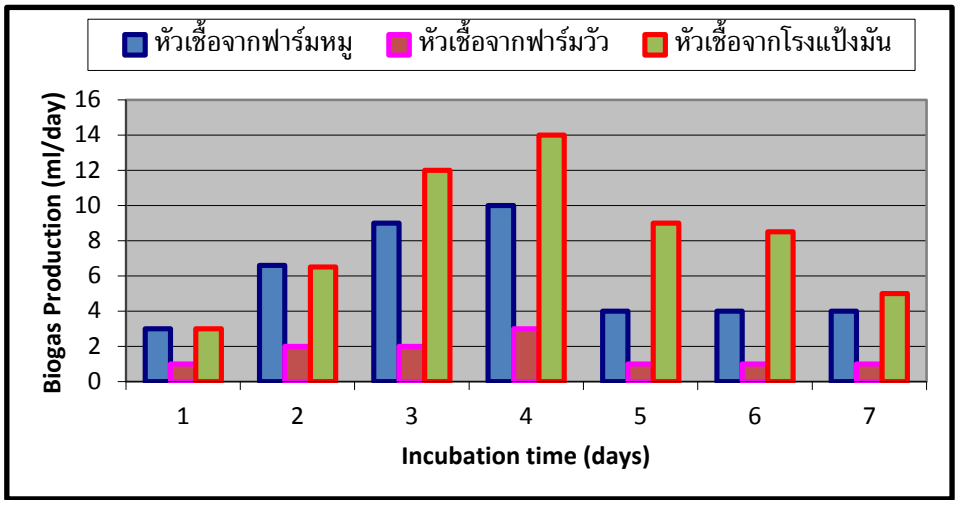
# บทที่ 4
# ผลการวิจัยและอภิปราย

## 1. ผลการวิจัยส่วนการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ

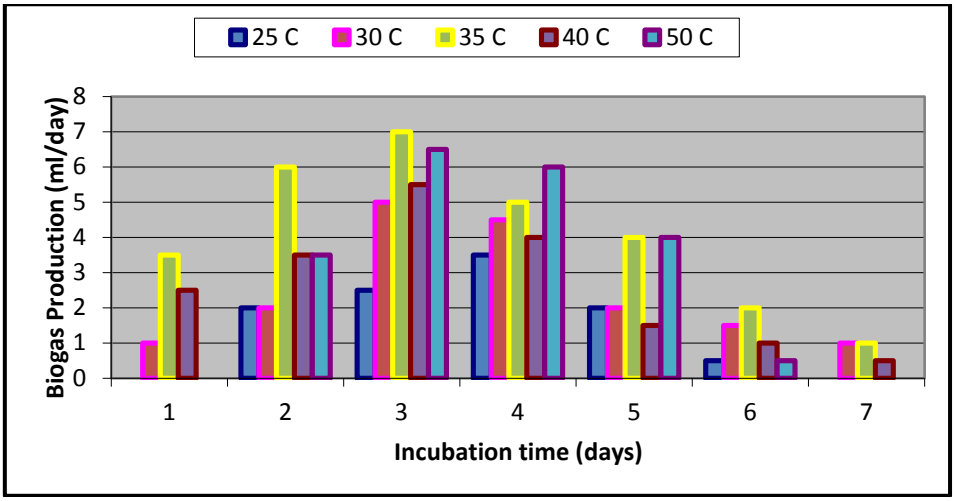
### การทดลองหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ




**รูปที่ 19** การทดลองหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร, ฟาร์มวัว และโรงงานแป้งมันสำปะหลัง

จากกราฟรูปที่ 19 จะเห็นว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังและจากฟาร์มสุกร ในช่วงวันที่ 1 และวันที่ 2 จะเกิดก๊าซไม่แตกต่างกันมากนักจนถึงวันที่ 3 หัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังเริ่มมีอัตราการเกิดก๊าซมากกว่าหัวเชื้อทั้ง 2 แหล่ง และจากกราฟจะเห็นได้ว่าในวันที่ 4 หัวเชื้อทุก ๆแหล่งจะมีแนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซมากที่สุดและมีแนวโน้มลดลงหลังจากวันที่ 4 เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการเกิดก๊าซ ในวันที่มีอัตราการเกิดก๊าซสูงสุดของแต่ละแหล่งหัวเชื้อคือวันที่ 4 พบว่าหัวเชื้อจากโรงงานแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการเกิดก๊าซมากที่สุดคือ 14 ml มากกว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มสุกร 28.5 % และมากกว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์จากฟาร์มวัว 78.5 %ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลังคือ หัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลัง ดังนั้นในการทดลองผลของอุณหภูมิและค่าpH ในการทดลองต่อไปจะใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังเท่านั้น

