

บทที่ 4

ผลการวิจัย

1. คุณสมบัติทางกายภาพของถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาแกลบด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

1.1 ปริมาณถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบ

การวิเคราะห์ปริมาณถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณของถ่านชีวภาพจากแกลบดิบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีปริมาณถ่านชีวภาพมากที่สุด คือ 12.33 กิโลกรัม ซึ่งมีในปริมาณที่มากกว่า 50 % รองลงมาได้แก่เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 3, 5, 6 และ 7 มีปริมาณถ่านชีวภาพไม่แตกต่างกัน คือ 8.07 กิโลกรัม, 7.27 กิโลกรัม, 9.67 กิโลกรัม, 7.43 กิโลกรัม และ 7.73 กิโลกรัม ตามลำดับ ถัดมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีปริมาณถ่านชีวภาพ คือ 7.20 กิโลกรัม สำหรับเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 มีปริมาณถ่านชีวภาพน้อยที่สุด คือ 3.20 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.1)

การวิเคราะห์ความชื้นของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 มีความชื้นสูงที่สุด คือ 59.67% รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 5, 4, 6, 8, 3, และ 7 มีความชื้นของถ่านชีวภาพเท่ากับ 52.00%, 51.67%, 50.67%, 50.48%, 46.67%, 39.44% และ 22.67% ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณและความชื้นของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผาถ่านชีวภาพ	ถ่านชีวภาพจากแกลบ (กิโลกรัม)	ความชื้นของถ่านชีวภาพ (%)
1	7.20 b	52.00
2	8.07 ab	59.67
3	7.27 ab	39.44
4	12.33 a	50.67
5	9.67 ab	51.67
6	7.43 ab	50.48
7	7.73 ab	22.67
8	3.20 c	46.67
F-test	*	ns
C.V. (%)	23.50	29.24

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P > 0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ความสามารถในการอุ้มน้ำของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.01$) ความสามารถในการอุ้มน้ำของถ่านชีวภาพมีค่าระหว่าง 27.75-71.25 % โดยถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากที่สุด คือ 71.25 % รองลงมา คือ เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 6 และ 8 (63.50 %, 64.50% และ 65.25 % ตามลำดับ) ถัดมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 มีความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ 61.75% เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 มีความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ 57.25% เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ 48.25% และถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อยที่สุด คือ 27.75 % (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)
1	63.50 b
2	57.25 d
3	61.75 c
4	71.25 a
5	27.75 f
6	64.50 b
7	48.25 e
8	65.25 b
F-test	**
C.V. (%)	0.69

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.01$ โดยวิธี DNMR

1.3 ความหนาแน่นรวมและความพรุนรวมของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีความหนาแน่นรวม ประมาณ 0.10-0.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4 และ 8 มีปริมาณความหนาแน่นรวมมากที่สุด คือ 0.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 2 และ 6 มีปริมาณความหนาแน่นรวม คือ 0.11 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 และ 7 ปริมาณความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด คือ 0.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 4.3)

การวิเคราะห์ความพรุนรวมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ความพรุนรวมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) และเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความพรุนรวมของถ่านชีวภาพมากกว่า 50 % โดยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีความพรุนรวมของถ่านชีวภาพมากที่สุด คือ 89.00 % รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6, 8 และ 1 คือ 82.75 % 82.50 % และ 77.50 % ตามลำดับ ถัดมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 3 มีความพรุนรวมของถ่าน

ชีวภาพ คือ 74.50% และ 75.00% เต้าเห่าถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีความพรุนรวมของถ่านชีวภาพ คือ 67.50% ในทางตรงข้าม พบว่า เต้าเห่าถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีความพรุนรวมของถ่านชีวภาพน้อยที่สุด คือ 50.00 % (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 ความหนาแน่นรวมและความพรุนรวมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเต้าเห่าถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเต้าเห่าถ่านชีวภาพ	ความหนาแน่นรวม (g/cm ³)	ความพรุนรวม (%)
1	0.11	77.50 bc
2	0.11	74.50 c
3	0.13	75.00 c
4	0.13	89.00 a
5	0.10	50.00 e
6	0.11	82.75 b
7	0.10	67.50 d
8	0.13	82.50 b
F-test	ns	*
C.V. (%)	0.98	1.95

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

1.4 ปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเต้าเห่าถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเต้าเห่าถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 13.25-22.25 % เต้าเห่าถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพมากที่สุด คือ 22.25 % รองลงมาเป็นเต้าเห่าถ่านชีวภาพแบบที่ 6, 7 และ 4 มีปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพ คือ 18.75 % 19.25 % และ 18.25% ตามลำดับ ถัดมาเป็นเต้าเห่าถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 8 มีปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพเท่ากัน คือ 17.25% ขณะที่เต้าเห่าถ่าน

ชีวภาพแบบที่ 1 และ 3 มีปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพน้อยที่สุด คือ 14.00 % และ 13.25 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณช่องว่างอากาศของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	ปริมาณช่องว่างอากาศ (%)
1	14.00 d
2	17.25 c
3	13.25 d
4	18.25 bc
5	22.25 a
6	18.75 b
7	19.25 b
8	17.25 c
F-test	*
C.V. (%)	1.85

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

2. คุณสมบัติทางเคมีของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ความเป็นกรด-ด่างของถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ค่าความเป็นกรด-ด่างของถ่านชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 6.79-8.62 ซึ่งเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 3 ให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของถ่านชีวภาพมากที่สุด คือ 8.62 และ 8.29 ตามลำดับ รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 4, 6, 7 และ 8 มีค่าความ

เป็นกรด-ต่างของถ่านชีวภาพ คือ 7.81, 7.22, 7.62, 7.52, และ 7.56 ตามลำดับ ขณะที่เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 ให้ค่าความเป็นกรด-ต่างของถ่านชีวภาพน้อยที่สุด คือ 6.79 (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ความเป็นกรด-ต่าง (pH) ของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	pH
1	8.62 a
2	7.81 ab
3	8.29 a
4	7.22 ab
5	6.79 b
6	7.62 ab
7	7.52 ab
8	7.56 ab
F-test	*
C.V. (%)	8.25

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DMRT

2.2 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) อินทรีย์คาร์บอน (OC) และการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ค่าอินทรีย์วัตถุของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ค่าอินทรีย์วัตถุของถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 17.91 – 41.84 % เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุมากที่สุด คือ 41.84 % รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 4, 7, 8 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกัน คือ 21.05%, 26.41%, 30.51%, 29.90% ตามลำดับ ขณะที่เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 3 และ 6 ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด คือ 17.91 % 19.11 % และ 19.29 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

การวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอนของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผา ถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ค่าอินทรีย์คาร์บอนของถ่านชีวภาพจากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของถ่านชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 9.34 – 33.70 % เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุด คือ 33.70 % รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน คือ 29.14% ถัดมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6, 7 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน คือ 19.06% และ 26.88% ตามลำดับ นอกจากนี้ เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4 มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอน คือ 11.09% และ 15.32% ตามลำดับ ขณะที่ เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 2 ให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนน้อยที่สุด คือ 10.39 % และ 9.34 % (ตารางที่ 4.6)

การวิเคราะห์ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพจากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพมีค่าอยู่ระหว่าง 190.10 – 459.60 cmol/kg โดยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 ให้ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพมากที่สุด คือ 459.60 cmol/kg รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4, 7, 8, 2, 3 และ 1 ให้ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพ คือ 316.90 cmol/kg, 313.30 cmol/kg, 305.50 cmol/kg, 252.60 cmol/kg, 229.30 cmol/kg และ 214.80 cmol/kg ตามลำดับ ขณะที่ เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 ให้ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกของถ่านชีวภาพน้อยที่สุด คือ 190.10 cmol/kg (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ค่าอินทรีย์วัตถุ (OM) อินทรีย์คาร์บอน (OC) และ การแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของ ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	อินทรีย์วัตถุ (%)	อินทรีย์คาร์บอน (%)	การแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)
1	17.91 b	10.39 c	214.80
2	21.05 ab	9.34 c	252.60
3	19.11 b	11.09 bc	229.30
4	26.41 ab	15.32 bc	316.90
5	41.84 a	33.70 a	459.60
6	19.29 b	19.06 abc	190.10
7	30.51 ab	26.88 abc	313.30
8	29.90 ab	29.14 ab	305.50
F-test	*	*	ns
C.V. (%)	36.14	40.06	41.58

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.3 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ration) และความชื้นของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ration) ของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ถ่านชีวภาพจากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 16.50 – 37.45 ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด คือ 37.45 รองลงมาเป็นเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7, 6, 4, 2, 3 และ 8 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนของถ่านชีวภาพ คือ 35.92, 27.51, 25.00, 19.50, 19.00 และ 18.03 ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยที่สุด คือ 16.50 (ตารางที่ 4.7)

การวิเคราะห์ความชื้นของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ค่าความชื้นของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยถ่านชีวภาพมีค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 3.67 – 32.71 % ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 มีค่าความชื้นมากที่สุด คือ 32.71% รองลงมา เป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 มีค่าความชื้นไม่แตกต่างกัน คือ 9.50 %, 12.68 %, 14.42 %, 3.87 %, 3.67 %, 8.86 % และ 4.45 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ration) และความชื้นของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	C/N ratio	ความชื้น (%)
1	16.50	9.50 b
2	19.50	32.71 a
3	19.00	12.68 b
4	25.00	14.42 b
5	37.45	3.87 b
6	27.51	3.67 b
7	35.92	8.86 b
8	18.03	4.45 b
F-test	ns	*
C.V. (%)	75.03	60.48

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.4 ปริมาณไนโตรเจน (N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และปริมาณโพแทสเซียม (K) ของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความ

แตกต่างกันทางสถิติ ถ่านชีวภาพมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.33 – 1.10% โดยถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีปริมาณไนโตรเจนมากที่สุด คือ 1.10% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 3, 1, 6 และ 5 มีปริมาณไนโตรเจน คือ 0.95%, 0.85%, 0.83%, 0.39% และ 0.35% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 และ 8 มีปริมาณไนโตรเจนน้อยที่สุด คือ 0.33 % และ 0.33 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสของถ่านชีวภาพจากเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.25 – 0.75% ซึ่งถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 มีปริมาณฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 0.75% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8, 7, 1, 4, 3 และ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัส คือ 0.62%, 0.59%, 0.38%, 0.38%, 0.31% และ 0.26% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยที่สุด คือ 0.25 % (ตารางที่ 4.8)

การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 0.72 – 0.94% ซึ่งถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 0.94% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 6, 3, 7, 8 และ 5 มีปริมาณโพแทสเซียม คือ 0.88%, 0.87%, 0.85%, 0.81%, 0.78% และ 0.75% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุด คือ 0.72% (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 ปริมาณไนโตรเจน (N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และปริมาณโพแทสเซียม (K) ของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)
1	0.83	0.38	0.94
2	0.95	0.26	0.88
3	0.85	0.31	0.85
4	1.10	0.38	0.72
5	0.35	0.25	0.75
6	0.39	0.75	0.87
7	0.33	0.59	0.81
8	0.33	0.62	0.78
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	64.26	66.23	11.39

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.5 ปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) และปริมาณกำมะถัน (S) ของถ่านชีวภาพ

การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณแคลเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 0.30-1.46% (ตารางที่ 4.9) โดยถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุดคือ 1.46% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 8, 4, 1, 6 และ 2 มีปริมาณแคลเซียม คือ 0.84%, 0.41%, 0.38%, 0.36%, 0.34% และ 0.33% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีปริมาณแคลเซียมน้อยที่สุด คือ 0.30% (ตารางที่ 4.9)

การวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 รูปแบบ พบว่า ปริมาณแมกนีเซียมของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระหว่าง 0.13-0.18% (ตารางที่ 4.9) ซึ่งถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุดคือ 0.18% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 6, 1, 2 และ 8 มีปริมาณ

แมกนีเซียม คือ 0.17%, 0.17%, 0.15%, 0.14% และ 0.14% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 และ 5 มีปริมาณแมกนีเซียมน้อยที่สุด คือ 0.13 % และ 0.13 % ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9)

การวิเคราะห์ปริมาณกำมะถันของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณกำมะถันของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถ่านชีวภาพมีปริมาณกำมะถันอยู่ระหว่าง 0.84-2.53% (ตารางที่ 4.9) ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีปริมาณกำมะถันมากที่สุด คือ 2.53% รองลงมาเป็นถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 6, 7, 2, 4 และ 8 มีปริมาณกำมะถัน คือ 2.37%, 2.04%, 1.42%, 1.42%, 1.22% และ 0.99% ตามลำดับ ขณะที่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีปริมาณกำมะถันน้อยที่สุด คือ 0.84% (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 ปริมาณแคลเซียม (Ca) ปริมาณแมกนีเซียม (Mg) และปริมาณกำมะถัน (S) ของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบเตาเผาถ่านชีวภาพ	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม(%)	กำมะถัน (%)
1	0.36	0.15	2.53
2	0.33	0.14	1.42
3	0.84	0.17	2.37
4	0.38	0.13	1.22
5	0.30	0.13	0.84
6	0.34	0.17	2.04
7	1.46	0.18	1.42
8	0.41	0.14	0.99
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	103.43	30.57	95.99

