บทที่1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กรดแลกติก($C_3H_6O_3$) เป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนั้น อนุพันธ์ของกรดแลกติกหลายชนิดได้นำมาใช้ในอุตสาหกรรมเคมี สิ่งทอ และด้านเภสัชกรรม นอกจากนี้ จากงานวิจัยเบื้องต้น พบว่ากรดแลกติกซึ่งผลิตได้จากการหมัก (Bio-based) สามารถใช้เป็นสารตัวกลางในการสังเคราะห์สารเคมีและพอลิเมอร์ได้หลายชนิด เช่น พอลิเอสเทอร์ (Polyester) อิพอกไซด์ (Epoxides) พอลิแอคริลิกแอซิด (Polyacrylic acid) รวมทั้งพอลิแลกติกแอซิด (polylactic acid) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ (Biodegradable) และยังเข้ากันได้ดีกับร่างกาย (Biocompatible) (Yu และ Hang, 1989; Tay และ Yang, 2000; Thongchul และ Yang, 2003; Thongchul, 2005; lactic, 2010 : online ; purac, 2010 : online) ในปัจจุบันได้มีการนำกรดแลกติกมาใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตพลาสติกชีวภาพชนิดพอลิแลกติกแอซิด เพื่อทดแทนพลาสติกจากปิโตรเคมี ทำให้แนวโน้มความต้องการและราคาในตลาดโลกเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ.2546 มีรายงานว่าปริมาณการผลิตกรดแลกติกทั่วโลกประมาณ 100,000 ตันต่อปี (Skory, 2004)

กรดแลกติกสามารถผลิตได้ 2 วิธี คือ กระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีและกระบวนการหมัก ซึ่งพบว่ากระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีนั้นกรดแลกติกที่ผลิตได้จะอยู่ในรูปไอโซเมอร์ผสม (Racemic mixture) และใช้ภาวะรุนแรงในกระบวนการสังเคราะห์ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Narayanan และคณะ, 2004) อีกทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตยังมาจากปิโตรเคมี ซึ่งในปัจจุบันมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ (Kadam และคณะ, 2005) สำหรับการผลิตกรดแลกติกโดยกระบวนการหมักนั้นสามารถใช้ได้ทั้งแบคทีเรียและรา ในส่วนของแบคทีเรียนิยมใช้แบคทีเรียแลกติกชนิดโฮโมเฟอร์เมนเททีฟซึ่งจะใช้กลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอนซึ่งผลิตกรดแลกติกเป็นผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว ตัวอย่างของแบคทีเรียชนิดโฮโมเฟอร์เมนเททีฟ เช่น *Lactobacillus* sp.และ *Lactococcus* sp. เป็นต้น ซึ่งพบว่าแบคทีเรียพวกโฮโมเฟอร์เมนเททีฟสามารถเจริญเติบโตได้ในระยะเวลาสั้น ให้ผลผลิตกรดแลกติกในปริมาณสูง (Thomas และคณะ, 1979) และกระบวนการหมักสามารถทำได้ง่ายไม่ซับซ้อน ในงานวิจัยของ Michelson และคณะ (2006) พบว่า แบคทีเรีย *Bacillus coagulans* SIM-7 DSM 14043 และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Lactis* DSM 20073 ให้อัตราการผลิตกรดแลกติกสูงถึง 9.9 และ 5.6 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมงตามลำดับ ในการหมักแบบแบตซ์โดยใช้สารอาหารที่ประกอบด้วยกลูโคส 126 กรัมต่อลิตร Yeast autolysate 185.7 มิลลิลิตรต่อลิตร KH_2PO_4 0.25 กรัมต่อลิตร K_2HPO_4 0.024 กรัมต่อลิตร $MgCl_2$ 0.03 กรัมต่อลิตร $MgSO_4 \cdot 7H_2O$

