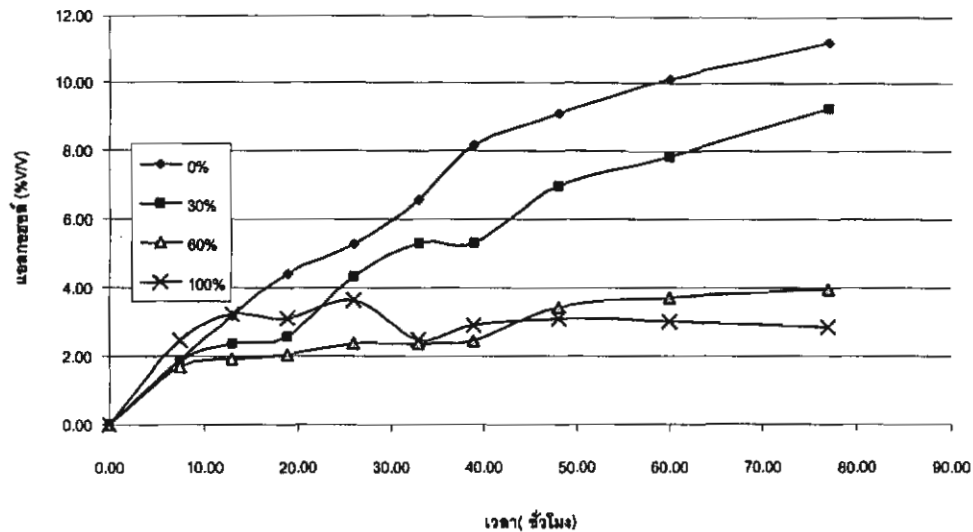
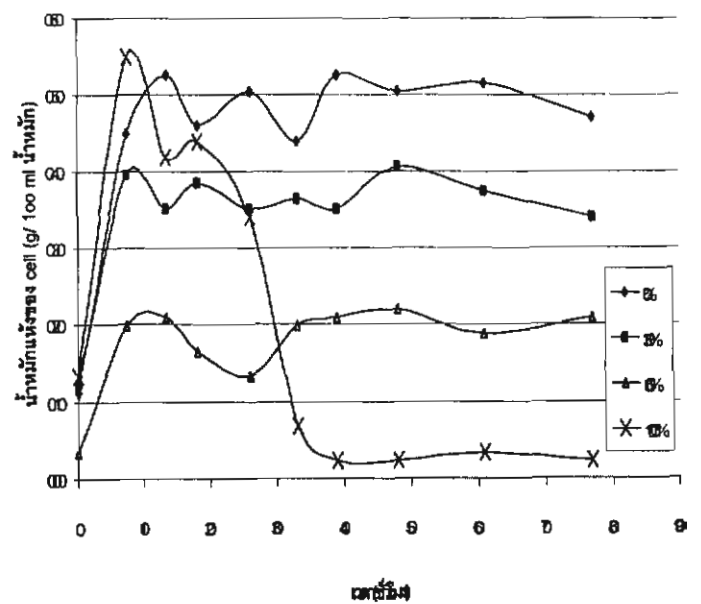
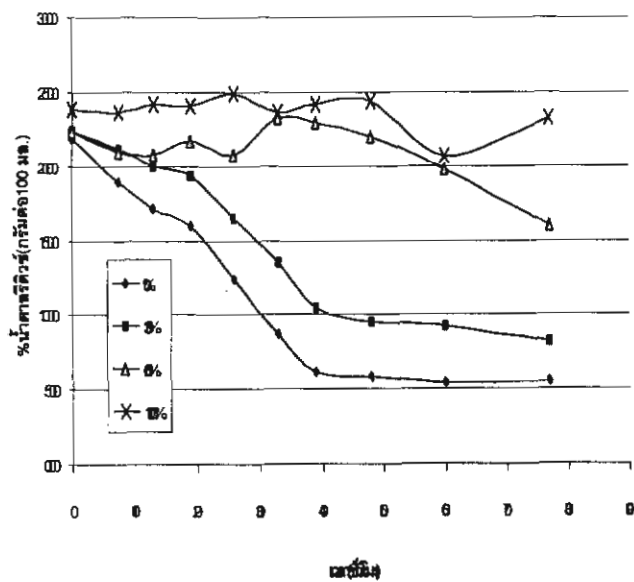
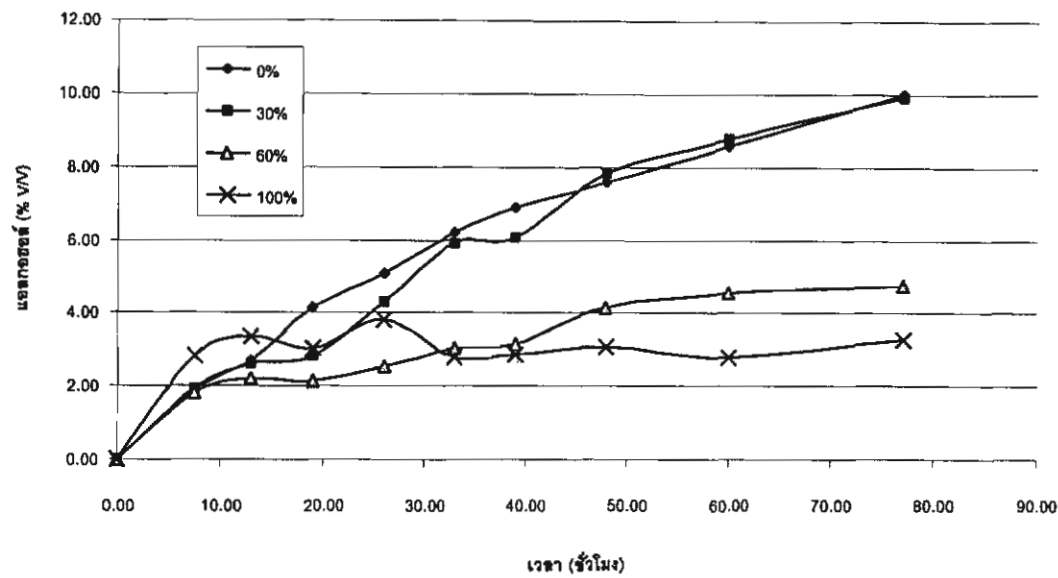




