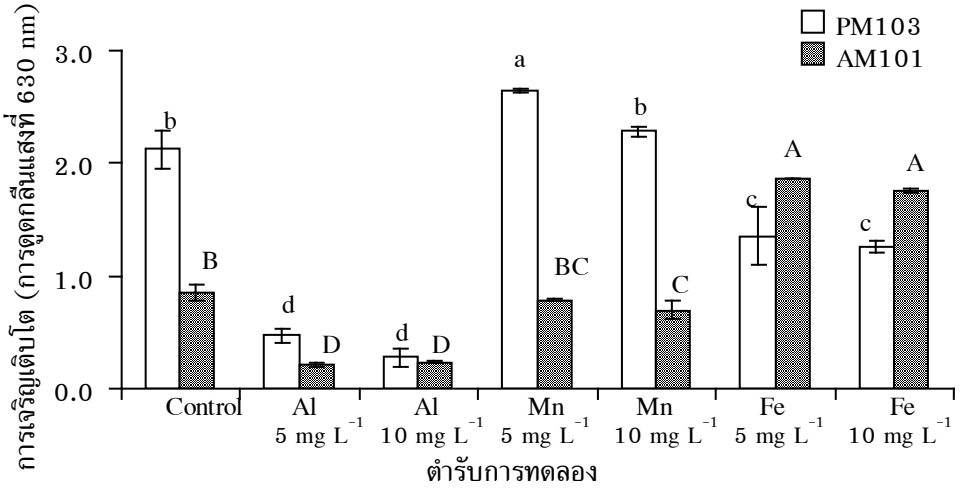
รูปที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมโมเนียมกับความเป็นกรดด่างที่เปลี่ยน-แปลงของ *Ustilago* sp. PM103 (ก) และ *Acidocella* sp. AM101 (ข) ในอาหารที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟต



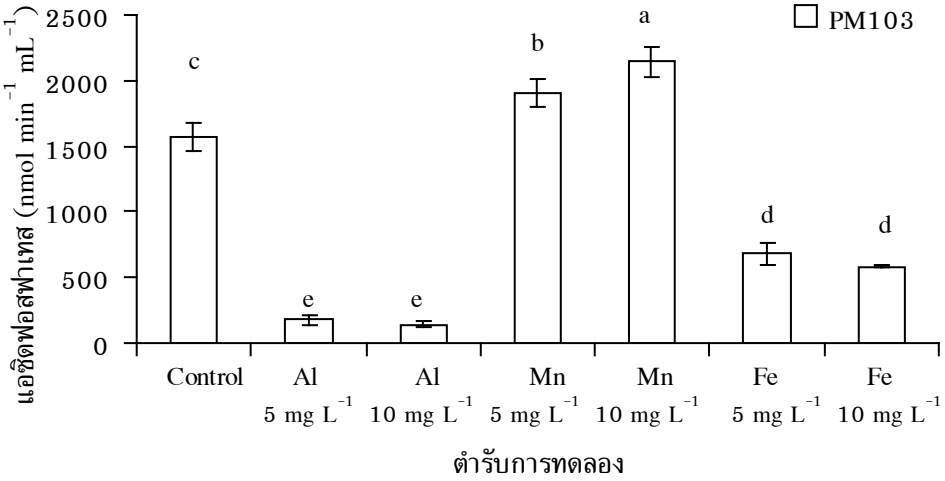
รูปที่ 3.12 ความเข้มข้นของแคตที่เป็นเบส ในอาหารที่ใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมซัลเฟตและในอาหารที่ใช้โซเดียมไนเทรต

3.3.2 ผลของของอะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีสต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของจุลินทรีย์

จากการศึกษาพบว่า อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโต และกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส โดยแมงกานีสที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ได้ดีที่สุด (2.651) แต่ไม่ได้ทำให้เชื้อ *Acidocella* sp. AM101 มีการเจริญเติบโตดีขึ้น และที่แมงกานีส 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ได้ดีที่สุด (2,148.60 nmol min^{-1} mL^{-1}) และเหล็กทำให้เชื้อ *Acidocella* sp. AM101 เจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในอาหารที่มีอะลูมินัมและแมงกานีส แต่ไปลดการเจริญเติบโตและกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ในขณะที่อะลูมินัมไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ และลดกิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 (รูปที่ 3.13 และ 3.14)



รูปที่ 3.13 การเจริญเติบโตของเชื้อ *Acidocella* sp. AM101 และ *Ustilago* sp. PM103 ในอาหารที่มีอะลูมินัมคลอไรด์ เฟอรัสซัลเฟต และแมงกานีสซัลเฟต ที่เวลา 20 วัน ในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต
(ตัวอักษรพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างทางสถิติของ *Ustilago* sp. PM103 ที่ 95%
ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ แสดงความแตกต่างทางสถิติของ *Acidocella* sp. AM101 ที่ 95%)