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2.6 ลักษณะเก้า และโครงสร้างพื้นฐานและลักษณะพื้นผิวของถ่านชีวภาพ

2.6.1 ลักษณะเก้าของถ่านชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ค่าลักษณะพื้นผิวของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 3, 4, 6 และ 7 มีการเผาไหม้สมบูรณ์ ทำให้แกลบที่นำมาเผามีความสุกอย่างสม่ำเสมอ ส่วนถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 5 และ 8 เป็นแกลบที่เผาสุกไม่หมด นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ไม่ไหม้เหลือเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 และ 8 สำหรับถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 พบว่ามีปริมาณซี้เก้าจำนวนมาก ดังแสดงในภาพที่ 4.1

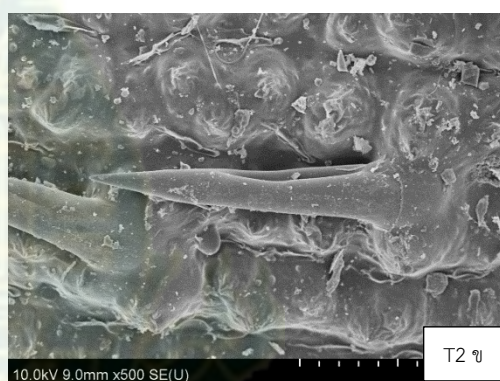
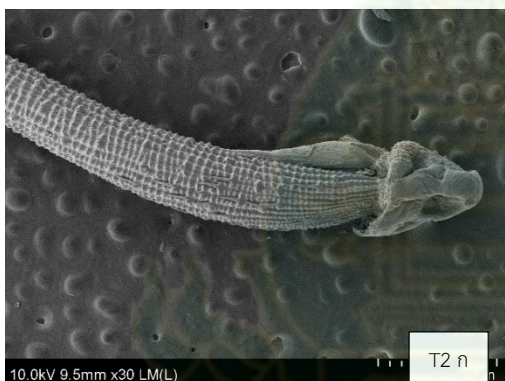
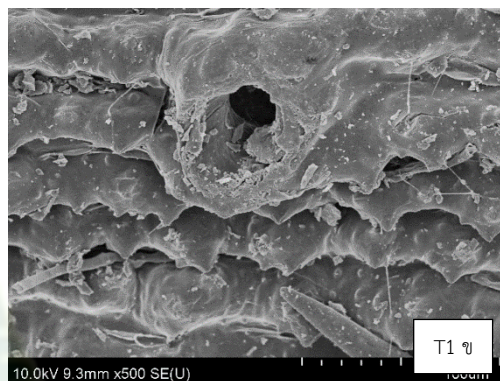
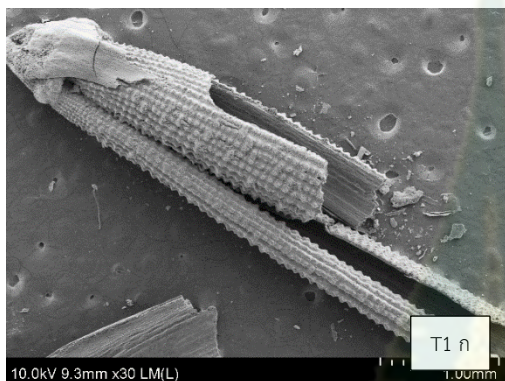




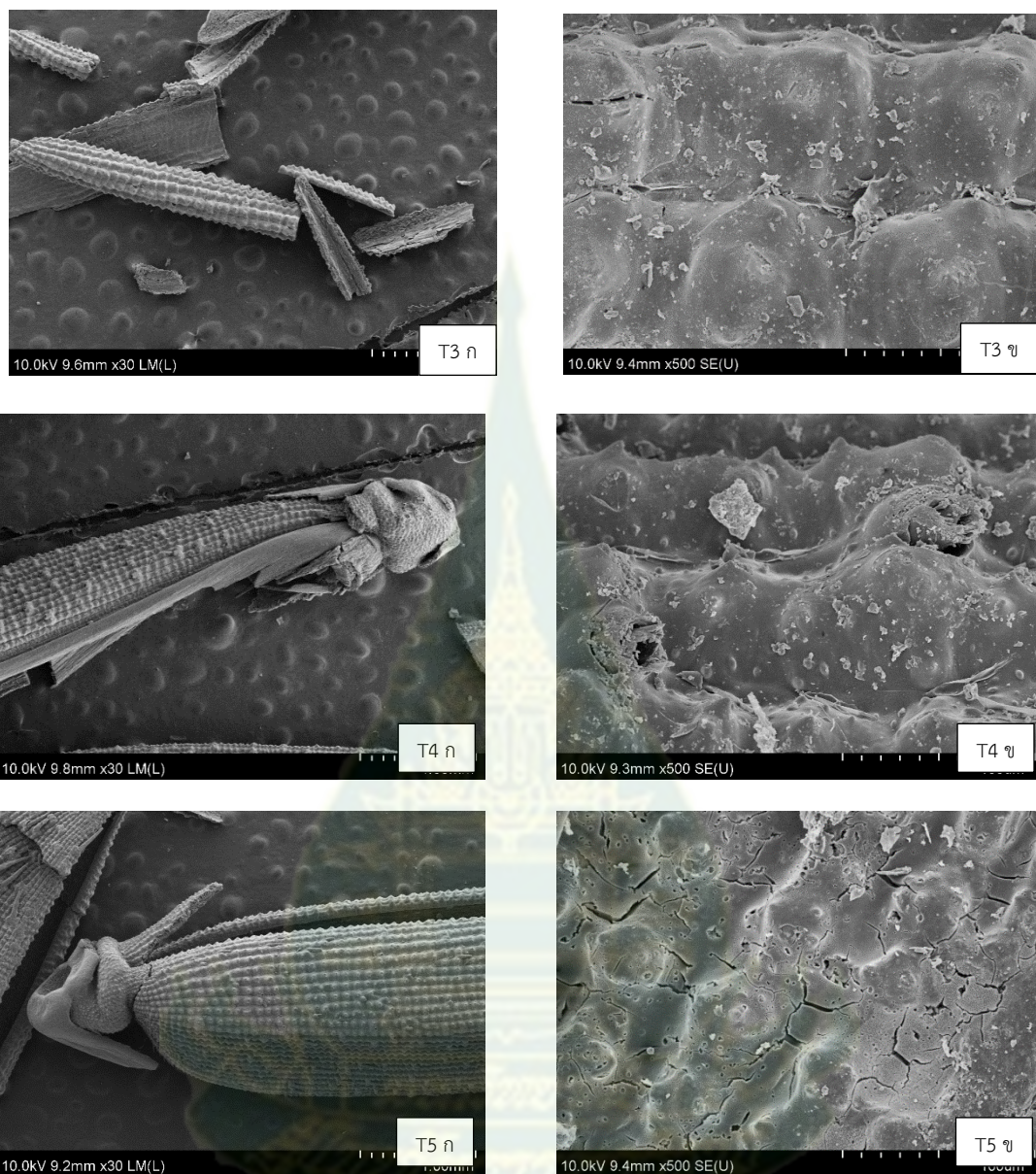
ภาพที่ 4.1 ลักษณะของเถ้าของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ (T1: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 1, T2: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 2, T3: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 3, T4: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 4, T5: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 5, T6: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 6, T7: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 7, T8: เตาเผาถ่านชีวภาพรูปแบบที่ 8)