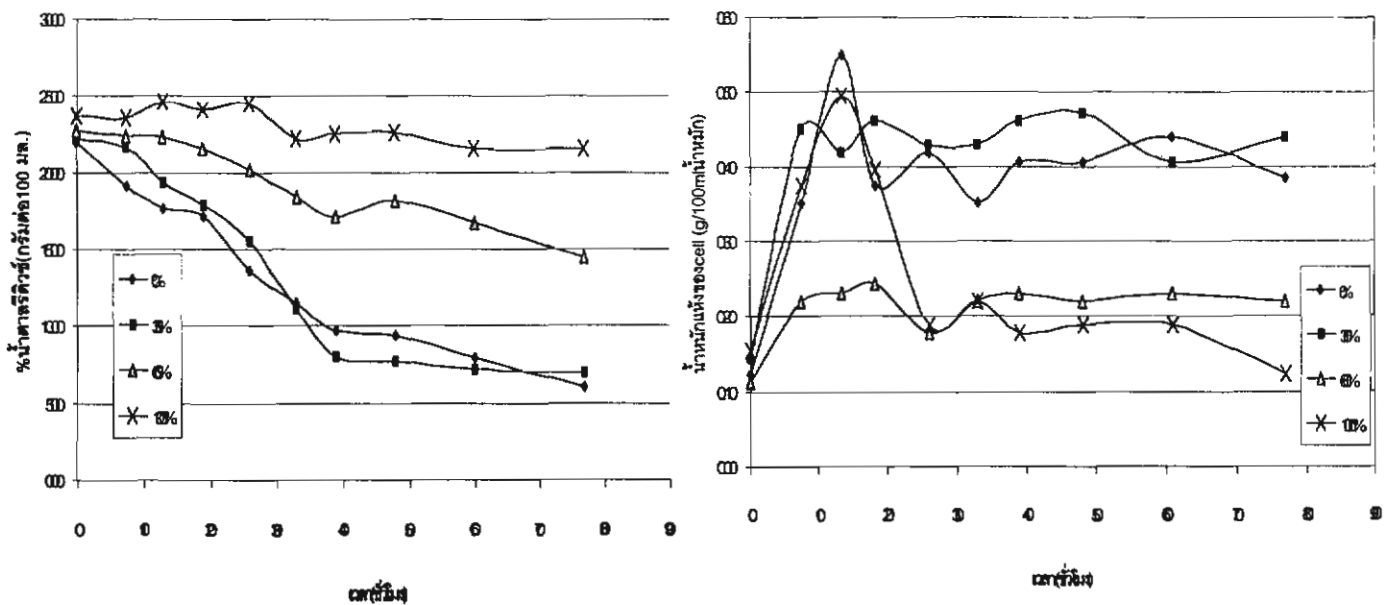
รูปที่ 19 กราฟแสดงปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักโดยการทดลอง ที่สัดส่วนของกากสำใน น้ำหมักต่างๆ (0%, 30%, 60% และ 100%) ในการหมักแอลกอฮอล์ โดย *S. cerevisiae* Sc. 90



รูปที่ 20 กราฟแสดงน้ำตาลที่ละลาย และปริมาณเซลล์ (น้ำหมักเซลล์แห้ง) ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักโดยการทดลอง ที่สัดส่วนของกากสำในน้ำหมักต่างๆ (0%, 30%, 60% และ 100%) ในการหมักแอลกอฮอล์ โดย *S. cerevisiae* Sc.90



รูปที่ 21 กราฟแสดงปริมาณเอทานอลที่เกิดขึ้นระหว่างการหมักโดยการทดลอง ที่สัดส่วนของกากสาคั่วในน้ำหมักต่างๆ (0%, 30%, 60% และ 100%) ในการหมักแอลกอฮอล์ โดย Mix Cultures



รูปที่ 22 กราฟแสดงน้ำตาลรีดิวซ์ และปริมาณเซลล์ (น้ำหนักเซลล์แห้ง) ที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักโดยการทดลอง ที่สัดส่วนของกากสาคั่วในน้ำหมักต่างๆ (0%, 30%, 60% และ 100%) ในการหมักแอลกอฮอล์ โดย Mix Cultures