รูปที่ 3.14 กิจกรรมเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสของ *Ustilago* sp. PM103 ในอาหารที่มีอะลูมินัมคลอไรด์ เฟอรัสซัลเฟต และแมงกานีสซัลเฟตที่เวลา 20 วัน ในอาหารที่มีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต
(ตัวอักษรพิมพ์เล็ก แสดงความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95%)

3.4 ผลของความเป็นกรดด่างต่อการละลายฟอสฟอรัส

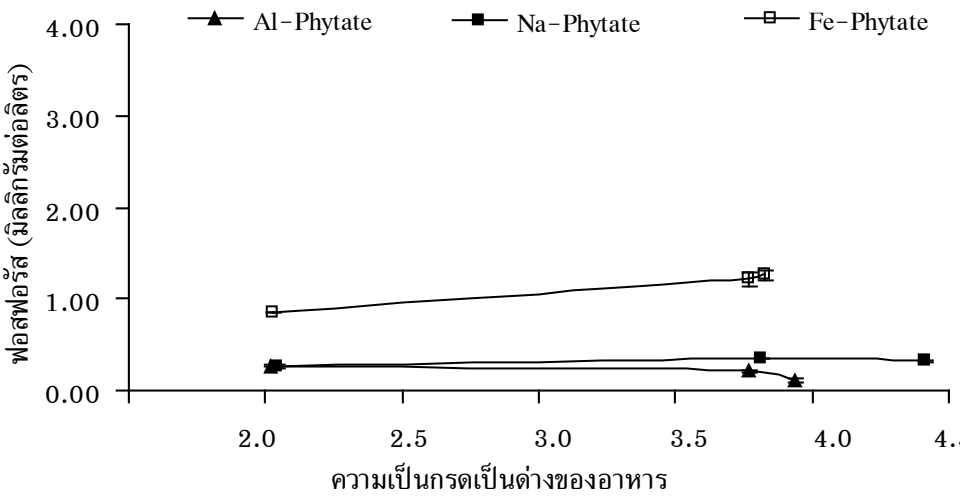
3.4.1 ผลของความเป็นกรดด่างต่อความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์ฟอสฟอรัส

ความเป็นกรดด่างมีผลต่อการละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสเพียงเล็กน้อย โดยพบว่าเมื่อความเป็นกรดด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อลดลงจาก 4 ไปถึงระดับ 2 อะลูมินัมไฟเทตมีการละลายและปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมามากขึ้น เมื่อความเป็นกรดด่างลดลงถึง 2 จะมีฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมา 0.268 มิลลิกรัมต่อลิตร (จากเดิมฟอสฟอรัส 5 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในขณะที่ไอรอนไฟเทต และโซเดียมไฟเทต เมื่อความเป็นกรดด่างลดลงถึง 2 พบว่าที่ความเป็นกรดด่าง 2 ถึง 4 ไม่มีผลต่อการละลายฟอสฟอรัสละลายออกมา อย่างไรก็ตาม การลดลงของความเป็นกรดด่างจะมีผลต่อการละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้น้อยมาก เมื่อเทียบกับฟอสฟอรัสที่ใส่ลง (5 มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อลิตร) (รูปที่ 3.15)

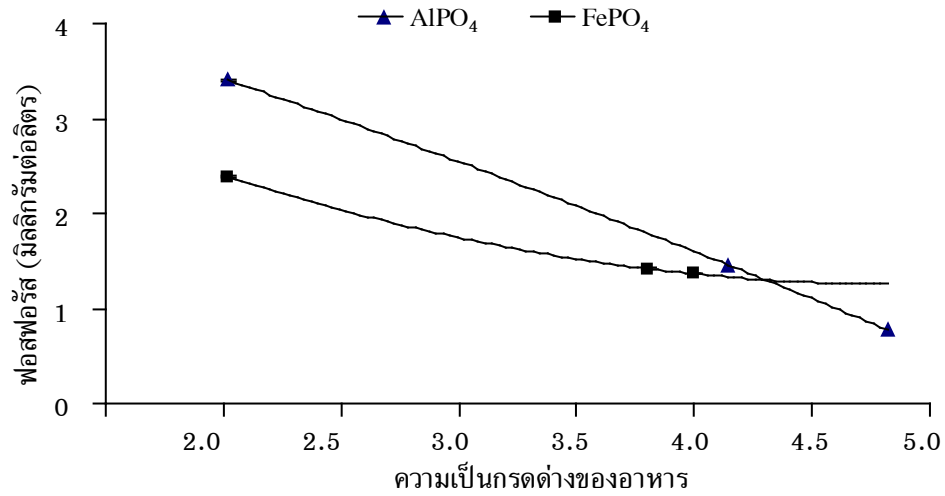
3.4.2 ผลของความเป็นกรดด่างต่อความเป็นประโยชน์ของอนินทรีย์ฟอสฟอรัส

