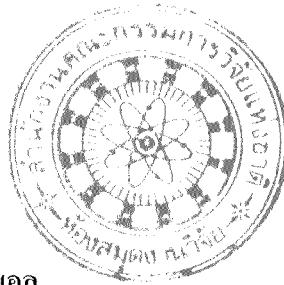
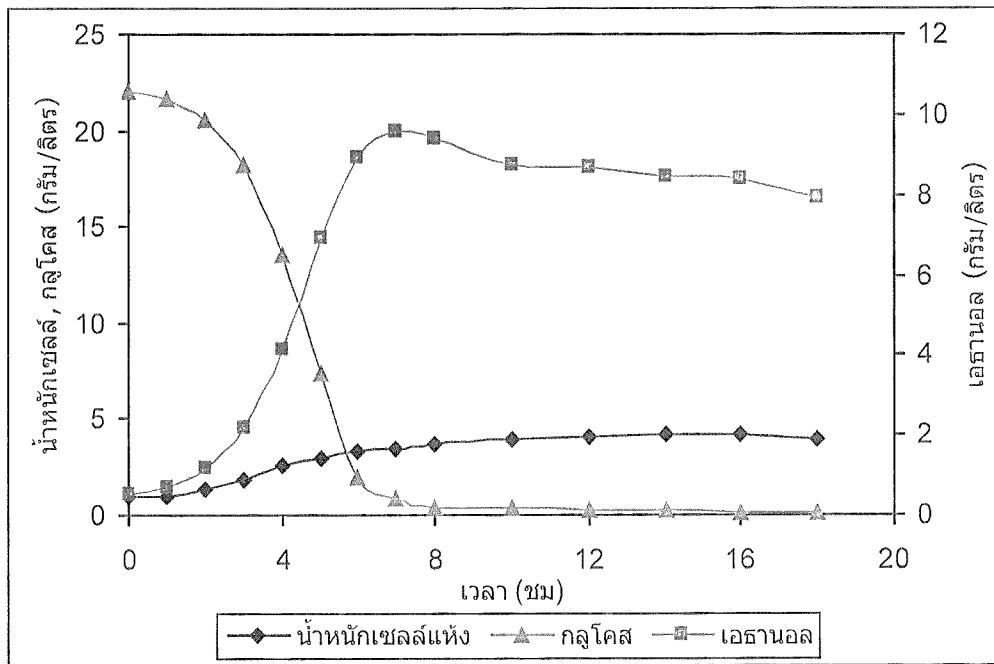


## ผลการทดลอง

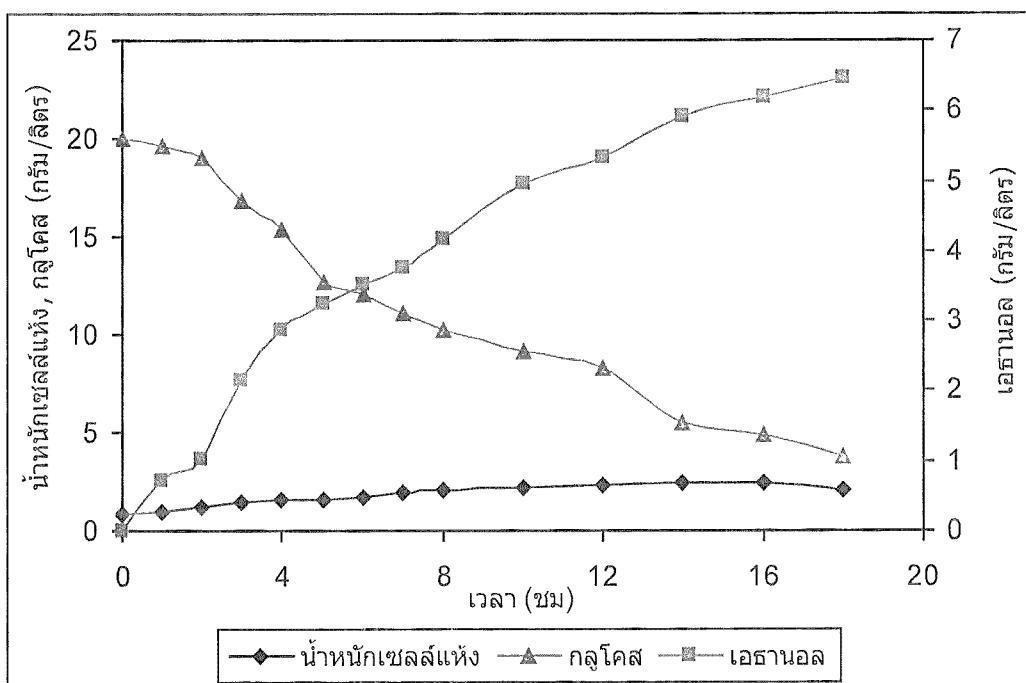


### ผลการศึกษาสูตรอาหารและเชื้อยีสต์ที่ใช้น้ำตาลอกกลูโคสในการผลิตเอทานอลชั่งมีเชื้อยีสต์ S. cerevisiae 5049 และ S. diastaticus 5547 โดยอาหารที่ใช้มี 2 สูตร ซึ่งผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 3-6 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ $Q_E$ (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ) $Y_{x/s}$ (ผลได้ของเชลล์จากน้ำตาล) $Y_{p/s}$ (ผลได้ของเอทานอลจากน้ำตาล) และผลการเพาะเลี้ยง *S. cerevisiae* 5048 และ *S. fibuligera* 2321 ดังแสดงในตารางที่ 4

การศึกษาสูตรอาหารเพื่อเป็นการนำสูตรอาหารที่เหมาะสมมาใช้กับการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ที่นำมาศึกษาซึ่งได้แก่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 และ *S. diastaticus* 5547 ในน้ำตาลอกกลูโคสเพื่อเป็นการศึกษาเชื้อยีสต์ที่สามารถใช้สูตรอาหารที่เหมาะสมและนำไปผลิตเอทานอลให้ได้ปริมาณมาก ซึ่งจากการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 และ *S. diastaticus* 5547 ที่เพาะเลี้ยงในอาหารทั้ง 2 สูตร มีค่า  $Y_{x/s}$  ที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อพิจารณาค่า  $Y_{p/s}$  รวมถึงปริมาณของเอทานอลสูงสุดที่ผลิตได้จากเชื้อ *S. cerevisiae* 5049 ในอาหารสูตรที่ 1 และ *S. diastaticus* 5547 ในอาหารสูตรที่ 1 และ 2 เป็น 9.55 9.02 และ 9.20 กรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 12, 14-15) ขณะที่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในอาหารสูตรที่ 2 ให้ค่า  $Y_{p/s}$  และปริมาณของเอทานอลสูงสุดที่ผลิตได้เพียง 6.44 กรัม/ลิตร (ภาพที่ 13) ซึ่งเมื่อนำเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 และ *S. diastaticus* 5547 ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 2 จะมีการนำน้ำตาลไปใช้ในการผลิตเอทานอลมากกว่าในสูตรอาหารที่ 1 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาวางในการเพาะเลี้ยงเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในสูตรอาหารที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 18 ชั่วโมง ปริมาณน้ำตาลอกกลูโคสที่เหลืออยู่คงสูงถึง 3.76 กรัม/ลิตร (ภาพที่ 13) ในขณะที่สูตรอาหารที่ 1 มีปริมาณน้ำตาลอกกลูโคสลดต่ำลงในชั่วโมงที่ 8 และเหลือเพียง 0.11 กรัม/ลิตร เมื่อสิ้นสุดการหมัก (ภาพที่ 3) ส่วนเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ที่เดี้ยงในอาหารสูตรที่ 1 ปริมาณน้ำตาลลดต่ำลงภายใน 8 ชั่วโมง (ภาพที่ 14) ซึ่งปริมาณของน้ำตาลที่เหลืออยู่เพียง 0.11 กรัม/ลิตร ขณะที่เมื่อนำเชื้อยีสต์ดังกล่าวไปเลี้ยงในอาหารสูตรที่ 2 ปริมาณน้ำตาลจะลดต่ำลงภายใน 16 ชั่วโมง (ภาพที่ 15) โดยปริมาณน้ำตาลอกกลูโคสที่เหลืออยู่เป็น 0.33 กรัม/ลิตร เมื่อพิจารณาจากค่า  $Q_E$  ของเชื้อยีสต์ทั้ง 2 ชนิด ในอาหารทั้ง 2 สูตร พบว่าเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในอาหารสูตรที่ 2 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะที่ต่ำที่สุดขณะที่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในสูตรอาหารที่ 1 มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดซึ่งสูงกว่าเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ในอาหารสูตรที่ 1 และ 2 ที่มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากัน และ *S. cerevisiae* 5049 ในสูตรอาหารที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งหมายถึงเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในสูตรอาหารที่ 1 มีความสามารถในการเจริญได้เร็วกว่าเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ในอาหารสูตรที่ 1 และ 2 และ *S. cerevisiae* 5049 ในอาหารสูตรที่ 2 ตามลำดับ



ภาพที่ 12 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. cerevisiae* 5049 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 1 จากตาราง ข.1

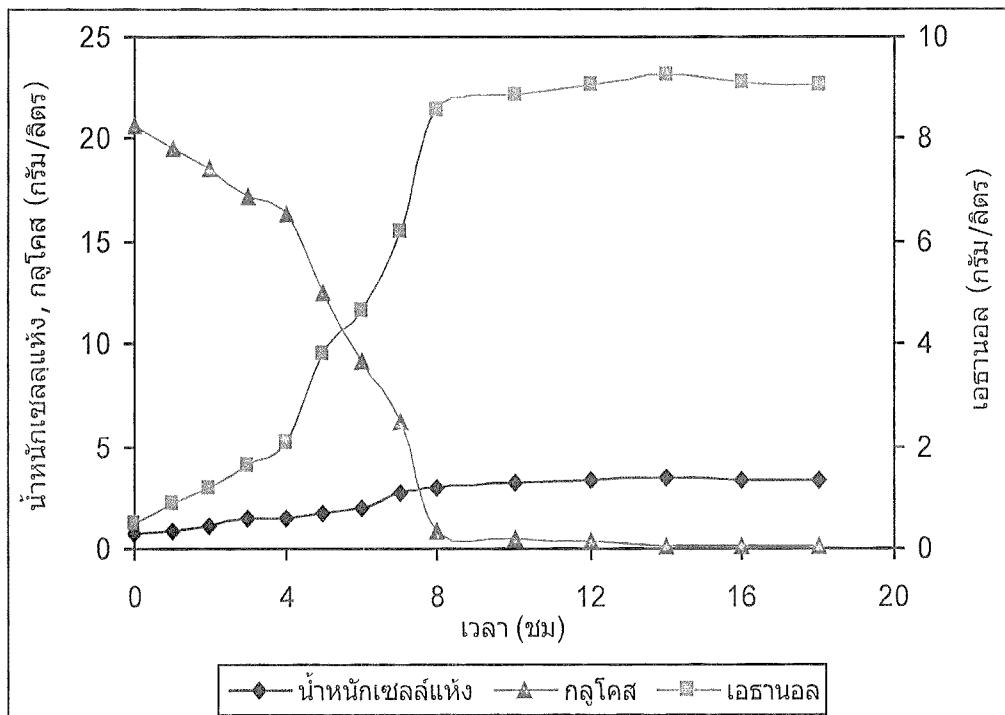


ภาพที่ 13 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. cerevisiae* 5049 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 2 จากตาราง ข.2

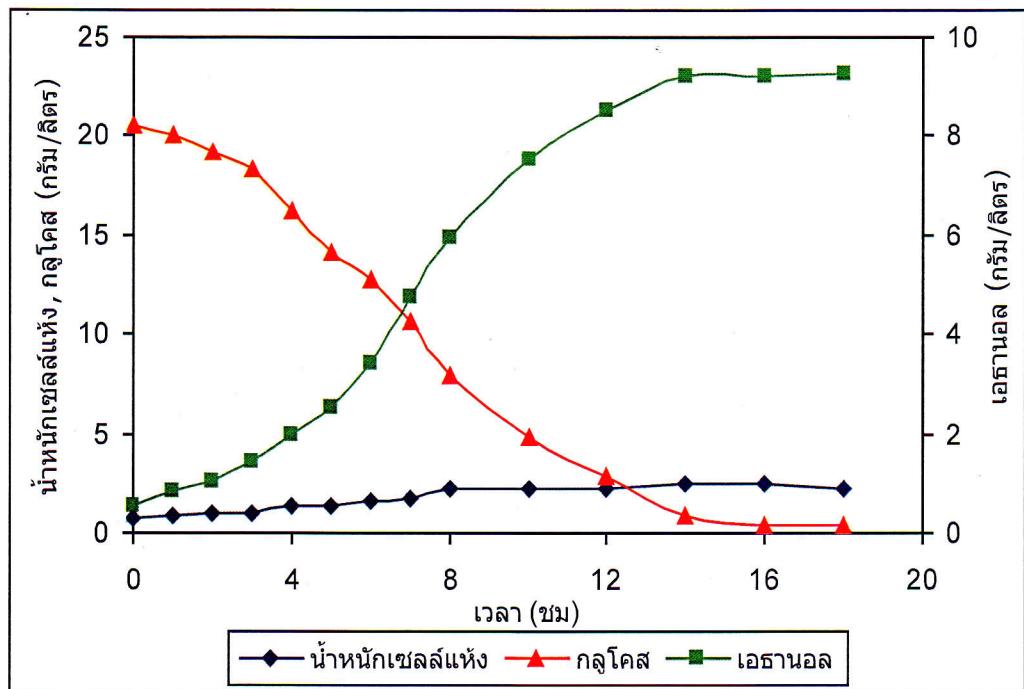
เนื่องจากเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049 ในอาหารสูตรที่ 1 และเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ในอาหารทั้ง 2 สูตร ให้ปริมาณเอทานอลที่มากจากน้ำตาลกลูโคสสูงใกล้เคียงกันและเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของสารอาหารที่มีในสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 สูตร พบว่าในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรที่ 2 ที่มีการเพิ่มปริมาณของสารอาหาร ( $\text{NH}_4\text{O}_4$ )<sub>2</sub> แต่ลดปริมาณของ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  และ Yeast extract ให้น้อยกว่าในสูตรอาหารที่ 1 และเมื่อนำสูตรอาหารที่ 2 ไปเลี้ยงเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 พบว่าเชื้อยีสต์สามารถใช้สูตรอาหารดังกล่าวในการผลิตเอทานอลสูงใกล้เคียงกับอาหารสูตรที่ 1 ซึ่งใช้ปริมาณสารอาหารที่มากกว่าดังนั้นจากการศึกษาสูตรอาหารที่ 2 และเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ที่ให้ค่า yield เป็น 0.44 กรัม/กรัม มาใช้ในการผลิตเอทานอลจากน้ำตาลເສດຖາໂຫຼດ ทั้งนี้เพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการผลิตเอทานอล

#### การผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF จากเชื้อยีสต์แต่ละสายพันธุ์

จากการศึกษาความสามารถในการผลิตเอทานอลแบบ SHF จากเชื้อยีสต์ ผลแสดงดังภาพที่ 6 พบว่าการใช้เชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ให้อัตราการผลิตเอทานอลต่อชั่วโมงสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.161 กรัมต่อต่อชั่วโมง และ การใช้เชื้อยีสต์เดียวสายพันธุ์ *S. fibuligera* 2321 ให้อัตราการผลิตเอทานอลต่อชั่วโมงต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.068 กรัมต่อต่อชั่วโมง ดังตารางที่ 4 จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า การใช้เชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ใน การผลิตเอทานอลแบบ SHF จะทำให้ได้อัตราการผลิตเอทานอลต่อชั่วโมงสูงกว่าการใช้เชื้อยีสต์สายพันธุ์อื่น



ภาพที่ 14 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. diastaticus* 5547 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 1 มาจากตาราง ข.3



ภาพที่ 15 ผลการเพาะเลี้ยงเชื้อ *S. diastaticus* 5547 ในน้ำตาลกลูโคสโดยใช้อาหารสูตรที่ 2 มาจาก

ตาราง ข.4

ผลจากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าazole ไมโลไลติกยีสต์ *S. diastaticus* 5547 ให้ผลผลิตเอทานอลได้สูงกว่ายีสต์ปักษิและazole ไมโลไลติกยีสต์สายพันธุ์อื่น *S. fibuligera* 2321 การคำนวณค่า  $Y_{p/s}$  คำนวนจากปริมาณน้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการพรีทริคเมนต์ด้วยกรดและย่อยด้วยเอนไซม์ คิดเป็น 8.47 กรัม/ลิตร

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์จากการศึกษาสูตรอาหารทั้ง 2 สูตรและเชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* 5049, *S. cerevisiae* 5048 และ *S. diastaticus* 5547 ที่ใช้น้ำตาลกลูโคสในการผลิตเอทานอล

อาหารสูตรที่	เชื้อยีสต์	$Q_E$	$Y_{x/s}$	$Y_{p/s}$
1	<i>S. cerevisiae</i> 5049	0.55	0.11	0.43
2	<i>S. cerevisiae</i> 5049	0.19	0.11	0.35
1	<i>S. diastaticus</i> 5547	0.30	0.12	0.42
2	<i>S. diastaticus</i> 5547	0.30	0.09	0.44
1	<i>S. cerevisiae</i> 5048	0.45	0.15	0.41
2	<i>S. cerevisiae</i> 5048	0.47	0.12	0.35
1	<i>S. fibuligera</i> 2321	0.35	0.14	0.33
2	<i>S. fibuligera</i> 2321	0.39	0.12	0.35

$Q_E$  Ethanol production rate (g/L/hour)

$Y_{x/s}$  Cell mass per total sugar (g/g)

$Y_{p/s}$  Product (ethanol) yield coefficient ( $\text{g} (\text{g-total sugar})^{-1}$ )

การผลิตอาหารออลจาร์กากามันสำปะหลัง



ภาพที่ 16 kakamannสำปะหลัง (a) และ kakamannสำปะหลังบดละเอียด (b)

#### ตารางที่ 4 องค์ประกอบ เอมิเซลลูโลส เซลลูโลสและ แป้งในกากมันสำปะหลัง

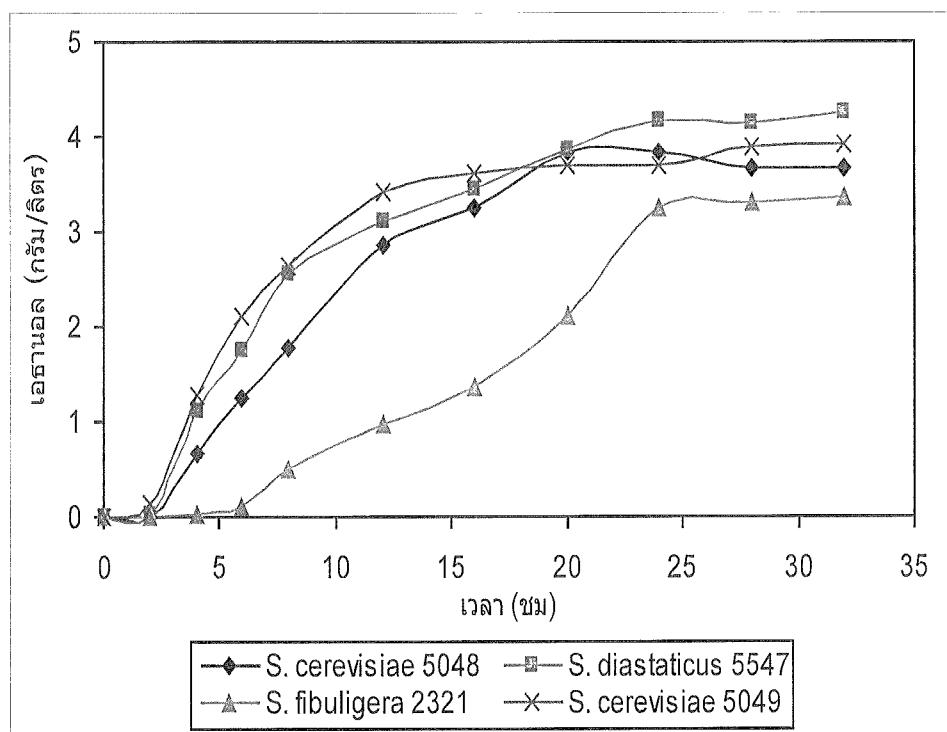
องค์ประกอบทางเคมี	(% โดยน้ำหนักแห้ง)
แป้ง	$58.02 \pm 3.20$
เซลลูโลส	$14.35 \pm 2.26$
เอมิเซลลูโลส	$7.41 \pm 2.16$
ลิกนิน	$3.62 \pm 1.27$
ความชื้น	$11.40 \pm 0.15$

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากมันสำปะหลังแสดงในตารางที่ 4 องค์ประกอบของกากมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นประกอบด้วยแป้งดังนี้ ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างกากมันสำปะหลังสำหรับการหมักจะนำกากมันสำปะหลังมาบดด้วยเครื่องบดแห้งอย่างละเอียดคือ ultracentrifugal mill ผลของการบดแห้งจะได้ขนาดของเม็ดแป้งบด 45-637 ไมครอน การบดนี้เป็นการพรีทรีตเมนต์ทางกายภาพกากมันสำปะหลังวิธีหนึ่งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายโครงสร้างของเม็ดแป้งและลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบด้วยเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส และลิกนิน และเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการย่อยสลายโดยการปฏิกริยากันเอง ใช้มีที่เป็นน้ำตาล เพื่อใช้ในการหมักให้สูงขึ้น

#### การศึกษาการผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF ด้วยเชื้อยีสต์สายพันธุ์ต่างๆ

การหมักโดยวิธี SHF ด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* 5048, *S. diastaticus* 5547, *S. fibuligera* 2321 และ *S. cerevisiae* 5049 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ ทำการย่อยด้วยกรดซัลฟูริกและย่อยด้วย เอนไซม์แอ็ตฟ้าอะไรมเลส อะไมโลกลูโคซิเดส เพคตินส์ เซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล ทั้งหมด กลูโคส เอทานอลพบว่าปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้ในการหมักที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลเรซิวัลส์มีปริมาณลดลง แสดงดังภาพที่ 18 โดย *S. diastaticus* 5547 ผลิตปริมาณเอทานอลสูงสุดได้เท่ากับ 4.26 กรัม/ลิตร  $C_E$  ( $\text{g} (\text{g-biomass})^{-1}$ ) หรือ  $C_E$  มีค่าเท่ากับ 0.284 และ  $Y_{p/s}$  ( $\text{g} (\text{g-total sugar})^{-1}$ ) มีค่าเท่ากับ 0.503 ดังตารางที่ 5

ผลการศึกษานี้จึงแสดงว่า อะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 สามารถเพิ่มผลผลิตเอทานอลโดยระบบ SHF ได้สูงกว่าเชื้อยีสต์ปกติ 2 สายพันธุ์ และอะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S. fibuligera* 2321 ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวกัน



ภาพที่ 17 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอทานอลจากกาลมันสำปะหลังในการหมักแบบ SHF จากเชื้อยีสต์เดี่ยวสายพันธุ์ *S. cerevisiae* 5048, *S. diastaticus* 5547, *S. fibuligera* 2321 และ *S. cerevisiae* 5049 มาจากตาราง ๔.๕

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสามารถในการผลิตเอทานอลจากกาลมันสำปะหลังการหมักแบบ SHF

Strain	$C_E$	$P_{max}$	$Q_E$	$Y_{p/s}$
<i>S. cerevisiae</i> 5048	0.245	3.67	0.275	0.433
<i>S. diastaticus</i> 5547	0.284	4.26	0.315	0.503
<i>S. fibuligera</i> 2321	0.225	3.37	0.185	0.398
<i>S. cerevisiae</i> 5049	0.261	3.92	0.405	0.463

$C_E$  Ethanol yield per unit biomass ( $\text{g} (\text{g-biomass})^{-1}$ )

$Q_E$  Ethanol production rate ( $\text{g/L/hour}$ )

$P_{max}$  Maximum ethanol production ( $\text{g/L}$ )

$Y_{p/s}$  Product (ethanol) yield coefficient ( $\text{g} (\text{g-total sugar})^{-1}$ )

จากผลการศึกษาแสดงว่า อะไรมีไลติกีสต์ *S. diastaticus* 5547 สามารถเพิ่มผลผลิตได้สูงกว่า ยีสต์ปกติ *S. cerevisiae* 5048 และ *S. cerevisiae* 5049 ในระบบการหมักแบบ SHF ซึ่งใช้แอนไซม์ผสมของ แออัดฟางอะไมเดส อะไรมอกลูโคซิเดส เพคตินส เซลดกลูเดส และเอมิเซลลูเดส ซึ่งบ่อຍสายกาลมัน

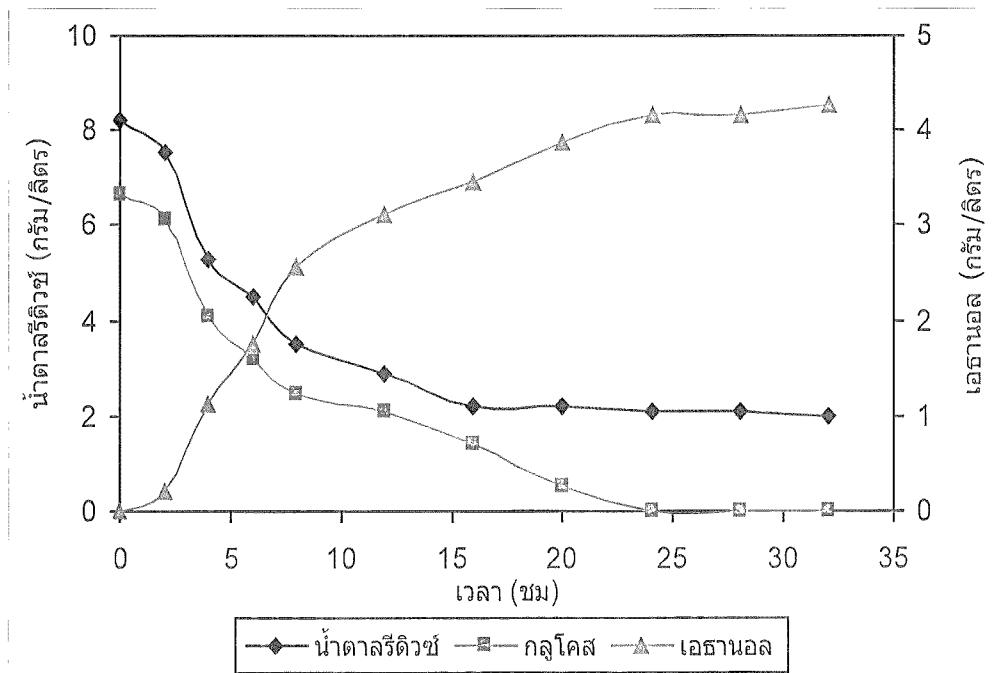
สำำປະහັດຈາກພຣີທຣີມັນຕີ້ວຍກຣດໜັກຟຣິກຄວາມເຂັ້ມື່ນ 0.1 ໂມຄາຣ໌ ແລະຄວາມຮ້ອນ ແສດງວ່າ ອະໄນໂລໄກຕົກຍືສຕໍ່ *S. diastaticus* 5547 ມີເອນໄຟມໍ່ທີ່ເພີ່ມປະສິທິພາກພາຍຍ່ອຍແປ່ງໃນກາກມັນໄດ້ ສູງເຂົ້ນຈາກເດີມແມ່ມີການເຕີມເອນໄຟມໍ່ແອດຝາກ ໄນເລສ ອະໄນໂລກລູໂຄຊີເດສ ໃນກາກມັນສຳປະහັດ ອໍຍ່າງໄຣກໍ່ຕີ້ *S. fibuligera* 2321 ເປັນອະໄນໂລໄກຕົກຍືສຕໍ່ອີກສາຍພັນຫຼຸ້ນນີ້ແນ້ຈະມີຜົດກາຣົດລົດເວທານອລ ໄດ້ໄກລ໌ເຄີຍກັບ *S. cerevisiae* 5048 ແລະ *S. cerevisiae* 5049 ຜົ່ງເປັນຍືສຕໍ່ສາຍພັນຫຼຸ້ນປົກຕິເມື່ອທໍາກາຣົດເລື້ບັງໃນນໍ້າຕາລູໂຄສບຣິສຸທິ່ງ ແຕ່ຜົດເວທານອລ ໄດ້ຕໍ່ກວ່າເມື່ອໃຊ້ກາກມັນສຳປະහັດເປັນສາຮອາຫາຮັ້ງຈານເນື່ອງຈາກນໍ້າຕາລູທີ່ເກີດຈາກພາຍສາຍກາກມັນອາຈຸກໃຫ້ໄມ່ໜົດຫຼືອຳນາງສ່ວນອາຈາໄມ່ເໜາະຕ່ອກເປັນສາຮອາຫາ ຢ້ອສກວາກພາຍເລື້ບັງໄມ່ເໜາະສົມທໍາໃຫ້ມີຜົດເວນໄຟມໍ່ໃນກຸ່ມອະໄນເລສ ໄດ້ຕໍ່ ທໍາໃຫ້ຍ່ອຍເປັນນໍ້າຕາລູສຳຫັນກາຣົດຢູ່ໄດ້ໄມ່ສ່ມນູຽນ ນອກຈາກນີ້ເຫຼື້ອຍືສຕໍ່ *S. cerevisiae* ຜົ່ງເປັນຍືສຕໍ່ປົກຕິມີຮາຍງານພວ່າມີຄຸນສົມບັດໃນກາຣົດເວທານອລຈາກໄໂໂໂຣ ໄກເສທບອງລິກໂນເໜັດລູໂຄສ ໄດ້ສູງກວ່າຍືສຕໍ່ສາຍພັນຫຼຸ້ນອື່ນ ດັ່ງນັ້ນກາຣົດໃຫ້ ວ່າອະໄນໂລໄກຕົກຍືສຕໍ່ສຳຫັນກາຣົດເພີ່ມຜົດຜົດເວທານອລຈຶ່ງຕ້ອງທໍາກາຣົດກໍາຍາ ແລະຫາສກວາກພາຍ໌ພາຍເລື້ບັງທີ່ເໜາະ ແລະ ຜົນດີຂອງຫັນສເທຣທໍຣີວັດທະນີບັນຍັງມີສ່ວນສຳຄັນຕ່ອງປະສິທິພາກພົດຜົດເວທານອລເຫັນກັນ