0.08 กรัมต่อลิตร และ Microelements solution 2.3 มิลลิลิตรต่อลิตร และจากงานวิจัยของ ของ Rojan และคณะ (2005) พบว่า แบคทีเรีย *Lactobacillus casei* NCIMB 3254 ให้ผลผลิตกรดแลกติกสูงถึง 2.9 กรัมต่อ 5 กรัมของกากอ้อยเริ่มต้น ซึ่งคิดเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลกติก 97 เปอร์เซ็นต์ ณ ภาวะที่มีความชื้น 72 เปอร์เซ็นต์ ในการหมักบนอาหารแข็งโดยใช้กากอ้อยเป็นตัวค้ำจุนสำหรับให้แบคทีเรียเจริญ และเสริมน้ำแป้งมันสำปะหลังที่ถูกย่อยด้วยแอลฟา-อะไมเลส และกลูโคอะไมเลส (คิดเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ 3 กรัม) แต่เนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ต้องการไวตามินและกรดอะมิโนหลายชนิดในการเจริญและไม่สามารถใช้พวกแป้งได้โดยตรงเนื่องจากไม่มีเอนไซม์ที่จะใช้ในการย่อย อีกทั้งยังพบว่ากรดแลกติกที่ได้จากแบคทีเรียพวกโฮโมเฟอร์เมนเททีฟนั้นอยู่ในรูปของไอโซเมอร์ผสมหรือกรดแอล (+) และดี (-) แลกติกทำให้เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการหมักจึงต้องแยกไอโซเมอร์ผสมของกรดแลกติกให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้ในการผลิตพอลิแลกติกแอซิดเพราะในการสังเคราะห์พลาสติกชีวภาพจำเป็นต้องใช้ไอโซเมอร์บริสุทธิ์ของกรดแลกติก เพื่อให้ได้พลาสติกที่มีคุณภาพ ในส่วนของการหมักด้วยรานั้น ราที่สามารถผลิตกรดแลกติกเป็นราในจีนัส *Rhizopus Mucor* และ *Monilia* ซึ่งในการผลิตกรดแลกติกในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้ *R. oryzae* เนื่องจากสามารถผลิตกรดแอลแลกติกบริสุทธิ์จากแป้ง น้ำตาล รวมทั้งวัสดุการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบรวมทั้งกากน้ำตาลซึ่งมีราคาถูก เนื่องจากรามีอะไมเลสที่สามารถย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล (Wee และคณะ, 2006) และไม่ต้องการไวตามินและกรดอะมิโนเสริมในกระบวนการหมัก ทำให้กระบวนการหมักด้วย *R. oryzae* มีต้นทุนการผลิตทั้งด้านวัตถุดิบและกระบวนการแยกบริสุทธิ์หลังกระบวนการหมักที่ต่ำกว่าการหมักด้วยแบคทีเรีย เนื่องจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มีนักวิจัยหลายกลุ่มให้ความสนใจที่จะนำ *R. oryzae* มาใช้ในกระบวนการผลิตกรดแลกติก (Hang และคณะ, 1989; Park และคณะ, 1998; Sun และคณะ, 1999; Bai และคณะ, 2003; Martak และคณะ, 2003; Lin และคณะ, 2007)

รามีการดำรงชีพแบบ saprophyte คือ หลั่งเอนไซม์ออกนอกเซลล์ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อนให้ได้เป็นโมเลกุลที่เล็กที่สุดแล้วจึงดูดซับเข้าไปภายในเซลล์ และในธรรมชาตินั้นพบว่าราส่วนมากชอบที่จะเจริญเติบโตบนอาหารที่มีลักษณะค่อนข้างแข็งที่มีปริมาณความชื้นเล็กน้อยที่เพียงพอต่อขบวนการเมแทบอลิซึม ราก็สามารถที่จะเจริญได้ จากลักษณะทางธรรมชาติดังกล่าว ทำให้มีนักวิจัยหลายกลุ่มสนใจศึกษาการนำรามาใช้ประโยชน์ในการผลิตเอนไซม์ต่างๆ โดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตรมาเป็นแหล่งอาหาร ด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็ง เนื่องจากมีภาวะที่ราชอบในการเจริญเติบโตและความสามารถในการสร้างเอนไซม์แล้วหลั่งออกมานอกเซลล์ ทำให้ช่วยลดขั้นตอนในการแปรสภาพวัตถุดิบ เช่น ขั้นตอนในการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์หรือกรดก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักส่งผลให้