7 สรุปผล

การปฏิบัติการทดลองร่วมกับทางโรงงาน ผู้จัดการและเจ้าหน้าที่ของทางโครงการสวนพระองค์ฯ ได้ให้ความร่วมมือกับทางโครงการนี้เป็นอย่างดี รวมทั้งมีความสนใจที่จะเรียนรู้และทำการทดลองเพื่อจะพัฒนาระบวนการผลิตให้ดีขึ้น ทำให้การทำงานบรรลุวัตถุประสงค์ตามเป้าหมาย โดยการปรับปรุงปัจจัยสำคัญในการหมักเช่น ปริมาณกล้าเชื้อ (Inoculum), การควบคุมปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ตั้งต้น การควบคุมอุณหภูมิ และขั้นตอนดำเนินการหมักที่เหมาะสม (รายละเอียดการดำเนินการหมักก่อนและหลังการปรับปรุงแสดงในภาคผนวกที่ 11.1) ตลอดจนการปรับปรุงประสิทธิภาพในการกลั่นในเบื้องต้นได้แก่การปรับอัตราการไหลเข้า-ออกหมักกลั่น ทำความสะอาดภายในหมักกลั่น การปรับปริมาตรในการแลกเปลี่ยนความร้อน และการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม

จากการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหมักและการกลั่นทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตคือเอทานอล 95% จากเดิม แต่ละ 1 สัปดาห์มีการหมักแบบ batch 1 ครั้ง, ใช้เวลาหมัก 72 ชั่วโมง ได้เอทานอลจากการหมัก 7.5-8.2 % ได้เอทานอล 95% จากการกลั่นจำนวน 640-740 ลิตร หลังการปรับปรุงข้อมูลการหมักครั้งล่าสุดคือ ใช้เวลาหมัก 48 ชั่วโมง ได้เอทานอลจากการหมัก 10-11 % ได้เอทานอล 95% จากการกลั่นจำนวน 900-950 ลิตร (กรณีใช้เวลาหมัก 72 ชั่วโมง สามารถควบคุมให้ได้เอทานอลจากการหมัก 11-12 % ได้เอทานอล 95% จากการกลั่นจำนวน 980-1040 ลิตร) และในกรณีที่ต้องการเพิ่มผลผลิตสามารถจัดการหมักได้อย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติม สามารถเพิ่มผลผลิตเอทานอล 95% เป็น 1800-1900 ลิตรต่อสัปดาห์ โดยสัดส่วนการใช้กากน้ำตาลและพลังงานต่อผลผลิตเอทานอล 95% ที่ได้น้อยลงแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้มีการทดลองเบื้องต้นถึงแนวทางการนำกากสาไปใช้ประโยชน์ต่อโดยทดลองศึกษาการนำกากสาใช้ในการผลิต Single cell protein และการนำมาเวียนกลับใช้ในการหมักเอทานอล จากการทดลองนำกากสาใช้ในการผลิต Single cell protein โดย *Saccharomyces cerevisiae* M30 และ *Candida utilis* 6014 พบว่าอัตราที่เหมาะสมในการเติมกากสาขึ้นกับเซลล์ยีสต์ที่ใช้ในระบบและความเข้มข้นน้ำตาลโดยรวมในระบบ ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลรวมในระบบไม่เกิน 4% (ทั้งจากกากสาและ กากน้ำตาล) พบว่าการเติมกากสาในระบบไม่มีผลยับยั้งการเจริญของเซลล์อย่างเด่นชัด อย่างไรก็ตามการเติมน้ำตาลควบคู่ไปด้วยส่วนหนึ่งจะทำให้เซลล์เจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้นสามารถลดน้ำตาลในระบบหลังหมักได้ดีกว่าไม่เติมน้ำตาล และได้ปริมาณเซลล์เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกากน้ำตาลทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลรวมในระบบสูงขึ้นเป็น 6-10% พบว่าการเติมกากสาแสดงผลยับยั้งการเจริญของเซลล์อย่างเด่นชัดทั้ง

กรณี *Saccharomyces cerevisiae* M30 และ *Candida utilis* 6014 โดยที่ *Saccharomyces cerevisiae* M30 สามารถทนต่อการยับยั้งโดยกากสาได้ดีกว่า *Candida utilis* ซึ่งเหตุผลส่วนหนึ่งอาจมาจากผลของความดันออสโมซิสของระบบต่อการเจริญของยีสต์ในแต่ละสายพันธุ์ อย่างไรก็ตามการพัฒนากระบวนการเพื่อนำน้ำกากสาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเซลล์โปรตีนอาจทำได้ถ้ามีการควบคุมระบบให้มีระดับน้ำตาลและความดันออสโมซิสในระบบที่เหมาะสมต่อการเจริญของเซลล์ที่เลือกใช้ การนำระบบป้อนสารตั้งต้นแบบต่อเนื่อง หรือป้อนสารตั้งต้นแบบเป็นระยะน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงผลผลิตโดยรวมของระบบ

ในกรณีการเวียนกลับของกากสาทดแทนน้ำสำหรับใช้ในการหมักเอทานอลเพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องกำจัด โดย *Saccharomyces cerevisiae* Sc 90. และ *Saccharomyces cerevisiae* M30 พบว่าการใช้กากสาตั้งแต่ในอัตราส่วน 30% ขึ้นไปยับยั้งการเจริญของเซลล์และประสิทธิภาพในการหมักเอทานอลของ *Saccharomyces cerevisiae* Sc 90. ซึ่งปัจจุบันเป็นสายพันธุ์ที่ใช้ส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลในประเทศ แต่การหมักโดย *Saccharomyces cerevisiae* M30 หรือระบบผสมเซลล์ของ *Saccharomyces cerevisiae* M30 และ *Saccharomyces cerevisiae* Sc 90. สามารถทนการยับยั้งโดยกากสาได้ดีขึ้นโดยที่การใช้กากสาทดแทนน้ำในสัดส่วน 30% ไม่ทำให้การเจริญเติบโตและการหมักเอทานอลลดลงในระบบที่ใช้ผสมเซลล์และดีขึ้นในระบบหมักโดย *Saccharomyces cerevisiae* M30 แต่อย่างไรก็ดีจำเป็นต้องศึกษาถึงผลกระทบต่อคุณภาพโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของการดำเนินการเช่นการจัดเก็บ จำนวนครั้งที่ใช้เวียนกลับได้เป็นต้น ดังนั้นการแยกเฉพาะเซลล์ยีสต์หลังหมักเพื่อนำไปเวียนกลับใช้หรือแยกไปใช้เป็นแหล่งเซลล์โปรตีนอาจเป็นทางเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากนอกจากจะสามารถลดภาระของสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ต้องกำจัดแล้วยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาของการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ และได้เซลล์ยีสต์จากการแยกเพื่อไปใช้เป็นประโยชน์ในส่วนที่เหมาะสมต่อไป

ผลที่ได้รับ

เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัย ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

1. สามารถเพิ่มปริมาณการผลิต ของโรงงานระดับต้นแบบของโครงการสวนพระองค์ จิตรลดาได้ประมาณ 35% (เทียบกับก่อนทำการปรับปรุง) ในกรณีต้องการเพิ่มผลผลิตมีแผนดำเนินการ(ที่ได้ทำการทดลองทดสอบแล้ว) สำหรับเพิ่มรอบการหมักทำให้เพิ่มผลผลิตได้อีกมากกว่า 2 เท่าของกำลังการผลิตเดิม
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก และประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอล ทำให้สัดส่วนการใช้พลังงานต่อหน่วยผลิตภัณฑ์และ สัดส่วนการใช้กากน้ำตาล (วัตถุดิบ) ต่อผลิตภัณฑ์ ลดลงทำให้ต้นทุนการผลิตแอลกอฮอล์ลดลง
3. ได้ข้อมูลสำหรับการหมักแอลกอฮอล์ขนาดเล็กที่เหมาะสมสำหรับการหมักในชนบท และสามารถขยายขนาดสู่การหมักระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้
4. ได้ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการใช้กากสาในการหมักเอทานอล และการผลิตเซลโปรตีน ทั้งนี้เพื่อจุดประสงค์ในการลดปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย และยังสามารถนำกากสามาใช้ให้เป็นประโยชน์

สรุปผลจากหัวหน้าส่วนทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา

จากการที่เจ้าหน้าที่ของงานทดลองผลิตภัณฑ์เชื้อเพลิง โครงการสวนพระองค์สวนจิตรลดา ได้ร่วมงานกับกลุ่มผู้วิจัยจากสถาบันต่างๆในโครงการปรับปรุงคุณภาพการหมักแอลกอฮอล์ทำให้โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา สามารถปรับปรุงการหมักให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้ระยะเวลาในการปฏิบัติงานน้อยลง ได้น้ำหมักที่มีเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงกว่าที่ปฏิบัติงานด้วยวิธีเดิม ซึ่งการหมักได้แอลกอฮอล์เปอร์เซ็นต์สูงนี้ ทำให้เจ้าหน้าที่ของโครงการฯ ต้องทำการปรับปรุงการกลั่นควบคู่กันไป จึงทำให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณสูงขึ้น ดังนั้นนอกจากโครงการฯ จะได้รับประโยชน์ในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานแล้ว ยังเป็นโอกาสที่เจ้าหน้าที่ของโครงการฯ จะได้ฝึกฝนและเรียนรู้วิธีการวิเคราะห์ วิจัย และนำประสบการณ์ที่ได้มาปรับใช้ในการปฏิบัติงานทดลอง วิจัยในหัวข้ออื่นๆ ต่อไป