จากการศึกษา พบว่า ความเป็นกรดด่างที่ลดลงถึง 2 จะทำให้อนินทรีย์ฟอสฟอรัสทั้งในรูปของอะลูมินัมฟอสเฟต และไอรอนฟอสเฟตละลาย และความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น เมื่อความเป็นกรดด่างลดลงถึง 2 ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยจากอะลูมินัม-

ฟอสเฟต 3.402 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ฟอสฟอรัสถูกปลดปล่อยออกมาจากไอรอนฟอสเฟต 2.383 มิลลิกรัมต่อลิตร (รูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.15 ความเป็นกรดด่างต่อการละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส

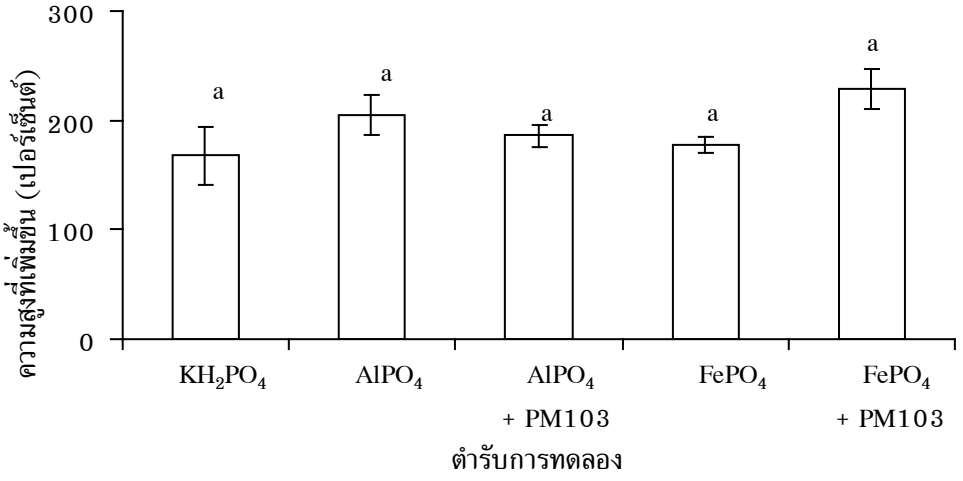


รูปที่ 3.16 ความเป็นกรดด่างต่อการละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัส

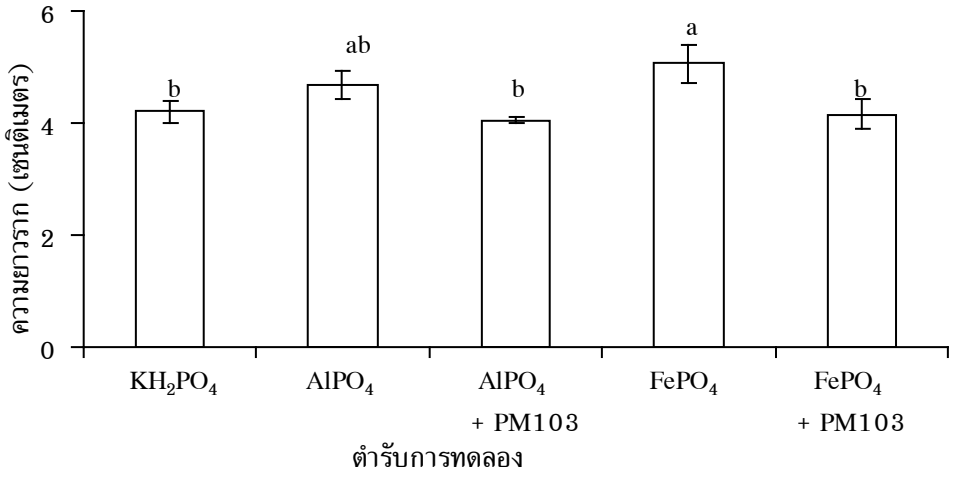
3.5 การใช้เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสให้กับพืช

การใช้เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 เพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสกับข้าวพันธุ์ลูก-แดงปัตตานี พบว่า ความสูงที่เพิ่มของต้นข้าวทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (รูป