2.6.2 โครงสร้างพื้นฐานและลักษณะพื้นผิวของถ่านชีวภาพ

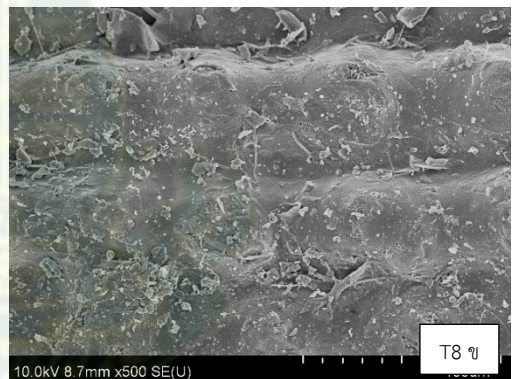
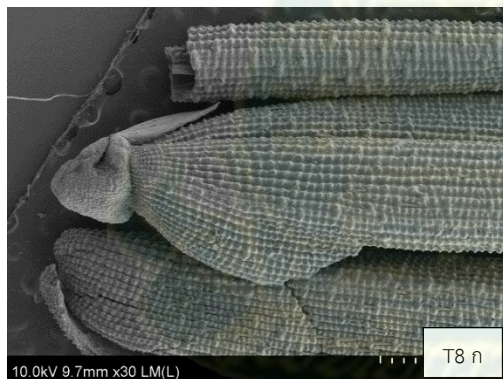
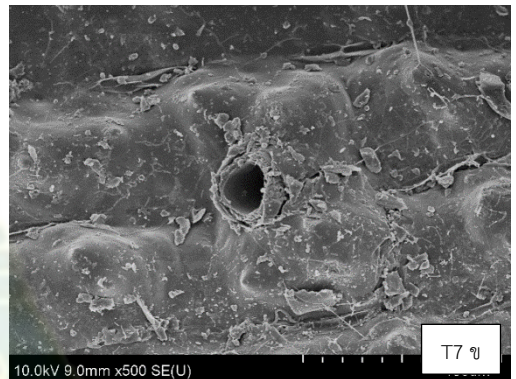
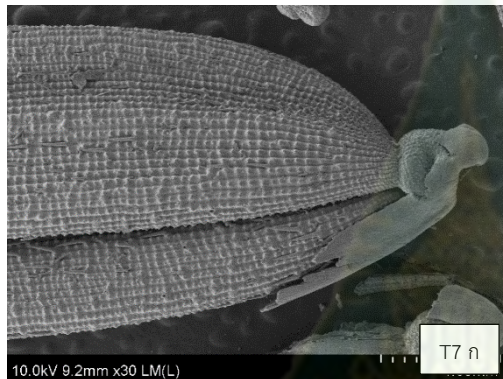
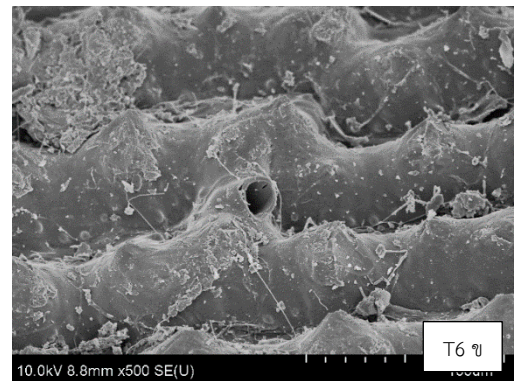
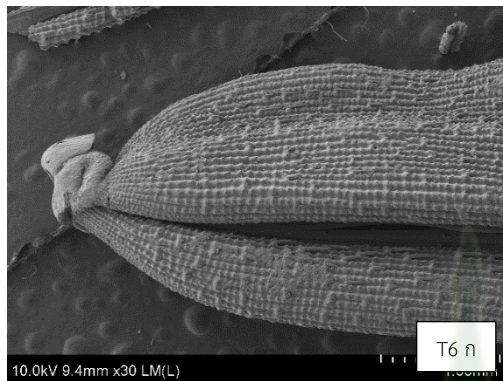
จากการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นฐานของถ่านชีวภาพ พบว่า ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1-8 มีลักษณะเป็นช่องว่างกลม ขนาดของช่องว่างไม่สม่ำเสมอ แต่มีความพรุนตัวสูง ขนาดของช่องว่างของถ่านชีวภาพจากแกลบมีขนาดช่องว่างอยู่ระหว่าง 0.02-0.11 nm (ภาพที่ 4.2-4.9)



ภาพที่ 4.2 โครงสร้างพื้นฐานและลักษณะพื้นผิวของถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 2 (ก) กำลังขยาย 30 เท่า และ (ข) กำลังขยาย 100 เท่า (T1: เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, T2: เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2)



ภาพที่ 4.3 โครงสร้างพื้นฐานและลักษณะพื้นผิวของถ่านชีวภาพจากเกล็ดที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผา ถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4 และ 5 (ก) กำลังขยาย 30 เท่า และ (ข) กำลังขยาย 100 เท่า (T3: เตเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, T4: เตเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 และ T5: เตเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5)



ภาพที่ 4.4 โครงสร้างพื้นฐานและลักษณะพื้นผิวของถ้ำชีวภาพจากเกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ้ำชีวภาพแบบที่ 6, 7 และ 8 (ก) กำลังขยาย 30 เท่า และ (ข) กำลังขยาย 100 เท่า (T6: เตาเผาถ้ำชีวภาพแบบที่ 6, T7: เตาเผาถ้ำชีวภาพแบบที่ 7 และ T8: เตาเผาถ้ำชีวภาพแบบที่ 8)

3. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ดินมีความหนาแน่นรวมของดิน 0.872 g/cm ความพรุนรวมของดินมีค่า 47.50% ปริมาณช่องว่างอากาศในดิน คือ 7.5% และดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ คือ 46.75% (ตารางที่ 4.10)

การวิเคราะห์สมบัติเคมีของดินก่อนใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.14 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน คือ 3.70% และการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน คือ 44.40 cmol/kg นอกจากนี้ดินมีปริมาณไนโตรเจน 1.85% ปริมาณฟอสฟอรัส 58.90 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียม 453 mg/kg ปริมาณแคลเซียม 3,993 mg/kg และมีปริมาณแมกนีเซียม 551 mg/kg (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

สมบัติของดิน	
สมบัติทางกายภาพ	
ความหนาแน่นรวม (g/cm ³)	0.872
ความพรุนรวม (%)	41.50
ปริมาณช่องว่างอากาศ (%)	7.5
ความสามารถในการอุ้มน้ำ (%)	46.75
สมบัติทางเคมี	
pH	5.14
อินทรีย์วัตถุ (%)	3.70
การแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	44.40
ไนโตรเจน (%)	1.85
ฟอสฟอรัส (mg/kg)	58.90
โพแทสเซียม (mg/kg)	453.00
แคลเซียม (mg/kg)	3,993.00
แมกนีเซียม (mg/kg)	551.00

4. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดินจากการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 7 มีความหนาแน่นรวมสูงที่สุด คือ 1.010 g/cm^3 และ 1.013 g/cm^3 ซึ่งมีความมากกว่าดินที่ไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพ รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีความหนาแน่นรวม คือ 0.980 g/cm^3 กลุ่มถัดมาเป็นดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 3, 6 และ 8 มีความหนาแน่นรวมไม่แตกต่างกัน คือ 0.952 g/cm^3 , 0.926 g/cm^3 , 0.921 g/cm^3 , 0.924 g/cm^3 และ 0.974 g/cm^3 ตามลำดับ ขณะที่ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีความหนาแน่นรวมน้อยที่สุด คือ 0.901 g/cm^3 (ตารางที่ 4.11)

ความพรุนรวมของดินจากการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) พบว่า ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีความพรุนรวมสูงที่สุด คือ 47.50% รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 8 มีความพรุนรวม คือ 46.25% และ 45.00% ถัดมาเป็นดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพและดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 5 และ 7 มีความพรุนรวมไม่แตกต่างกัน คือ 41.50%, 43.75%, 42.50% และ 42.50% ตามลำดับ สำหรับดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีความพรุนรวม คือ 41.25% ขณะที่ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 มีความพรุนรวมน้อยที่สุด คือ 38.75% (ตารางที่ 4.11)

ปริมาณช่องว่างอากาศในดินจากการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) พบว่า ดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณช่องว่างอากาศในดินสูงที่สุด คือ 3.38% รองลงมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 3 และ 8 มีปริมาณช่องว่างอากาศไม่แตกต่างกัน คือ 1.63 % 2.38 % และ 1.63 % ตามลำดับ ขณะที่ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 4, 5, 6 และ 7 มีปริมาณช่องว่างอากาศน้อยและค่าที่ได้ไม่แตกต่างกัน คือ 0.50%, 0.88%, 0.88%, 0.50% และ 0.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจากการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) พบว่า ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินมากที่สุด คือ 46.63% รองลงมาเป็นดินที่ไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพและดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน คือ 42.14% และ 44.63% ถัดมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 5, 7, 8 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินไม่แตกต่างกัน คือ 41.37%, 41.63%, 42.00% และ 43.38% ตามลำดับ สำหรับดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน คือ 40.75% ขณะที่ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 มีความสามารถในการอุ้มน้ำของดินน้อยที่สุด คือ 38.25 % (ตารางที่ 4.11)

ตารางที่ 4.11 ความหนาแน่นรวม ความพรุนรวม ปริมาณช่องว่างอากาศ และความสามารถในการอุ้มน้ำของดินหลังปลูกที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผา ถ่านชีวภาพ	ความหนาแน่นรวม	ความพรุนรวม	ปริมาณช่องว่าง อากาศ	ความสามารถใน การอุ้มน้ำ
	(g/cm ³)	(%)	(%)	(%)
ควบคุม	0.952 abc	41.50 abc	3.38 a	42.13 ab
1	1.010 a	41.25 bc	0.50 b	40.75 bc
2	0.926 abc	46.25 ab	1.63 ab	44.63 ab
3	0.921 abc	43.75 abc	2.38 ab	41.37 abc
4	0.901 bc	47.50 a	0.88 b	46.63 a
5	0.980 ab	42.50 abc	0.88 b	41.63 abc
6	0.924 abc	38.75 c	0.50 b	38.25 c
7	1.013 a	42.50 abc	0.50 b	42.00 abc
8	0.974 abc	45.00 ab	1.63 ab	43.38 abc
F-test	*	*	*	*
C.V. (%)	4.82	5.65	69.99	5.69

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

4.2 คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบได้จากการเผาด้วยเตาเผา ถ่านชีวภาพ 8 แบบ

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ความเป็นกรด-ด่างในดินจากการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยดินที่ไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพ (ควบคุม) มีค่าความเป็นกรด-ด่างในดินสูงที่สุดคือ 5.66 รองลงมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างในดินให้สูงขึ้นกว่าดินก่อนปลูก คือ 5.36 ถัดมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 มีค่าความเป็นกรด-ด่างในดิน คือ 5.31 สำหรับดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 และ 7 มีค่าความเป็นกรด-ด่างในดินไม่แตกต่างกัน คือ 5.19 และ 5.22 แต่ยังคงมีค่าสูงกว่าดินก่อนปลูก นอกจากนี้ดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 2 และ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่างในดินใกล้เคียงกับดินก่อนปลูก คือ 5.13, 5.15 และ 5.13 ตามลำดับ ขณะที่ดินใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างในดินลดลงกว่าดินก่อนปลูก คือ 5.10 (ตารางที่ 4.12)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพและดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด คือ 4.24% รองลงมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8, 7, 1, 4, 5 และดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ คือ 3.87%, 3.80%, 3.80%, 3.78%, 3.77% และ 3.17% ตามลำดับ ขณะที่ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด คือ 3.68% และ 3.65% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าดินก่อนปลูก (ตารางที่ 4.12)

การแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพและดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 เพิ่มการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินและมีค่าสูงที่สุด คือ 50.82 cmol/kg รองลงมาเป็นดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8, 7, 1, 4, 5, 2 และดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพมีการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน คือ 46.38 cmol/kg, 45.60 cmol/kg, 45.60 cmol/kg, 45.36 cmol/kg, 45.30 cmol/kg, 44.16 cmol/kg และ 44.82 cmol/kg ตามลำดับ ขณะที่ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 มีการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินน้อยที่สุดและมีค่าต่ำกว่าดินก่อนปลูก คือ 43.80 cmol/kg (ตารางที่ 4.12)

ตารางที่ 4.12 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ และการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินหลังปลูกที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผาถ่านชีวภาพ	pH	อินทรีย์วัตถุ	การแลกเปลี่ยนประจุบวก
		(%)	(cmol/kg)
ควบคุม	5.66 a	3.74	44.82
1	5.13 cd	3.80	45.60
2	5.15 cd	3.68	44.16
3	5.19 bcd	3.65	43.80
4	5.10 d	3.78	45.36
5	5.13 cd	3.77	45.30
6	5.36 b	4.24	50.82
7	5.22 bcd	3.80	45.60
8	5.31 bc	3.87	46.38
F-test	*	ns	ns
C.V. (%)	1.70	7.29	7.09

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4.3 ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินหลังใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมในดินก่อนปลูกและหลังปลูกที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนในดินจากการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินหลังปลูกและมีค่าสูงที่สุด คือ 21.2% รองลงมาเป็นดินที่ไม่มีการใส่ถ่านชีวภาพและดินที่มีการใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7, 8, 4, 5, และ 1 มีปริมาณไนโตรเจน คือ 1.90%, 1.90%, 1.89%, 1.88% และ 1.85% ตามลำดับ ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในดินมีค่าสูงกว่าดินก่อนปลูก ขณะที่ดินที่มีการใส่

ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 3 มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าดินก่อนปลูก คือ มี 1.84% และ 1.85% (ตารางที่ 4.13)

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินจากการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพทั้ง 8 แบบ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่าดินก่อนปลูก ทั้งนี้ดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด คือ 39.2 mg/kg รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7, 8, 1, 5, 3, 4, และ 9 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำกว่าดินก่อนปลูก คือ 38.85 mg/kg, 30.15 mg/kg, 25.30 mg/kg, 25.15 mg/kg, 23.40 mg/kg, 18.90 mg/kg และ 18.50 mg/kg (ตารางที่ 4.13)

ปริมาณโพแทสเซียมในดินระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 533.00 mg/kg รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4 และ 6 มีปริมาณโพแทสเซียม คือ 492.00 mg/kg, 476.00 mg/kg และ 473.50 mg/kg ตามลำดับ สำหรับดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพและดินที่ใส่ถ่านชีวภาพที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 2, 3, 7 และ 8 มีปริมาณโพแทสเซียมไม่แตกต่างกัน คือ 425.50 mg/kg, 435.50 mg/kg, 422.00 mg/kg, 440.50 mg/kg และ 447.50 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ปริมาณแคลเซียมในดินระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุด คือ 4,376.50 mg/kg รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 6 มีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกัน คือ 4,128.50 mg/kg และ 4,146.00 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13) ถัดมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 3, 4, 5, 7 และ 8 มีปริมาณแคลเซียมน้อยและมีค่าไม่แตกต่างกัน คือ 3,717.50 mg/kg, 3,739.50 mg/kg, 3,735.50 mg/kg, 3,806.00 mg/kg, 3,880.00 mg/kg และ 3,880.00 mg/kg ตามลำดับ (ตารางที่ 4.13)

ปริมาณแมกนีเซียมในดินระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 และ 8 มีปริมาณแมกนีเซียมในดินสูงที่สุด คือ 598.00 mg/kg และ 599.00 mg/kg รองลงมาเป็นดินที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 7 มีปริมาณแมกนีเซียมไม่แตกต่างกัน คือ 579.00 mg/kg, 589.50

mg/kg, 578.00 mg/kg, 589.50 mg/kg, 593.50 mg/kg และ 578.50 mg/kg ตามลำดับ (นอกจากนี้ ดินที่ไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำที่สุด คือ 548.50 mg/kg (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียม และปริมาณแมกนีเซียมในดินหลังปลูกที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผาถ่านชีวภาพ	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (mg/kg)	โพแทสเซียม (mg/kg)	แคลเซียม (mg/kg)	แมกนีเซียม (mg/kg)
ควบคุม	1.90	18.50	425.50 b	4376.50 a	548.50 b
1	1.85	25.30	435.50 b	4128.50 ab	579.00 ab
2	1.84	18.90	422.00 b	3717.50 b	589.50 ab
3	1.83	23.40	492.00 ab	3739.50 b	578.00 ab
4	1.89	18.90	476.00 ab	3735.50 b	589.50 ab
5	1.88	25.15	533.00 a	3806.00 b	593.50 ab
6	2.12	39.20	473.50 ab	4146.00 ab	598.00 a
7	1.90	38.85	440.50 b	3880.00 b	578.50 ab
8	1.90	30.15	447.50 b	3880.00 b	599.00 a
F-test	ns	ns	*	*	*
C.V. (%)	7.24	33.15	7.40	4.95	3.45

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P > 0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5. การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

5.1 การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

5.1.1 ความสูงของต้นข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ความสูงของต้นข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีความสูงที่สุด คือ 181.64 เซนติเมตร รองลงมาเป็นการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 4, 5, 6, 7 และ 8 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีความสูงไม่แตกต่างกัน คือ 133.42 เซนติเมตร, 166.17 เซนติเมตร, 158.25 เซนติเมตร, 151.23 เซนติเมตร, 140.06 เซนติเมตร, 148.35 เซนติเมตร และ 148.35 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.14) สำหรับการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 ทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงน้อยที่สุด คือ 127.47 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.14)

5.1.2 เส้นรอบวงลำต้นข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า เส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีเส้นรอบวงลำต้นสูงที่สุด คือ 6.60 เซนติเมตร รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4, 5 และ 6 มีเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่แตกต่างกัน คือ 6.05 เซนติเมตร, 6.54 เซนติเมตร, 6.53 เซนติเมตร และ 6.36 เซนติเมตร ตามลำดับ ถัดมาเป็นการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีเส้นรอบวงลำต้นของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่แตกต่างกัน คือ 5.74 เซนติเมตร และ 5.78 เซนติเมตร ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีเส้นรอบวงลำต้นน้อยที่สุด คือ 5.70 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.14)