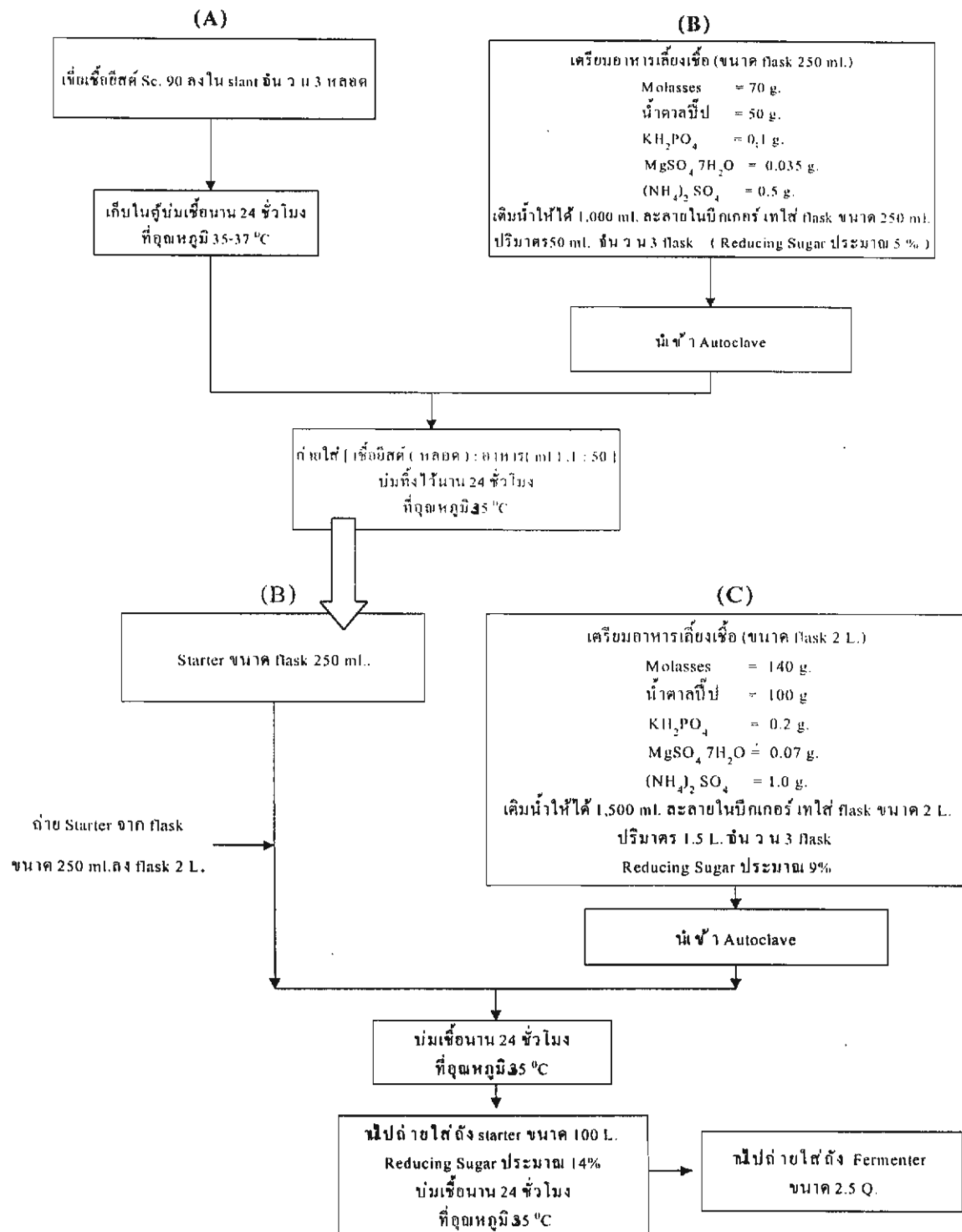
เอกสารอ้างอิง

- 1 ศุภพงศ์ ภูวพัฒนะพันธ์ และ จรัญ เจนตนะจิตร, การศึกษาและปรับปรุงการผลิตแอลกอฮอล์แบบต่อเนื่องใน Tower Fermentor, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 ปี 2527
- 2 ศุภพงศ์ ภูวพัฒนะพันธ์ การปรับปรุงการผลิตแอลกอฮอล์ในกรรมวิธีหมักแบบต่อเนื่อง, รายงานค้นคว้าวิจัยประจำปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528
- 3 วีระพันธ์ เกียรติภักดิ์, การผลิตเอทานอลด้วยวิธีการหมักในท่อนักที่มีสารรองรับ, งานสถิติและวิจัยการศึกษา ประจำปี 2527, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529
- 4 ปราโมทย์และคณะ, เทคนิคการหมักแบบ Fed-Batch และการประยุกต์ใช้สำหรับการผลิตแอลกอฮอล์ทางอุตสาหกรรม, เอกสารอบรมเชิงปฏิบัติการ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2536
- 5 Kuriyama H., Ishibashi H. and Miyagawa H., Optimization of 2-Stage Continuous Ethanol Fermentation Using Flocculating Yeast, *Biotechnol Lett* 15:(4) 415-420, 1993
- 6 Chen CS and Chan E Wang SL, Ethanol Fermentation in a Tower Fermenter Using Self-Aggregating *Saccharomyces Uvarum*, *Appl Biotech*, 45-6:531-544, 1994
- 7 Polakovic M. and Mandenius, Retrofit of Continuous Ethanol Fermentation of Low Concentration Sugar Solutions by Addition of A 2ND, concentrated Sugar Feed, *Process Biochem* 30: (4) 317-325, 1995
- 8 Oliver SC, De Castro HF and Visconti AES, Continuous Ethanol Fermentation in a Tower Reactor with Flocculating Yeast Recycle: Scale-up Effects on Process Performance, Kinetic Parameters and Model Predictions, *Bioprocess Eng* 20:(6) 525-530, 1999
- 9 Atata DIP, Costa AC, and Maciel R, Kinetics of ethanol fermentation with high biomass 'concentration considering the effect of temperature, *Appl Biochem Biotech*, 91-3:353-355, 2001