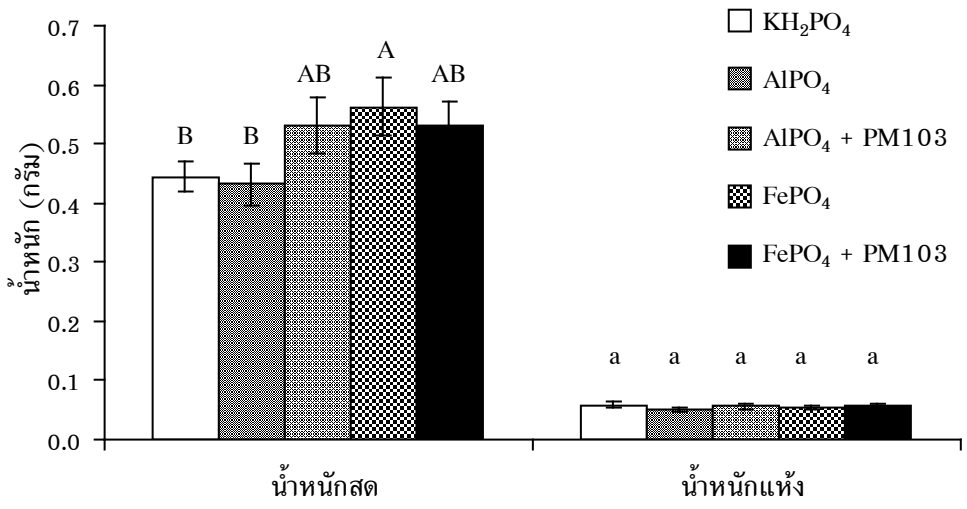
ที่ 3.17) แต่พบว่าในตำรับการทดลองที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ยากและไม่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ จะทำให้รากยาวกว่าตำรับการทดลองอื่น ๆ โดยในตำรับการทดลองที่ใส่ฟอสฟอรัสในรูปไอรอนฟอสเฟต จะทำให้รากยาวที่สุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (รูปที่ 3.18) ในขณะที่ต้นข้าวในตำรับการทดลองที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปไอรอนฟอสเฟตที่ไม่ใส่เชื้อ *Ustilago* sp. PM103 มีน้ำหนักสดสูงสุด (0.5628 กรัมต่อขวด) โดยมีน้ำหนักแห้งสูงกว่าตำรับการทดลองที่ใส่ฟอสฟอรัสในรูปอะลูมินัมฟอสเฟตที่ไม่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ และตำรับการทดลองที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะไม่แตกต่างกับตำรับการทดลองที่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ยาก และน้ำหนักแห้งของแต่ละตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 3.19) อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสและความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นข้าวของตำรับการทดลองที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ง่าย จะสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (16.93 ไมโครกรัมต่อขวด และ 2.95 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และในตำรับการทดลองที่ใช้ฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายน้ำได้ยากที่ใช้เชื้อและไม่ใช้เชื้อ มีฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 3.20)



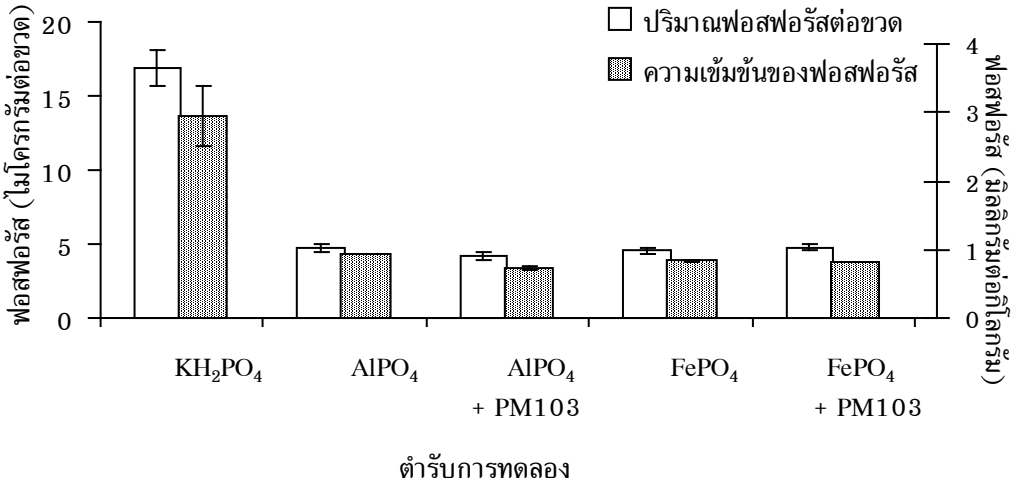
รูปที่ 3.17 ความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานี ที่เวลา 30 วัน ที่ปลูกในอาหารสูตร Murashige & Skoog ระหว่างการเติมเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 และไม่เติม



รูปที่ 3.18 ความยาวรากของต้นข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีปลูกในอาหารสูตร Murashige & Skoog ระหว่างการเติมเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 และไม่เติม



รูปที่ 3.19 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีปลูกในอาหารสูตร Murashige & Skoog ระหว่างการเติมเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 และไม่เติม



รูปที่ 3.20 ปริมาณและความเข้มข้นของฟอสฟอรัสของต้นข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีที่ปลูกในอาหารสูตร Murashige & Skoog ระหว่างการเติมเชื้อ *Ustilago* sp. PM103 และไม่เติม