จากผลการศึกษาวิจัยนี้จึงแสดงง่าว่า อะไมโลไอกิติกีสต์ *S. diastaticus* 5547 สามารถเพิ่มผลผลิต ethanol ลดจากการกินมันสำปะหลังโดยระบบ SHF ได้สูงกว่าเชื้อยีสต์ปกติ 2 สายพันธุ์ภายใต้สภาวะการทดลองเดียวทั้งนั้น

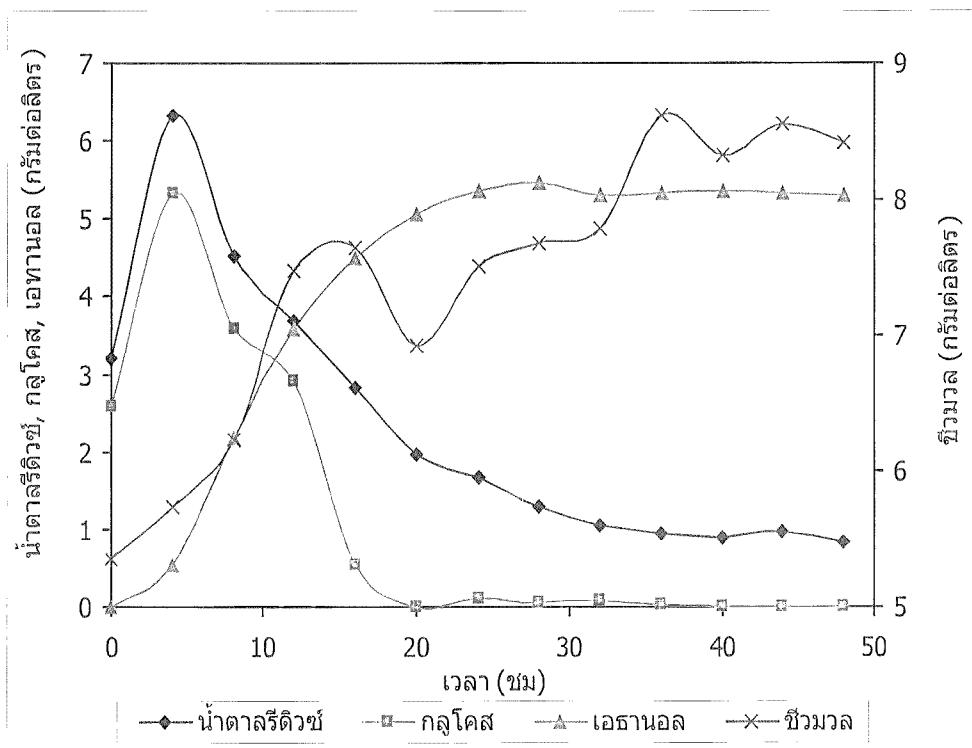
ดังนั้นในการศึกษาขั้นตอนต่อไปจะได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการหมักโดยการศึกษาเบรียบเทียบการหมักแบบ SHF และ SSF ซึ่งเป็นการหมักที่ทำให้เป็นน้ำตาลพร้อมการหมักเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตอุทานอลของระบบการหมักของอะไมโลไอลติกยีสต์

การศึกษาเพรียบเทียบการผลิตเชื้อทากลางจากมันสำปะหลังแบบ SHF และ SSF ด้วยเชื้ออ่องไมโลไลติกยีสต์ *S. diastaticus* 5547

การหมักโดยวิธี SSF ด้วยเชื้อ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริกและย่อยด้วย เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส อะไน์โกลกูลโคซิเดส เพคตินส เชลดลูเดส และเอมิเซลลูเดส เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักเซลล์ พบว่าปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักที่เพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลกลูโคสเริ่มต้นสามารถตรวจพบได้เพียงเล็กน้อย เนื่องจากระบบที่มีการทำวัตถุคิบให้เป็นน้ำตาลโดยอาศัยการทำงานของเอนไซม์ร่วมกับการหมักเอทานอล จึงทำให้ปริมาณน้ำตาลไม่คงที่ในระบบ ในขณะที่น้ำตาลรีดิวส์มีปริมาณลดลงเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมักนานขึ้น ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวส์เริ่มต้นในระบบการหมักแบบ SSF มีปริมาณน้อยกว่าระบบหมักแบบ SHF ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำหนักเซลล์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้เวลาในการหมักเพิ่มขึ้น แสดงคังภาพที่ 19 โดยปริมาณเอทานอลสูงสุดได้เท่ากับ 3.94 กรัม/ลิตร และ  $C_r (\text{g (g-biomass})^{-1})$  มีค่าเท่ากับ 0.184



ภาพที่ 18 การหมักโดยวิธี SHF ด้วยเชื้อ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ที่ปรับสภาพด้วยกรด และย้อมด้วยเอนไซม์แอ็ลฟ่า-ไมแอลส อะไนโอลกูลโคซิเดส เพคตินส เชลลูโลส และ เอเมิร์เชลลูโลส มาจากตาราง ข.6

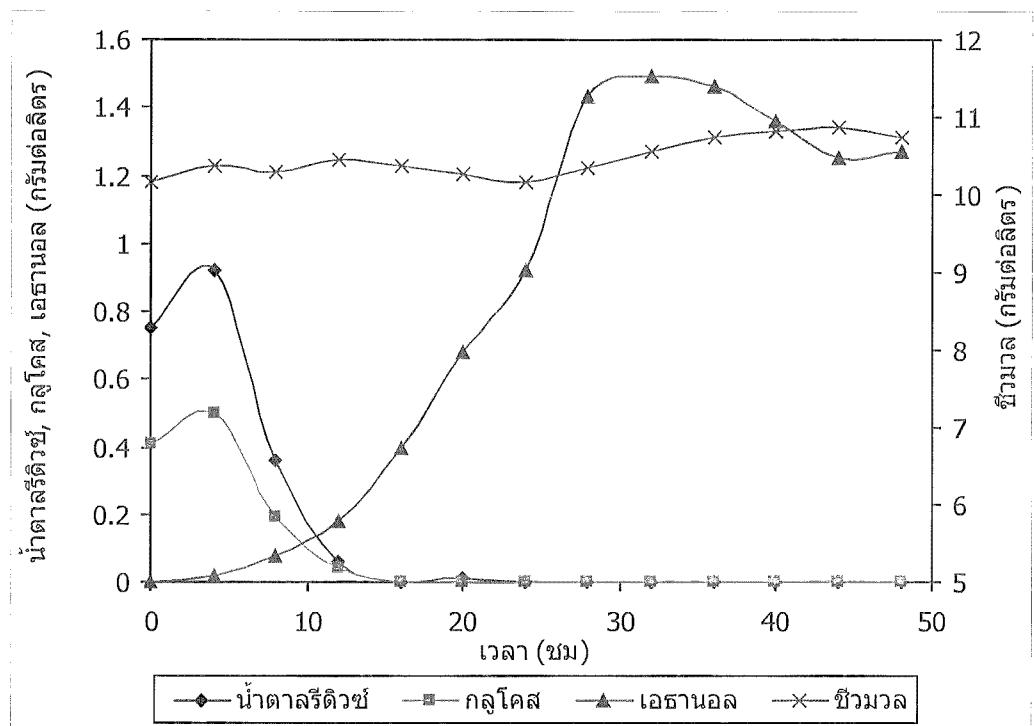


ภาพที่ 19 การหมักโดยวิธี SSF ด้วยเชื้อ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหารด้วยการพรีทรีตเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมลาร์ และย้อมด้วยเอนไซม์เพคตินส เชลลูโลส และเอเมิร์เชลลูโลส มาจากตาราง ข.7

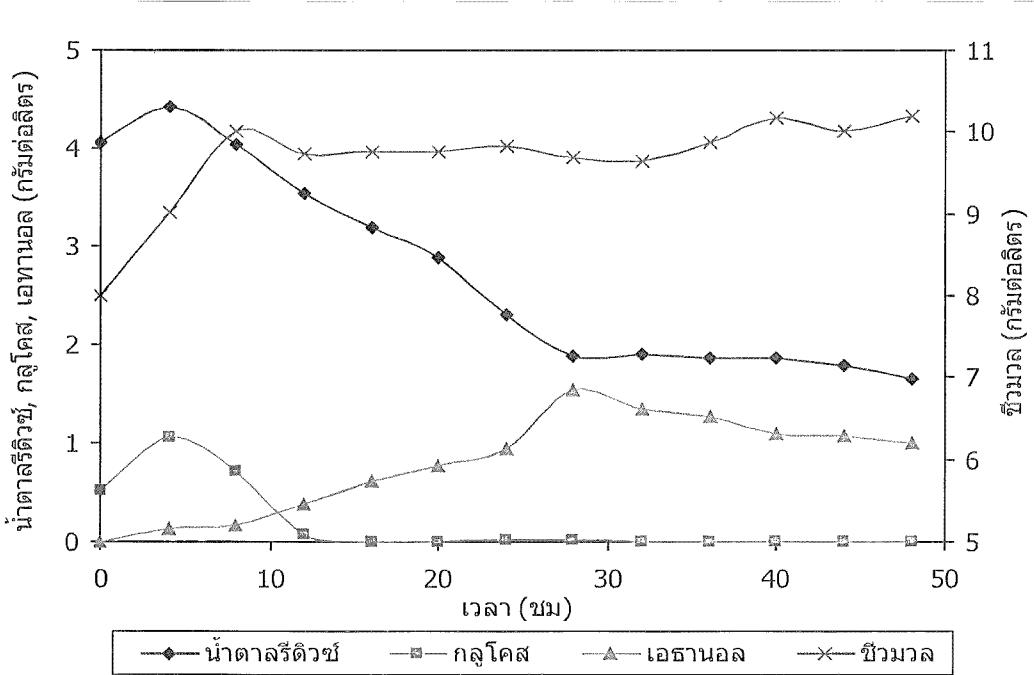
ผลการศึกษาพบว่าการหมักกากมันสำปะหลัง โดยการหมักแบบ SHF เมื่อเติมเอนไซม์ แอลฟาร์บีโนแลส และอะไนโลกลูโคซิเดส ให้ปริมาณยาทานอล (4.26 กรัมต่อลิตร) ต่ำกว่าการหมักกากมันสำปะหลัง โดยการหมักแบบ SSF เมื่อไม่เติมเอนไซม์แอลฟาร์บีโนแลส และอะไนโลกลูโคซิเดส (5.47 กรัมต่อลิตร) เเละน้อย แสดงว่าอะไนโลไลติกบีสต์ *S. diastaticus* 5547 ผลิตเอนไซม์ในกลุ่มอะไนแลสที่ช่วยย่อยส่วนประกอบแป้งในกากมันสำปะหลัง และการใช้ระบบการหมักแบบ SSF ทำให้น้ำตาลที่เกิดขึ้นจากการย่อยด้วยเอนไซม์มีปริมาณต่ำ และน้ำตาลที่เกิดขึ้นถูกใช้ในกระบวนการหมักจึงทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตເອຫານอลให้สูงขึ้น

### การศึกษาผลผลิตເອຫານอลโดยใช้กากมันสำปะหลังซึ่งผ่านการพรีทรีเมนท์ที่ต่างกันเป็นแหล่งอาหารของเชื้อยีสต์

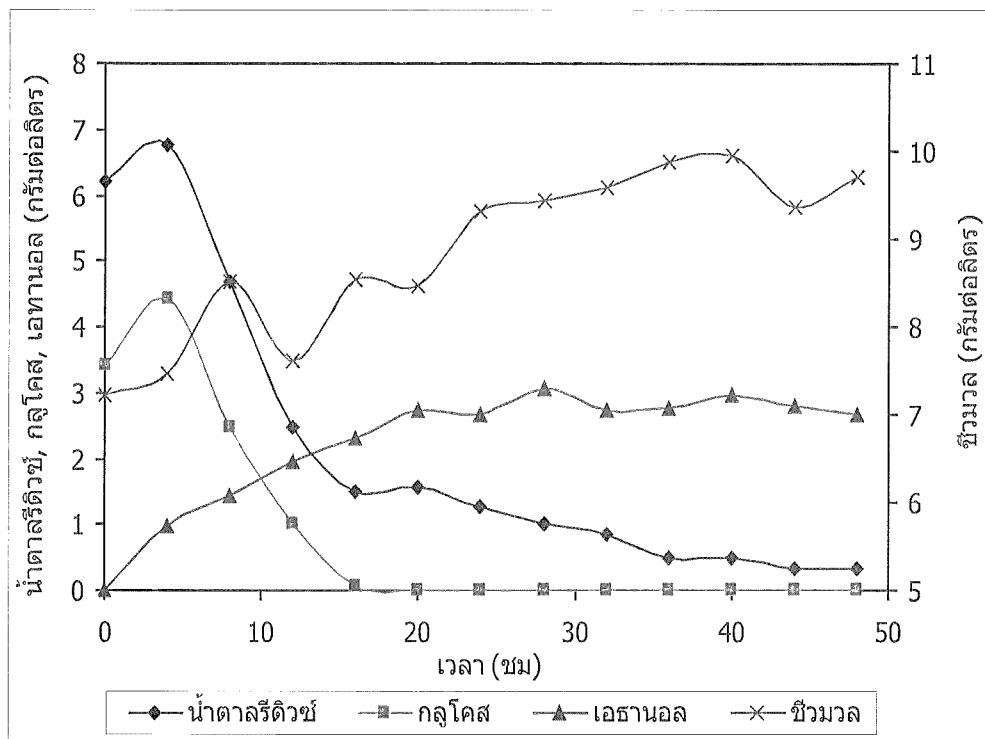
การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยกากมันสำปะหลัง ถูกพรีทรีเมนท์ด้วย น้ำกากถั่นโขเดี่ยม ไฮดรอกไซด์ และกรดซัพฟ์ริกเจ็อจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายในตู้อบ 15 ปอนด์ต่อตารางนิวต์ ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ พีเอช 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมงของการหมัก เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวมวล พบร้า ปริมาณยาทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 1.49 1.54 และ 3.07 กรัมต่อลิตร ตามลำดับซึ่งผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 20-22 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเริญดีบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของເອຫານอลจากชีวมวล)  $Yp/s$  (ผลได้ของເອຫານอลจากคาร์บอนไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 20 การหมักด้วยเชื้อเบี้ยส์ต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาณคร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.8



ภาพที่ 21 การหมักด้วยเชื้อเบี้ยส์ต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไออกโซไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาณคร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.9

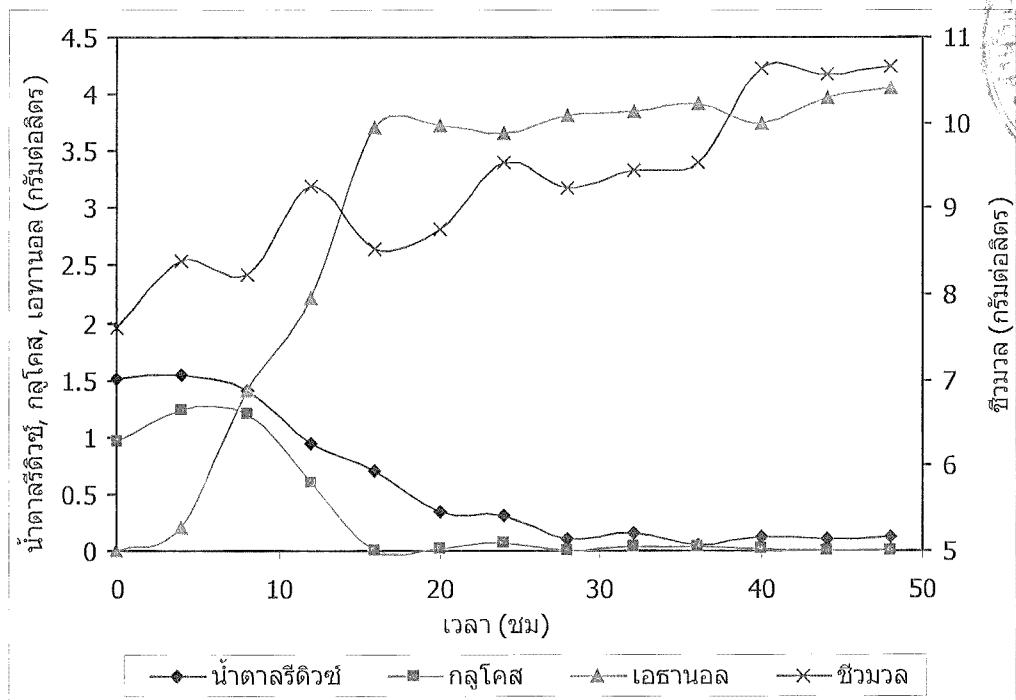


ภาพที่ 22 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กามนันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ มาจากตาราง ข.10

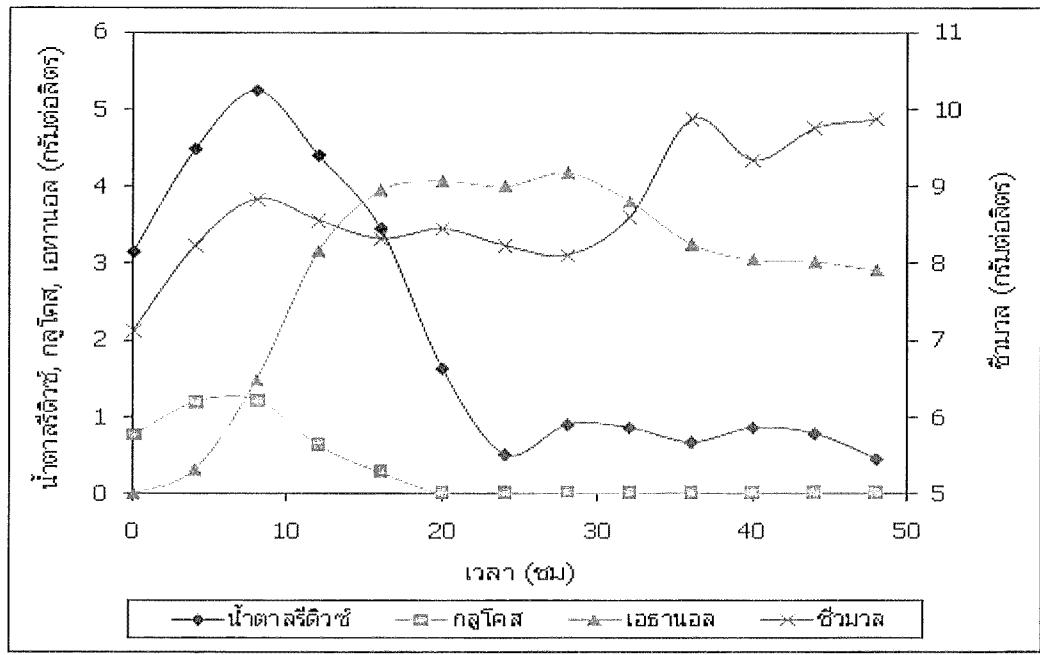
ผลการศึกษาโดยการพิริทิเมนท์ที่ต่างกันโดยใช้น้ำกัลล์ สารละลายน้ำเดี่ยมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ ต่อการหมักในระบบ SSF โดยไม่เติมเอนไซม์ แสดงว่าการพิริทิเมนท์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ ให้ผลผลิตethanol ลดลงกว่าการพิริทิเมนท์ที่ใช้น้ำกัลล์ สารละลายน้ำเดี่ยมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสารละลายน้ำค้าง มีผลต่อการทำลายโครงสร้างของแป้งและลิกโนเซลลูโลส ไม่นานก็จะชี้ให้เห็นกับการใช้น้ำกัลล์ หรือ การใช้น้ำกัลล์มีข้อดีคือมีผลต่อการผลิตethanol ลดลง ไม่ต้องใช้ไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการพิริทิเมนท์โดยใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ การที่กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตethanol ลดลง ไม่ต้องใช้ไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ ทำลายโครงสร้างของแป้งในกามนันสำปะหลัง และลิกโนเซลลูโลส ที่ประกอบด้วยเซลลูโลส เอนิเซลลูโลส และลิกนิน และมีทำให้เอนไซม์จาก麹 ไม่ต้องใช้ไฮดรอกไซด์ ย่อยสารอาหารแป้งได้มากขึ้น มีผลให้ได้ผลผลิตethanol สูงขึ้น

## การศึกษาผลการพิริทริตเมนท์ต่อการผลิตเอทานอลจากการหมักโดยใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เชลลูเลส เอมิเซลลูเลส

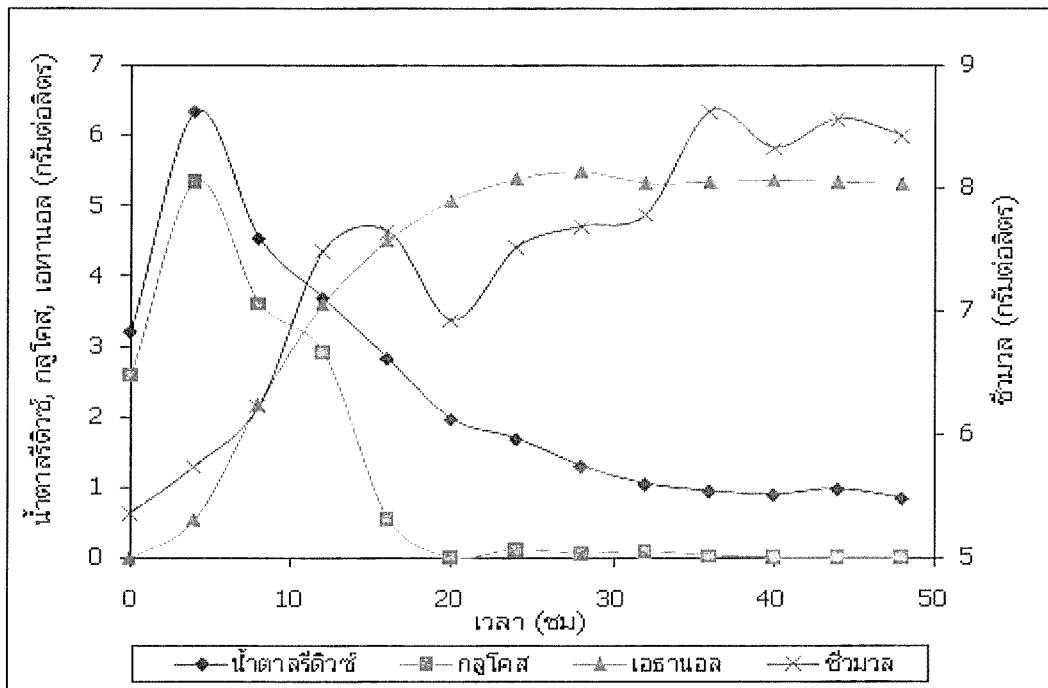
การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยกากมันสำปะหลัง ถูกพิริทริตเมนท์ด้วยน้ำกลั่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟูริกเจลีวิช ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 บอนด์ต่อตารางนิวต์ต์ อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีเอช 5.5 และเติมสารละลายน้ำเอนไซม์ เชลลูเลส เอมิเซลลูเลส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนิวคล พนว่า ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 4.05 4.10 และ 5.47 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 23-25 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนิวคล)  $Y_p/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการโภชนาคระบไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 23 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เชลลูเลส เอมิเซลลูเลสในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.11



ภาพที่ 24 การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหาร โดยเดินทางจากเชลลูลูเลส เยมิเซลลูลูเลสในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.12



ภาพที่ 25 การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเดินทางจากเชลลูลูเลส เยมิเซลลูลูเลสในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.13

จากผลการศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังโดยอะไนโอลไลติกบีสต์เป็นการหมักในระบบ SSF ซึ่งเป็นการหมักแบบขั้นตอนเดียวในถังหมักเดียว

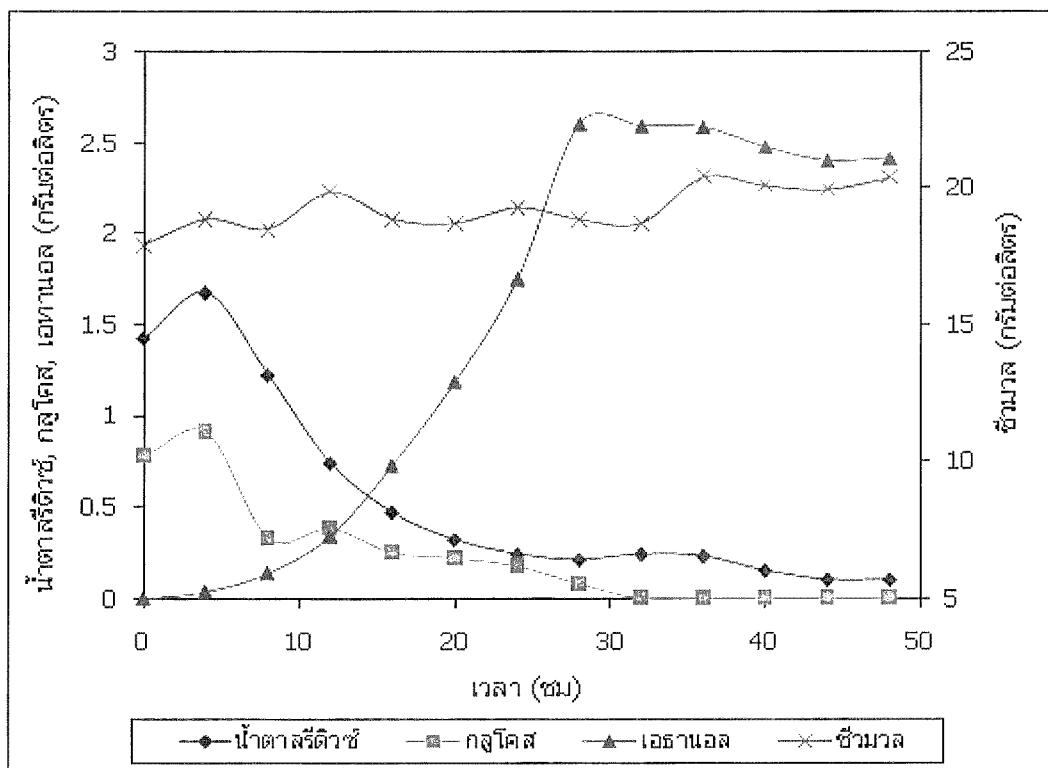
ผลการศึกษาโดยการพรีทรีตเมนต์ที่ต่างกันโดยใช้น้ำกลันสารละลายน้ำเดียวไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีต่อการหมักในระบบ SSF โดยเติมอะไนซ์ เชลลูโลส เอเมิร์เชลลูโลส ทดสอบว่าการพรีทรีตเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ให้ผลผลิตethanol ลดลงกว่าการพรีทรีตเมนต์ที่ใช้น้ำกลันสารละลายน้ำเดียวไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าสารละลายน้ำมีผลต่อการทำลายโครงสร้างของแป้งและลิกโนเซลลูโลสไม่นานนัก ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้น้ำกลัน หรือการใช้น้ำกลันมีข้อดีคือมีผลต่อการทำลายของแป้งและลิกโนเซลลูโลสไม่นานนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการพรีทรีตเมนต์โดยใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ การที่กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตethanol โดยอะไนโอลไลติกบีสต์ เมื่อongจากการลดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ทำลายโครงสร้างของแป้งในกากมันสำปะหลัง และลิกโนเซลลูโลส ที่ประกอบด้วยเซลลูโลส เอเมิร์เชลลูโลส และลิกนิน และมีทำให้เอนไซม์จากอะไนโอลไลติกบีสต์ย่อยสลายแป้งได้มากขึ้น และเอนไซม์เซลลูโลสและเอเมิร์เชลลูโลสที่เดิมในอาหารหมักจะทำการย่อยสลายเซลลูโลสและเอเมิร์เชลลูโลสได้เป็นน้ำตาลได้สูงขึ้น มีผลให้ได้ผลผลิตethanol สูงขึ้น การใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ต่อการพรีทรีตเมนต์ กากมันสำปะหลังมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตethanol โดยอะไนโอลไลติกบีสต์คิดเป็น 14 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้น้ำ หรือสารละลายน้ำเดียวไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ในการพรีทรีตเมนต์