11. ภาคผนวก

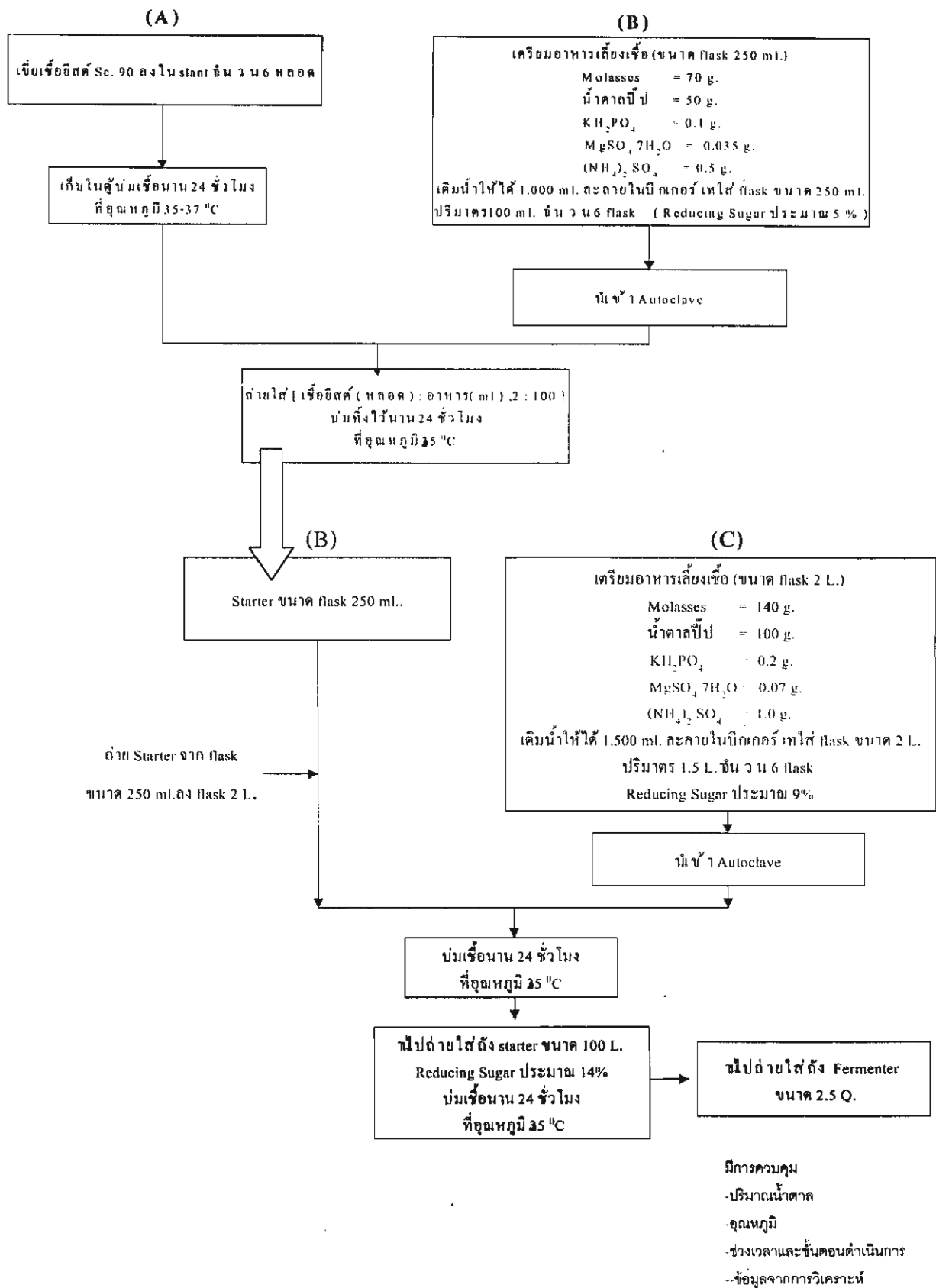
**ภาคผนวกที่ 11.1 ขั้นตอนดำเนินการของกระบวนการ
การหมักเอทานอลก่อนและหลังการปรับปรุง**

ขั้นตอนดำเนินการของกระบวนการหมักเอทานอลก่อนและหลังการปรับปรุง



รูปที่ 23 แผนภาพขั้นตอนดำเนินการของกระบวนการหมักเอทานอลก่อนการปรับปรุง

Data Flow Diagram (แบบใหม่) พิมพ์ Starter)



