บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในรอบปีที่ผ่านมา ราคาน้ำมันดิบพุ่งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับในปัจจุบันผู้คนให้ความสนใจเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความพยายามที่จะนำไปสู่การผลิตพลังงานชีวภาพจากแหล่งวัตถุดิบเหลือใช้เพิ่มมากขึ้นด้วย (Ezeji *et al.*, 2005; Qureshi *et al.*, 2008) ทั้งนี้เอทานอล ซึ่งเป็นพลังงานชีวภาพดั้งเดิมมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นสูง และมีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ (Low density energy) จึงเพิ่มความยุ่งยากในการนำไปใช้ รวมถึงค่าการเก็บรักษาและการขนส่งที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับบิวทานอล บิวทานอลมีคุณสมบัติในการดูดความชื้นและการระเหยที่ต่ำ รวมทั้งยังมีค่าความหนาแน่นของพลังงาน (Density energy) ที่ใกล้เคียงกับแก๊สโซลีนด้วย (Lee *et al.*, 2008a) นอกจากนี้บิวทานอลยังสามารถใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกและอุตสาหกรรมการผลิตกลิ่นรสได้อีกด้วย (Campos *et al.*, 2002) ดังนั้นในปัจจุบันนี้นักวิจัยส่วนใหญ่จึงหันมาให้ความสนใจกับการศึกษากระบวนการการผลิตบิวทานอลมากขึ้น

บิวทานอลเป็นผลิตผลหนึ่งที่ได้จากกระบวนการหมักของแบคทีเรียในกลุ่ม Clostridia จากกระบวนการเอบีอี (ABE fermentation) ซึ่งประกอบด้วยแอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล ทั้งนี้ *Clostridium* sp. ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของแบคทีเรียแกรมบวก (Gram-positive) ที่สามารถสร้างสปอร์ และเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยสภาพธรรมชาติแล้วแบคทีเรียกลุ่มนี้ มีวิถีในการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ (แอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล) แบคทีเรีย *Clostridium* sp. ได้ถูกจำแนกออกเป็นสายพันธุ์ต่างๆ เป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตบิวทานอล แต่แบคทีเรีย *Clostridium acetobutylicum* เป็นสายพันธุ์เดียวที่นิยมนำไปใช้ในกระบวนการผลิตบิวทานอลในระดับอุตสาหกรรม (Jones and Woods. 1986) ซึ่งบิวทานอลสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบที่เหลือใช้ทางการเกษตร เช่น กากน้ำตาล (Molasses), สารชีวมวลทางการเกษตร (Agricultural biomass), Wood hydrolysate และวัตถุดิบประเภทที่ให้แป้ง (Starchy material) (ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวไรย์ และมันสำปะหลัง) ของเสียจากอุตสาหกรรมนม (Dairy industry waste) เป็นต้น (Campos *et al.*, 2002) ปัญหาที่มักจะส่งผลกระทบในเชิงเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการผลิตบิวทานอล ได้แก่ ต้นทุนของวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต ชนิดของถังปฏิกรณ์ชีวภาพ เทคนิคในการเก็บเกี่ยวผลผลิต การเกิดผลผลิตอื่นๆ (By products) ในระหว่างการหมักบิวทานอล ความเข้มข้นของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ผลิตได้ และความสามารถในการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ของแบคทีเรีย เป็นต้น (Qureshi *et al.*, 2001) ทั้งนี้มีรายงานว่าข้อจำกัดหลักทางด้านเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการผลิตแอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล คือ ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ซึ่งคิด

เป็นร้อยละ 60-70 ของต้นทุนทั้งหมด (Madihah *et al.*, 2001a; Madihah *et al.*, 2001b) ดังนั้นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูกจึงเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการผลิตเพื่อให้สามารถลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุด ทั้งนี้วัตถุดิบที่มีอยู่จำนวนมากและราคาถูกที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมการมักเพื่อผลิตสารอินทรีย์คือวัตถุดิบประเภทแป้ง ซึ่งในประเทศไทยเอง มันสำปะหลังถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งวัตถุดิบทางเลือกเนื่องจากมีราคาถูกและมีอยู่มากภายในประเทศ นอกจากนี้มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบที่น่าสนใจในการที่จะนำไปผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ ทั้งในด้านเศรษฐศาสตร์และภูมิศาสตร์อีกด้วย กล่าวคือ มันสำปะหลังที่โตเต็มที่จะให้ปริมาณแป้งที่สูงมากเมื่อเทียบกับพืชที่ให้แป้งชนิดอื่นๆ นอกจากนั้นมันสำปะหลังยังสามารถเจริญเติบโตในดินที่มีแร่ธาตุอาหารต่ำและแห้งแล้งได้ (Yu and Toa, 2009) ดังนั้นมันสำปะหลังจึงเหมาะที่จะใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ อย่างเช่นบิวทานอล เป็นต้น

ในกระบวนการหมักแอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล แบคทีเรียจำเป็นต้องใช้สารอาหารที่ซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งไนโตรเจน มีรายงานว่า แหล่งไนโตรเจนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย คือแหล่งที่ได้มาจากสารสกัดจากยีสต์ (Yeast extract) (Madihah *et al.*, 2001b) อย่างไรก็ตามสารสกัดจากยีสต์เป็นวัตถุดิบที่มีราคาสูง ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่ท้าทายในการพัฒนาวิธีการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ (แอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล) เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยใช้วัตถุดิบที่เป็นแหล่งไนโตรเจนที่มีราคาถูก อย่างเช่น สารสกัดจากยีสต์ที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ (Spent brewer's yeast extract) ที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อการเจริญของแบคทีเรียมากมาย มาทดแทนการใช้วัตถุดิบราคาแพงดังกล่าว ฉะนั้นเมื่อพิจารณาความเป็นไปได้แล้ว ในการศึกษานี้จึงใช้สารสกัดจากยีสต์ที่เหลือใช้นั้นเป็นแหล่งไนโตรเจน เพื่อทดแทนการใช้สารสกัดจากยีสต์ทางการค้า (Commercial yeast extract) ที่มีราคาแพง ในการผลิตแอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล

คุณสมบัติทางกายภาพและวิถีการสังเคราะห์สารอินทรีย์ของจุลินทรีย์สามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อ จากการศึกษาก่อนหน้านี้ พบว่าค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อมีบทบาทสำคัญในการชักนำให้เกิดการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ และมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อระดับของกรดบิวทีริกทั้งรูปที่ไม่แตกตัวที่อยู่ในน้ำหมัก (Dissociated butyric acid) และรูปที่แตกแตกตัวได้ (Dissociated butyrate) ซึ่งอยู่ภายในเซลล์ของแบคทีเรีย *Clostridium* sp. (Monot *et al.*, 1984) ทั้งนี้การศึกษาวิธีการควบคุมค่า pH เพื่อกระตุ้นการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ในแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* ยังไม่เป็นที่เข้าใจชัดเจน ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการควบคุมค่า pH ของน้ำหมัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ดังกล่าวด้วย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่ การใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักด้วยแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* ที่มีการควบคุมค่า pH เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ ตลอดจนหาส่วนผสมที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทดแทนวัตถุดิบที่มี

ราคาแพง เช่น สารสกัดจากยีสต์ทางการค้า ด้วยใช้วัตถุดิบที่ต้นทุนต่ำกว่าและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ (แอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล) ในกระบวนการหมักแบบกะ ของแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* TISTR 1462 โดยใช้วัตถุดิบจากมันสำปะหลัง ร่วมกับสารสกัดจากยีสต์ที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์เป็นแหล่งไนโตรเจน

2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ ด้วยแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* TISTR 1462 ในกระบวนการหมักแบบกะ ที่ใช้วัตถุดิบจากมันสำปะหลังเป็นแหล่งคาร์บอน และใช้สารสกัดจากยีสต์ที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ เป็นแหล่งไนโตรเจน

3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้วัตถุดิบจากมันสำปะหลังแต่ละชนิดในการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ของแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* TISTR 1462 ในกระบวนการหมักแบบกะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะศึกษาการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ (แอซิโตน บิวทานอล และเอทานอล) ในขนาดห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยใช้วัตถุดิบจากมันสำปะหลังที่เสริมด้วยสารสกัดจากยีสต์เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ ด้วยแบคทีเรีย *Cl. acetobutylicum* TISTR 1462 ในกระบวนการหมักแบบกะ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและตัวแปลต่างๆ ตลอดจนนำมาวิเคราะห์และใช้เป็นต้นแบบเพื่อนำไปสู่การคำนวณขยายขนาดการผลิตที่ใหญ่ขึ้นระดับโรงงานต้นแบบต่อไป

1.4 ทฤษฎี สมมติฐาน หรือกรอบแนวความคิด

มีความเป็นไปได้หากมีการศึกษาการนำเอามันสำปะหลัง มาใช้เป็นแหล่งสารอาหาร (Substrate) ทั้งในรูปของแป้งมัน กากมันและ มันเส้น เมื่อศึกษาพฤติกรรมการผลิตตัวทำละลายอินทรีย์ (Solvents) โดยจุลินทรีย์ *Clostridium* sp. เพื่อลดต้นทุนต่อหน่วยของการผลิตบิวทานอล โดยอาจนำการศึกษาควบคู่การเปรียบเทียบการใช้ สารสกัดจากยีสต์ทางการค้า (Commercial yeast extract) กับสารสกัดจากยีสต์ที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ (Spent brewer's yeast extract) ก็จะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตบิวทานอลในระดับอุตสาหกรรมลงได้อีก เท่ากับเป็นการเพิ่มศักยภาพของการผลิตบิวทานอลในระดับอุตสาหกรรมให้มีความเป็นไปได้มากยิ่งขึ้น