ดังนั้นการพรีทรีตเมนต์จึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตethanol โดยอะไนโอลไลติกบีสต์ ผลการศึกษาพบว่าการพรีทรีตเมนต์ที่เหมาะสมได้แก่การใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียสภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตethanol โดยอะไนโอลไลติกบีสต์ในระบบ SSF ทั้งการหมักที่ไม่เติมเอนไซม์ และการหมักที่เติมเอนไซม์ ที่เดิมเฉพาะเอนไซม์เซลลูโลสและเอเมิร์เชลลูโลส

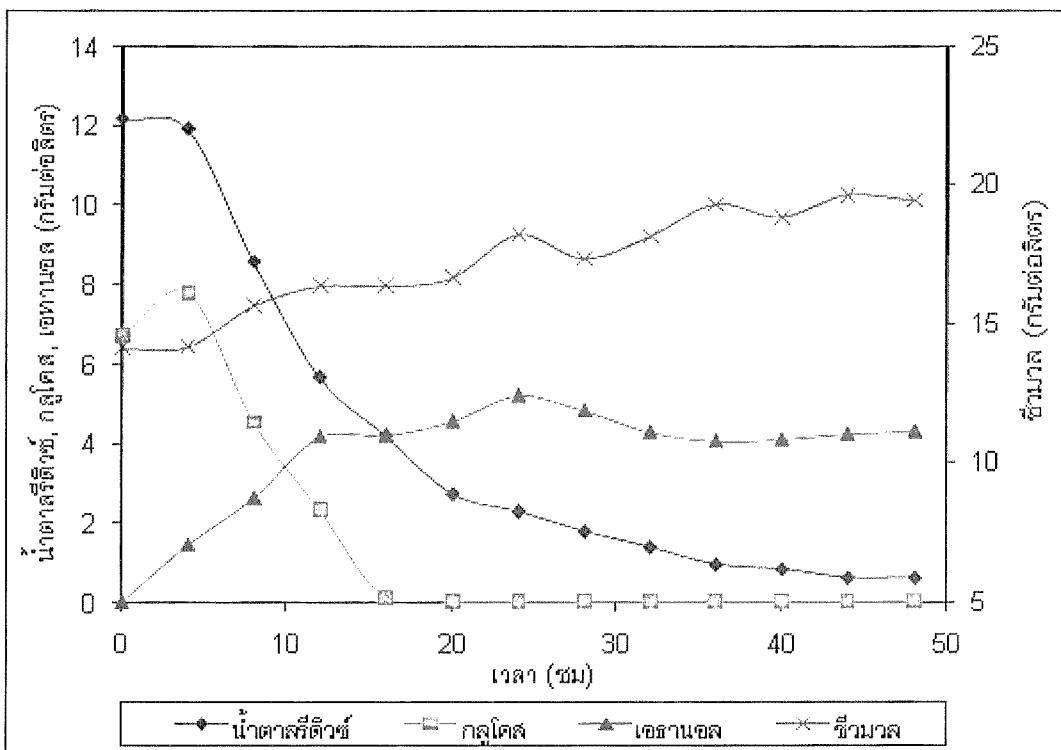
การพัฒนาและปรับปรุงในการนำกากมันสำปะหลังซึ่งมีส่วนประกอบของแป้งเป็นองค์ประกอบหลักมาเป็นวัตถุคุณภาพในการผลิตethanol โดยใช้อะไนโอลไลติกบีสต์จะสามารถทำได้ในขั้นตอนเดียวโดยการหมักแบบ SSF และลดปริมาณเอนไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายวัตถุคุณภาพได้ในการศึกษาวิจัยจึงได้เพิ่มกำลังผลิตจากเดิม 100 มิลลิลิตรเป็น 5 ลิตร ในถังปฏิกรณ์เพื่อศึกษาการเพิ่มปริมาณการหมักและความเข้มข้นของกากมันสำปะหลังจาก 1.5 เปอร์เซ็นต์เป็น 3 เปอร์เซ็นต์ต่อประสิทธิภาพการผลิตethanol ของอะไนโอลไลติกบีสต์

## การศึกษาผลการพิรีทรีตเมนท์ต่อการผลิตเชื้อราจากภูมิคุณภาพในสังปฏิกรณ์ 5 ลิตร

การหมักด้วยเชื้อชีวีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 ลิตรและปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยภูมิคุณภาพที่ดีที่สุด คือพิรีทรีตเมนท์ด้วย น้ำกลั่น และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมงของการหมักและ เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทึบหมัด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนิเวศ พบร้า ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 2.67 และ 5.21 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 26-27 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนิเวศ)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการโอนไฮเดรตทึบหมัด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



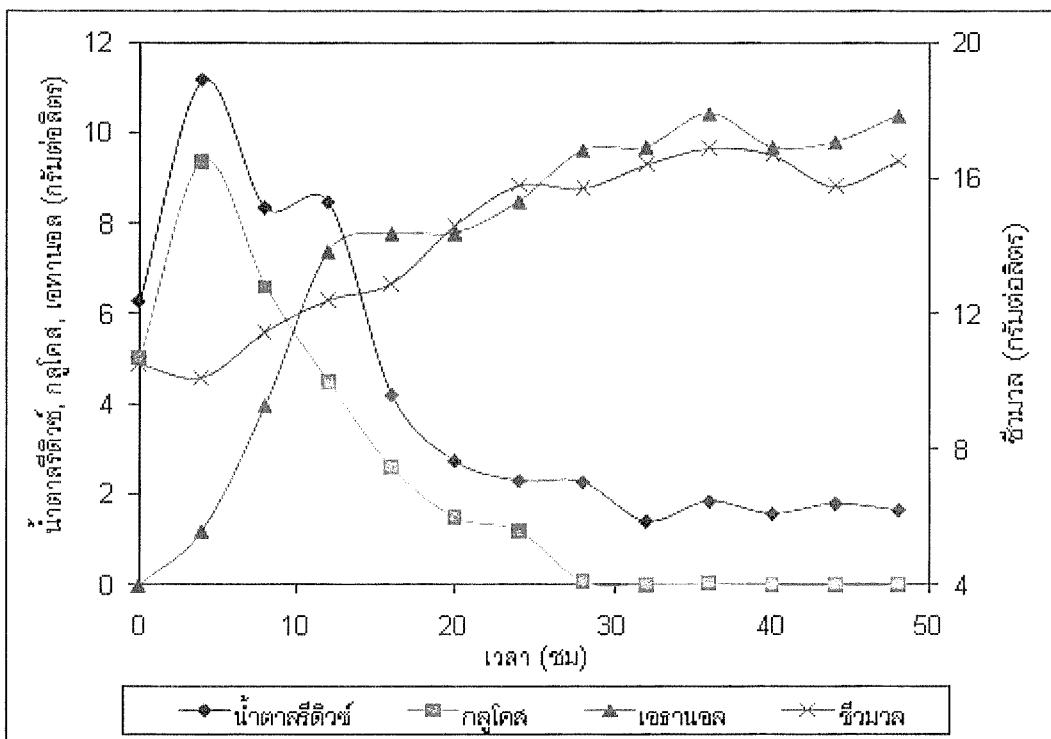
ภาพที่ 26 การหมักด้วยเชื้อชีวีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.14



ภาพที่ 27 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิรีทิตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.15

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 ลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยการหมักสำปะหลัง ถูกพิรีทิตเมนท์ด้วยกรดซัลฟูริกเจือจางร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายในตัวเรือน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีอีช 5.5 และเติมสารละลายน้ำ เช่น แอลファเซลลูเลส เอมิเซลลูเลส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทึบหมัด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชิวน้ำด พนวจ บริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 10.45 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 28 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของอุทานอลจากชีวน้ำ)  $Yp/s$  (ผลได้ของอุทานอลจากการนำไปใช้เดรตทึบหมัด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 28 การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านกรรไทรทีเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ เป็นสารอาหาร โดยโดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เชลลูเลส เอมิเชลลูเลสในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.16

จากผลการศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังโดยอะไมโลไอลิติกบีสต์เป็นการหมักในระบบ SSF ซึ่งเป็นการหมักแบบขั้นตอนเดียวในถังหมักเดียว

จากผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 5 ลิตรในถังปฏิกรณ์ด้วยระบบการหมักแบบ SSF โดยใช้ความเข้มข้นกากมันสำปะหลังเป็น 3 เปอร์เซ็นต์อะไมโลไอลิติกบีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้ในปริมาณสูง โดยเมื่อปรับสภาพโดยด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที 比べยังเทียบกับการพรีทีเมนท์โดยนำกลับไปอบโดยไม่เติมเอนไซม์ และการเติมเอนไซม์เชลลูเลส และเอมิเชลลูเลสทำให้เพิ่มปริมาณการผลิตเอทานอล เช่นเดียวกับผลการทดลองการผลิตในขวดทดลอง 100 มิลลิลิตร ภายใต้สภาวะการทดลอง

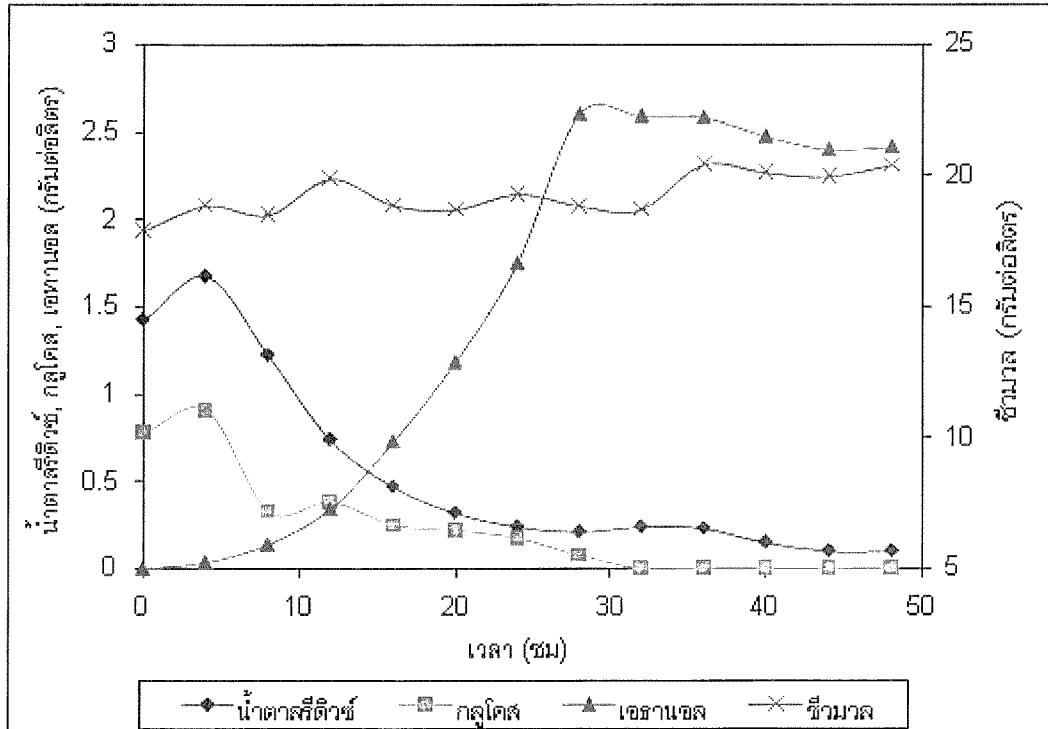
ผลการศึกษาแสดงว่าการเพิ่มปริมาตรการหมักเชืออะไมโลไอลิติกบีสต์สามารถใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารให้ผลการผลิตเอทานอลในปริมาณสูง

ดังนั้นเพื่อเป็นการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหมักอ Ethanol จากกาลมันสำปะหลังให้มีผลผลิต Ethanol ลดลงขึ้นจึงทำการศึกษาโดยการเพิ่มปริมาตรการหมักจาก 5 ลิตร ในถังปฏิกิริย์เป็นการหมัก 70 ลิตรในถังปฏิกิริย์

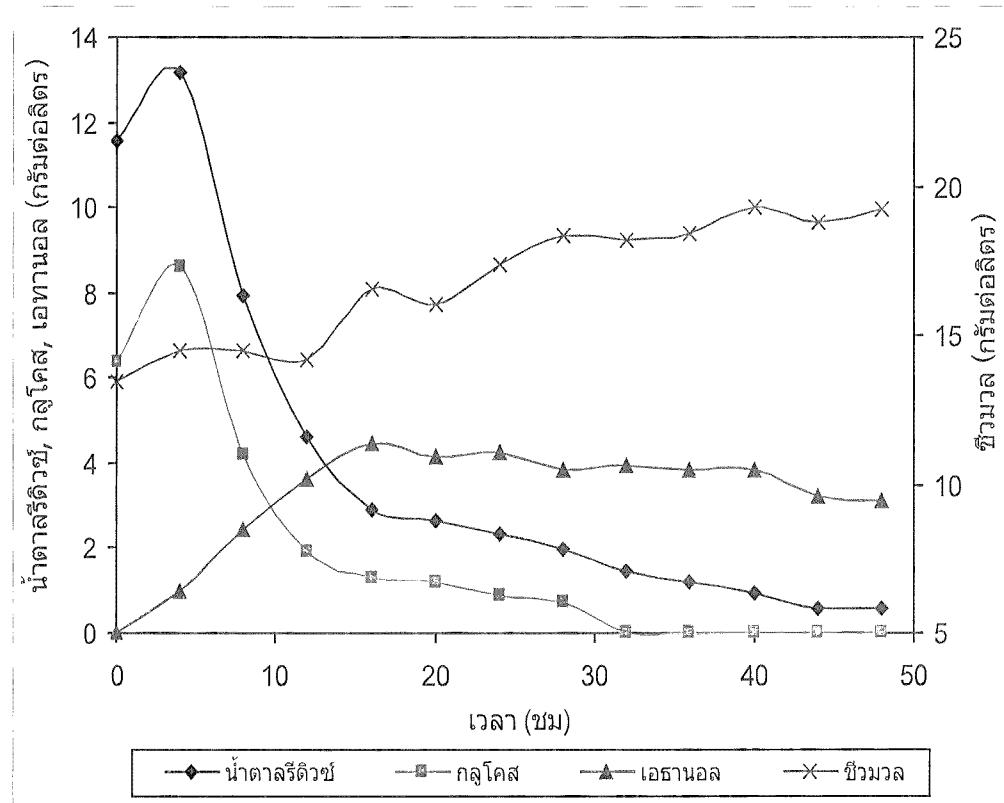
### การศึกษาผลการพิธีกรรมเเมนท์ต่อการผลิต Ethanol จากการหมักสำปะหลังโดยอะไมโลไอลิคยีสต์ ในถังปฏิกิริย์ 70 ลิตร

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กาลมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 70 ลิตรและปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยกาลมันสำปะหลัง ถูกพิธีกรรมเเมนท์ด้วย น้ำกําลົ້ນ และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ พีเอช 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทึ้งหมด กลูโคส Ethanol และน้ำหนักชีวมวล พบว่า ปริมาณ Ethanol ที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 2.48 และ 4.25 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 29-30 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของ Ethanol ลดจากชีวมวล) Yp/s (ผลได้ของ Ethanol ลดจากคาร์บอโนไฮเดรตทึ้งหมด) และผลการเพาะเติบง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



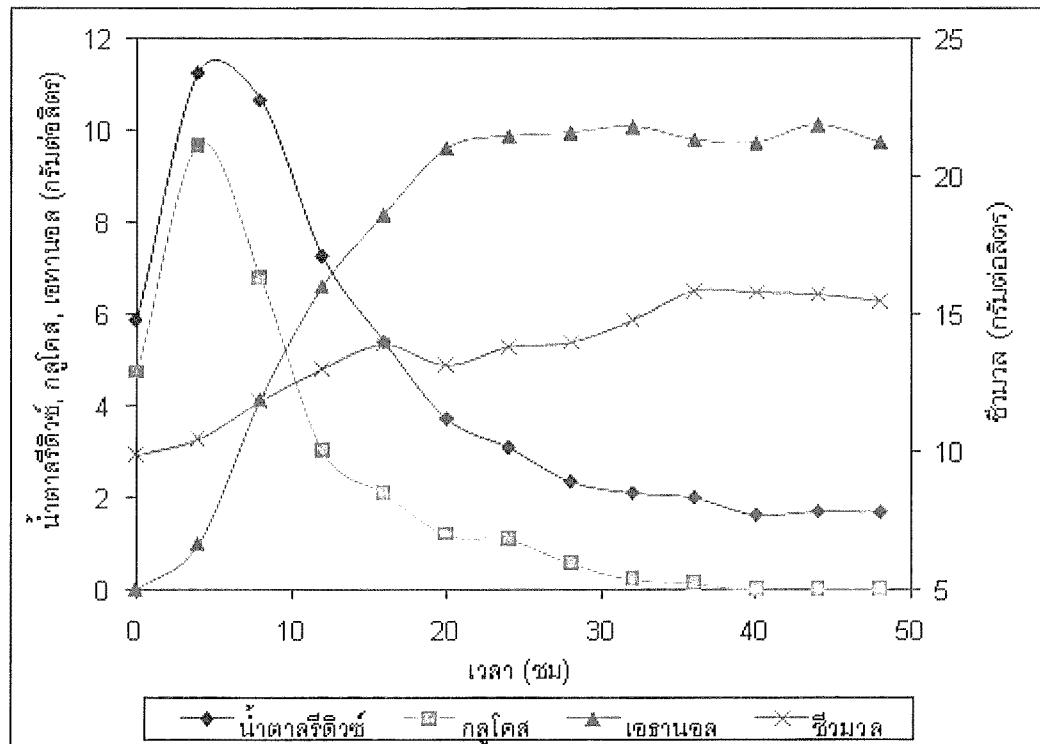
ภาพที่ 29 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กาลมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.17



ภาพที่ 30 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพريทีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในปริมาตรอาหาร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.18

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลัง 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 70 ลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยกากมันสำปะหลัง กรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการ อบด้วยไอน้ำ ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีอีช 5.5 และเติมสารละลายน้ำ เช่น เนพาเซลดลูเตส เอมิเซลดลูเตส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทึบหมุด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวมวล พนว่า ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 9.91 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 31 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวมวล)  $Y_{p/s}$  (ผลได้ของเอทานอลจากคาร์บอนทึบหมุด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 31 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กากมันสำปะหลังปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติม酇าเอนไชม์เซลลูเลส เออมิเซลลูเลสในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.19

จากการศึกษาการหมักกากมันสำปะหลังโดยอะไนโลไลติกยีสต์เป็นการหมักในระบบ SSF ซึ่งเป็นการหมักแบบขั้นตอนเดียวในถังหมักเดียว

จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตรในถังปฏิกรณ์โดยใช้ความเข้มข้นกากมันสำปะหลังเป็น 3 เปอร์เซ็นต์อะไนโลไลติกยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้ในปริมาณสูงโดยเมื่อปรับสภาพโดยค่าวิธีกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีเปรียบเทียบกับการพรีทรีตเมนท์โดยนำกลับสู่ถังปฏิกรณ์โดยไม่เติม酇าเอนไชม์ และการเติม酇าเอนไชม์เซลลูเลส และเออมิเซลลูเลสทำให้เพิ่มปริมาณการผลิตเอทานอล เช่นเดียวกับผลกระทบของการทดลองการผลิตในขวดทดลอง 100 มิลลิลิตร และการหมักในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตรภายใต้สภาพการทดลอง

ผลการศึกษาแสดงว่าการเพิ่มปริมาตรการหมักเชื้ออี้สต์อะไนโลไลติกยีสต์สามารถใช้กากมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารให้ผลการผลิตเอทานอลในปริมาณสูง

ดังนั้นจากการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการหมักเอทานอลจากกากมันสำปะหลังให้มีผลผลิตสูงขึ้นสามารถเพิ่มผลผลิตเอทานอลในปริมาตรการหมัก 70 ลิตร ในถังปฏิกรณ์

จากการศึกษานี้จึงแสดงว่าการผลิตเอทานอลโดยไอลิคบีสต์จากกาลมันสำปะหลังเป็นวัตถุดินมีความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์การผลิตในโรงงานต้นแบบหรือระดับอุตสาหกรรมได้โดยสามารถลดต้นทุนการผลิตจากการใช้วัตถุดินและการใช้อ่อนไขม์

**ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากการมันสำปะหลังโดยการพิธีกรรมต์โดยน้ำกลั่นค่างความเข้มข้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซัลฟูริก 0.1 โนลาร์ภายในได้ความดันไอน้ำ 15 ปอนต์ต่อตารางนิวอูลอนฟุต 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในกรอบปริมาตร 100 มิลลิลิตรถึง 70 ลิตร**

Pretreatment	Enzyme	DM* (%)	Batch volume	C <sub>E</sub>	P <sub>max</sub>	Q <sub>E</sub>	Y <sub>p/s</sub>
Water	-	1.5	100 mL	0.10	1.49	0.07	0.12
Diluted alkaline	-	1.5	100 mL	0.10	1.54	0.10	0.12
Diluted acid	-	1.5	100 mL	0.20	3.07	0.11	0.24
Water	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.27	4.05	0.29	0.32
Diluted alkaline	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.27	4.1	0.36	0.32
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.36	5.47	0.38	0.43
Water	-	3	5 lit	0.09	2.67	0.11	0.10
Diluted acid	-	3	5 lit	0.17	5.21	0.34	0.20
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	5 lit	0.35	10.45	0.78	0.41
Water	-	3	70 lit	0.08	2.44	0.12	0.10
Diluted acid	-	3	70 lit	0.14	4.25	0.33	0.17
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 lit	0.33	9.91	0.70	0.39

\*Dry matter

C<sub>E</sub> Ethanol yield per unit biomass (g (g-biomass)<sup>-1</sup>)

Q<sub>E</sub> Ethanol production rate (g/L/hour)

P<sub>max</sub> Maximum ethanol production (g/L)

Y<sub>p/s</sub> Product (ethanol) yield coefficient (g (g-total carbohydrate)<sup>-1</sup>)

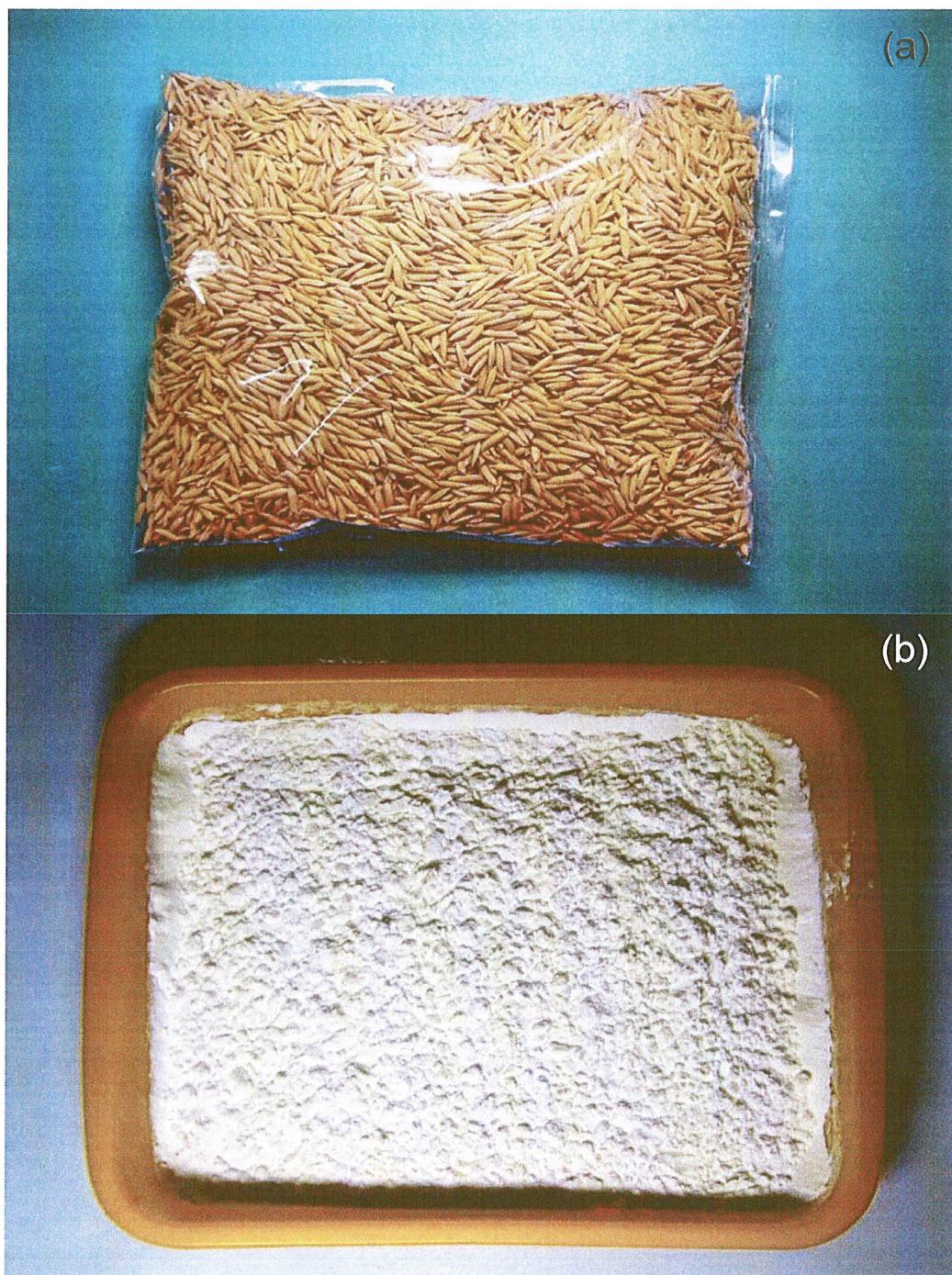
จากตารางที่ 6 การพิริทริตเมนต์โดยกรดซัลฟูริก 0.1 โนมาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที การเพิ่มปริมาตรการผลิตส่างผลต่อสัมประสิทธิ์การผลิตเอทานอลเด็กน้อย จากการผลิตในปริมาตร 100 มิลลิลิตร 5 ลิตร และ 70 ลิตร ในระบบการหมักแบบขึ้นตอนเดียวแบบ SSF โดยจะไม่โลไฮติกิยสต์ เมื่อเติมเขอน้ำโซเดียมโซเดียมและเอมิเซลลูเลส (หรือเอมิเซลลูเลต) ได้สัมประสิทธิ์การผลิตคิดเป็น 0.43, 0.41 และ 0.39 ตามลำดับ ดังนั้นเพิ่มผลผลิตเอทานอลจากกากมันสำปะหลังโดยการเพิ่มความเข้มข้นกากมันสำปะหลังจาก 1.5 เปอร์เซ็นต์เป็น 3 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาตรจาก 100 มิลลิลิตร เป็น 70 ลิตร ยังคงให้ผลผลิตเอทานอลที่สูงในระบบการหมักขึ้นตอนเดียวซึ่งใช้ระยะเวลาที่สั้นและลดขั้นตอนการหมัก ดังนั้นการเพิ่มความเข้มข้นเป็น 3 เปอร์เซ็นต์และการเพิ่มปริมาตร 70 ลิตรจึงยังให้ผลผลิตเอทานอลปริมาณสูง การหมักในความเข้มข้นที่สูงกว่า 3 เปอร์เซ็นต์และการเพิ่มในปริมาตรมากกว่า 70 ลิตรอาจต้องทำการศึกษาต่อไปจัดต่างๆเพิ่มขึ้นเพื่อให้ระบบการหมักที่จะยังคงให้ผลผลิตเอทานอลโดยจะไม่โลไฮติกิยสต์ในปริมาณสูง เนื่องจากสภาวะทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกันในถังปฏิกิริย์ การควบคุมระบบการหมักรูปทรงปริมาตรของถังปฏิกิริย์รวมถึงความเข้มข้นของสารอาหารปริมาณความเข้มข้นของเชื้อชีลสต์ จะมีผลต่อการผลิตเอทานอล รวมถึงการป้องกันการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น

โดยการใช้วัตถุดิบกากมันสำปะหลังการพريทรีตเมนต์โดยกรดซัลฟูริก 0.1 โนลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่otorang นิว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที การเพิ่มปริมาตรการผลิตส่งผลต่อสัมประสิทธิ์การผลิต etheran ลดลงเล็กน้อย จากการผลิตในปริมาตร 100 มิลลิลิตร 5 ลิตร และ 70 ลิตร ในระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียวแบบ SSF เมื่อไม่เติมเอนไซม์ให้ผลผลิต etheran ลดลงกว่าการพريทรีตเมนต์โดยน้ำกลั่นแต่ต่ำกว่าเมื่อเติมเอนไซม์เซลลูเลสและเอมิเซลลูเลส (หรือเอมิเซลลูเลส) ประมาณ 50 เบอร์เช็นต์ แสดงว่าระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียวแบบ SSF เนื้อจะไม่โลайлติกยีสต์ผลิตเอนไซม์ย่อยของคึ่ประกอบของแป้งในกากมันสำปะหลังได้เป็นน้ำตาลสำหรับการผลิต etheran อลได้ อีกอย่าง ไรก็ได้ เอนไซม์เซลลูเลสและเอมิเซลลูเลสมีส่วนในการเพิ่มผลผลิต etheran อล โดยจะไม่โลайлติกยีสต์โดยการช่วยย่อยสลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสในกากมันสำปะหลังทำให้โครงสร้างของแป้งถูกทำลายและสามารถทำปฏิกิริยา กับเอนไซม์ย่อยแป้งจากการเจริญของจะไม่โลайлติกยีสต์ในระบบการหมักทำให้ได้ผลผลิต etheran อลที่สูงขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต etheran อล และลดต้นทุนการผลิตโดยใช้กากมันสำปะหลังโดยการหมักของจะไม่โลайлติกยีสต์จึงอาจทำได้โดย 2 วิธีการคือ (1) การหมักแบบ SSF โดยไม่เติมเอนไซม์จะลดต้นทุนเอนไซม์ เซลลูเลสและเอมิเซลลูเลส (หรือเอมิเซลลูเลส) และ (2) การหมักแบบ SSF โดยการเติมเอนไซม์เซลลูเลสและเอมิเซลลูเลส (หรือเอมิเซลลูเลส) จะเพิ่มผลผลิต etheran อลใช้สูงขึ้นเพื่อทดแทนต้นทุนการใช้เอนไซม์ได้