การผลิตผลิตภัณฑ์มีต้นทุนที่ต่ำลง และยังเป็นเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำ ใช้ปริมาณน้ำน้อย ผลิตภัณฑ์ที่เก็บเกี่ยวได้มีความเข้มข้นมากกว่าการหมักแบบอาหารเหลว ทำให้ลดขั้นตอนการทำให้ผลิตภัณฑ์เข้มข้นก่อน ใช้พลังงานต่ำ และยังเกิดของเสียน้อยด้วย อาหารที่ใช้ในกระบวนการหมักมีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนและหาได้ง่ายอีกทั้งสามารถเป็นสารอาหารและเป็นแหล่งที่ราเกาะติดได้โดยตรง ดังตัวอย่างงานวิจัยของ Akapan และ Adelaja (2004) ที่ศึกษาการผลิตเอนไซม์อะไมเลสโดย *Aspergillus oryzae* จากรำข้าว ซึ่งเสริมด้วยแป้งมันสำปะหลัง โปรตีนถั่วเหลือง KH_2PO_4 $MgSO_4.7H_2O$ $ZnSO_4.7H_2O$ กากถั่วลิสง สารสกัดจากยีสต์ และ $CaCO_3$ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง พบว่า ในอาหารแข็งที่ประกอบด้วยรำข้าว 10 กรัม แป้งมันสำปะหลัง 1 กรัม และ โปรตีนถั่วเหลือง 3 กรัม ให้ผลผลิตของอะไมเลสสูงสุดที่ 634 ± 2.26 ยูนิตต่อกรัม จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเติมแป้งมันสำปะหลัง และโปรตีนถั่วเหลืองลงไปในอาหารจะช่วยเพิ่มผลผลิตของเอนไซม์ได้

Gutarra และคณะ (2005) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ ปริมาณแหล่งอาหาร ได้แก่ น้ำมันมะกอก กากน้ำตาล สารสกัดจากข้าวโพด และสารสกัดจากยีสต์ต่อการผลิตไลเปสในการหมักแบบอาหารแข็ง Babassu cake โดย *Penicillium simplicissimum* ในถังหมักแบบ Tray-type bioreactor และ Packed-bed bioreactor พบว่าน้ำมันมะกอก และกากน้ำตาลสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตของเอนไซม์ได้ เมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณแหล่งคาร์บอน 6.25 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในถังหมักแบบ Packed-bed bioreactor ให้ผลผลิตมากกว่าในถังหมักแบบ Tray-type bioreactorจากงานวิจัยของ Patidar และคณะ (2005) พบว่าปัจจัยที่ควบคุมการผลิตไคติเนส (Chitinase) โดย *Beauveria feline* RD 101 ด้วยการหมักแบบอาหารแข็งโดยใช้รำข้าวสาลีเป็นตัวค้ำจุนและแหล่งคาร์บอน ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ขนาดของกล้าเชื้อ และความชื้นของตัวค้ำจุน Shakar และ Mulimani (2007) เปรียบเทียบการผลิตแอลฟากาแลคโทซิเดส (α-Galactosidase) โดย *Aspergillus oryzae* แบบอาหารแข็งชนิดต่างๆ ได้แก่ Red gram plant waste รำข้าวสาลี รำข้าวเจ้า Chickpea plant waste Red gram flour Red gram husk เปลือกสับปะรด เปลือกแอปเปิล เปลือกส้ม Groundnut cake กากน้ำตาล และ Carob pod พบว่าเมื่อใช้ Red gram plant waste เป็นแหล่งคาร์บอนร่วมกับรำข้าวเจ้า สามารถให้ผลผลิตเอนไซม์สูงสุดเท่ากับ 4.37±0.11 ยูนิตต่อกรัมน้ำหนักแห้งของแหล่งคาร์บอนการหมักแบบอาหารแข็ง

Sun และ Xu (2008) ได้ศึกษาการปัจจัยต่างๆ ภายใต้ภาวะการหมักแบบอาหารแข็งที่มีผลต่อการผลิต whole-cell synthetic lipase (WCSL) โดยรา *Rhizopus chinensis* ใช้แป้งสาลีผสมกับรำข้าวสาลี ในอัตราส่วน 3 ต่อ 2 (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) โดยใช้สารละลายที่ประกอบด้วย

(หน่วยน้ำหนักต่อน้ำหนัก) $K_2HPO_4 \cdot 2H_2O$ 0.2 กรัม และ $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.05 กรัม เป็นตัวกำหนดปริมาณความชื้น พบว่า ซับสเตรททั้งสองสนับสนุนการเจริญเติบโตของราและการสร้างเอนไซม์ได้ดี โดยมีแอคติวิตีของเอนไซม์สูงสุดอยู่ที่ 24447 ยูนิตต่อกิโลกรัมซับสเตรท ที่ปริมาณความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น 6.5 โดยมีการเติมเปปโทนเสริมเข้าไป 2 เปอร์เซ็นต์ ในหน่วยน้ำหนักต่อน้ำหนัก และเติมน้ำมันมะกอกเป็นตัวชักนำ ไป 2 เปอร์เซ็นต์ ในหน่วยปริมาตรต่อน้ำหนัก (inducer) หลังจากเพาะเลี้ยงไป 72 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณที่มากกว่าในเลี้ยงในภาวะที่มีแต่ซับสเตรทอย่างเดียว ถึง 15.27 เท่า

นอกจากจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเอนไซม์อย่างแพร่หลายแล้ว ยังมีนักวิจัยบางกลุ่มสนใจนำไปใช้ในการผลิตเคมีภัณฑ์ ดังเช่น Oda (2002) ศึกษาการหมักกรดแลกติกแบบอาหารแข็ง พบว่า *R. oryzae* IFO 4707 ให้ผลผลิตกรดแลกติกสูงสุด 10 มิลลิกรัมต่อกรัมแหล่งคาร์บอนดิบ ภายใน 6 วัน โดยแหล่งคาร์บอนที่ศึกษา ได้แก่ กากมันฝรั่งซึ่งประกอบด้วยแป้ง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และเพคติน โดย *R. oryzae* IFO 4707 สร้างอะไมเลสเพื่อย่อยกากมันฝรั่งได้อย่างรวดเร็วโดยเปลี่ยนแป้งในกากเป็นกลูโคสแล้วนำไปผลิตกรดแอล(+)แลกติกได้ภายใน 1 วัน สังเกตได้จากค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลง นอกจากนี้ จากการศึกษาส่วนประกอบต่างๆ ในกากมันฝรั่งก่อนและหลังหมัก พบว่า ปริมาณแป้งในกากมันฝรั่งเริ่มต้นที่ 33.4 เปอร์เซ็นต์มวลแห้งถูกนำไปใช้อย่างต่อเนื่อง จนเมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักมีปริมาณแป้งเหลืออยู่ในกากมันฝรั่งเพียง 7.6 เปอร์เซ็นต์มวลแห้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 77.25 ของปริมาณแป้งที่ถูกนำไปใช้ต่อปริมาณแป้งเริ่มต้น จากงานวิจัยของ Soccol (1994) พบว่า *R. oryzae* NRRL 395 สามารถผลิตกรดแอล(+)แลกติกได้สูงสุด 1.44 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง โดยทำการหมักบนกากอ้อยที่มีสารละลายกลูโคสและ $CaCO_3$ ใน glass column reactor ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ที่อัตราการให้อากาศ 1.21 กรัมต่อชั่วโมงต่อคอลัมน์ เมื่อเปรียบเทียบกับการหมักในอาหารเหลวในถังหมักขนาด 2 ลิตร ในอาหารที่มีองค์ประกอบ (ต่อลิตร) ได้แก่ กลูโคส 120 กรัม $(NH_4)_2SO_4$ 0.1 กรัม $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.25 กรัม $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.04 กรัม ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส อัตราการให้อากาศ 125 กรัมต่อลิตรต่อนาที อัตราการกวน 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง พบว่าได้ผลผลิตของกรดแอล(+)แลกติกน้อยกว่า (1.38 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง)

Ruengruglikit และ Hang (2003) ศึกษาการผลิตกรดแอล(+)แลกติกแบบอาหารแข็งจากซังข้าวโพด (corncobs) ที่ผ่านการย่อยด้วย 0.1 N NaOH (ซังข้าวโพด 5 กรัมต่อ 0.1 N NaOH 100 มิลลิลิตร) โดยใช้กล้าเชื้อระยะ conidia ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ของ *R. oryzae* NRRL 395 โดยแปรปริมาณซังข้าวโพดที่ใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและตัวค้ำจุน ปริมาณ $CaCO_3$ และ Rapidase Pomaliq พบว่าได้ผลผลิตกรดแอล(+)แลกติกสูงสุดที่เวลา 48 ชั่วโมง (299.4$\pm$6.8 กรัม

กรดแอล(+)แลกติกต่อกิโลกรัมของซังข้าวโพดแห้ง ในหน่วยกิโลกรัม) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณของซังข้าวโพดแห้ง 5 กรัม ปริมาณ $CaCO_3$ 0.2 กรัม และปริมาณเอนไซม์ Rapidase Pomaliq 0.5 มิลลิลิตร ต่อ 0.1 N NaOH 100 มิลลิลิตร