5.1.3 จำนวนใบต่อต้นข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า จำนวนใบต่อต้นของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P\leq 0.01$) โดยการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 ทำให้ข้าวโพดมีจำนวนใบต่อต้นมากที่สุด คือ 10.10 ใบ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2, 4 และ 5 มีจำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกัน คือ 9.73 ใบ, 9.80 ใบ และ 9.70 ใบ ตามลำดับ ถัดมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 และ 6 มี

จำนวนใบต่อต้นไม่แตกต่างกัน คือ 9.55 ใบ และ 9.67 ใบ สำหรับการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 มีจำนวนใบต่อต้นของข้าวโพดหวานสีม่วง คือ 9.08 ใบ และการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 มีจำนวนใบต่อต้นของข้าวโพดหวานสีม่วง คือ 8.87 ใบ ขณะที่การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีจำนวนใบต่อต้นของข้าวโพดหวานสีม่วงน้อยที่สุด คือ 8.15 ใบ (ตารางที่ 4.14)

5.1.4 พื้นที่ใบข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า พื้นที่ใบของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) โดยการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีพื้นที่ใบมากที่สุด คือ 696.10 และ 682.48 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีพื้นที่ใบของข้าวโพดหวานสีม่วง คือ 674.57 ตารางเซนติเมตร ถัดมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 และ 6 มีพื้นที่ใบของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่แตกต่างกัน คือ 649.49 ตารางเซนติเมตร และ 649.11 ตารางเซนติเมตร สำหรับการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 3 และ 7 มีพื้นที่ใบของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่แตกต่างกัน คือ 591.25 ตารางเซนติเมตร, 589.55 ตารางเซนติเมตร และ 604.31 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีพื้นที่ใบน้อยที่สุด คือ 549.63 ตารางเซนติเมตร (ตารางที่ 4.14)

ตารางที่ 4.14 ความสูงของต้น เส้นรอบวงลำต้น จำนวนใบต่อต้น และพื้นที่ใบของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใส่ ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตา เผาถ่านชีวภาพ	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)	เส้นรอบวงลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนใบต่อต้น (ใบ)	พื้นที่ใบ (ตารางเซนติเมตร)
ควบคุม	133.42 ab	5.74 abc	8.15 d	682.48 a
1	181.64 a	5.11 c	9.55 abc	591.25 c
2	166.17 ab	6.60 a	9.73 ab	696.10 a
3	127.47 b	6.05 ab	8.87 cd	589.55 c
4	158.25 ab	6.54 ab	9.80 ab	649.49 b
5	151.23 ab	6.53 ab	9.70 ab	674.57 ab
6	140.06 ab	6.36 ab	9.67 abc	649.11 b
7	148.35 ab	5.78 abc	10.10 a	604.31 c
8	130.22 ab	5.70 bc	9.08 bc	549.63 d
F-test	*	*	**	**
C.V. (%)	2.12	8.24	5.10	2.81

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DNMR

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P\leq 0.01$ โดยวิธี DNMR

5.2 ผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใช้ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผา ถ่านชีวภาพ 8 แบบ

5.2.1 น้ำหนักฝักพร้อมเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า น้ำหนักฝักพร้อมเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างการไม่ใส่ ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความ ต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่าน ชีวภาพแบบที่ 2 ทำให้ข้าวโพดมีน้ำหนักฝักพร้อมเปลือกมากที่สุด คือ 245.38 กรัม รองลงมาเป็นการใส่ ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีน้ำหนักฝักพร้อมเปลือก คือ 191.43 กรัม สำหรับการไม่ใส่ถ่านชีวภาพและการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 มีน้ำหนักฝักพร้อมเปลือกไม่แตกต่างกัน คือ 211.63 กรัม, 201.87 กรัม, 196.07 กรัม,

226.45 กรัม, 214.43 กรัม, 217.66 กรัม และ 215.76 กรัม ตามลำดับ ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีน้ำหนักฝักพร้อมเปลือกน้อยที่สุดคือ 191.43 กรัม (ตารางที่ 4.15)

5.2.2 น้ำหนักฝักและเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า น้ำหนักฝักและเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักฝักและเปลือกของข้าวโพดหวานสีม่วงมีค่าอยู่ระหว่าง 144.61-180.99 กรัม ซึ่งการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีน้ำหนักฝักและเปลือกสูงกว่าวิธีอื่นคือ 180.99 กรัม รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4, 6, การไม่ใส่ถ่านชีวภาพ, เตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5, 7, 3 และการไม่ใส่ถ่านชีวภาพมีน้ำหนักฝักและเปลือกคือ 178.68 กรัม, 163.78 กรัม, 161.89 กรัม, 160.01 กรัม, 159.40 กรัม, 155.89 กรัม และ 146.33 กรัม ตามลำดับ ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 มีน้ำหนักฝักและเปลือกน้อยกว่ามากกว่าวิธีอื่นคือ 144.61 กรัม (ตารางที่ 4.15)

5.2.3 เส้นผ่านศูนย์กลางฝักของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางฝักของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละรูปแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 6 มีเส้นผ่านศูนย์กลางฝักมากที่สุดคือ 4.80 และ 4.48 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 4, 5, 8 และการไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีเส้นผ่านศูนย์กลางฝักไม่แตกต่างกันคือ 4.32 เซนติเมตร, 4.35 เซนติเมตร, 4.41 เซนติเมตร, 4.40 เซนติเมตร และ 4.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่การที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 และ 7 มีเส้นผ่านศูนย์กลางฝักไม่แตกต่างกันและมีค่าน้อยที่สุดคือ 4.15 และ 4.28 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.15)

5.2.4 ความยาวฝักของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ความยาวฝักของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความยาวฝักของข้าวโพดหวานสีม่วงมีค่าอยู่ระหว่าง 16.28-17.65 เซนติเมตร ซึ่งการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีความยาวฝักมากกว่าวิธีอื่น