โดยการใช้วัตถุดีบกากมันสำปะหลังการพิธีกรรมนั้น โดยนำกลิ่นร่วมกับการอบด้วยไฟนำไปตีความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที การเพิ่มปริมาตรการผลิตส่างผลต่อสัมประสิทธิ์การผลิตเฉพาะงานอลเก้นน้อย จากการผลิตในปริมาตร 100 มิลลิลิตร 5 ลิตร

และ 70 ลิตร ในระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียวแบบ SSF เมื่อไม่เติมเอนไซม์ วิธีการนี้ให้ผลผลิตetha น้อยกว่าเมื่อขัดจังหวะที่จะลดขั้นตอนการใช้กรดและการพรีทรีตเมนต์เป็นกลาง การใช้กรดอาจมีผลต่อถังปฏิกรณ์และขนาดใหญ่ที่เป็นโลหะ ผลการศึกษานี้แสดงว่าจะไม่โลหิติกบีสต์ในระบบการหมักสามารถผลิตetha ได้โดยไม่ต้องเติมสารละลายกรดและเอนไซม์

#### การศึกษาการผลิตetha โดยการหมักโดยการใช้เมล็ดข้าวบดเป็นแหล่งอาหาร



ภาพที่ 32 เมล็ดข้าว (a) และเมล็ดข้าวบดคละเอียด (b)

## ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีเมล็ดข้าวสาร

องค์ประกอบทางเคมี	(% โดยน้ำหนักแห้ง)
คาร์บอโนไฮเดรต	$84.26 \pm 5.12$
โปรตีน	$5.02 \pm 1.43$
ไขมัน	$0.22 \pm 0.17$
เยื่า	$0.54 \pm 0.21$
ความชื้น	$14.20 \pm 0.23$

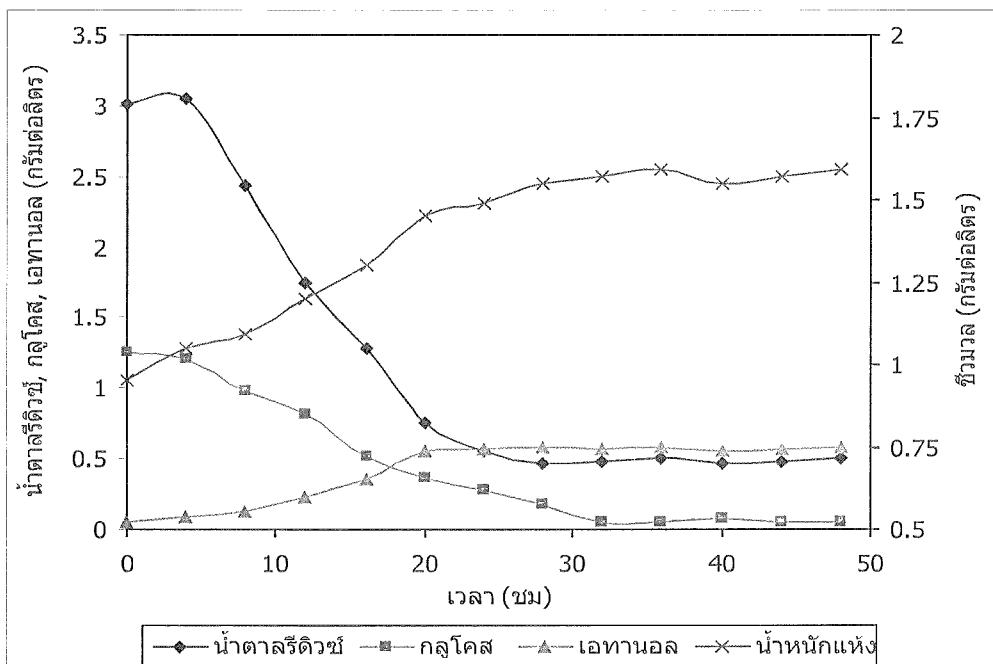
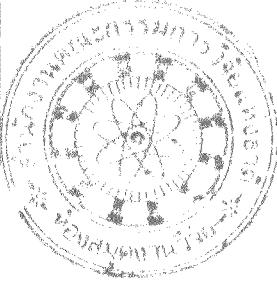
ในขั้นตอนการเตรียมวัตถุนิจจะนำข้าวมาบดด้วยเครื่องบดแห้งอย่างละเอียดคือ ultracentrifugal mill ผลของการบดแห้งจะได้ขนาดของเม็ดแป้งบด 45-637 ไมครอน การบดนี้เป็นการพรีทรีตเมนต์ทางกายภาพวิธีหนึ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายโครงสร้างของเม็ดแป้ง เพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ให้เป็นน้ำตาล เพื่อเพิ่มผลผลิตเชอทานลดจากการหมักให้สูงขึ้น

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดข้าวสารแสดงในตารางที่ 7 องค์ประกอบของเมล็ดข้าวสารส่วนใหญ่เป็นคาร์บอโนไฮเดรตซึ่งประกอบด้วยแป้ง คั่นน้ำในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการหมักโดยอะไรมอลไลติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์เพื่อศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตเชอทานลดจากเมล็ดข้าวให้สูงขึ้นและเป็นการลดต้นทุนการผลิตเชอทานลดอีกด้วยหนึ่ง

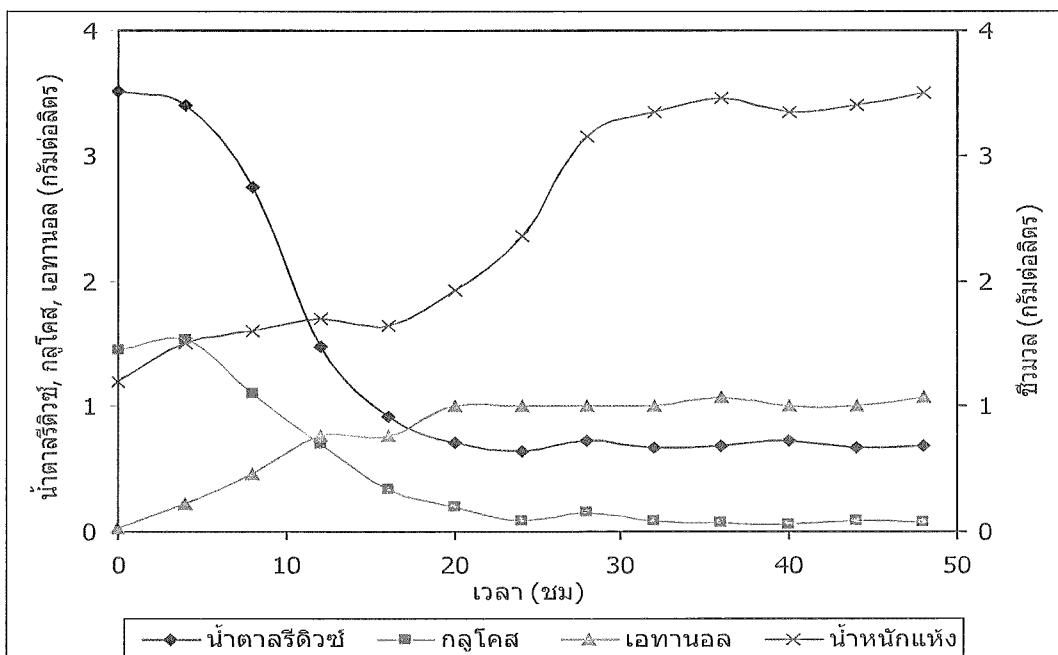
### การศึกษาผลปริมาณความเข้มข้นของเมล็ดข้าวนัดต่อการผลิตเชอทานลดโดยอะไรมอลไลติกยีสต์

การหมักโดยใช้อะไรมอลไลติกยีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวนัด 0.125-0.5 เปอร์เซ็นต์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร โดยเมล็ดข้าวนัดถูกพรีทรีตเมนต์ด้วยน้ำกลั่น และกรดซัคฟูริกเจือจาก ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เชอทานลด และน้ำหนักชีวมวล พบร่วมปริมาณเชอทานลดที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 0.54 1.07 และ 1.87 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 33-35

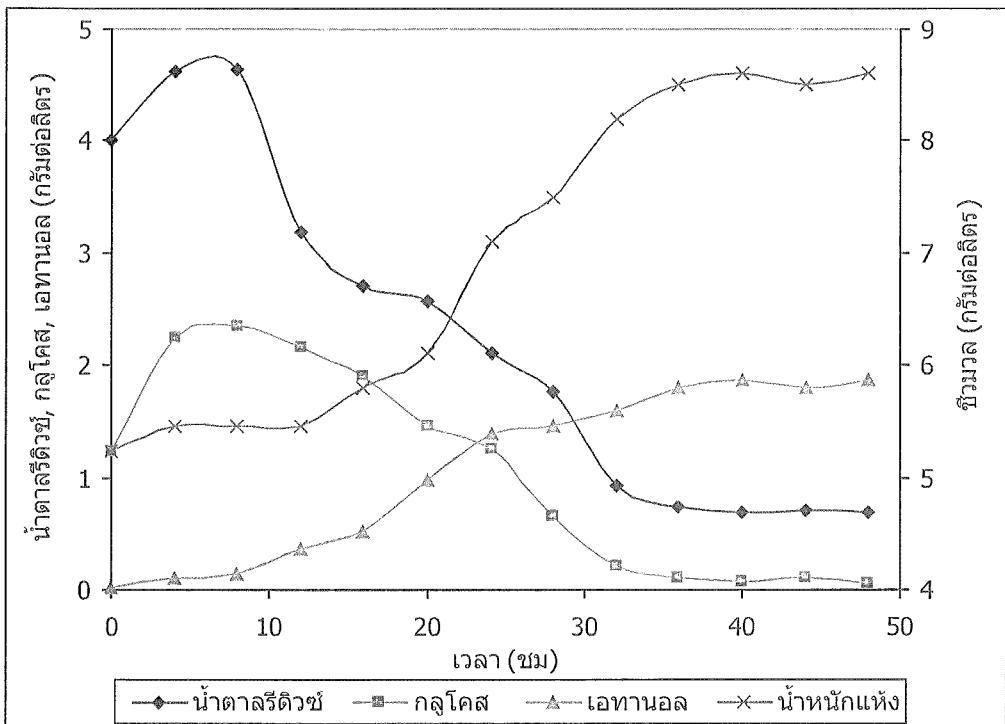
ผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเชอทานลดจากชีวมวล) Yp/s (ผลได้ของเชอทานลดจากการบดโดยไม่เติบโตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 8



ภาพที่ 33 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เม็ดข้าวบด 0.125 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิธีกรรมเเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.20



ภาพที่ 34 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เม็ดข้าวบด 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิธีกรรมเเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.21



ภาพที่ 35 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพريทรีเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ๙.

22

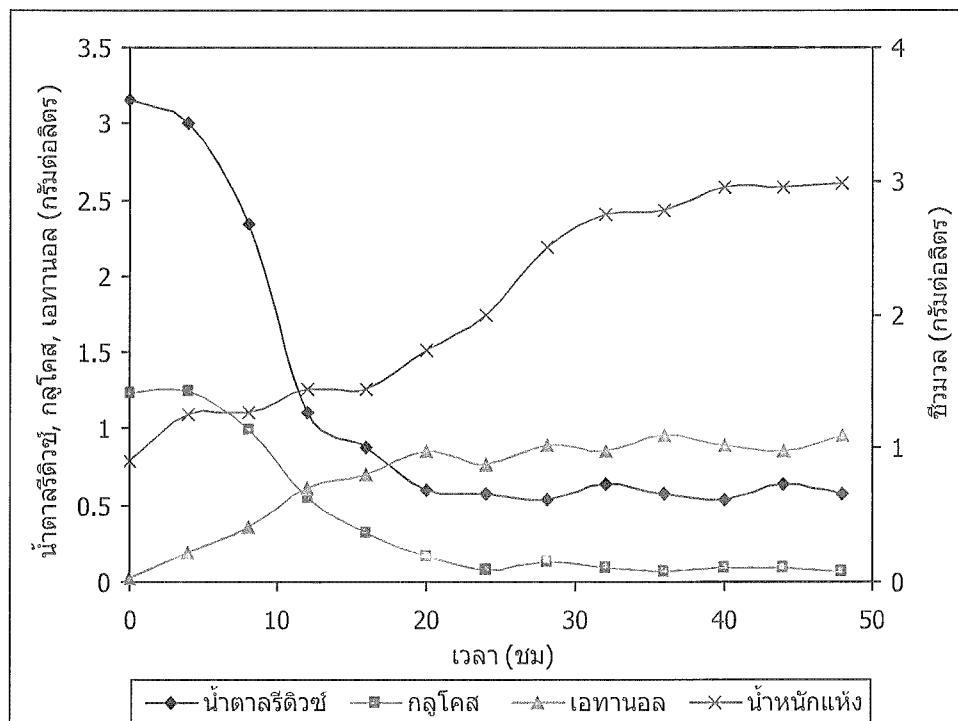
การเพิ่มผลผลิตเอทานอลจากการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นจาก 0.125-0.5 เปอร์เซ็นต์ ของเมล็ดข้าวบดในปริมาตร 100 มิลลิลิตรแสดงว่าการเพิ่มปริมาณเอทานอลเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบดแสดงว่าจะไม่โลถิตคือสัดส่วนของเมล็ดข้าวบดเป็นน้ำตาลและถูกใช้เป็นสารอาหารและการผลิตเอทานอลได้ในปริมาณสูงภายใต้สภาวะการทดลอง

ดังนั้นจึงได้พัฒนาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลจาก 100 มิลลิลิตรเป็น 5 ลิตรและ 70 ลิตร เนื่องจากความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบด 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้สัมประสิทธิ์การผลิตต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง ( $Y_{p/s}$ ) (ตารางที่ 9) สูงกว่าความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบด 0.5 เปอร์เซ็นต์ จึงใช้ความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบด 0.25 เปอร์เซ็นต์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเพิ่มปริมาตรการผลิตเอทานอลต่อสัมประสิทธิ์การผลิตต่อหน่วยน้ำหนักแห้ง

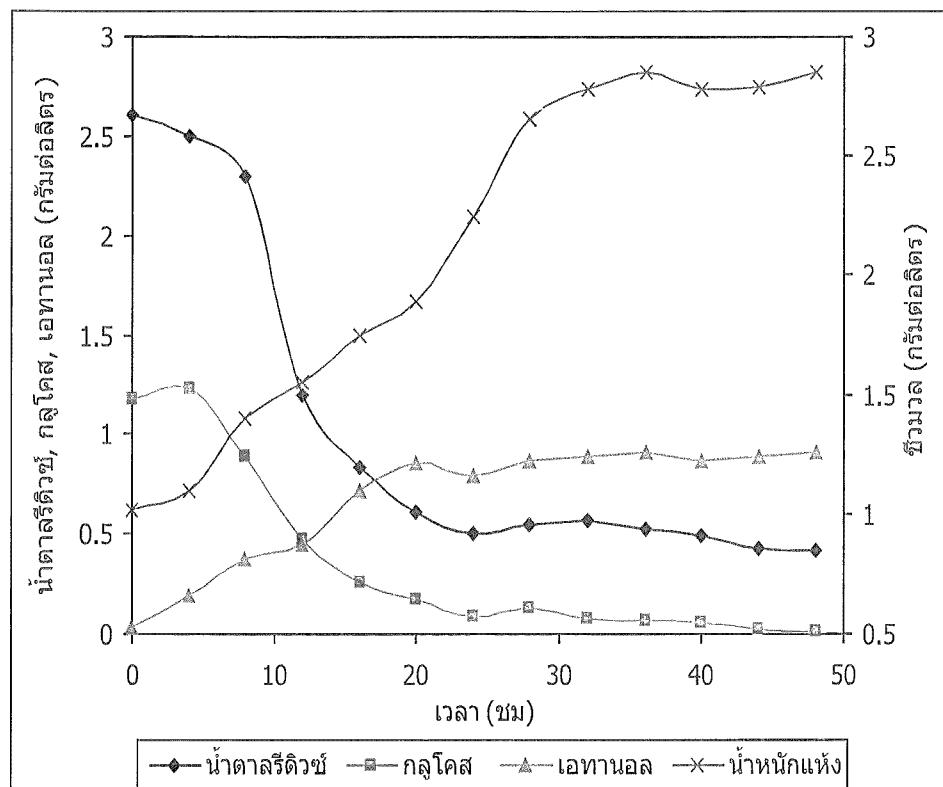
## การศึกษาการเพิ่มผลผลิตอาหารอลจากเมล็ดข้าวบด โดยอะไนโอลไกติกยีสต์ ในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร และ 70 ลิตร

การหมักโดยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบด 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในการหมักปริมาตร 5 ลิตรและ 70 ลิตร โดยเมล็ดข้าวบดถูกพรีทรีเมนท์ด้วย น้ำกําลั่น และกรดซัลฟูริกเจือจางร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนิวลด พนวจปริมาณอาหารอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 0.95 และ 0.90 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 36-37 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบด เป็น 1.5 และ 3 เปอร์เซ็นต์นิวลด พนวจ ปริมาณอาหารอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 5.02 และ 5.59 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 38-39

นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนิวลด)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการนำไปใช้เครดตทั้งหมด) และผลการเพาะเดี่ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 8



ภาพที่ 36 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.23



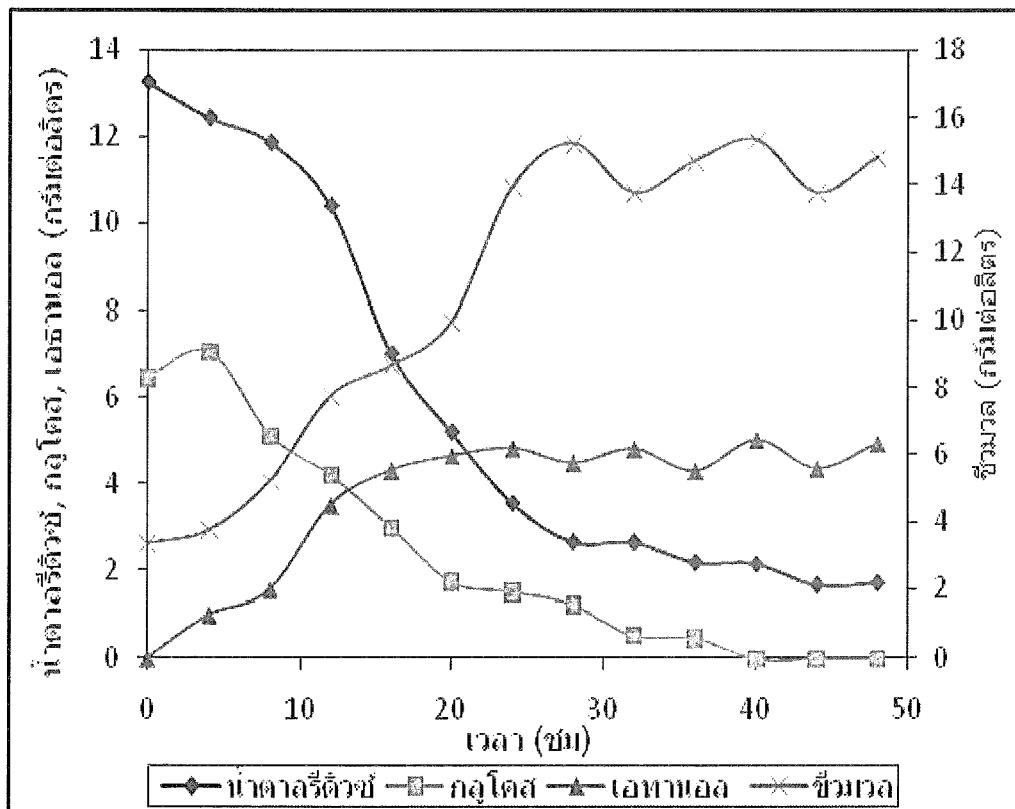
ภาพที่ 37 การหมักด้วยเชื้อเบียสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.24

จากการทดลองการศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มปริมาตรการผลิตเอทานอลเมื่อใช้เมล็ดข้าวบด ความเข้มข้นเท่ากัน คือ 0.25 เปอร์เซ็นต์ พนว่าการเพิ่มปริมาตรการผลิตเป็น 70 ลิตรให้ผลผลิตความเข้มข้นของเอทานอล 0.90 กรัมต่อลิตร ได้ใกล้เคียงกับการผลิตเอทานอลปริมาตร 5 ลิตร ซึ่งให้ผลผลิตความเข้มข้นของเอทานอล 0.95 กรัมต่อลิตร

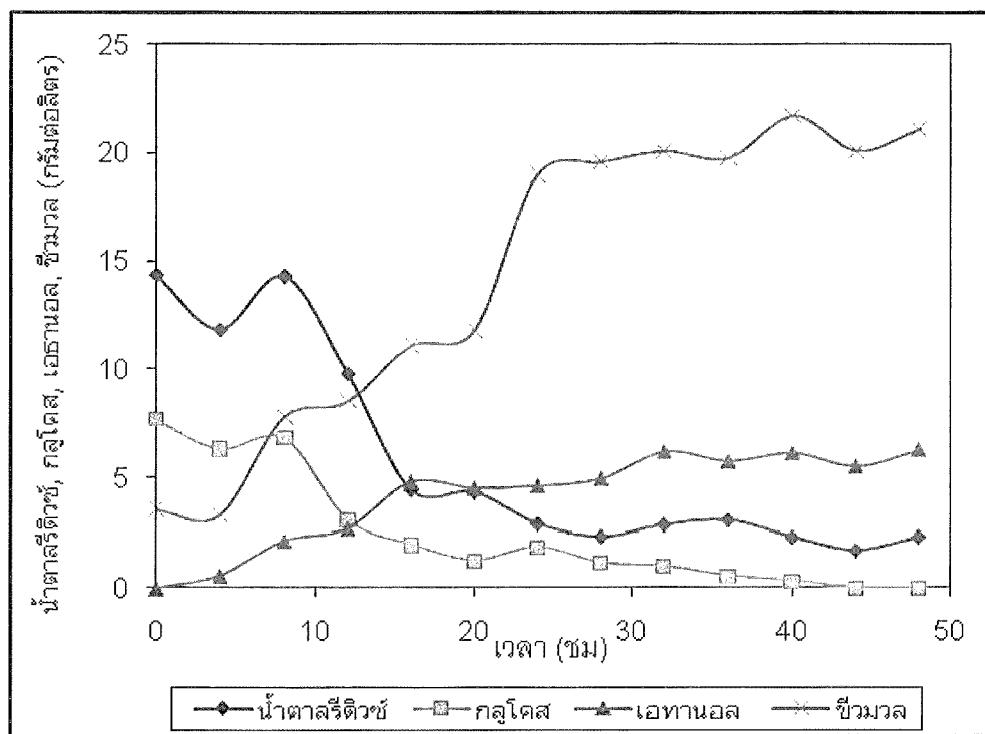
ดังนั้นการศึกษานี้แสดงว่าการเพิ่มปริมาตรการผลิตเอทานอลโดยใช้เมล็ดข้าวบดเป็นแหล่งอาหารจากการหมักโดยอะไมโลไอลติกยีสต์สามารถเพิ่มปริมาตรเอทานอลได้ถึง 70 ลิตรในความเข้มข้นเอทานอลสูงเท่ากับการหมักปริมาตร 5 ลิตร ภายใต้ระบบการหมักในการศึกษาทดลอง

ในการศึกษาต่อไปจึงได้ศึกษาผลของการเพิ่มความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบดจาก 0.25 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ และ 3 เปอร์เซ็นต์ในปริมาตรการหมัก 70 ลิตร โดยอะไมโลไอลติกยีสต์ต่อความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้

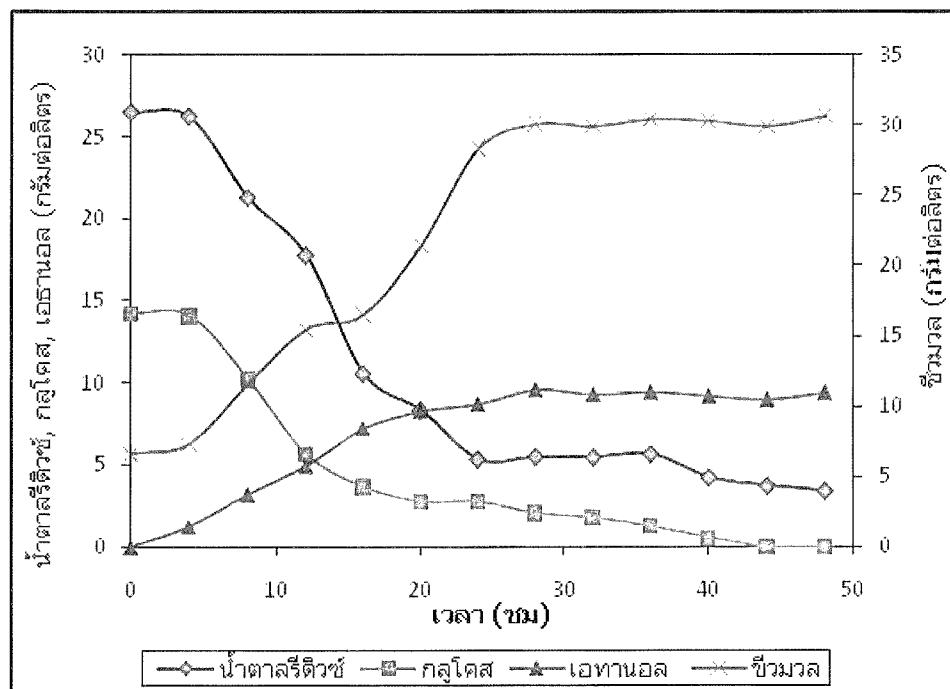
การศึกษาผลของความเข้มข้นเมล็ดข้าวบดต่อการผลิตอาหารน่องอะไนโอล่าคิคิยีสต์ปริมาตรการผลิต 70 ลิตรในถังปฏิกริณ\*



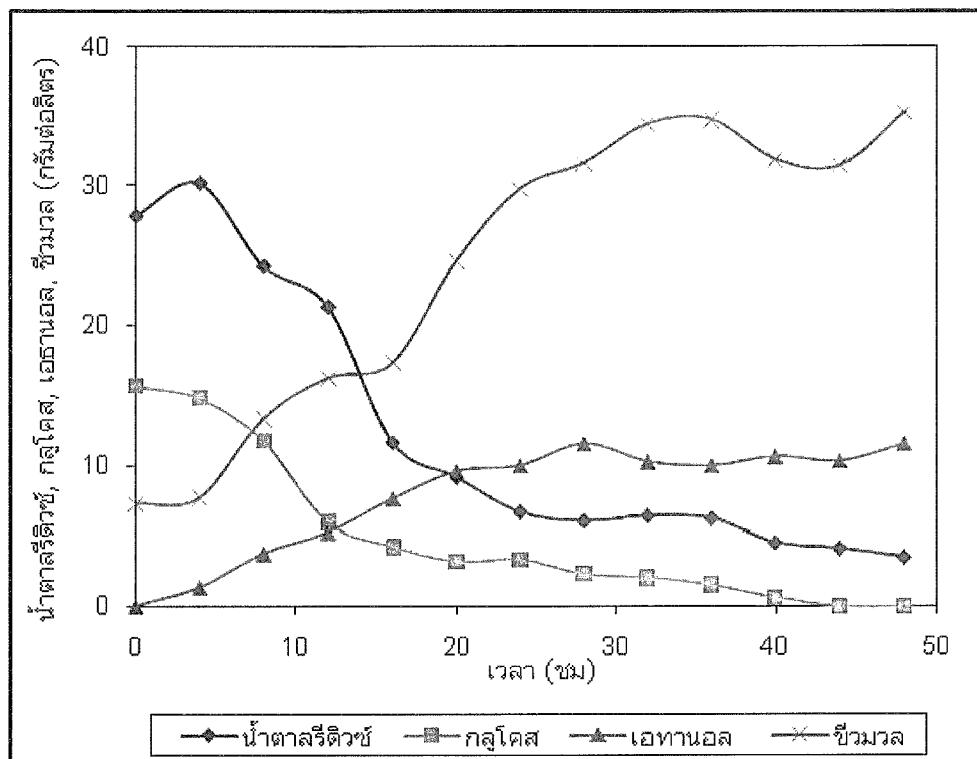
ภาพที่ 38 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวบดปริมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิธีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.25