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมาของรา *R. oryzae* ที่สามารถสร้างอะไมเลสและกลูโคอะไมเลส ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการตัดพันธะไกลโคซิดิก ซึ่งจะถูกสร้างแล้วปล่อยออกมาพร้อมกับการเจริญเติบโตทำให้ราสามารถที่จะใช้กลูโคสที่ได้จากแป้งซึ่งถูกย่อยด้วยเอนไซม์ที่ราสร้างขึ้นได้เองเปลี่ยนเป็นกรดแอลแลกติกและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ อีกทั้งตามลักษณะการเจริญเติบโตของราในธรรมชาตินั้นมักชอบเจริญและใช้เส้นใยเกาะพันยึดเหนี่ยวกับตัวค้ำจุนที่มีลักษณะค่อนข้างแข็ง สามารถที่เจริญเติบโตในภาวะที่มีน้ำน้อยจนไปถึงน้ำมาก ผู้วิจัยได้เล็งเห็นแนวทางที่จะนำข้อดีดังกล่าวของรามาประยุกต์ร่วมใช้กับเทคนิคการหมักแบบอาหารแข็งโดยใช้ตัวค้ำจุน ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่ำ ใช้ปริมาณน้ำน้อย พลังงานต่ำ และยังเกิดของเสียน้อยด้วย อาหารที่ใช้ในกระบวนการหมักมีองค์ประกอบที่ไม่ซับซ้อนและหาได้ง่ายอีกทั้งสามารถเป็นสารอาหารและเป็นแหล่งที่ราเกาะติดได้โดยตรง ซึ่งตัวค้ำจุนในการหมักอาจเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อได้ในขณะเดียวกันด้วย ทำให้ลดขั้นตอนในการย่อยแป้งด้วยเอนไซม์หรือกรดก่อนนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักส่งผลให้การผลิตกรดแลกติกมีต้นทุนที่ต่ำลง และในปัจจุบันพบว่าประเทศไทยมีผลผลิตมันสำปะหลังเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ซึ่งมันสำปะหลังจะถูกแปรรูปเป็นแป้ง มันอัดเม็ด และมันเส้น กากมันสำปะหลังที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปยังคงมีปริมาณแป้งอยู่เป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยเล็งเห็นแนวทางในการนำกากมันสำปะหลังมาใช้เป็นตัวค้ำจุนและแหล่งคาร์บอนในการผลิตกรดแลกติกแทนการนำไปแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ที่นิยมทำกันในปัจจุบัน ซึ่งนอกจากช่วยลดปัญหาการกำจัดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในทางอ้อมยังเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรของประเทศอีกด้วย

1.2 **วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

ศึกษาผลของปัจจัยทางกายภาพและเคมีต่อจลนพลศาสตร์ของการหมักกรดแอล(+)แลกติก บนอาหารแข็งกากมันสำปะหลังโดย *Rhizopus oryzae*

1.3 **ขอบเขตงานวิจัย**

ศึกษาการผลิตกรดแลกติกด้วยกระบวนการหมักบนอาหารแข็งโดยใช้กากมันสำปะหลังในระดับขวดเขย่า โดยเปรียบเทียบ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่เติมเสริม ความเร็วรอบการเหวี่ยง นำภาวะที่ได้มาศึกษาผลของปัจจัยทางเคมี ได้แก่ ธาตุอาหารเสริมจำพวกแหล่งไนโตรเจนในกระบวนการหมัก จากนั้นนำไปศึกษาผลเชิงบวกของการเสริมเซลลูเลส (Cellulase)

และกลูโคอะไมเลส (Glucomylase) ในการหมักกรดแลกติกบนกากมันสำปะหลังสดต่อจลนพลศาสตร์ของกระบวนการหมัก

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาผลของปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำที่เติมเสริม ความเร็วรอบการเหวี่ยง

1.4.2 ศึกษาผลของปัจจัยทางเคมี ได้แก่ ธาตุอาหารเสริมในกระบวนการหมักต่อจลนพลศาสตร์ของกระบวนการหมักกรด แอล(+)แลกติกจากกากมันสำปะหลังสด

1.4.3 ศึกษาผลเชิงบวกของการเสริมเซลลูเลส (Cellulase) และกลูโคอะไมเลส (Glucomylase) ในการหมักกรดแลกติกบนกากมันสำปะหลังสดต่อจลนพลศาสตร์ของกระบวนการหมัก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถผลิตกรดแลกติกในปริมาณสูงจากการใช้กากมันสำปะหลังด้วยกระบวนการหมักแบบอาหารแข็งได้