คือ 17.65 เซนติเมตร รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5, 2, 6, 1, 8, 7 และ 3 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีความยาวฝัก คือ 17.17 เซนติเมตร, 16.95 เซนติเมตร, 16.94 เซนติเมตร, 16.93 เซนติเมตร, 16.87 เซนติเมตร, 16.55 เซนติเมตร และ 16.35 เซนติเมตร ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีความยาวฝักน้อยกว่ามากกว่าทรีตเมนต์อื่น คือ 16.28 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 น้ำหนักฝักพร้อมเปลือก น้ำหนักฝักแกะเปลือก เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก และความยาวฝักของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผา ถ่านชีวภาพ	น้ำหนักฝักพร้อมเปลือก (กรัม/ฝัก)	น้ำหนักฝักแกะเปลือก (กรัม/ฝัก)	เส้นผ่านศูนย์กลางฝัก (เซนติเมตร)	ความยาวฝัก (เซนติเมตร)
ควบคุม	211.63 ab	161.89	4.45 ab	16.28
1	191.43 b	144.61	4.32 ab	16.93
2	245.38 a	180.99	4.80 a	16.95
3	201.87 ab	146.33	4.15 b	16.35
4	196.07 ab	178.68	4.35 ab	17.65
5	226.45 ab	160.01	4.41 ab	17.17
6	214.43 ab	163.78	4.48 a	16.94
7	217.66 ab	159.40	4.28 b	16.55
8	215.76 ab	155.89	4.40 ab	16.87
F-test	*	ns	*	ns
C.V. (%)	14.83	16.44	6.54	5.57

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P > 0.05$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.2.5 จำนวนฝักต่อไร่ของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า จำนวนฝักต่อไร่ของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) โดยการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 และ 4 มี

จำนวนฝักต่อไร่มากที่สุด คือ 6,483.80 ฝัก และ 6,538.00 ฝัก ตามลำดับ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 คือ 6,244.30 ฝัก นอกจากนี้การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1, 5, 6 และ 8 มีจำนวนฝักต่อไร่ไม่แตกต่างกัน คือ 5,836.60 ฝัก, 5,893.70 ฝัก, 5,612.80 ฝัก และ 6,059.50 ฝัก ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพมีจำนวนฝักต่อไร่เท่ากับ 5,142.90 ฝัก ส่วนการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 มีจำนวนฝักต่อรือน้อยที่สุด คือ 5,117.60 ฝัก (ตารางที่ 4.16)

5.2.6 ผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) โดยการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีผลผลิตรวมมากที่สุด คือ 1,292.40 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 มีผลผลิตรวม คือ 1,252.10 กิโลกรัมต่อไร่ ถัดมาเป็นการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วง คือ 1,240.00 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3, 6 และ 7 มีผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วงไม่แตกต่างกัน คือ 1,169.60 กิโลกรัมต่อไร่, 1,130.70 กิโลกรัมต่อไร่ และ 1,084.40 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 ให้ผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วงเท่ากับ 924.10 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพให้ผลผลิตรวม คือ 905.60 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 8 ให้ผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วงน้อยที่สุด คือ 888.70 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 จำนวนฝักต่อไร่ และผลผลิตรวมของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผาถ่านชีวภาพ	จำนวนฝักต่อไร่ (ฝัก)	ผลผลิตรวม (กิโลกรัมต่อไร่)
ควบคุม	5,142.90 bc	905.60 cd
1	5,836.60 abc	924.10 bcd
2	6,483.80 a	1,292.40 a
3	6,244.30 ab	1,169.60 abcd
4	6,538.00 a	1,240.00 abc
5	5,893.70 abc	1,252.10 ab
6	5,612.80 abc	1,130.70 abcd
7	5,117.60 c	1,084.40 abcd
8	6,059.50 abc	888.70 d
F-test	*	*
C.V. (%)	11.04	17.79

หมายเหตุ * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P>0.05$ โดยวิธี DMRT

5.3 คุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

5.3.1 ความหวานของข้าวโพดหวานสีม่วง จากการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพผลผลิตของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ความหวานของข้าวโพดหวานสีม่วงระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความหวานของข้าวโพดหวานสีม่วงมีค่าอยู่ระหว่าง 11.93-13.53 % บริกส์ ซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 6 ทำให้ข้าวโพดมีความหวานมากกว่าที่อื่น คือ 13.53 % บริกส์ รองลงมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4, 1, 2, 5, 7, 3 และ 8 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีความหวาน คือ 13.37% บริกส์, 13.30% บริกส์, 13.28% บริกส์, 13.09% บริกส์, 13.08% บริกส์, 12.89% บริกส์ และ 12.68% บริกส์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพทำให้ข้าวโพดมีความหวานน้อยกว่าที่อื่น คือ 11.93 % บริกส์ (ตารางที่ 4.17)

5.3.2 ปริมาณแอนโธไซยานิน จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแอนโธไซยานินของข้าวโพดหวานสีม่วง พบว่า ปริมาณแอนโธไซยานินระหว่างไม่ใส่ถ่านชีวภาพและใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพแต่ละแบบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) โดยปริมาณแอนโธไซยานินของข้าวโพดหวานสีม่วงมีค่าอยู่ระหว่าง 10.95-18.57 mg/L ซึ่งการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 7 ทำให้ข้าวโพดมีปริมาณแอนโธไซยานินสูงกว่าวิธีที่อื่น ๆ คือ 18.57 mg/L รองลงมาเป็นการไม่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีปริมาณแอนโธไซยานิน คือ 17.07 mg/L ถัดมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 4 มีปริมาณแอนโธไซยานิน คือ 16.64 mg/L สำหรับการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 3 และ 6 มีปริมาณแอนโธไซยานินไม่แตกต่างกัน คือ 15.33 mg/L และ 15.19 mg/L (ตารางที่ 4.17) ต่อมาเป็นการใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 2 มีปริมาณแอนโธไซยานิน คือ 14.91 mg/L นอกจากนี้การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 5 และ 8 มีปริมาณแอนโธไซยานินไม่แตกต่างกัน คือ 13.67 mg/L และ 13.98 mg/L ขณะที่การใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบที่ได้จากเตาเผาถ่านชีวภาพแบบที่ 1 ทำให้ข้าวโพดหวานสีม่วงมีปริมาณแอนโธไซยานินน้อยที่สุด คือ 10.95 mg/L (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 ความหวาน และปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวโพดหวานสีม่วงที่ใส่ถ่านชีวภาพจากแกลบ
ที่ได้จากการเผาด้วยเตาเผาถ่านชีวภาพ 8 แบบ

แบบของเตาเผาถ่านชีวภาพ	ความหวาน (% บริกส์)	แอนโทไซยานิน (mg/L)
ควบคุม	11.93	17.07 ab
1	13.30	10.95 e
2	13.28	14.91 cd
3	12.89	15.33 bcd
4	13.47	16.64 abc
5	13.09	13.67 d
6	13.53	15.19 bcd
7	13.08	18.57 a
8	12.78	13.98 d
F-test	ns	**
C.V. (%)	8.06	7.79

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.01$ โดยวิธี DNMR

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