ภาพที่ 39 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เม็ดข้าวบดปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิริทิตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.26



ภาพที่ 40 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เม็ดข้าวบดปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิริทิตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.27



ภาพที่ 41 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เมล็ดข้าวคลป्रimitาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิธีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.28

การเพิ่มความเข้มข้นของเมล็ดข้าวคลจาก 0.25 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 37) เป็น 1.5 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 38) และ 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 40) ปริมาตรการผลิตเอทานอล 70 ลิตร สามารถเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอลได้สูงกว่าเดิม 5.57 เท่าและ 10.62 เท่า ตามลำดับเมื่อทำการพิธีตเมนต์ด้วยกรดเจือจางปริมาตรการผลิตเอทานอล 70 ลิตร ดังนั้นการใช้เมล็ดข้าวคลจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นได้ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเมล็ดข้าวคลเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสัมประสิทธิ์การผลิต ( $Y_{ps}$ ) (ตารางที่ 9) ลดลง 0.88 เท่า ตามลำดับ การพิธีตเมนต์ด้วยน้ำกลั่นไม่เติมเอนไซม์ (ภาพที่ 37) ให้ผลผลิตต่ำกว่าการใช้กรดเจือจางทำการพิธีตเมนต์ และการเติมเอนไซม์ให้ผลผลิตเอทานอลสูงสุด โดยความเข้มข้นของเอทานอลสูงสุดเท่ากับ 11.50 กรัมต่อลิตร (ภาพที่ 41 และ ตารางที่ 8)

**ตารางที่ 8 การศึกษาเปรียบเทียบการเพิ่มผลผลิตอ ethanol ของข้าวบด โดยอะไรมอลติกยีสต์ในระบบการหมักแบบขั้นตอนเดียว โดยไม่เติมเอนไซม์ โดยเม็ดข้าวบดที่ทำการพิธีกรรมต์โดยภายในตัวความดัน ไอน้ำ 15 ปอนต์ต่อตารางนิวอุตตหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร ถึง 70 ลิตร**

Pretreatment	Enzyme	DM*	Batch volume	C <sub>E</sub>	P <sub>max</sub>	Q <sub>E</sub>	Y <sub>p/s</sub>
Diluted acid	-	0.125	100 mL	0.43	0.54	0.04	0.51
Diluted acid	-	0.25	100 mL	0.43	1.07	0.07	0.50
Diluted acid	-	0.5	100 mL	0.37	1.87	0.11	0.44
Diluted acid	-	0.25	5 L	0.38	0.95	0.06	0.45
Diluted acid	-	0.25	70 L	0.36	0.90	0.06	0.42
Diluted acid	-	1.5	70 L	0.33	5.02	0.49	0.39
Distilled water	-	3.0	70 L	0.21	6.30	0.27	0.24
Diluted acid	-	3.0	70 L	0.32	9.56	0.49	0.37
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3.0	70 L	0.38	11.50	0.49	0.44

\*Dry matter

C<sub>E</sub> Ethanol yield per unit biomass (g (g-biomass)<sup>-1</sup>)

Q<sub>E</sub> Ethanol production rate (g/L/hour)

P<sub>max</sub> Maximum ethanol production (g/L)

Y<sub>p/s</sub> Product (ethanol) yield coefficient (g (g-total carbohydrate)<sup>-1</sup>)

จากตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความเข้มข้นเม็ดข้าวบดความเข้มข้นจาก 0.125-0.5 เปอร์เซ็นต์ในปริมาตรการผลิต 100 มิลลิลิตร โดยอะไรมอลติกยีสต์ ให้ผลผลิตอ ethanol ของข้าวบดเพิ่มขึ้นของอ ethanol ของข้าวบดความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 0.125 เปอร์เซ็นต์ ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์โดย สัมประสิทธิ์การผลิตต่อหน่วยน้ำหนักวัตถุคงเดิมและสัมประสิทธิ์การผลิตต่อหน่วยน้ำหนักการใบไชเครมมีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่าอะไรมอลติกยีสต์สามารถย่อยแป้งเป็นน้ำตาลและผลิตอ ethanol ได้โดยไม่ต้องเติมเอนไซม์ในการย่อยแป้ง

เมื่อเพิ่มปริมาตรเป็น 5 ลิตร และ 70 ลิตร โดยใช้ความเข้มข้นเม็ดข้าวบดเป็น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้ความเข้มข้นของผลผลิตอ ethanol ของข้าวบดเพิ่มขึ้นของผลผลิตลดลงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร การเพิ่มปริมาตรการผลิตอ ethanol ของข้าวบดเป็น 70 ลิตรและเพิ่ม

ความเข้มข้นเมล็ดข้าวบดเป็น 3 เบอร์เซ็นต์ จะเพิ่มความเข้มข้นการผลิตอาหารอลไಡสูงขึ้นดังนั้นจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้ ข้อดีของการใช้เมล็ดข้าวบดได้แก่ เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่มีแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักมีส่วนของเซลลูโลสและเอนิเซลลูโลสอย ดังนั้นการผลิตเป็นน้ำตาลจึงไม่ต้องใช้เอนไซม์เซลลูโลสและเอนิเซลลูโลส ซึ่งเป็นการลดต้นทุนในขณะที่การผลิตอาหารอลปริมาณ 70 ลิตร โดยใช้ความเข้มข้นเมล็ดข้าวบดเป็น 3 เบอร์เซ็นต์ มีสัมประสิทธิภาพผลิตคิดเป็น 72 เบอร์เซ็นต์ในทางทฤษฎี

ดังนี้จากผลการศึกษานี้แสดงว่าเมล็ดข้าวสามารถใช้เป็นแหล่งวัตถุคิน้ำหนักในการผลิตอาหารอลโดยอะไรมอไลติกยีสต์ได้ โดยสามารถเพิ่มความเข้มข้นได้สูงและผลิตได้ในปริมาณสูงอย่างน้อย 70 ลิตร โดยไม่เดิมเออนไซม์ในการย่อยในระบบการหมัก

ผลการศึกษาการใช้กากมันสำปะหลังในการผลิตอาหารอลโดยเรื่องอะไรมอไลติกยีสต์พบว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ สำหรับการพรีทรีเมนต์ให้ผลผลิตอาหารอลสูงกว่า การอบด้วยไอน้ำอย่างเดียว และการอบด้วยไอน้ำร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เบอร์เซ็นต์ ในการศึกษาได้เดิมเออนไซม์เซลลูโลส และเออนไซม์เอนิเซลลูโลสเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตอาหารอลพบว่าทำให้เพิ่มผลผลิตอาหารอลสูงขึ้น ดังนี้จากการทดลองอะไรมอไลติกยีสต์สามารถผลิตอาหารอลได้ในปริมาณสูง ในการเพิ่มปริมาณการหมักจึงได้ศึกษาทดลองในถังปฏิกรณ์แบบภาชนะด้วยใบพัด โดยปริมาณอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ลิตร และความเข้มข้นเพิ่มเป็น 3 เบอร์เซ็นต์ผลการศึกษาพบว่าให้ผลผลิตอาหารอลเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งในถังปฏิกรณ์ที่ไม่เดิมเออนไซม์และถังปฏิกรณ์ที่เดิมเออนไซม์ โดยมีผลประสิทธิภาพการผลิต ( $Y_p/s$ ) ใกล้เคียงกับปริมาณการหมัก 100 มิลลิลิตร ในการเพิ่มปริมาณการหมัก เป็น 70 ลิตรในถังปฏิกรณ์การหมักปริมาณ 200 ลิตร ให้ผลผลิตอาหารอลลดลงคิดเป็น 90-95 เบอร์เซ็นต์ของการหมักในปริมาณ 5 ลิตร และ 100 มิลลิลิตร อาจเนื่องจากปริมาณอาหารหมักที่มีเพิ่มขึ้นและสภาวะการหมักมีความแตกต่างกัน การเพิ่มผลผลิตอาหารอลในการผลิตในปริมาณ 70 ลิตร จึงอาจพัฒนาการพรีทรีเมนต์และสภาวะการหมักให้เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตต่อไป

การพรีทรีเมนต์เป็นขั้นตอนที่มีส่วนในการทำให้สารอาหารมีการสลายตัวเพื่อให้อ่อนไชม์ สามารถทำปฏิกริยาเป็นน้ำตาลได้สูงขึ้น จากผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซัลฟูริกเจือจางจะเพิ่มการสลายตัวเป็นน้ำตาลของวัตถุคิน้ำหนักที่มีแบ่งเป็นองค์ประกอบหลักดังนี้ในการศึกษาการใช้เมล็ดข้าวบด เป็นวัตถุคิน้ำหนักในการผลิตอาหารอลจึงได้พรีทรีเมนต์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ ในสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากเมล็ดข้าวมีความหนืดค่อนข้างสูงการเตรียมความเข้มข้นสูงมีผลต่อความหนืดของอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ในการศึกษาได้เปรียบเทียบความเข้มข้นของเมล็ดข้าวบด 0.125-0.5 เบอร์เซ็นต์ พบร่วมกับความเข้มข้น 0.25 เบอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตอาหารอลใกล้เคียงกับที่ความเข้มข้น 0.125 เบอร์เซ็นต์ ในการศึกษาการเพิ่มปริมาณอาหารเป็น 5 ลิตร และ 70 ลิตรจึงให้ความเข้มข้น 0.25 เบอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าปริมาณการหมัก 5 ลิตรให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร ส่วนการหมักปริมาณ 70 ลิตรให้ผลผลิตคิดเป็น 82.35 เบอร์เซ็นต์ของการหมักปริมาณ 100

มิลลิลิตร ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตอุตสาหกรรมโดยใช้มีลีดข้าวบดเป็นวัตถุดึงจึงต้องพัฒนาการพิธีที่ดีเมนต์ และสภาวะการหมักให้เหมาะสมต่อไป

การผลิตอุตสาหกรรมจากเมล็ดข้าวบดโดยใช้เชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้การพิธีที่ดีเมนต์ ด้วยกรดซัลฟูริก ให้ค่าประสิทธิภาพการผลิตอุตสาหกรรมสูงกว่ากากมันสำปะหลัง การหมักเมล็ดข้าวบด ให้ค่า  $C_E$  (theoretical yield based on total biomass) รวมถึงค่า  $Y_p/s$  (theoretical yield based on total carbohydrate) ทั้งนี้ เพราะปริมาณองค์ประกอบของสารโภชนาคราชในเครตและแป้งในกากมันสำปะหลังน้อยกว่าใน เมล็ดข้าวบดและ ซึ่ง ค่า theoretical yield based on total carbohydrate คำนวณจาก  $100 \times (\text{ความเข้มข้นของอุตสาหกรรม} \times 0.9) / (\text{ความเข้มข้นของสารโภชนาคราชในเครต} \times 0.51)$  การศึกษาผลการผลิตอุตสาหกรรมจากกากมัน สำปะหลังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maneeboon (2008) ได้ศึกษาการย่อยกากมันสำปะหลัง ใน การเพาะเลี้ยงแบบ solid state โดยเมื่อหมักกากมัน 22.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเชื้อเดี่ยวสายพันธุ์ *R. oryzae* TISTR 3523 ได้ค่า  $C_E$  เท่ากับ 0.17 กรัมต่อกรัมข้าวมวล

การเติมเอนไซม์ทำให้เพิ่มผลผลิตอุตสาหกรรมโดยแสดงให้เห็นว่าการเติมเอนไซม์ช่วยลดเพิ่มการ ย่อยสลายองค์ประกอบของสารโภชนาคราชในเครตส่วนที่ไม่ใช่แป้งและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยแป้ง ในกากมันสำปะหลัง โดยจะไม่โลайлิติกบีสต์ให้ได้ผลผลิตอุตสาหกรรมสูงขึ้นในระหว่างการหมัก

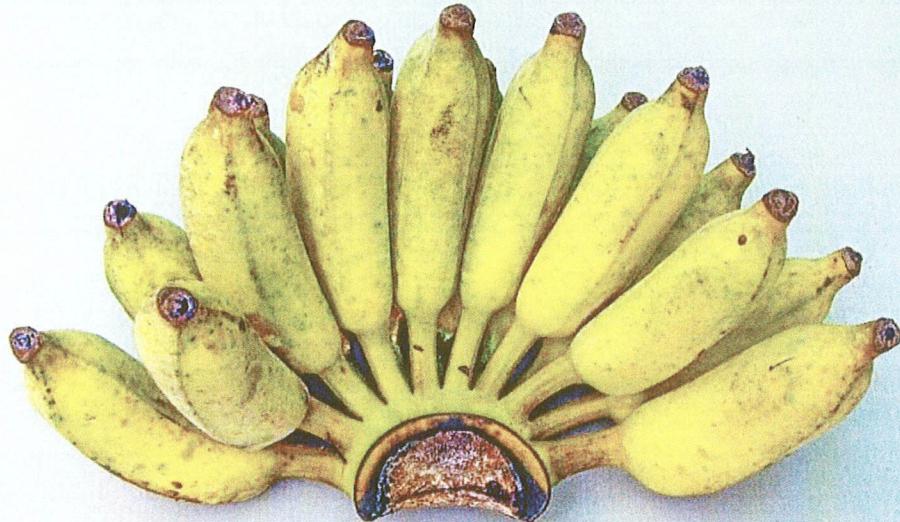
ในการผลิตอุตสาหกรรมโดยการพิธีที่ดีเมนต์ด้วยกรดและย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาร์บีโนเมลต์ อะไนโลกลูโคซิเดส เพคตินส เชาลลูเดส และเอมิเซลลูเดสในระบบ SHF โดยใช้สต์ปกติและอะไนโลайлิติกบีสต์แสดงให้เห็นว่าอะไนโลайлิติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 ให้ผลผลิตอุตสาหกรรมสูงกว่า สต์ปกติและอะไนโลайлิติกบีสต์สายพันธุ์ *S. fibuligera* 2321 จึงนำเชื้ออะไนโลайлิติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 มาทำการเพาะเลี้ยงในกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตอุตสาหกรรมแบบ SSF โดยไม่เติม เอนไซม์แอลฟาร์บีโนเมลต์ อะไนโลกลูโคซิเดส เพคตินส เชาลลูเดส และเอมิเซลลูเดส ให้ผลผลิตอุตสาหกรรมได้ ใกล้เคียงกับการผลิตอุตสาหกรรมโดย *S. diastaticus* 5547 ในระบบ SSF ซึ่งทำการย่อยกากมันสำปะหลังให้เป็นน้ำตาลก่อนโดยเอนไซม์ แอลฟาร์บีโนเมลต์ อะไนโลกลูโคซิเดส เพคตินส เชาลลูเดส และเอมิเซลลูเดส ให้ผลผลิตอุตสาหกรรมได้ มากกว่า *S. diastaticus* 5547 ทำให้ไม่ต้องเติมเอนไซม์แอลฟาร์บีโนเมลต์ อะไนโลกลูโคซิเดสจาก ภายนอกลงในกากมันสำปะหลังเพื่อย่อยแป้ง ดังนั้นอะไนโลайлิติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 จึง มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการผลิตอุตสาหกรรมจากกากมันสำปะหลัง และผลผลิตทางการ เกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก

การผลิตเชอกานอลโดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า



ภาพที่ 42 เปลือกกล้วยน้ำว้า (a) และเปลือกกล้วยน้ำว้าบดละเอียด (b)

(a)



(b)



ภาพที่ 43 กล้วยน้ำว้า (a) และกล้วยน้ำว้าบดละเอียด (b)

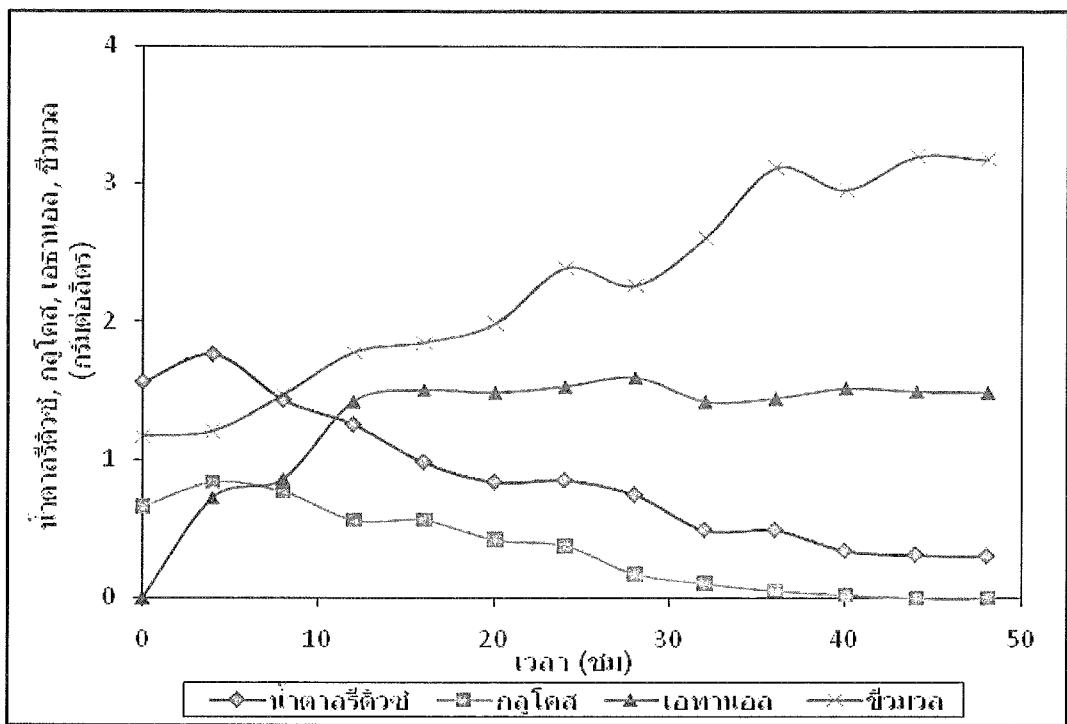
ตารางที่ 9 องค์ประกอบ เสมิเซลลูโลส เซลลูโลสและ แป้งในเปลือกกล้วยและผลกล้วย

Constituents	% of wet weight		
	เปลือกกลีบ	ผลกลีบ	กลีบทั้งผล
TSs	14.53–17.12	19.43–21.74	22.72–25.64
Moisture	82.47–86.21	72.24–78.49	81.42–87.23
Organic components (%TSs)			
Hemicellulose	12.57 ± 1.41	-	3.43 ± 1.26
Cellulose	15.48 ± 0.24	-	4.17 ± 0.34
Lignin	11.48 ± 1.67	2.14 ± 0.63	5.22 ± 0.62
Crude protein	6.41 ± 0.43	3.36 ± 0.28	4.74 ± 0.27
Starch	32.75 ± 0.21	59.34 ± 0.52	47.35 ± 0.16

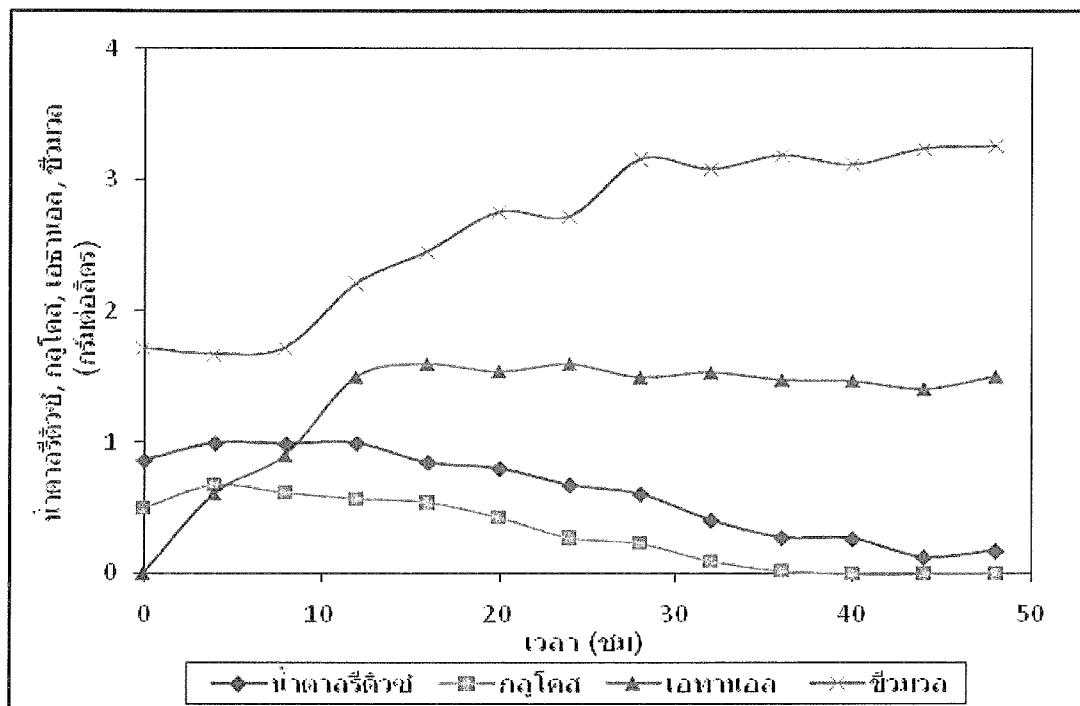
ผลการตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของเปลือกกล้วย ผลกล้วย และผลกล้วยทึ้งผลดังแสดงในตารางที่ 9 เปลือกกล้วย ผลกล้วย และผลกล้วยทึ้งผลมีเปลี่ยนส่วนใหญ่ เปลือกกล้วย มีองค์ประกอบด้วยเซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส รองลงมาจากแป้ง ในผลกล้วยทึ้งผลมีองค์ประกอบของเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส และลิกนินไก้ล็อกกัน ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาน้ำกล้วยน้ำว้ามมาใช้เป็นวัตถุคินสำหรับการผลิตเอทานอลโดยจะไม่ໂลติกีสต์

การศึกษาผลการพิริทริตเมนต์เปลี่ยนกลวัญน้ำวันเป็นแหล่งอาหารต่อการผลิตอาหารปลอดภัยของไวน์โดยใช้ติดเชื้อสต์โดยไม่เติมอนไซด์

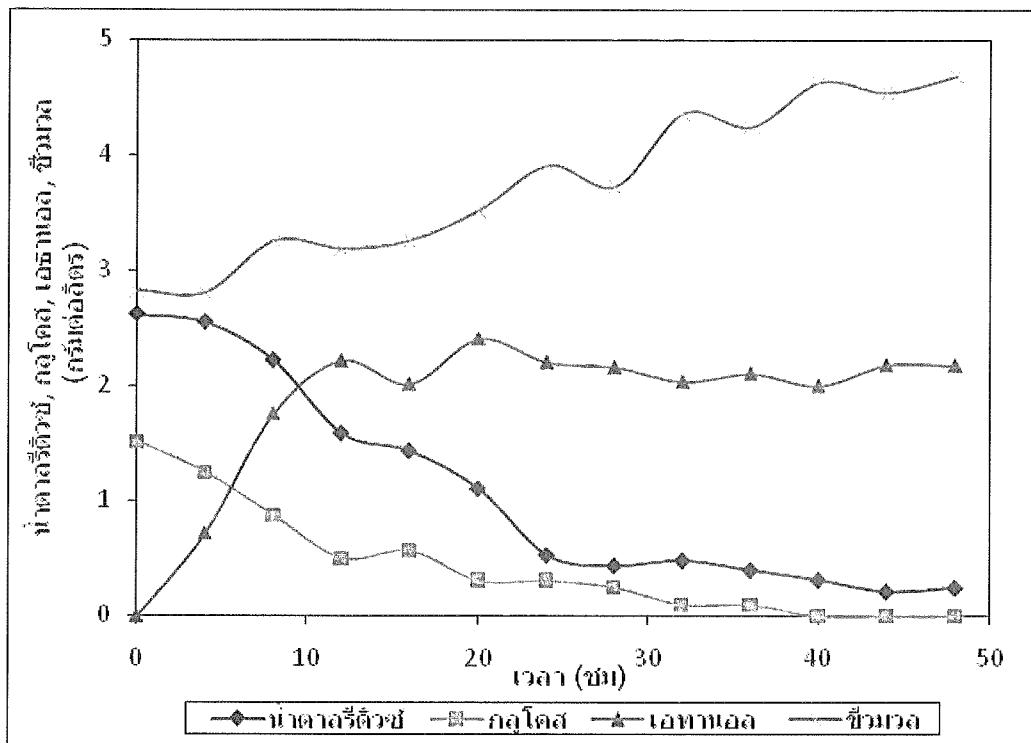
การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกลีบวันน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเปลือกกลีบวันน้ำว้า ถูกพิธีกรรมเน้นที่ด้วย นำกลัน โไซเดียม ไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายในตึกความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับพีเอช 5.5 โดยไม่เติม เอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมงของการหมัก เมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนะ พนว่า ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 1.59 1.54 และ 2.40 กรัมต่อลิตร ตามลำดับซึ่งผลการทดสอบแสดงดังในภาพที่ 44-46 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนะ) Yp/s (ผลได้ของเอทานอลจากคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 44 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิตรีเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.29



ภาพที่ 45 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิตรีเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.30



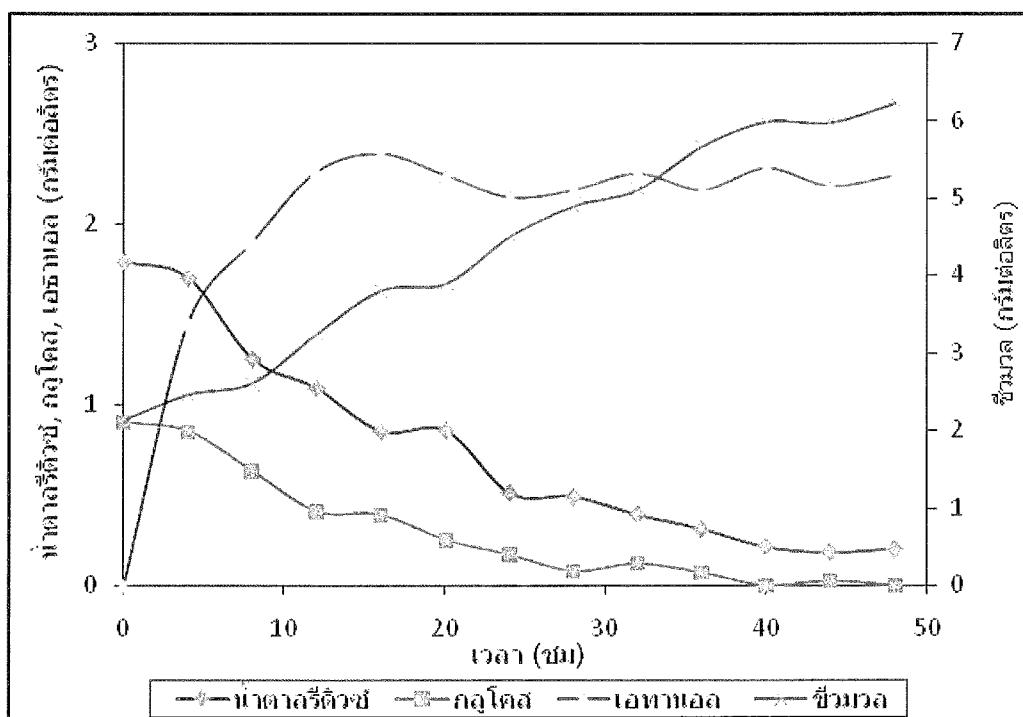
**ภาพที่ 46** การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทิริเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร เป็นสารอาหารโดยไม่เติมเอนไซม์ มากตามร่าง ข.31

ผลการพิริทิริเมนท์เปลือกกล้วยน้ำว้าโดยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำไปเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตethanolโดยอะไมโลไลติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ได้เพิ่มผลผลิตethanolสูงกว่าการพิริทิริเมนท์ด้วยน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ ภายหลังการหมักยังคงมีน้ำตาลรีคิวซ์อยู่ จึงอาจมีเปรี้ยวหรือส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ไม่ถูกใช้ในการผลิตethanolในอาหารหมักตามแสดงในรูปที่ 44-46 การใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ จึงเป็นการพิริทิริเมนท์ที่เหมาะสมสำหรับเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตethanol

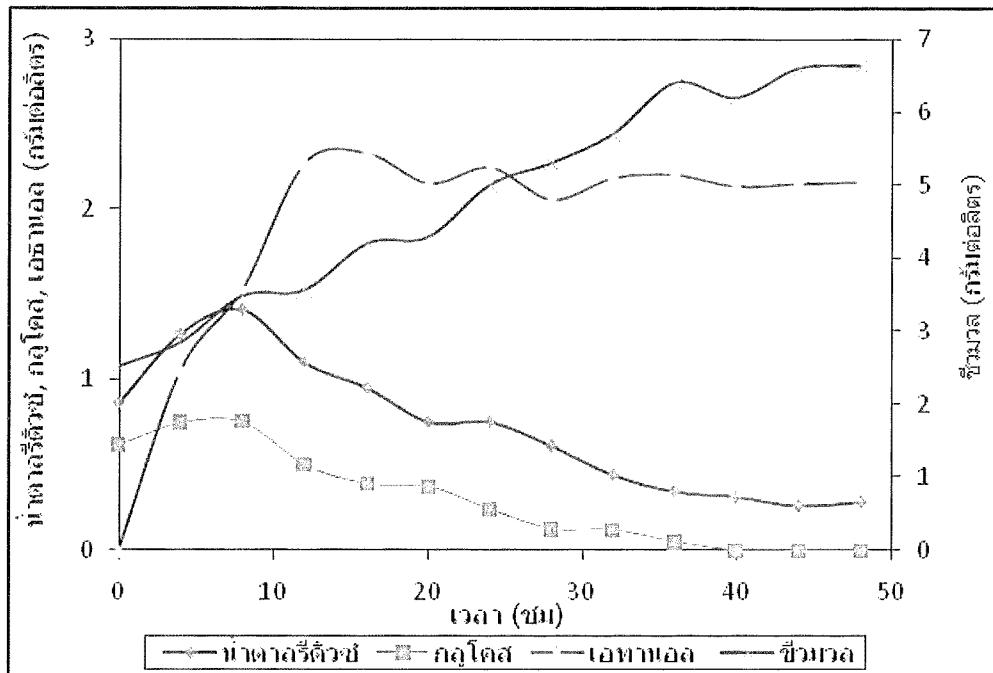
จากการศึกษาทดลองจึงได้ทำการศึกษาเบริร์บเทียบผลการพิริทิริเมนท์โดยใช้น้ำกลั่นโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาใช้เป็นอาหารโดยเติมเอนไซม์เชลลูลาส และเอมิเซลลูลาส และทำการหมักแบบ SSF สำหรับการผลิตethanolโดยอะไมโลไลติกยีสต์

## การศึกษาผลการพิธีทรีดเมนท์เปลือกกล้วยนำ้วันเป็นแหล่งอาหารต่อการผลิตออกanolโดยอะไมโนโลไคติก ยีสต์โดยเติมเอนไซม์ เชลลูเดส เอมิเซลลูเดส

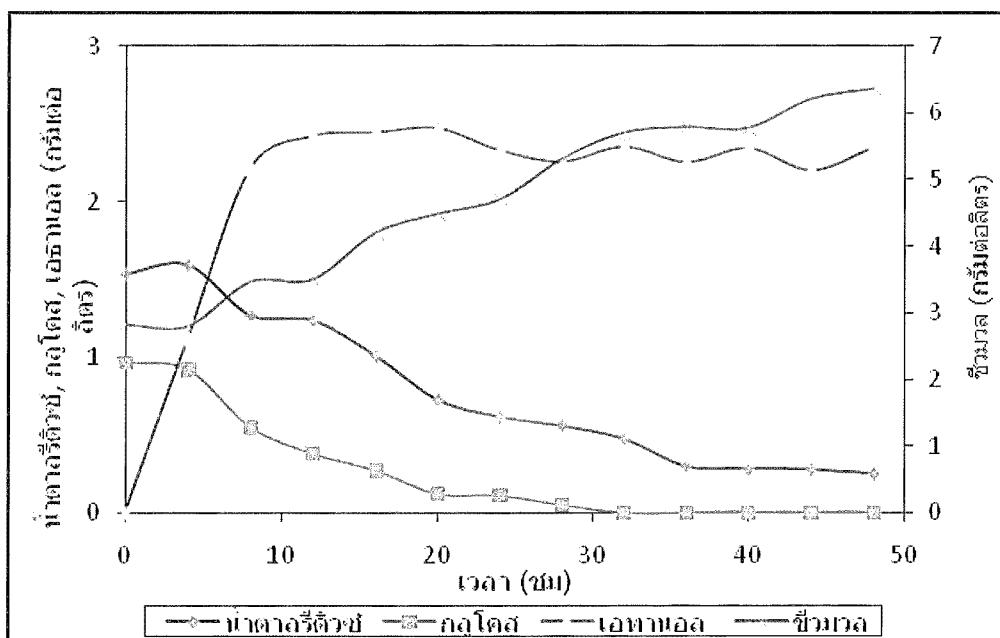
การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำ้วันน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเปลือกกล้วยนำ้วันน้ำว้า ถูกพิธีทรีดเมนท์ด้วยน้ำกัดน้ำ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีเอช 5.5 และเติมสารละลายเอนไซม์ เชลลูเดส เอมิเซลลูเดส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนิวคล พบร่วมกับปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 2.39 2.32 และ 2.47 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 47-49 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนิวคล)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการโบนไซเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 47 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำ้วันน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหารโดยเติมเอนไซม์ เชลลูเดส เอมิเซลลูเดสในการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.32



ภาพที่ 48 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์เป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เชลลูแลส เอฟิเชลลูแลสในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.33

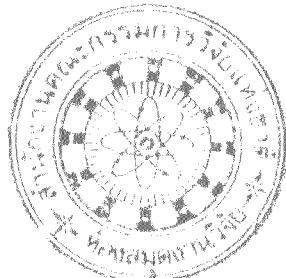


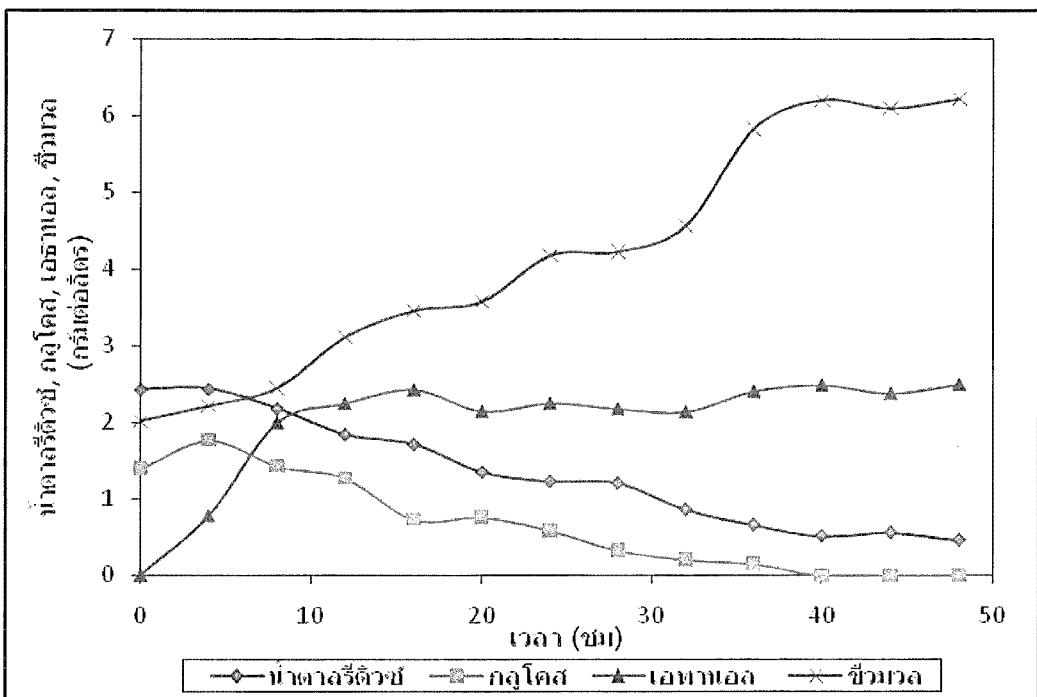
ภาพที่ 49 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ เปลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเฉพาะเอนไซม์ เชลลูแลส เอฟิเชลลูแลสในการหมักปริมาณ 100 มิลลิลิตร มาจากตาราง ข.34

ผลการพิธีตเมนต์เปลือกกล้วยน้ำว้าโดยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวท์ตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตอาหารออลโลยเติมเงินไชม์เซลลูเลส และเอมิเซลลูเลส โดยอะไนโอลไฮดิคิยีสต์ในการหมักแบบ SSF ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่าการพิธีตเมนต์ด้วยน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ จากผลการใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ จึงเป็นการพิธีตเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับเปลือกกล้วยน้ำว้านี้เพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตอาหารออล และการเติมเงินไชม์มีผลให้เพิ่มผลผลิตอาหารออลได้สูงขึ้น

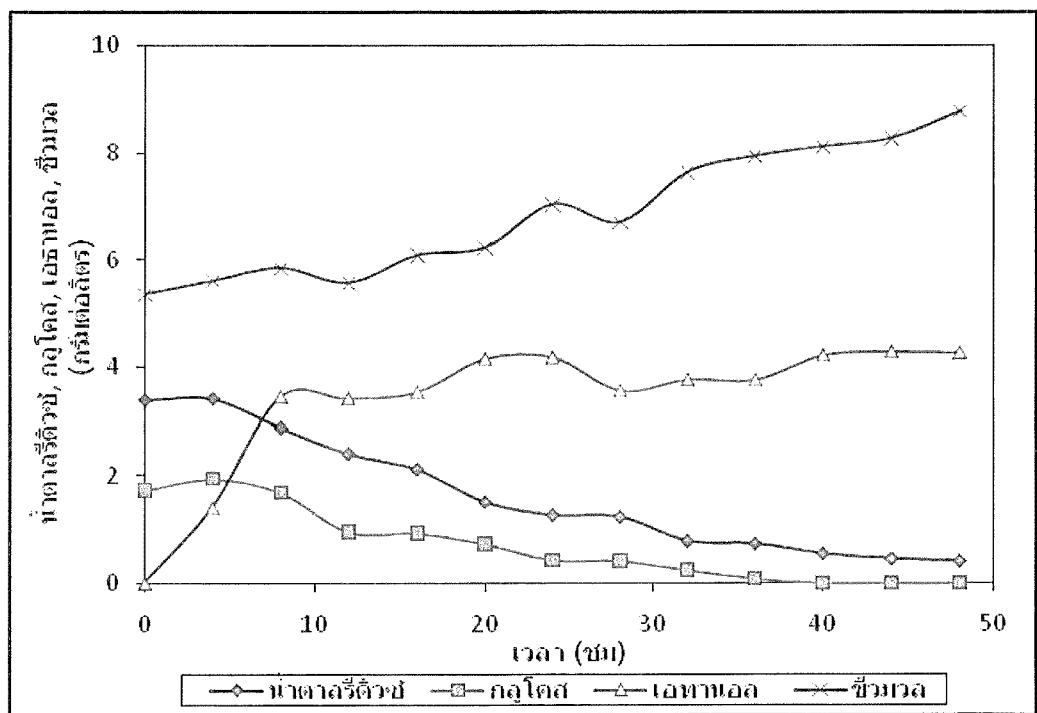
#### **การศึกษาการเพิ่มผลผลิตอาหารออลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยอะไนโอลไฮดิคิยีสต์ ในการหมักแบบ SSF ในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร**

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 ลิตรและปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเปลือกกล้วยน้ำว้า ถูกพิธีตเมนต์ด้วย น้ำกลั่น และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวท์ตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH 5.5 โดยไม่เติมเงินไชม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมงของการหมักและเมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวมวล พบร่วปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 2.48 และ 4.25 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 50-51 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวมวล)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากคาร์บอนไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10





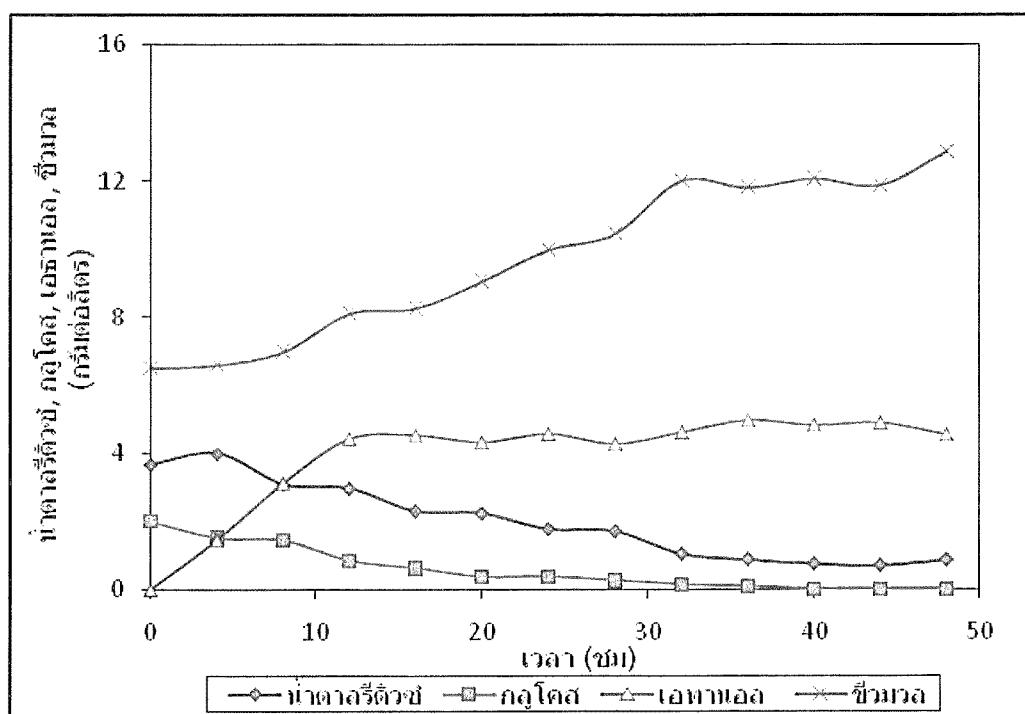
ภาพที่ 50 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำว้า 3 เปอร์เซ็นต์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.35



ภาพที่ 51 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิริทริเม้นท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.36

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เบลือกกล้วยน้ำว้า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 5 ลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเบลือกกล้วยน้ำว้า ถูกพิธีกรรมที่ด้วยกรดซัลฟูริกเจือจางร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีเอช 5.5 และเติมสารละลายเอนไซม์ เคลพะเซลลูเลส เอมิเซลลูเลส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวมวล พนวณ ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 4.94 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 41 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวมวล)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการนำไปไชเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 52 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เบลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ผ่านการพิธีกรรมที่โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เปรี้ยบเทียบกับสารอาหาร โดยเติมเคลพะเอนไซม์ เซลลูเลส เอมิเซลลูเลสในการหมักปริมาตร 5 ลิตร มาจากตาราง ข.37

การศึกษาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลโดยเพิ่มความเข้มข้นของเบลือกกล้วยน้ำว้าเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 5 ลิตร โดยการพิธีกรรมที่โดยน้ำกลั่น (ภาพที่ 50) เปรียบเทียบกับการพิธีกรรมที่ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ (ภาพที่ 51) ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาเป็นแหล่ง

อาหารสำหรับการผลิตอาหารออลโดยอะไนโอลไลติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ ผลการทดลองแสดงว่า การพิธีกรรมน์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่าการใช้น้ำกัลลัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายกรดทำลายโครงสร้างแป้งและลิกโนเซลลูโลส เมื่อทำการหมักโดยอะไนโอลไลติกยีสต์ทำให้ผลิตอาหารออลสูงขึ้น

ส่วนการหมักแบบ SSF โดยเติมเอนไซม์ เซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส (ภาพที่ 52) ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่าการไม่เติมเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์เซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส ช่วยย่อยสารละลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลส ทำให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น

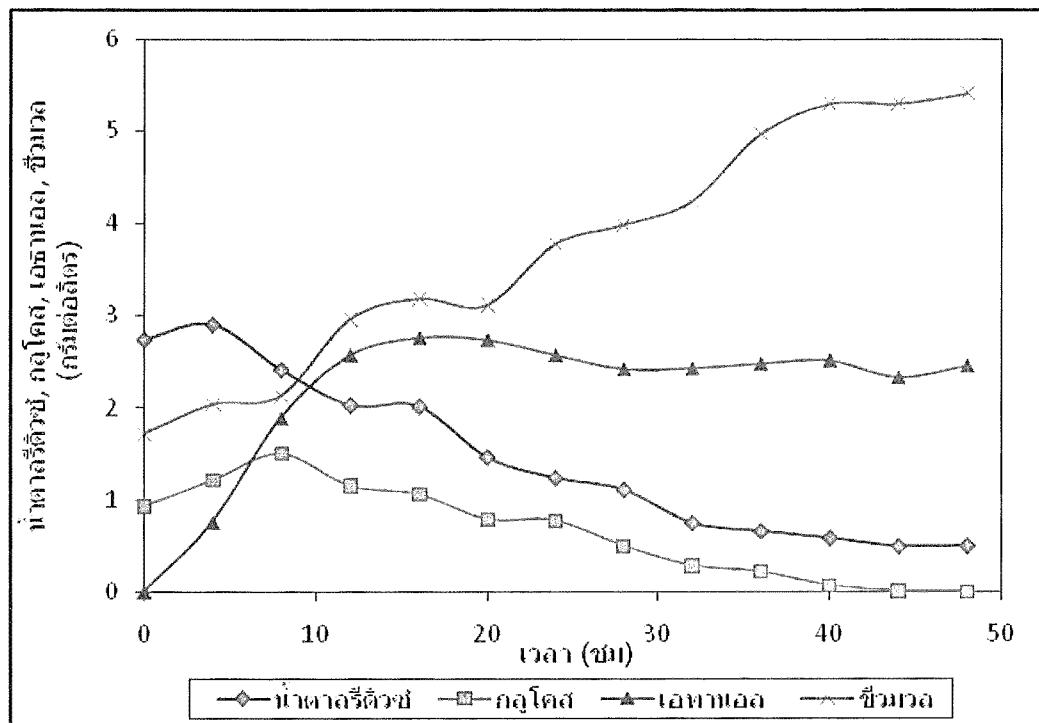
ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตอาหารออลโดยการหมักในปริมาตร 5 ลิตรในถังปฏิกรัณ สามารถเพิ่มความเข้มข้นของเบลือกกล้วน้ำว้าได้อย่างน้อย 3 เบอร์เซ็นต์โดยการพิธีกรรมน์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ และการเติมเอนไซม์ เซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตอาหารออลในกระบวนการหมักโดยอะไนโอลไลติกยีสต์

จากการศึกษาทดลองจึงได้ทำการเพิ่มผลผลิตอาหารออลจากเบลือกกล้วน้ำว้า โดยการเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตร ในถังปฏิกรัณ โดยอะไนโอลไลติกยีสต์ในระบบที่เติมเอนไซม์และไม่เติมเอนไซม์

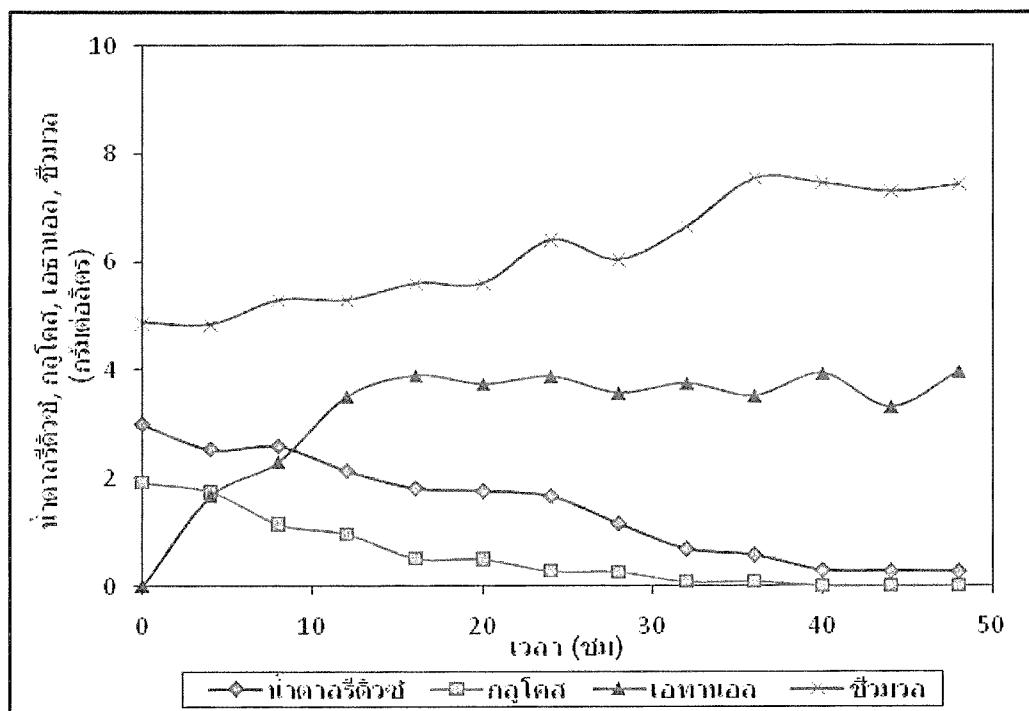
### การศึกษาการเพิ่มผลผลิตอาหารออลจากเบลือกกล้วน้ำว้าโดยอะไนโอลไลติกยีสต์ ในการหมักแบบ SSF ในถังปฏิกรัณ 70 ลิตร

การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เบลือกกล้วน้ำว้า 3 เบอร์เซ็นต์ ปริมาตร 70 ลิตรและปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเบลือกกล้วน้ำว้า ถูกพิธีกรรมน์ด้วยน้ำกัลลัน และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายในตู้อบความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ พีเอช 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์ท่าปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนิวคล พนว่า ปริมาณอาหารออลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 2.75 และ 3.96 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 53-54 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของอาหารออลจากชีวนิวคล)  $Yp/s$  (ผลได้ของอาหารออลจากการ์โนไชเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10



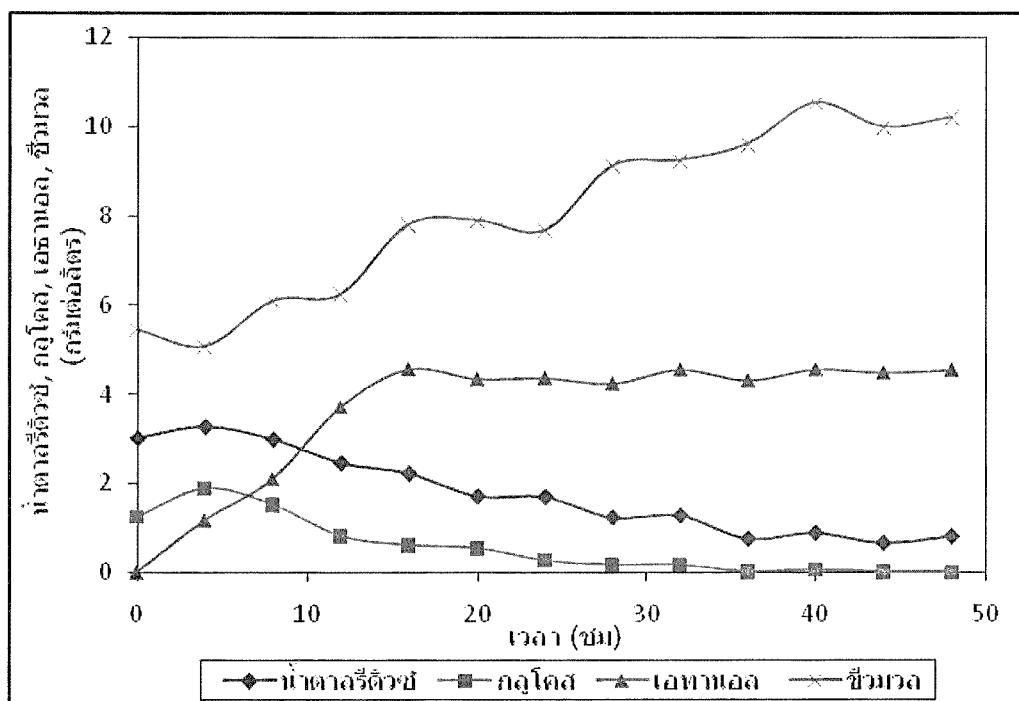
ภาพที่ 53 การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.38



ภาพที่ 54 การหมักด้วยเชื้อเยื่อสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยนำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีดเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในปริมาตรอาหาร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.39

การหมักด้วยเชื้อปีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้า 3 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 70 ลิตร และปริมาณสารอาหารอื่นๆ โดยเปลือกกล้วยน้ำว้า กรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีปรับ พีเอช 5.5 และเติมสารละลายเอนไซม์ เอพาเซลลูเลส เอมิเซลลูเลส เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนะ พบว่า ปริมาณอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 4.55 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ผลการทดลองแสดงดังในภาพที่ 44 นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนะ)  $Y_p/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการนำไปไชเครตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 10



ภาพที่ 55 การหมักด้วยเชื้อปีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์เซลลูเลส เอมิเซลลูเลสในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ๔.๔๐

การศึกษาการเพิ่มผลผลิตเอทานอลโดยเพิ่มความเข้มข้นของเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็น 3 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตร โดยการพรีทรีตเมนต์โดย น้ำกัดลั่น (ภาพที่ 53) เปรียบเทียบกับการพรีทรีตเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ (ภาพที่ 54) ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตเอทานอลโดยอะไมโลไกติกบีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ ผลการ

ทคลองแสดงว่าการพรีทริเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โอมาร์ ให้ผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน ทึ้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายกรดทำลายโครงสร้างแป้งและลิกโนเซลลูโลส เมื่อทำการ หมักโดยอะไมโลไอลิติกยีสต์ทำให้ผลิตอุณหภูมิสูงขึ้น

ต่อไปนี้เป็นผลของการพรีทริเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โอมาร์ ให้ผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน อะไมโลไอลิติกยีสต์ ในการหมักโดยการเติมน้ำ 70 ลิตร ในถังปฏิกิริยาน้ำ 3 บ่อ อย่าง น้อย 3 เบอร์ เช่นต์ การพรีทริเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โอมาร์ มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน อะไมโลไอลิติกยีสต์ และการเติมน้ำ อะมิเซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส ทำให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ดังนั้นเปลือกกลีวยน์น้ำว้าสามารถนำมาใช้ปืนวัตถุดับไฟได้ การเพิ่ม ผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน โดยการหมักในปริมาตร 70 ลิตร ในถังปฏิกิริยาน้ำ 3 บ่อ อย่าง น้อย 3 เบอร์ เช่นต์ การพรีทริเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โอมาร์ มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน อะไมโลไอลิติกยีสต์ และการเติมน้ำ อะมิเซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส ทำให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น

ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน โดยการหมักในปริมาตร 70 ลิตร ในถังปฏิกิริยาน้ำ 3 บ่อ อย่าง น้อย 3 เบอร์ เช่นต์ โดยการพรีทริเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โอมาร์ และการเติมน้ำ อะมิเซลลูโลส และเอมิเซลลูโลส มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตอุณหภูมิสูงกว่า การใช้น้ำก้อน อะไมโลไอลิติกยีสต์

**ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากเปลือกถั่วเหลืองน้ำด้วยการพิธีกรรมต์โดยนำกลับค้างความชื้น 0.025 เปอร์เซ็นต์ และ กรดซัลฟูริก 0.1 โนลาร์/g โดยได้ความดันไอน้ำ 15 ปอนต์ต่อตารางนิวตันกอนากมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ใน การหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร ถึง 70 ลิตร**

Pretreatment	Enzyme	DM* (%)	Batch volume	C <sub>E</sub>	P <sub>max</sub>	Q <sub>E</sub>	Y <sub>p/s</sub>
Water	-	1.5	100 mL	0.11	1.59	0.14	0.17
Diluted alkaline	-	1.5	100 mL	0.10	1.54	0.15	0.17
Diluted acid	-	1.5	100 mL	0.16	2.40	0.26	0.26
Water	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.16	2.39	0.36	0.26
Diluted alkaline	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.16	2.32	0.26	0.26
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	1.5	100 mL	0.17	2.47	0.27	0.27
Water	-	3	5 L	0.08	2.48	0.30	0.14
Diluted acid	-	3	5 L	0.14	4.25	0.51	0.23
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	5 L	0.17	4.94	0.42	0.27
Water	-	3	70 L	0.09	2.75	0.28	0.15
Diluted acid	-	3	70 L	0.12	3.96	0.30	0.22
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.15	4.55	0.40	0.25

\*Dry matter

C<sub>E</sub> Ethanol yield per unit biomass (g (g-biomass)<sup>-1</sup>)

Q<sub>E</sub> Ethanol production rate (g/L/hour)

P<sub>max</sub> Maximum ethanol production (g/L)

Y<sub>p/s</sub> Product (ethanol) yield coefficient (g (g-total carbohydrate)<sup>-1</sup>)