รูปที่ 24 แผนภาพขั้นตอนดำเนินการของกระบวนการหมักเอทานอลหลังการปรับปรุง

ภาคผนวกที่ 11.2

ตารางการปฏิบัติการของกระบวนการผลิต

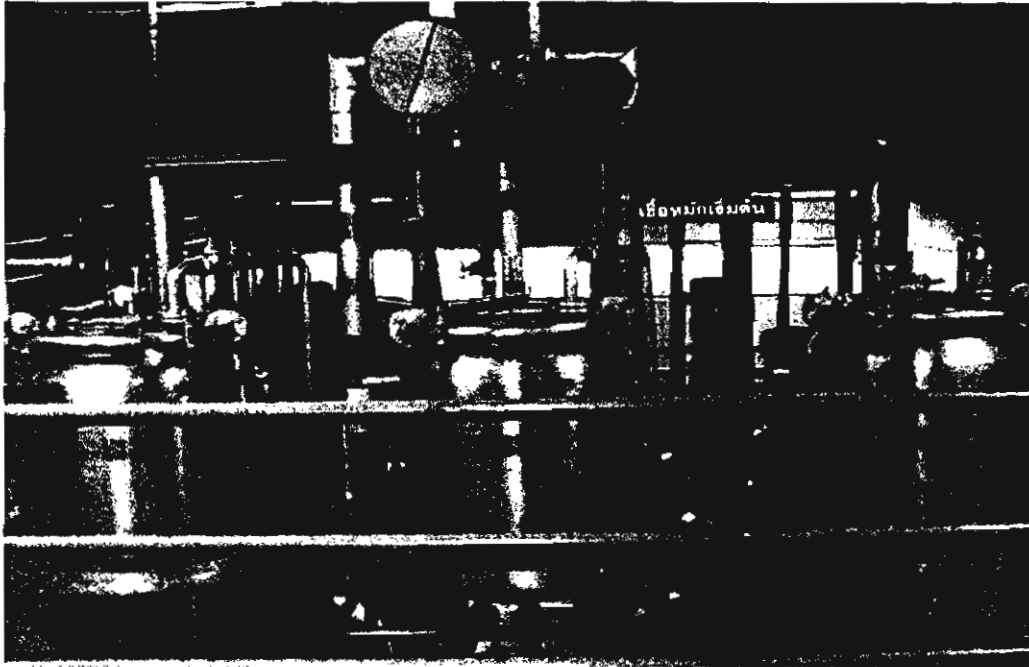
แบบ 1 รอบต่อสัปดาห์ และ

แบบ 2 รอบต่อสัปดาห์

ภาคผนวกที่ 11.3

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอล
ของโครงการสวนพระองค์
สวนจิตรลดา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอล ของโครงการสวนพระองค์ฯ



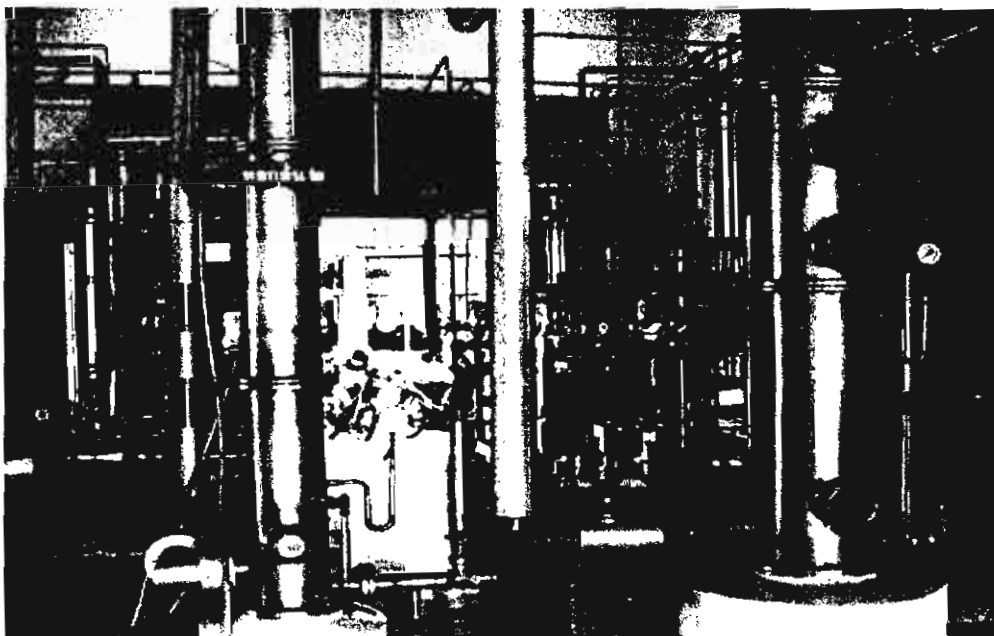
รูปที่ 27 ถังเตรียมหัวเชื้อ (Starter) ขนาด 100 ลิตร มีจำนวน 3 ถัง



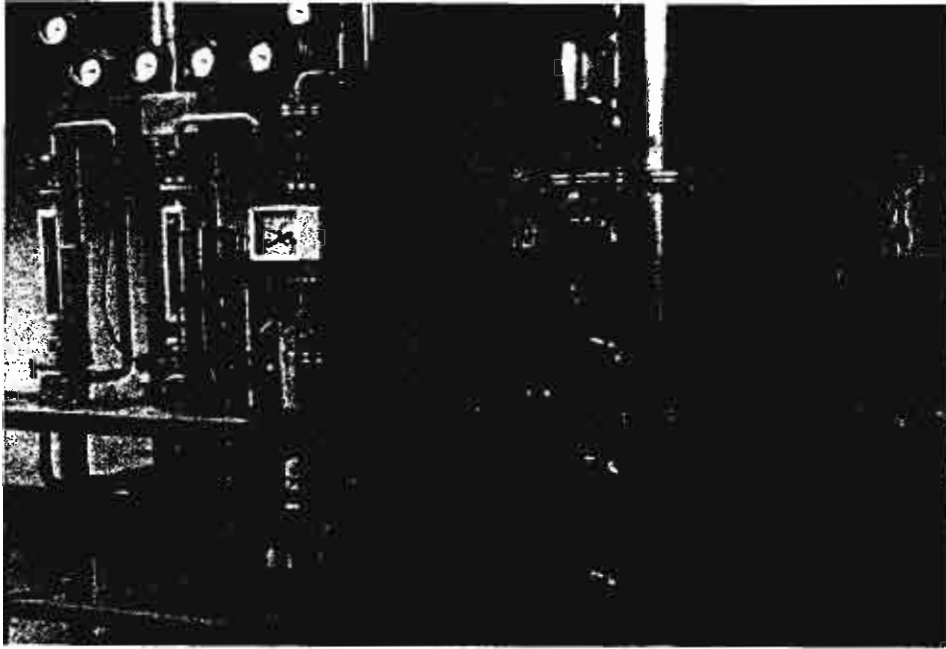
รูปที่ 28 ถังหมักสำหรับผลิตเอทานอล ขนาด 3000 ลิตร มีจำนวน 4 ถัง (ด้านบน)