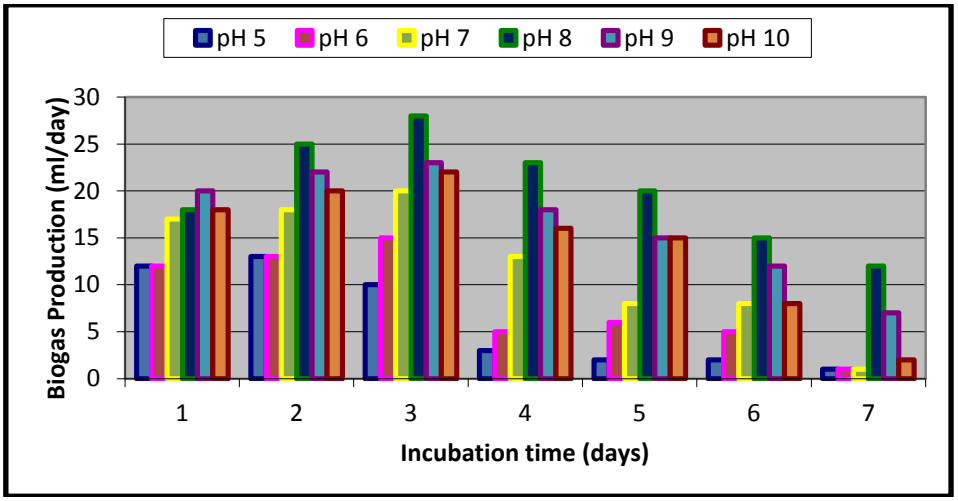
**ผลการทดลองหาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ**




**รูปที่ 20** ผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อควบคุม pH = 7

จากกราฟรูปที่ 20 เป็นการทดลองผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง จะเห็นว่าอุณหภูมิที่ 35 $^{0}$C มีแนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซมากกว่าอุณหภูมิอื่น ๆตั้งแต่วันที่ 1 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆสูงสุดในวันที่ 3 หลังจากวันที่ 3 อัตราการเกิดก๊าซก็จะเริ่มลดลง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการเกิดก๊าซสูงสุดของแต่ละอุณหภูมิคือวันที่ 3 พบว่าอุณหภูมิที่ 35 $^{0}$C มีอัตราการเกิดก๊าซมากที่สุดคือ 7 ml/day มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่อุณหภูมิ 50 $^{0}$C 7.2 % มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่อุณหภูมิ 40 $^{0}$C 21.5 % มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่อุณหภูมิ 30 $^{0}$C 28.6 % และมากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่อุณหภูมิ 25 $^{0}$C 50 % จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังคืออุณหภูมิที่ 35 $^{0}$C

**ผลการทดลองหาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ**

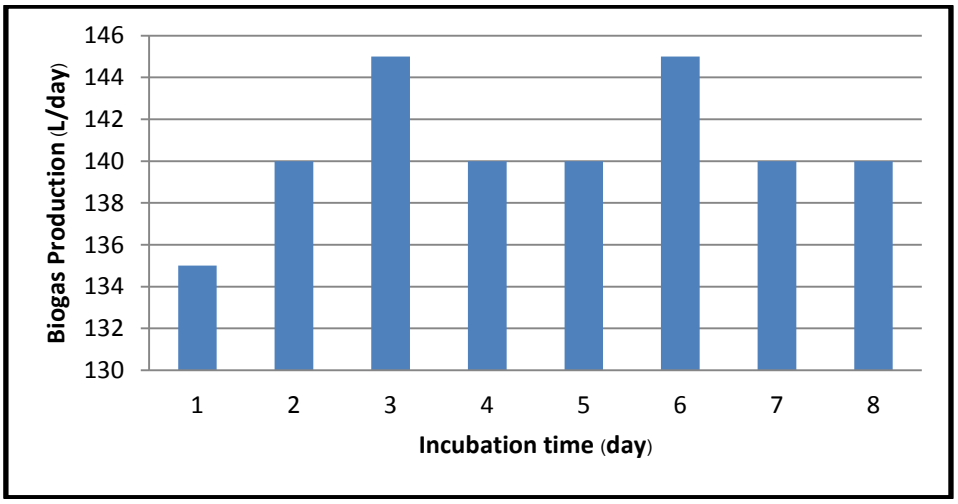



**รูปที่ 21** ผลของค่า pH ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเมื่อควบคุมอุณหภูมิที่ 35 $^{0}$C

จากกราฟรูปที่ 21 เป็นการทดสอบผลของค่าpH ต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพโดยใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง จะเห็นว่าค่า pH 8 มีแนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซมากกว่าค่า pH อื่น ๆ โดยในวันที่ 1 ปริมาณอัตราการเกิดก๊าซค่อนข้างจะใกล้เคียงกันและเริ่มจากวันที่ 2 ค่า pH 8 อัตราการเกิดก๊าซมากกว่า pH อื่น ๆและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ สูงสุดในวันที่ 3 หลังจากวันที่ 3 อัตราการเกิดก๊าซก็จะเริ่มลดลงจะสังเกตได้ว่าทุก ๆค่า pH อัตราการเกิดก๊าซจะเกิดสูงสุดในวันที่ 3 และค่อย ๆลดลง เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์อัตราการเกิดก๊าซสูงสุดของแต่ละค่า pH คือวันที่ 3 พบว่าค่า pH 8 มีอัตราการเกิดก๊าซมากที่สุดคือ 28 ml/day และมากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่ค่า pH 9 18 % มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่ค่า pH 10 21 %มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่ค่า pH 7 29.6 % มากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่ค่า pH 6 47.2 %และมากกว่าอัตราการเกิดก๊าซที่ค่า pH 5 64.8 % จึงสรุปได้ว่าค่า pH ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังคือ pH 8

## 2. ผลการวิจัยส่วนการทดลองในระบบถังหมักแบบสองขั้นตอน

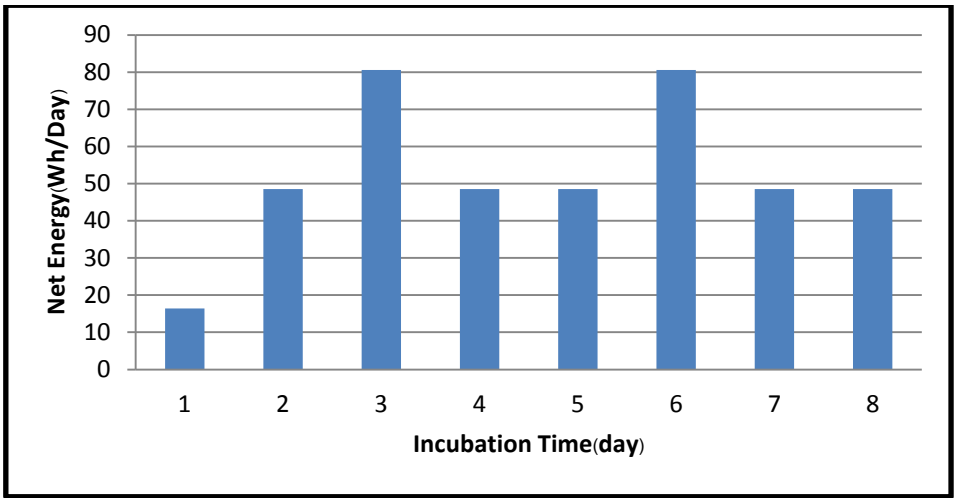
### 2.1 อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ




**รูปที่ 22** อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ

จากกราฟรูปที่ 22 เป็นกราฟอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน โดยทำการเก็บข้อมูล 8 วัน จะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพในวันที่ 1 ของการเก็บข้อมูลอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเกิดที่ 135 ลิตร/วัน และค่อย ๆเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในวันที่ 3 คือ 145 ลิตร/วัน ซึ่งแสดงได้ว่าในช่วงวันที่1-3 ยังมีปริมาณกรดอะเซเตทและไฮโครเจนที่เป็นอาหารให้เชื้อจุลินทรีย์จำพวกผลิตมีเทนใช้ในการผลิตมีเทนในปริมาณพอสมควร และหลังจากวันที่ 3 อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพก็จะมีแนวโนมลดลง ซึ่งแสดงว่าปริมาณกรดอะเซเตทและไฮโครเจนที่เป็นอาหารให้เชื้อจุลินทรีย์จำพวกผลิตมีเทนเริ่มจะลดลงในวันที่ 4 โดยจะเห็นได้ว่าอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 6 ซึ่งได้ทำการเติมกากมันเข้าสู่ระบบในวันที่ 4 จะเห็นได้ว่าปัจจัยหลักของการเกิดก๊าซชีวภาพคือปริมาณกรดอะเซเตทและไฮโครเจนที่เป็นอาหารให้เชื้อจุลินทรีย์ ถ้าไม่มีการเติมสารอาหารเข้าสู่ระบบก็จะทำให้แนวโน้มการเกิดก๊าซค่อย ๆขึ้นสูงสุดและค่อย ๆลงต่ำสุดทำให้การเกิดก๊าซไม่คงที่ แต่เมื่อมีการเติมสารอาหารเข้าสู่ระบบแบบกึ่งต่อเนื่องคือ 4 วันเติมครั้ง ก็จะทำให้อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพมีแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่คิดอัตราการเกิดก๊าซโดยเฉลี่ย 140 ลิตรต่อวันดังแสดงในรูปที่ 22