ผลการศึกษาการใช้เปลือกกลีบนำ้าวในการผลิตอาหารอลโดยเชื้อจะไม่โลайлิติกบีสต์พบว่าการใช้สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ สำหรับการพิธีตเมนต์ให้ผลผลิตอาหารอลสูงกว่าการอบด้วยไอน้ำอย่างเดียว และการอบด้วยไอน้ำร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.025 เปอร์เซ็นต์ในการศึกษาได้เติมเอนไซม์เซลลูลาส และเอนไซม์เอนิเซลลูลาสเพื่อเปรียบเทียบผลผลิตอาหารอลพบว่าทำให้เพิ่มผลผลิตอาหารอลสูงขึ้น ดังนี้จากการทดลองจะไม่โลайлิติกบีสต์สามารถผลิตอาหารอลได้ในปริมาณสูง ในการเพิ่มปริมาตรการหมักจึงได้ศึกษาทดลองในถังปฏิกรณ์แบบกว้างด้วยใบพัดโดยปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 ลิตร และความเข้มข้นเพิ่มเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ผลการศึกษาพบว่าให้ผลผลิตอาหารอลเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทั้งในถังปฏิกรณ์ที่ไม่เติมเอนไซม์และถังปฏิกรณ์ที่เติมเอนไซม์ โดยมีผลประสิทธิภาพการผลิต (Yp/s) ใกล้เคียงกับปริมาตรการหมัก 100 มิลลิลิตร ในการเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตร ในถังปฏิกรณ์การหมักปริมาตร 200 ลิตร ให้ผลผลิตอาหารอลลดลงคิดเป็น 90-95 เปอร์เซ็นต์ของการหมักในปริมาตร 5 ลิตร และ 100 มิลลิลิตร อาจเนื่องจากปริมาตรอาหารหมักที่มีเพิ่มขึ้นและสภาพการหมักมีความแตกต่างกัน การเพิ่มผลผลิตอาหารอลในการผลิตในปริมาตร 70 ลิตร จึงอาจพัฒนาการพิธีตเมนต์และสภาพการหมักให้เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตต่อไป

การพิธีตเมนต์เป็นขั้นตอนที่มีส่วนในการทำให้สารอาหารมีการละลายตัวเพื่อให้เอนไซม์สามารถทำงานปฎิริยาเป็นน้ำตาล ให้สูงขึ้น จากผลการศึกษาการใช้สารละลายกรดซัลฟูริกเชือจางจะเพิ่มการละลายตัวเป็นน้ำตาลของวัตถุคุณที่มีแพงเป็นองค์ประกอบหลักดังนี้ในการศึกษาการใช้ผลกลีบนำ้าวันดเป็นวัตถุคุณในการผลิตอาหารอลจึงได้พิธีตเมนต์ด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ ในสภาพที่เหมาะสม เนื่องจากเมล็ดข้าวมีความหนืดค่อนข้างสูงการเตรียมความเข้มข้นสูงมีผลต่อความหนืดของอาหารเลี้ยงเชื้อดังนี้ในการศึกษาได้เปรียบเทียบความเข้มข้นของผลกลีบนำ้าวันด 0.125-0.5 เปอร์เซ็นต์ พบร่วมกับความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ให้ผลผลิตอาหารอลใกล้เคียงกับที่ความเข้มข้น 0.125 เปอร์เซ็นต์ ในการศึกษาการเพิ่มปริมาตรอาหารเป็น 5 ลิตร และ 70 ลิตรจึงให้ความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการศึกษาพบว่าปริมาตรการหมัก 5 ลิตรให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร ส่วนการหมักปริมาตร 70 ลิตรให้ผลผลิตคิดเป็น 82.35 เปอร์เซ็นต์ของการหมักปริมาตร 100 มิลลิลิตร ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตอาหารอลโดยใช้ผลเปลือกกลีบนำ้าวันดเป็นวัตถุคุณจึงต้องพัฒนาการพิธีตเมนต์และสภาพการหมักให้เหมาะสม

จากผลการศึกษาแสดงว่าเปลือกกลีบนำ้าวสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุคุณในการผลิตอาหารอลได้โดยการหมักโดยจะไม่โลайлิติกบีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ซึ่งจะเป็นการลดต้นทุนเอนไซม์ได้และจากการศึกษาการพิธีตเมนต์แสดงว่าการใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนลาร์ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เป็นปัจจัยหนึ่งที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอาหารอลโดยจะไม่ต้องเติมเอนไซม์ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสามารถทำได้โดยการเพิ่มความเข้มข้นของเปลือกกลีบนำ้าว ได้อย่างน้อย 3 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตร โดยสัมประสิทธิ์การผลิตมีค่าใกล้เคียงกับการผลิตที่

ความเข้มข้นด้านและการผลิตในปริมาตรต่ำ การเพิ่มสัมประสิทธิ์การผลิตอาจทำได้โดยการพัฒนากระบวนการพรีทรีตเมนต์ การย่อยสลายเป็นน้ำตาลคั่วข่อน ไซม์ และพัฒนาระบบการหมักซึ่งมีความเป็นไปได้ในการเพิ่มสัมประสิทธิ์การผลิต ดังนี้เปลี่ยนกลไกน้ำว้าจึงเป็นวัตถุคิดที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ในการผลิตอาหารออลในปริมาณสูง ได้โดยการหมักคั่วขยะไมโลไลติกบีสต์

### การผลิตอาหารออลโดยการหมักจากกลไกน้ำว้าเป็นแหล่งอาหาร

การผลิตอาหารออลจากผลกลไกน้ำว้าบดโดยใช้เชื้อเดี่ยว *S. diastaticus* 5547 โดยใช้การพรีทรีตเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริก ให้ค่าประสิทธิภาพการผลิตอาหารออลสูงกว่าเปลี่ยนกลไกน้ำว้า การหมักผลกลไกน้ำว้าบดให้ค่า  $C_E$  (theoretical yield based on total biomass) รวมถึงค่า  $Y_p/s$  (theoretical yield based on total carbohydrate) ทั้งนี้ เพราะปริมาณองค์ประกอบของน้ำในไฮเดรตและแป้งในเปลี่ยนกลไกน้ำว้า น้อยกว่าในผลกลไกน้ำว้าบดและ ซึ่ง ค่า theoretical yield based on total carbohydrate คำนวณจาก  $100 \times (\text{ความเข้มข้นอาหารออล} \times 0.9) / (\text{ความเข้มข้นคาร์บอนไฮเดรต} \times 0.51)$  การศึกษาผลการผลิตอาหารออลจากเปลี่ยนกลไกน้ำว้ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maneeboon (2008) ได้ศึกษาการย่อยเปลี่ยนกลไกน้ำว้า ในการเพาะเลี้ยงแบบ solid state โดยเมื่อหมักกากมัน 22.9 เปอร์เซ็นต์ ด้วยเชื้อเดี่ยวสายพันธุ์ *R. oryzae* TISTR 3523 ได้ค่า  $C_E$  เท่ากับ 0.17 กรัมต่อกรัมชีวมวล

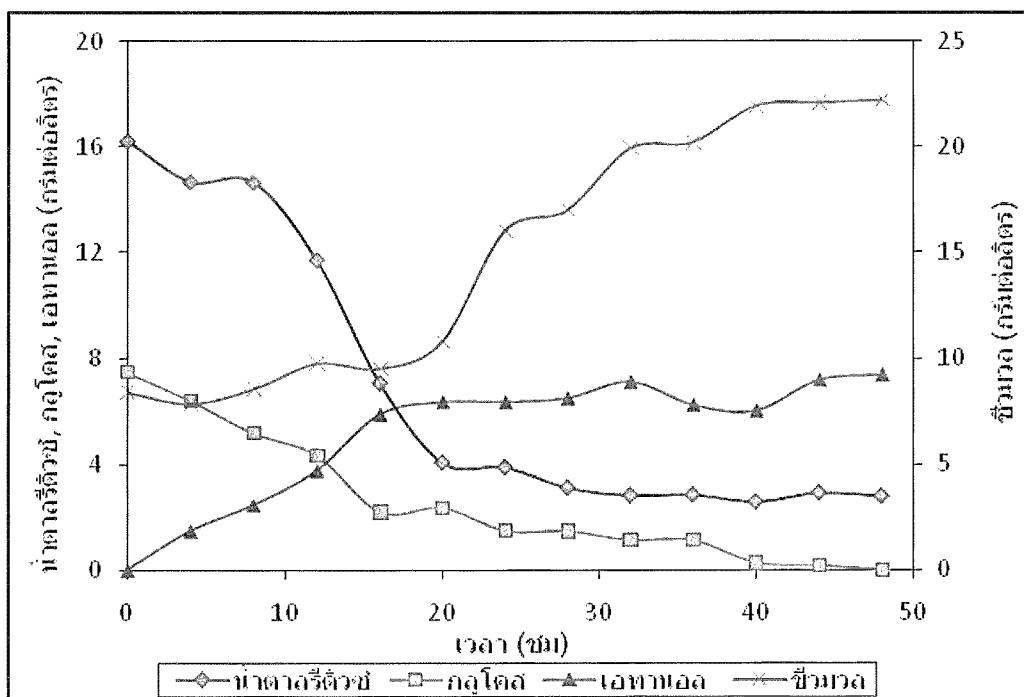
การเติมเอนไซม์ทำให้เพิ่มผลผลิตอาหารออลโดยแสดงให้เห็นว่าการเติมเอนไซม์ช่วยลดเพิ่มการย่อยสลายองค์ประกอบของน้ำในไฮเดรตส่วนที่ไม่ใช่แป้งและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยแป้งในเปลี่ยนกลไกน้ำว้าโดยจะไมโลไลติกบีสต์ให้ผลผลิตอาหารออลสูงขึ้นในระหว่างการหมัก

ในการผลิตอาหารออลโดยการพรีทรีตเมนต์ด้วยกรดและย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดส เพคตินส เซลลูแลส และเอมิเซลลูแลสในระบบ SHF โดยใช้สต็ปคติและอะไมโลไลติกบีสต์แสดงให้เห็นว่าอะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่า สต็ปคติและอะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S. fibuligera* 2321 จึงนำเชื้ออะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S. diastaticus* 5547 มาทำการเพาะเลี้ยงในเปลี่ยนกลไกน้ำว้าเพื่อผลิตอาหารออลแบบ SSF โดยไม่เติมเอนไซม์แอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดสได้ผลดังภาพที่ 7 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การผลิตอาหารออลโดย *S. diastaticus* 5547 ในระบบ SHF ซึ่งทำการย่อยเปลี่ยนกลไกน้ำว้าให้เป็นน้ำตาลก่อนโดยเอนไซม์แอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดส เพคตินส เซลลูแลส และเอมิเซลลูแลส ให้ผลผลิตอาหารออลได้ใกล้เคียงกับการผลิตอาหารออลโดย *S. diastaticus* 5547 ในระบบ SSF ซึ่งไม่ได้เติมแอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดส แสดงการย่อยแป้งในเปลี่ยนกลไกน้ำว้าโดยเอนไซม์แอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดสจาก *S. diastaticus* 5547 ทำให้ไม่ต้องเติมเอนไซม์แอลฟาระไมเลส อะไมโลกลูโคซิเดสจากภายนอกลงในเปลี่ยนกลไกน้ำว้าเพื่อย่อยแป้ง ดังนั้นอะไมโลไลติกบีสต์สายพันธุ์ *S.*

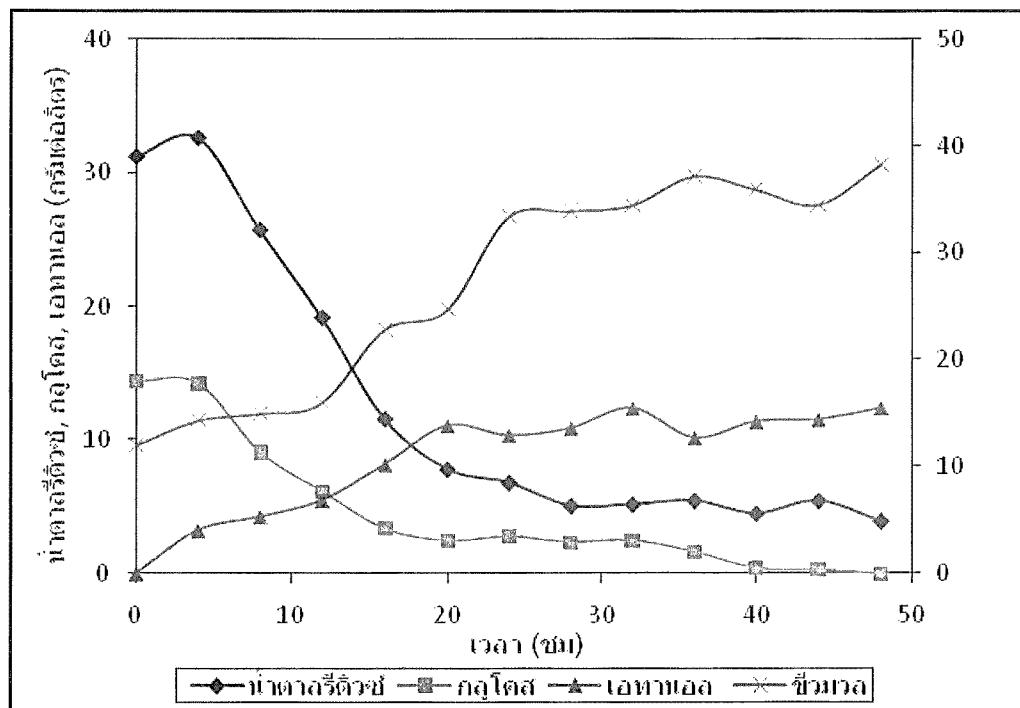
*diastaticus* 5547 ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการผลิตเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า และผลผลิตทางการเกษตรที่มีเป็นปีนองค์ประกอบหลักต่อไป

การหมักโดยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ผลกล้วยน้ำว้านค 3 เปอร์เซ็นต์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร โดยผลกล้วยน้ำว้านดถูกพรีทรีตเมนท์ด้วย น้ำกลัน และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ และเติมเอนไซม์ เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และน้ำหนักชีวนวลด พนวจ ปริมาณเอทานอลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 7.34, 11.54 และ 12.79 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 56-58

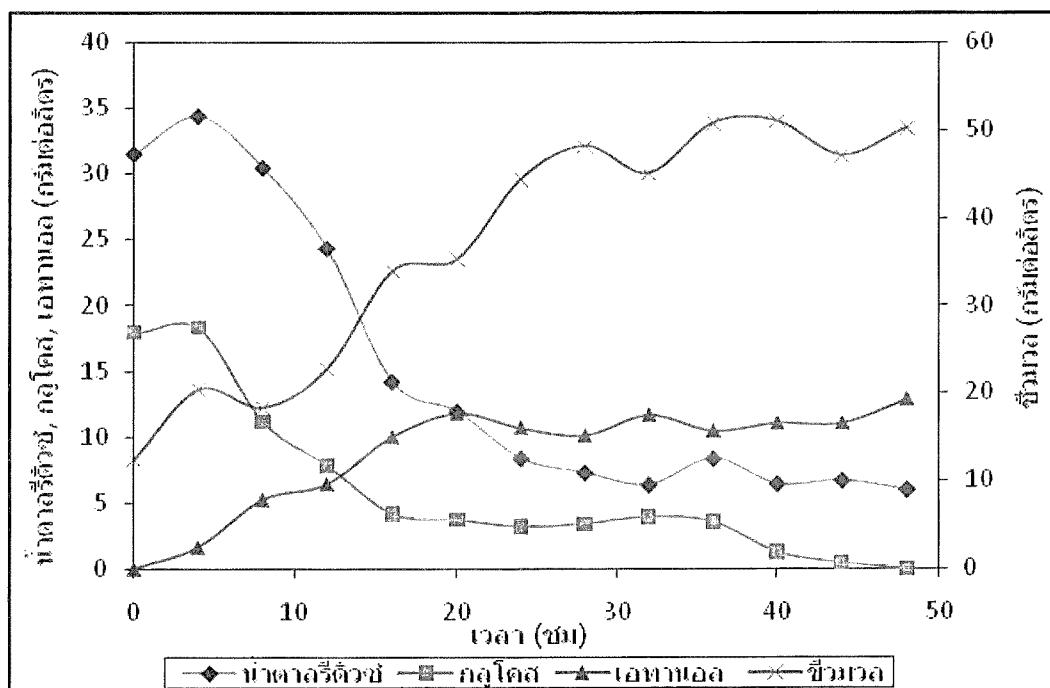
ผลที่ได้มามาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเอทานอลจากชีวนวลด)  $Y_p/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการป้อนไไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 11



ภาพที่ 56 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ผลกล้วยน้ำว้านคปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.41



ภาพที่ 57 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ผลักด้วยน้ำว่านคปริมาณ 3 เบอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเม้นท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.42



ภาพที่ 58 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้ผลักด้วยน้ำว่านคปริมาณ 3 เบอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเม้นท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์ ใน การหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.43

จากผลการศึกษาการใช้เบปีอกรถล้อห่วงนำ้ว้าเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตอาหารออลในปริมาตร 70 ลิตร จึงนำมาใช้ในการศึกษาการเพิ่มผลผลิตอาหารออลโดยเพิ่มความเข้มข้นของผลกลัวห่วงนำ้ว้าเป็น 3 เบอร์เซ็นต์และเพิ่มปริมาตรการหมักเป็น 70 ลิตร โดยการพรีทรีเมนต์โดยนำกลัน (ภาพที่ 56) เปรียบเทียบกับการพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ (ภาพที่ 57) ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตอาหารออลโดยอัลโลไอลิติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ ผลการทดลองแสดงว่าการพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่าการใช้นำกลัน ทึ้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายกรดทำลายโครงสร้างแป้ง เมื่อทำการหมักโดยอัลโลไอลิติกยีสต์ทำให้ผลิตอาหารออลสูงขึ้น

ส่วนการหมักแบบ SSF โดยเติมเอนไซม์ เชลลูเลส และเอมิเชลลูเลส (ภาพที่ 58) ให้ผลผลิตอาหารออลสูงกว่าการไม่เติมเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์เชลลูเลส และเอมิเชลลูเลส เพิ่มการย่อยสลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลส ทำให้มีปริมาณนำ้ตาลเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ได้ปริมาณอาหารออลเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

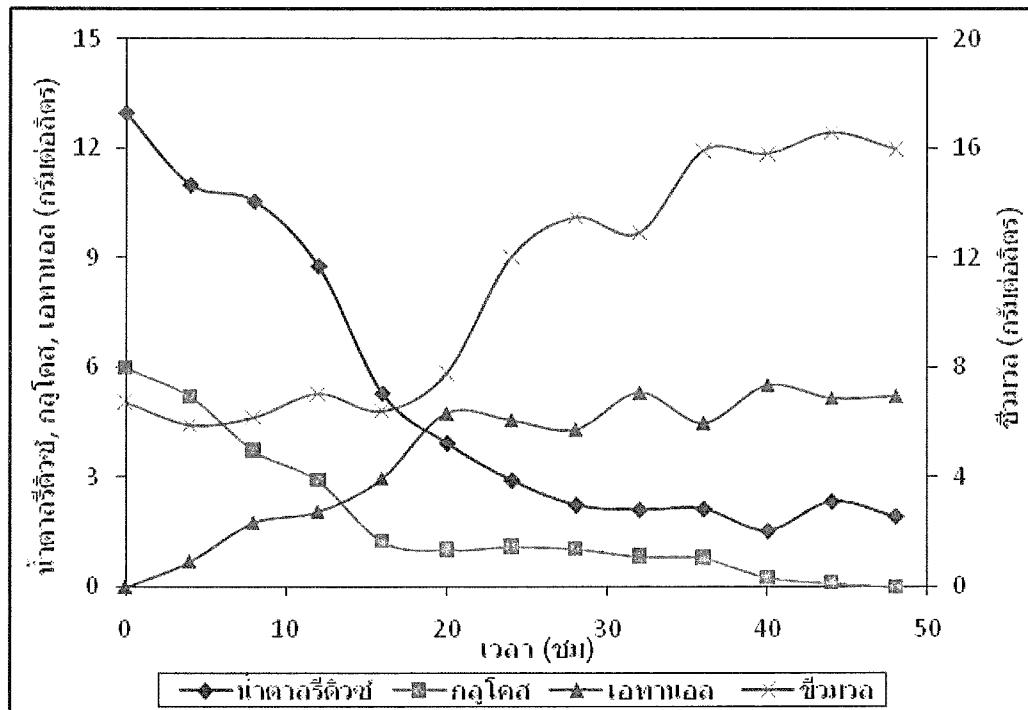
จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าผลกลัวห่วงนำ้ว้าสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุคุณสำหรับการผลิตอาหารออลได้จากการเพิ่มผลผลิตอาหารออลจากโดยการหมักในปริมาตร 70 ลิตร ในถังปฏิกรณ์ โดยเพิ่มความเข้มข้นของไอก๊าซน้อย 3 เบอร์เซ็นต์ การพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตอาหารออลโดย กระบวนการหมักโดยอัลโลไอลิติกยีสต์ และการเติมเอนไซม์ เชลลูเลส และเอมิเชลลูเลส จะเพิ่มผลผลิตอาหารออลผลกลัวห่วงนำ้ว้าในกระบวนการหมักโดยอัลโลไอลิติกยีสต์ เล็กน้อย

ดังนั้นการใช้ผลกลัวห่วงนำ้ว้าเป็นวัตถุคุณสำหรับการผลิตอาหารออลจึงสามารถทำได้โดยการพรีทรีเมนต์ผลกลัวห่วงนำ้ว้าด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาหมักโดยอัลโลไอลิติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ซึ่งจะให้ผลผลิตอาหารออลได้ในปริมาณสูง จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอาหารออลโดยอัลโลไอลิติกยีสต์อีกทางหนึ่ง

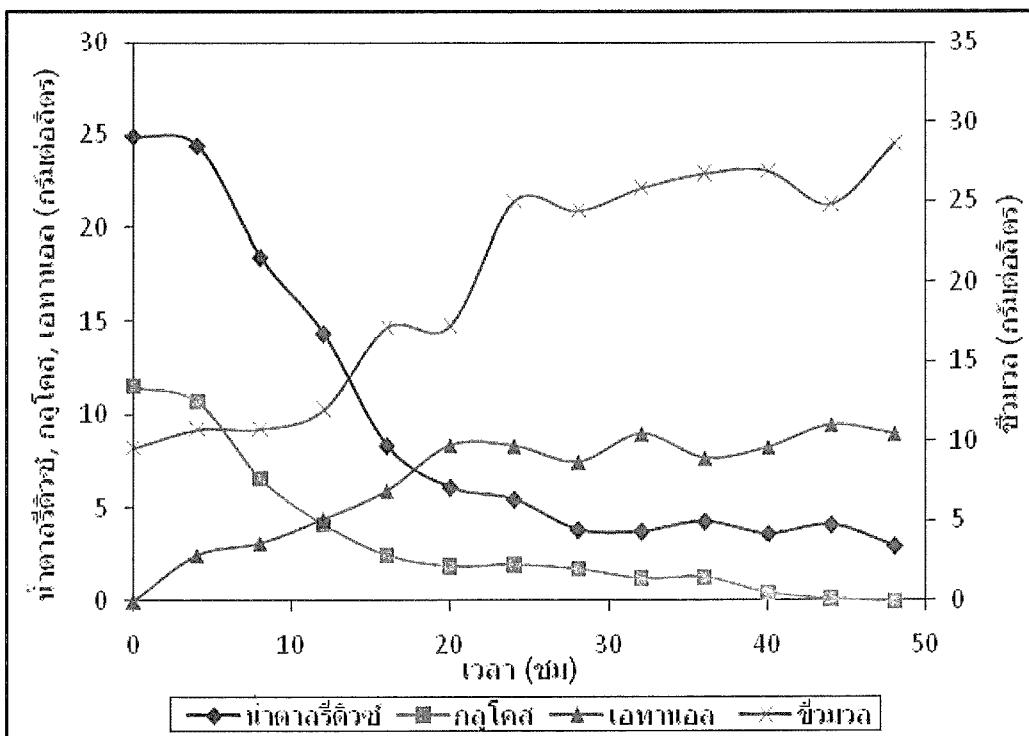
## การผลิตอาหารออลโดยการหมักจากกลัวห่วงนำ้ว้าทั้งผลเป็นแหล่งอาหาร

การหมักโดยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กลัวห่วงนำ้ว้าทั้งผล 3 เบอร์เซ็นต์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร โดยผลกลัวห่วงนำ้ว้าบดคุณพรีทรีเมนต์ด้วยนำกลัน และกรดซัลฟูริกเจือจาง ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน ที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ปรับ pH ออก 5.5 โดยไม่เติมเอนไซม์ และเติมเอนไซม์เก็บตัวอย่างทุก 4 ชั่วโมง ของการหมักและนำไปวิเคราะห์หาปริมาณนำ้ตาลทั้งหมด กลูโคส เอทานอล และนำ้หนักชีวนิวคล พนว่า ปริมาณอาหารออลที่ได้จากการหมักสูงสุดคือ 5.50, 9.41 และ 10.46 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 59-61

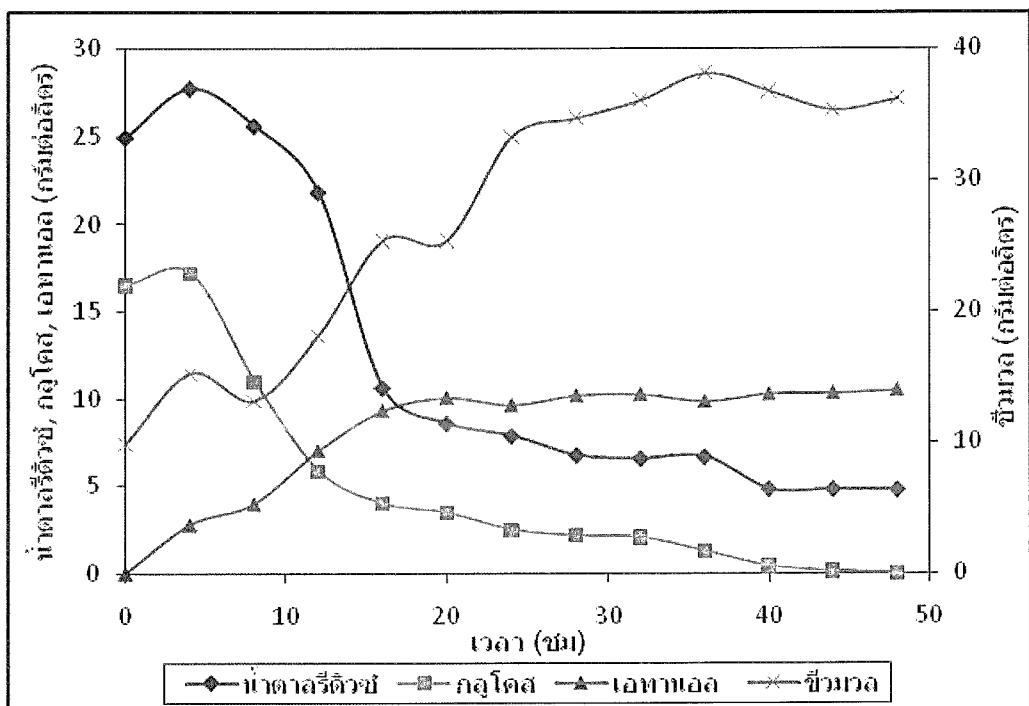
นำผลที่ได้มาคำนวณค่าพารามิเตอร์ ได้แก่  $Q_E$  (อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ)  $C_E$  (ผลได้ของเฉือนอกจากชีวมวล)  $Yp/s$  (ผลได้ของเอทานอลจากการโอนไฮเดรตทั้งหมด) และผลการเพาะเลี้ยง *S. diastaticus* 5547 ดังแสดงในตารางที่ 11



ภาพที่ 59 การหมักด้วยเชื้อยีสต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กลวิธน้ำว้าหังผลปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพิธีต์เมนท์โดยการอบด้วยไอน้ำเป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ข.44



ภาพที่ 60 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กลั่ยน้ำว้าทึ้งผลปرمิมาล 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเม้นท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยไม่เติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.45



ภาพที่ 61 การหมักด้วยเชื้ออี้สต์ *S. diastaticus* 5547 โดยใช้กลั่ยน้ำว้าทึ้งผลปرمิมาล 3 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการพรีทรีตเม้นท์โดยการอบด้วยไอน้ำและกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 ไมลาร์ เป็นสารอาหาร โดยเติมเอนไซม์ ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร มาจากตาราง ฯ.46

จากผลการศึกษาการใช้กล้วยน้ำว้าทั้งผลเป็นแหล่งอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชาทางน้ำโดยศึกษาการหมักในปริมาตร 70 ลิตรและเพิ่มความเข้มข้นของผลกล้วยน้ำว้าเป็น 3 เปอร์เซ็นต์โดยการพรีทรีเมนต์โดยนำกลั่น (ภาพที่ 48) เปรียบเทียบกับการพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (ภาพที่ 60) ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมาเป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตเชาทางน้ำโดยอะไมโลไลติกบีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ ผลการทดลองแสดงว่าการพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ให้ผลผลิตเชาทางน้ำสูงกว่าการใช้น้ำกลั่น ทั้งนี้อาจเนื่องจากสารละลายกรดทำลายโครงสร้างแป้ง เมื่อทำการหมักโดยอะไมโลไลติกบีสต์ทำให้ผลผลิตเชาทางน้ำสูงขึ้น

ส่วนการหมักแบบ SSF โดยเติมเอนไซม์ เชลดลูเดส และเอมิเชลดลูเดส (ภาพที่ 61) ให้ผลผลิตเชาทางน้ำสูงกว่าการไม่เติมเอนไซม์ เนื่องจากเอนไซม์เชลดลูเดส และเอมิเชลดลูเดส เพิ่มการย่อยสลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลส ทำให้มีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างไรก็ได้ปริมาณเชาทางน้ำเพิ่มขึ้นไม่มากนัก

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าผลกล้วยน้ำว้าทั้งผลสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุคุบสำหรับการผลิตเชาทางน้ำได้การเพิ่มผลผลิตเชาทางน้ำจากโดยการหมักในปริมาตร 70 ลิตรในถังปฏิกรณ์ โดยเพิ่มความเข้มข้นของได้ออย่างน้อย 3 เปอร์เซ็นต์ การพรีทรีเมนต์ด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์มีส่วนในการเพิ่มผลผลิตเชาทางน้ำโดยกระบวนการหมักโดยอะไมโลไลติกบีสต์ และการเติมเอนไซม์ เชลดลูเดส และเอมิเชลดลูเดส จะเพิ่มผลผลิตเชาทางน้ำผลกล้วยน้ำว้าในกระบวนการหมักโดยอะไมโลไลติกบีสต์เล็กน้อย

ดังนั้นการใช้ผลกล้วยน้ำว้าทั้งผลเป็นวัตถุคุบสำหรับการผลิตเชาทางน้ำจึงสามารถทำได้โดยการพรีทรีเมนต์ผลกล้วยน้ำว้าทั้งผลด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ร่วมกับการอบด้วยไอน้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตันที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และนำมามาหมักโดยอะไมโลไลติกบีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ซึ่งจะให้ผลผลิตเชาทางน้ำได้ในปริมาณสูง และลดต้นทุนเอนไซม์ การใช้ผลกล้วยน้ำว้าทั้งผลมีข้อดีคือสามารถดำเนินการลักษณะเดียวกันทั้งเป็นวัสดุเหลือที่จากการเกษตรที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักมาใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับการผลิตเชาทางน้ำได้ และยังเป็นการลดต้นทุนเหลือที่ทางการเกษตรซึ่งเป็นการรักษาสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ผลผลิตเชาทางน้ำมีปริมาณไก่คีบกับการใช้เฉพาะผลกล้วยน้ำว้า ดังนั้นจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชาทางน้ำโดยอะไมโลไลติกบีสต์อีกทางหนึ่ง

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากผลกล้วนนำว้าและกล้วนนำว้าหั้งผลโดยการพิธีกรรมเม้นต์โดยนำกลั่น และ กรดซัลฟูริก 0.1 โมลาร์ภายใต้ความดันไอน้ำ 15 ปอนต์ต่อตารางนิวตันหน่วย 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ในการหมักปริมาตร 70 ลิตร

Pretreatment	Enzyme	DM* (%)	Batch volume	$C_E$	$P_{max}$	$Q_E$	$Y_{p/s}$
ผลกล้วนนำว้า							
Water	-	3	70 lit	0.25	7.34	0.28	0.28
Diluted acid	-	3	70 lit	0.38	11.54	0.67	0.44
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 lit	0.43	12.79	0.71	0.49
กล้วนนำว้าหั้งผล							
Water	-	3	70 lit	0.18	5.50	0.34	0.24
Diluted acid	-	3	70 lit	0.31	9.41	0.49	0.42
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 lit	0.35	10.46	0.65	0.47

\*Dry matter

$C_E$  Ethanol yield per unit biomass ( $\text{g} (\text{g-biomass})^{-1}$ )

$Q_E$  Ethanol production rate ( $\text{g/L/hour}$ )

$P_{max}$  Maximum ethanol production ( $\text{g/L}$ )

$Y_{p/s}$  Product (ethanol) yield coefficient ( $\text{g} (\text{g-total carbohydrate})^{-1}$ )

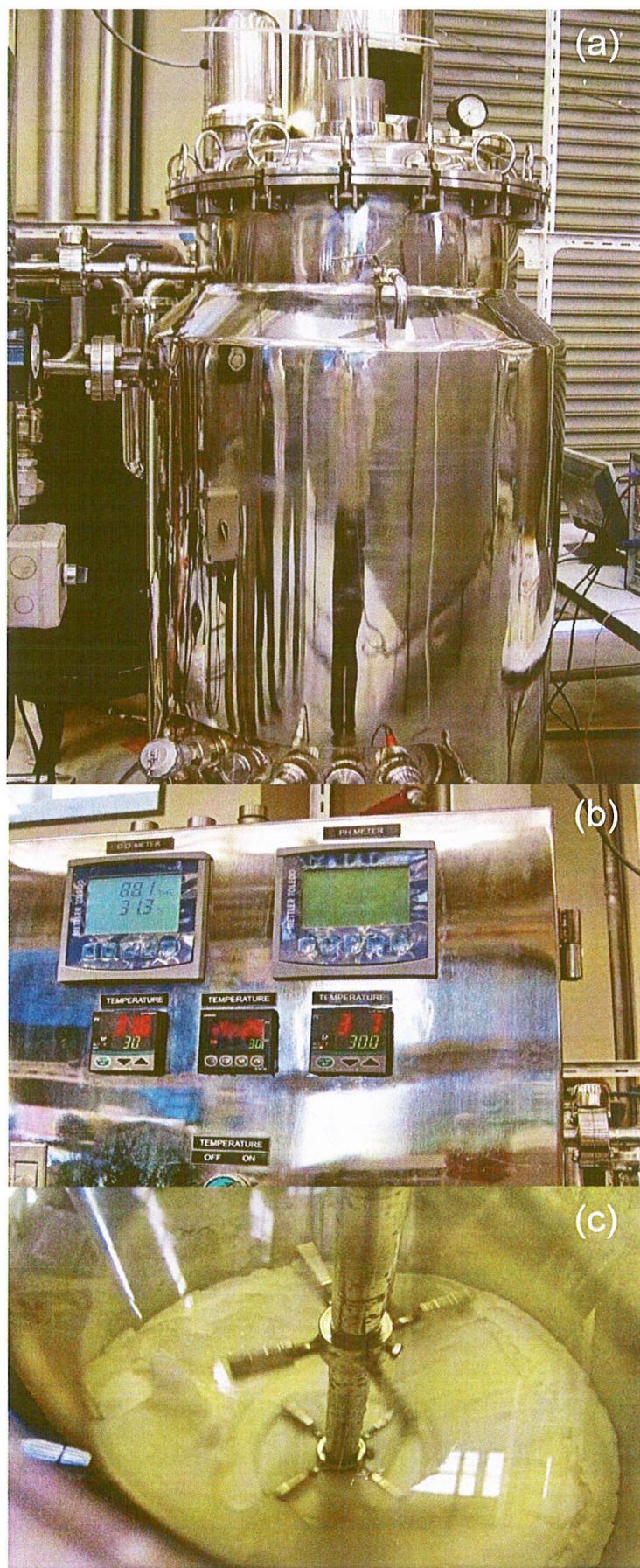
จากการทดลองตารางที่ 12 แสดงว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักโดยอะไมโลไลติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์เมื่อผลกล้วนนำว้าได้ทำการพิธีกรรมเม้นต์ด้วยนำกลั่นมีสัมประสิทธิภาพผลิตเท่ากับ 54.9 เปอร์เซ็นต์ในทางทฤษฎีและเมื่อทำการพิธีกรรมเม้นต์ด้วยใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์สามารถให้ผลผลิตเอทานอลได้คิดเป็นสัมประสิทธิภาพผลิต 86.2 เปอร์เซ็นต์ในทางทฤษฎี แสดงว่าการพิธีกรรมเม้นต์ด้วยนำกลั่น และกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลาร์มีผลต่อโครงสร้างแป้งกล้วนนำว้าเพื่อการผลิตเอทานอลในปริมาณสูงเนื่องจากการเติมเอนไซม์เซลลูลูแลส และเอมิเซลลูลูแลส ให้ผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้นไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่เติมเอนไซม์ นอกจากนี้ใช้น้ำกลั่นในการพิธีกรรมเม้นต์มีข้อดีในด้านการลดขั้นตอนการใช้กรดและการทำให้เป็นกลางและลดผลจากการใช้กรดในถังปฏิกรณ์ และอะไมโลไลติกยีสต์สามารถให้ผลผลิตเอทานอลได้โดยไม่เติมเอนไซม์

ส่วนผลการผลิตเอทานอลโดยกล้วนนำว้าหั้งผลให้ผลผลิตใกล้เคียงกับการใช้ผลกล้วนนำว้า จึงแสดงว่าอัตราส่วนเปลือกกล้วนนำว้าซึ่งมีแป้งเป็นองค์ประกอบหลักมีผลต่อการผลิตเอทานอลโดยอะ

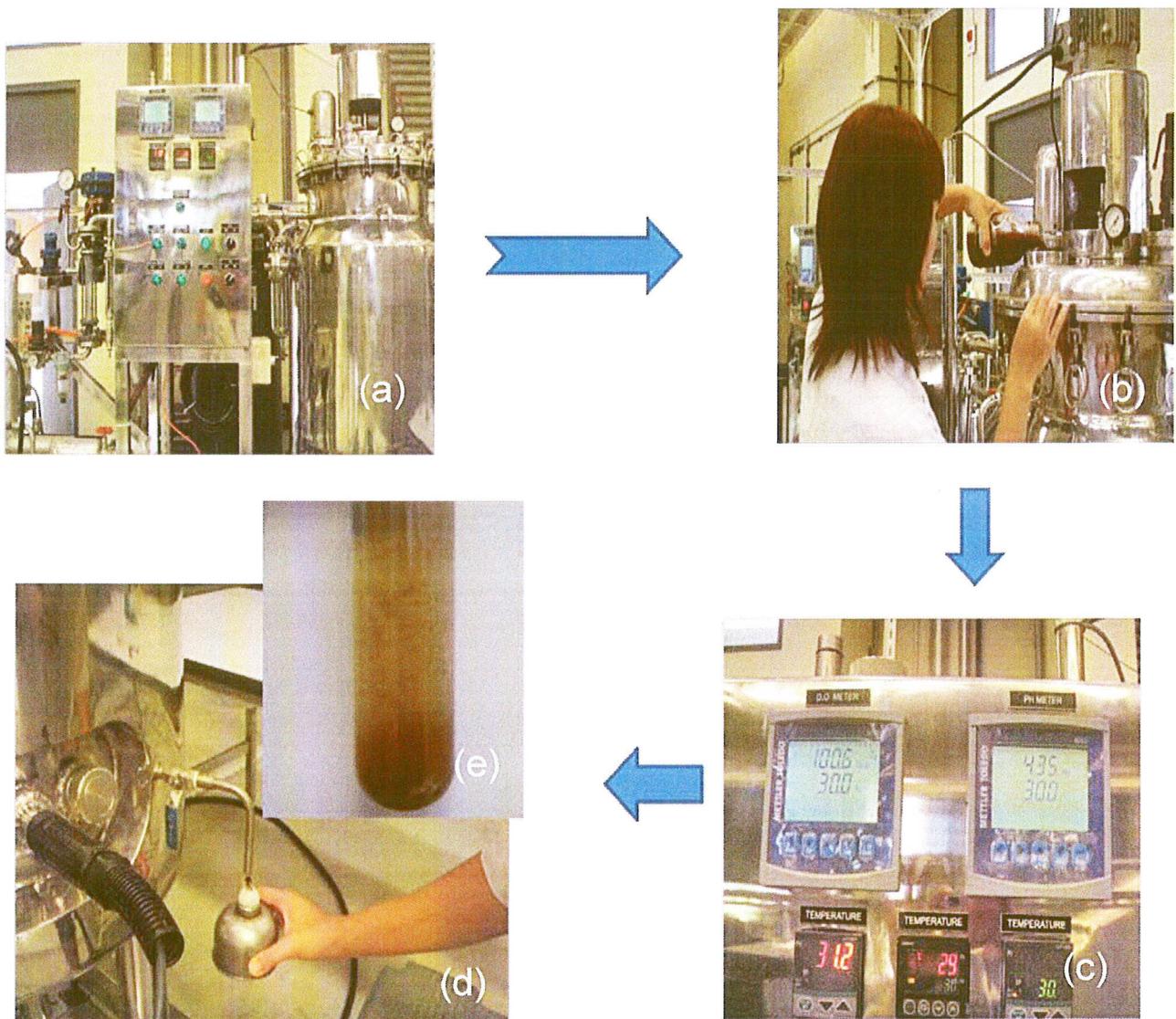
ไม่โล่ไลติกยีสต์เพียงเดือนน้อย ซึ่งจะเป็นผลดีเมื่อน้ำกักล้วนนำว่าทั้งผลเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังผลิตเชื้อ นอลโดยกระบวนการหมักด้วย酵母 ไม่โล่ไลติกยีสต์โดยไม่เติมเอนไซม์ ในระดับอุตสาหกรรม หรือ โรงงาน เนื่องจากจะลดต้นทุนการแยกเปลี่ยนออกกล้วนนำว่า และมีผลผลอยได้จากการนำเปลี่ยนออกกล้วนนำว่า เป็นวัตถุคิดในการผลิตethanol ได้ นอกจากนี้ยังคงประสิทธิภาพของจัดเปลี่ยนออกกล้วนนำว่าซึ่งเกิดการ เน่าเสียอย่างรวดเร็ว อาจเป็นแหล่งเพาเวอร์ และมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 62 การหมักผลผลิตทางการเกษตรที่มีเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบหลักในถังปฏิกรณ์ 5 ลิตร



ภาพที่ 63 ถังปฏิกิริย 200 ลิตร (a), (b) การหมักผลผลิตทางการเกษตรปริมาณ 70 ลิตร (c) ในถังปฏิกิริย



ภาพที่ 64 แสดงการหมักในถังปั๊กร้อนขนาด 200 ลิตร (a) การเติมต้นเชื้ออะไมโลไอลิติกยีสต์ (b) แมงคุบคุมการหมัก (c) การเก็บตัวอย่างน้ำหมักจากถังปั๊กร้อน (d) ตัวอย่างน้ำหมักจากถังปั๊กร้อนหลังการบ่ม (e)

### การเปรียบเทียบผลผลิตเอทานอลจากผลผลิตทางการเกษตรโดยการหมักของอะไมโลไอลิติกยีสต์ การศึกษาเปรียบเทียบผลการพิธีกรรมเมนต์ต่อผลผลิตเอทานอล

จากตารางที่ 12 แสดงผลการพิธีกรรมเมนต์ด้วยกรดเจือจางทำให้ได้ผลผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้น โดยผลผลิตน้ำว้าให้ผลผลิตเอทานอลสูงกว่าวัตถุควบคุมอื่น โดยให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใช้กรดเจือจางคิดเป็น 36.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลั่นน้ำว้าหั้งผล เมล็ดข้าวบด ภากมันสำปะหลังและเปลือกกลั่นน้ำว้า ให้ผลผลิตเอทานอลรองลงมาตามลำดับ และการหมักโดยอะไมโลไอลิติกยีสต์ เมื่อปรับสภาพด้วยกรดเจือจางให้ผลผลิตสูงกว่าการพิธีกรรมเมนต์โดยไม่ใช้กรดเจือจางเท่ากับ 41.55, 34.10, 42.59 และ 30.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นการพิธีกรรมเมนต์ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการผลิตเอทานอล

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบผลการพิธีที่ต่ำนต่อผลผลิตethanol ของจากผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ  
จากการหมักโดยจะไม่ไกติกีส์ต์ปริมาตรการหมัก 70 ลิตร

Pretreatment	Enzyme	DM* (%)	Batch volume	$C_E$	$P_{max}$	$Q_E$	$Y_{p/s}$
ผลกล้วยน้ำว้า	-	3	70 L	0.25	7.34	0.28	0.28
Water	-	3	70 L	0.38	11.54	0.67	0.44
Diluted acid	-	3	70 L	0.32	9.56	0.49	0.37
เม็ดข้าวบด	-	3	70 L	0.21	6.30	0.27	0.24
Distilled water	-	3	70 L	0.31	9.41	0.49	0.42
Diluted acid	-	3	70 L	0.18	5.50	0.34	0.24
กล้วยน้ำว้าหั่งผล	-	3	70 L	0.14	4.25	0.33	0.17
Water	-	3	70 L	0.08	2.44	0.12	0.10
Diluted acid	-	3	70 L	0.09	2.75	0.28	0.15
กาแฟมันสำปะหลัง	-	3	70 L	0.12	3.96	0.30	0.22
Water	-	3	70 L	0.14	4.25	0.33	0.17
Diluted acid	-	3	70 L	0.09	2.75	0.28	0.15
เปลือกกล้วยน้ำว้า	-	3	70 L	0.12	3.96	0.30	0.22
Water	-	3	70 L	0.09	2.75	0.28	0.15
Diluted acid	-	3	70 L	0.14	4.25	0.33	0.17

\*Dry matter

$C_E$  Ethanol yield per unit biomass ( $\text{g} (\text{g-biomass})^{-1}$ )

$Q_E$  Ethanol production rate ( $\text{g/L/hour}$ )

$P_{max}$  Maximum ethanol production ( $\text{g/L}$ )

$Y_{p/s}$  Product (ethanol) yield coefficient ( $\text{g} (\text{g-total carbohydrate})^{-1}$ )

## การศึกษาเปรียบเทียบผลการเติมเอนไซม์ต่อผลผลิตเชื้อทานอส

ผลการเติมเอนไซม์ต่อผลผลิตเชื้อทานอสจากผลผลิตทางการเกษตรและในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบผลผลิตเชื้อทานอสจากผลผลิตทางการเกษตรต่างๆ จากการหมักโดยอะไม่ไอล  
ติดเยื่อสต์เมื่อเติมเอนไซม์ในปริมาตรการหมัก 70 ลิตร

Pretreatment	Enzyme	DM* (%)	Batch volume	$C_E$	$P_{max}$	$Q_E$	$Y_{p/s}$
ผลกลั่วบัว							
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.43	12.79	0.71	0.49
เมล็ดข้าวบด							
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.38	11.50	0.49	0.44
กลั่วบัวทั้งผล							
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.35	10.46	0.65	0.47
กา袞มันสำปะหลัง							
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.33	9.91	0.70	0.39
เปลือกกลั่วบัว							
Diluted acid	Cellulase, Hemicellulase	3	70 L	0.15	4.55	0.40	0.25

\*Dry matter

$C_E$  Ethanol yield per unit biomass ( $\text{g} (\text{g-biomass})^{-1}$ )

$Q_E$  Ethanol production rate ( $\text{g/L/hour}$ )

$P_{max}$  Maximum ethanol production ( $\text{g/L}$ )

$Y_{p/s}$  Product (ethanol) yield coefficient ( $\text{g} (\text{g-total carbohydrate})^{-1}$ )

การเปรียบเทียบผลผลิตอุตสาหกรรมจากแหล่งต่างๆ โดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์แสดงว่าการใช้ผลกลั่วไหลให้ผลผลิตอุตสาหกรรมสูงสุดเมื่อใช้เอนไซม์ ผลผลิตอุตสาหกรรมกลั่วไหลน้ำว้าเมื่อไม่เติมเอนไซม์ให้ผลผลิตต่ำกว่าเมื่อเติมเอนไซม์คิดเป็น 9.44 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าการใช้ผลกลั่วไหลน้ำว้ามีความเหมาะสมสำหรับการหมักโดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์โดยไม่เติมเอนไซม์เมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งอื่นซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการนำมายืนปั่นวัตถุดินในการผลิตอุตสาหกรรมโดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์ การใช้มีดข้าวบด ผลกลั่วไหลทั้งผล กากมันสำปะหลัง และเปลือกกลั่วไหลน้ำว้า ให้ผลผลิตอุตสาหกรรมลงมาตามลำดับเมื่อไม่เติมเอนไซม์ให้ผลผลิตต่ำกว่าเมื่อเติมเอนไซม์คิดเป็น 16.87, 10.04, 57.11 และ 12.97 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

การใช้กลั่วใหญ่น้ำว้าทั้งผลมีข้อดีเนื่องจากไม่ต้องแยกส่วนเบล็อกและยังสามารถใช้ส่วนเบล็อกเป็นแหล่งผลิตอุตสาหกรรมได้ เป็นการลดขั้นตอนและเป็นการนำส่วนเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ในการผลิตอุตสาหกรรม เมล็ดข้าวบดให้ผลผลิตอุตสาหกรรมในปริมาณสูง โดยการหมักโดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์รองจากผลกลั่วใหญ่น้ำว้า โดยการเติมเอนไซม์มีผลให้เพิ่มผลผลิต 16.87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตจากกากมันสำปะหลัง การเติมเอนไซม์ช่วยเพิ่มผลผลิต 57.11 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เนื่องจากในกากมันสำปะหลังมีเซลลูโลสและเยมิเซลลูโลส จากการศึกษานี้แสดงว่าการหมักโดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์ให้ผลผลิตอุตสาหกรรมได้ในปริมาณสูง ในผลผลิตทางการเกษตรที่มีเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบหลักโดยเฉพาะผลกลั่วใหญ่น้ำว้า โดยไม่เติมเอนไซม์จะไม่เลส ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและขั้นตอนการผลิตได้

ดังนั้นการผลิตอุตสาหกรรมในปริมาณสูง โดยจะไม่ไล่ตัดขึ้นสต์จึงขึ้นกับการพิธีกรรมและการชนิดของชั้บสเตรทที่เหมาะสม นอกจากนี้การพัฒนาการใช้ถังปฏิกรณ์และปริมาตรการหมัก 70 ลิตร เป็นการจำลองแบบโรงงานต้นแบบได้ โดยอาจพัฒนาการเพิ่มปริมาตรการหมักและพัฒนาระบบการหมักในปริมาณสูงต่อไป

## การศึกษาต้นทุนการผลิตอาหารลูกค้าผู้ผลิตทางการเกษตรที่มีเป็นองค์ประกอบหลัก

เมื่อคำนวณต้นทุนแปรผันทั้งหมดได้ดังนี้

### ต้นทุนผันแปร (Variable cost)

ต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย ค่าสารเคมี ค่าน้ำ

- แอมโมเนียมซัลเฟต ราคาขายเท่ากับ 140 บาทต่อกิโลกรัม (0.14 บาทต่อกิโลกรัม) ปริมาณที่ใช้ 0.25 กรัม/ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำแอมโมเนียมซัลเฟต} &= 0.14 \times 0.25 \\ &= 0.035 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- โพแทสเซียมฟอสเฟต ราคาขายเท่ากับ 169 บาทต่อกิโลกรัม (0.169 บาทต่อกิโลกรัม) ปริมาณที่ใช้ 0.1 กรัม/ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำโพแทสเซียมฟอสเฟต} &= 0.169 \times 0.1 \\ &= 0.0169 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- แมกนีเซียมซัลเฟตเชปปะไฮเดรต ราคาขายเท่ากับ 35 บาทต่อกิโลกรัม (0.035 บาทต่อกิโลกรัม) ปริมาณที่ใช้ 0.125 กรัม/ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำแมกนีเซียมซัลเฟต} &= 0.035 \times 0.125 \\ &= 0.0044 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- ยีสต์สกัด ราคาขายเท่ากับ 1,500 บาทต่อกิโลกรัม (0.15 บาทต่อกิโลกรัม) ปริมาณที่ใช้ 0.125 กรัม/ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำยีสต์สกัด} &= 0.15 \times 0.125 \\ &= 0.0188 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- เชลดลูเดตราคายูที่ 1,000 บาทต่อกิโลยูนิต (1บาท/ยูนิต) ปริมาณที่ใช้ 0.025ยูนิต/ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำเชลดลูเดส} &= 1 \times 0.04 \\ &= 0.04 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- เอมิเชลดลูเดส ราคาขายเท่ากับ 1,250 บาทต่อกิโลยูนิต (1.25 บาท/ยูนิต) ปริมาณที่ใช้ 0.02 ยูนิต/ลิตร

โดยใช้น้ำในการเตรียมอาหาร 1.0 ลิตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำเอมิเชลดลูเดส} &= 1.25 \times 0.02 \\ &= 0.025 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

- ค่าน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งหมด โดยคิด 5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (0.005 บาท/ลิตร)

$$\begin{aligned} \text{ค่าน้ำ} &= 0.01 \times 1 \\ &= 0.01 \text{ บาท/ลิตร} \end{aligned}$$

ตัวอย่างกากมันสำปะหลัง ให้ผลผลิตเอทานอล 4.25 กรัม/ลิตร เมื่อไม่เติมเอ็นไซม์และ 9.91 กรัม/ลิตร เมื่อเติมเอ็นไซม์

ดังนั้นรวมต้นทุนผันแปร เท่ากับ 0.0851 บาท/4.25 กรัมเอทานอล เมื่อไม่เติมเอ็นไซม์และ 0.1501บาท/9.91กรัม เมื่อเติมเอ็นไซม์

ความถ่วงจำเพาะเอทานอล เท่ากับ 0.789 กรัม/มิลลิลิตร ต้นทุนผันแปร เท่ากับ 0.0851 บาท/ 0.0054ลิตร และ 0.1501บาท/0.0126 ลิตร ดังนั้นคิดเป็นต้นทุนผันแปรเท่ากับ 15.7985 บาท/ลิตร และ 11.9604 บาท/ลิตร เมื่อไม่เติมเอ็นไซม์และเติมเอ็นไซม์ ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ต้นทุนการผลิตอ ethanol ออกจากผลผลิตทางการเกษตรที่มีเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบของหลักจากผลการหมักโดยอะไไม่โลไลติกยีสต์ในปริมาตร 70 ลิตร ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ทำการพรีทรีตเมนต์โดยกรดซัลฟูริก ความเข้มข้น 0.1 โนมาร์ร์ว์มกับไอน้ำที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิวตัน เป็นเวลา 30 นาที

วัตถุคิบ	เงินไข่ม์	อ ethanol อด (กรัม/ลิตร)	ต้นทุนผันแปร (บาท/ลิตร)	ต้นทุนผันแปรรวม ราคาวัตถุคิบ (บาท/ลิตร)
กากมันสำปะหลัง	-	4.25	15.7986	15.7986
กากมันสำปะหลัง	เชลดูลูเดส, ไฮมิเชลดูลูเดส	9.91	11.9504	11.9504
เม็ดข้าวบด	-	9.56	7.0234	7.5234
เม็ดข้าวบด	เชลดูลูเดส, ไฮมิเชลดูลูเดส	11.50	10.2982	10.7982
เปลือกกล้วยน้ำว้า	-	3.96	16.9555	16.9555
เปลือกกล้วยน้ำว้า	เชลดูลูเดส, ไฮมิเชลดูลูเดส	4.55	26.0283	26.0283
ผลกล้วยน้ำว้า	-	11.54	5.8184	6.3184
ผลกล้วยน้ำว้า	เชลดูลูเดส, ไฮมิเชลดูลูเดส	12.79	9.2595	9.7595
กล้วยน้ำว้าหั่นผล	-	9.41	7.1354	7.5854
กล้วยน้ำว้าหั่นผล	เชลดูลูเดส, ไฮมิเชลดูลูเดส	10.46	11.3221	11.7721

ราคาก่อตัวออนไลน์ท้องตลาดเท่ากับ 18.59 บาท/ลิตร จากการศึกษาจะเห็นว่าการทำanol มีต้นทุนสูงกว่าราคาการทำanol ในท้องตลาดเฉพาะเปลือกกล้วยน้ำว้า ส่วนวัตถุดิบอื่นมีต้นทุนผันแปรต่ำกว่าราคาการทำanol ในท้องตลาด อี่างไรก็ได้ต้นทุนการทำanol ขึ้นกับปริมาณผลผลิตการทำanol ซึ่งการที่ผลผลิตการทำanol จะสูงขึ้นเป็นผลมาจากการ

1. วัตถุดิบที่ใช้มีความเหมาะสมและต้นทุนต่ำ
2. ในขั้นตอนการหมักขึ้นกับเชื้อจุลทรรศน์ที่มีประสิทธิภาพให้ผลผลิตการทำanol ได้สูง
3. ระบบการหมักที่เหมาะสมจะเพิ่มผลผลิต และลดระยะเวลาการหมัก

ดังนั้นการพัฒนาการใช้ผลผลิตทางการเกษตรที่มีแปลงเป็นองค์ประกอบหลักจะสามารถเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะลดต้นทุนการผลิตได้โดย การพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการผลิตและระบบการทำหมักจะมีส่วนในการเพิ่มผลผลิตการทำanol ได้อย่างมาก โดยการเพิ่มความเข้มข้นวัตถุดิบที่เหมาะสมจะได้ความผลผลิตการทำanol สูงขึ้นลดแรงงานและพลังงานในระบบ การศึกษาและการบำรุงรักษาเครื่องและอุปกรณ์ต่างๆ การเพิ่มผลผลิตการทำanol อีกวิธีหนึ่งคือการพัฒนาระบบการทำanol เป็นแบบ fed-batch นอกจากนี้การใช้เชื้อจุลทรรศน์ที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิตการทำanol ได้เช่นกัน ดังนั้นการพัฒนาขั้นตอนและกระบวนการหมักจะทำให้ลดต้นทุนผลผลิตทางการเกษตรที่มีแปลงเป็นองค์ประกอบหลักได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีต้นทุนที่สามารถแบ่งขั้นในด้านการตลาด ได้อี่างไรก็ได้มีผลผลิตทางการเกษตรมีปริมาณล้วนตลาดหรือราคาก่อตัวจะเป็นทางหนึ่งในการพยุงราคาผลผลิตทางการเกษตรของประเทศเพื่อการนำพาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มอันเป็นข้อได้เปรียบของผลผลิตทางการเกษตรของประเทศและการหนึ่ง