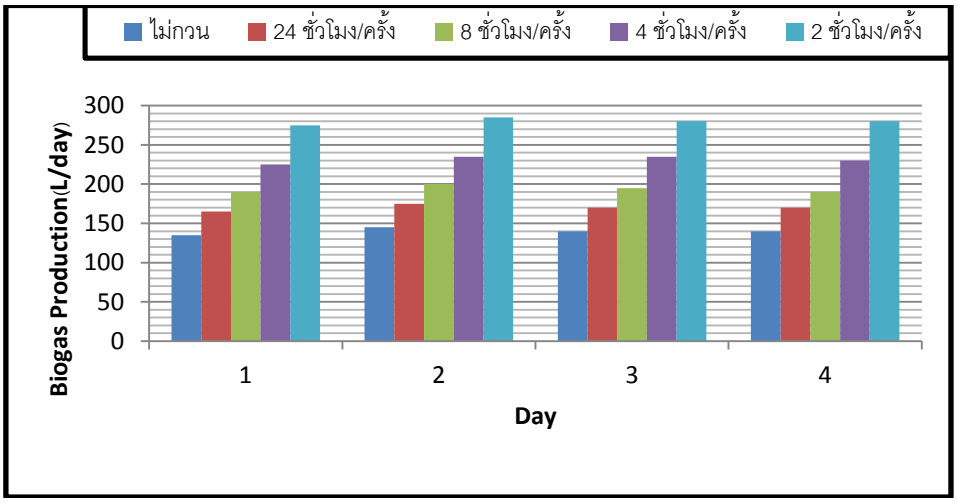
**2.2 .พลังงานสุทธิที่ผลิตได้**




**รูปที่ 23** พลังงานสุทธิที่ผลิตได้

จากกราฟรูปที่ 23 เป็นกราฟพลังงานสุทธิที่ผลิตได้ในแต่ละวัน ซึ่งพลังงานสุทธิที่ผลิตได้ คิดจากพลังงานที่ผลิตได้จากก๊าซชีวภาพและนำพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพมาลบ ซึ่งในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในครั้งนี้พลังงานหลักที่ใช้คือ Heater ในการทำความร้อนและรักษาอุณหภูมิในถังหมัก และในส่วนการใช้พลังงานจากปั๊มน้ำน้อยมากในการทดลองนี้จึงคิดการใช้พลังงานจาก Heater อย่างเดียว จะเห็นได้ว่าพลังงานสุทธิที่ผลิตได้ในวันที่ 1 คือ 16.43(W-h/Day) และค่อย ๆเพิ่มขึ้นจนสูงสุดในวันที่ 3 คือ 80.60 (W-h/Day) ซึ่งแสดงได้ว่าในช่วงวันที่1-3 อัตราการเกิดก๊าซเพิ่มขึ้นเรื่อยพลังงานที่ผลิตได้ก็เพิ่มขึ้นตาม และหลังจากวันที่ 3 พลังงานสุทธิที่ผลิตได้จะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแสดงว่าอัตราการเกิดก๊าซเริ่มลดลงซึ่งก็สอดคลองกับกราฟอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพดังรูปที่3 โดยจะเห็นได้ว่าพลังงานสุทธิที่ผลิตได้เพิ่มขึ้นอีกในวันที่ 6 ซึ่งได้ทำการเติมกากมันเข้าสู่ระบบในวันที่ 4 จากกราฟอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพและกราฟพลังงานสุทธิที่ผลิตได้ มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันแสดงว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละวันค่อนข้างคงที่ คิดพลังงานสุทธิที่ผลิตได้โดยเฉลี่ย 48.6 (W-h/Day)

**2.3 ผลของการกวนต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ**




**รูปที่ 24** ผลของการกวนต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ

จากกราฟรูปที่ 24 จะเห็นได้ว่ายิ่งมีการกวนมากเท่าไรอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้น จากที่ไม่มีการกวนและเริ่มมีการกวนด้วยความถี่วันละ 24, 8, 4, และ 2 ชั่วโมง/ครั้ง พบว่ามีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพโดยเฉลี่ย 140,160,190,240, และ 280 ลิตร/วัน โดยจากการที่ไม่มีการกวนมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ 140 ลิตร/วัน เมื่อมีการกวนด้วยความถี่ 24 ชั่วโมง/ครั้ง พบว่ามีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นจาก 140 ลิตร/วันเป็น 160 ลิตร/วัน โดยเพิ่มขึ้น 14.2% มีการกวนด้วยความถี่ 8 ชั่วโมง/ครั้ง มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น 35.7% มีการกวนด้วยความถี่ 4 ชั่วโมง/ครั้ง มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น 71.4% และมีการกวนด้วยความถี่ 2 ชั่วโมง/ครั้ง มีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้น 100%

## 3. อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ได้ศึกษาการหาหัวเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นและสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังโดยได้เริ่มทดลองจากระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งหัวเชื้อจุลินทรีย์จากโรงแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพดีที่สุด อุณหภูมิที่มีอัตราการเกิดก๊าซดีที่สุดคือ 35 $^{0}$C และค่า pH 8 มีแนวโน้มอัตราการเกิดก๊าซมากกว่าค่า pH อื่น ๆ และในส่วนของการทดลองในระบบจริงจะเห็นได้ว่าผลของการกวนต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยใช้กากมันสำปะหลังเป็น Substrate (กากมันสำปะหลังผสมกับน้ำ) ในการทดลอง และจะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อมีการกวนด้วยความถี่ที่มากขึ้นอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพก็เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นก็สามารถสรุปได้ว่าความถี่ของการกวนผสมก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ เมื่อดูจากผลการวิจัยแล้วอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นค่อนค้างน้อย เมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความถี่ของการกวน เนื่องจาก Substrate (กากมันสำปะหลังผสมน้ำ)มีโปรตีนน้อย และ มีค่า COD ขาเข้าเพียง 5011 มก. /ล. ซึ่งถือว่ามีค่าค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากถังหมักก๊าซชีวภาพแบบสองขั้นตอนมีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีมีค่าสูงถึง 98.87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำไปใช้ในระดับอุตสาหกรรมซึ่งมีค่า COD ขาเข้า ค่อนข้างสูง จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพเพิ่มมากขึ้น