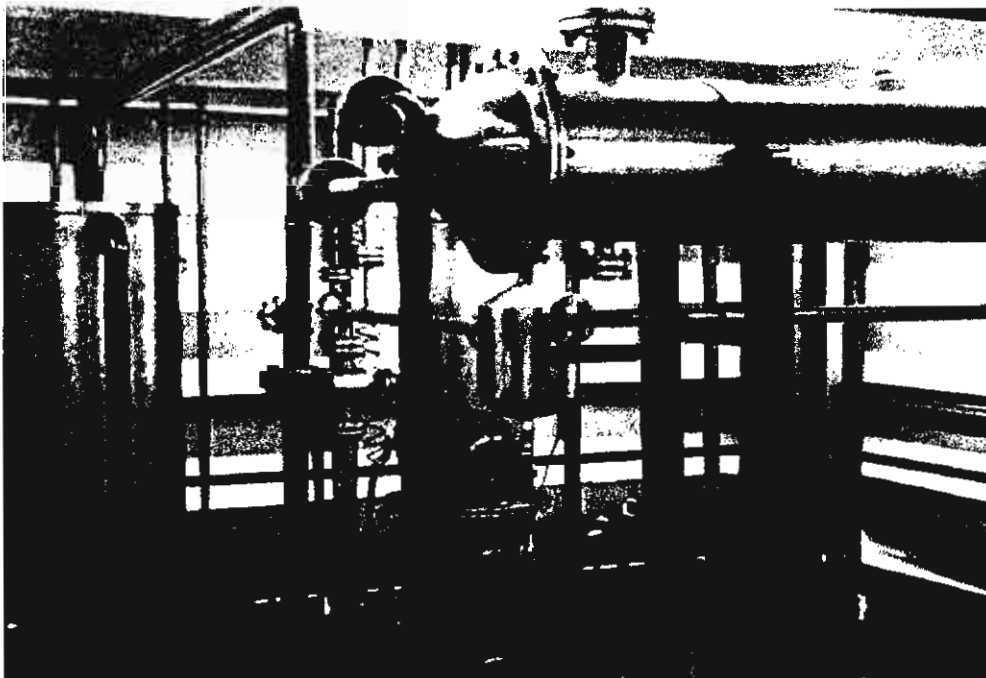
รูปที่ 29 ถังหมักสำหรับผลิตเอทานอล ขนาด 3000 ลิตร จากทางด้านล่าง



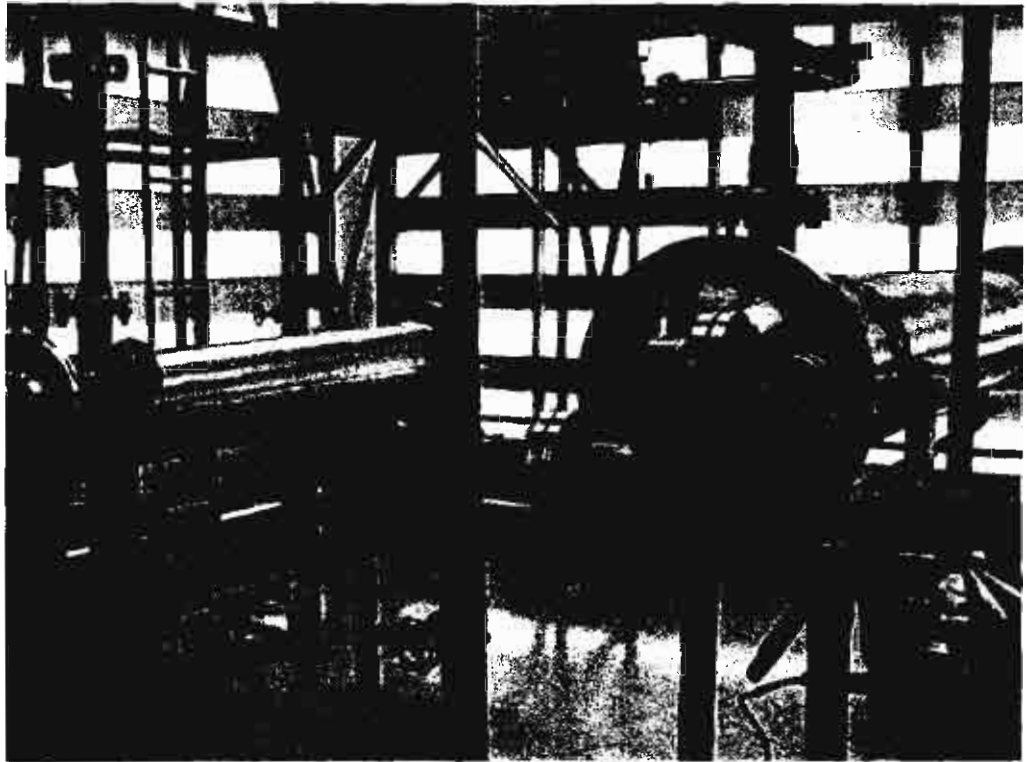
รูปที่ 30 หอกกลั่นแอลกอฮอล์ (ซ้าย)หอกกลั่นแอลกอฮอล์ 95%, (ขวา)หอกกลั่นแอลกอฮอล์ 50%



รูปที่ 31 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลและ ความดันของหมอกกลั่นส่วนต่างๆ



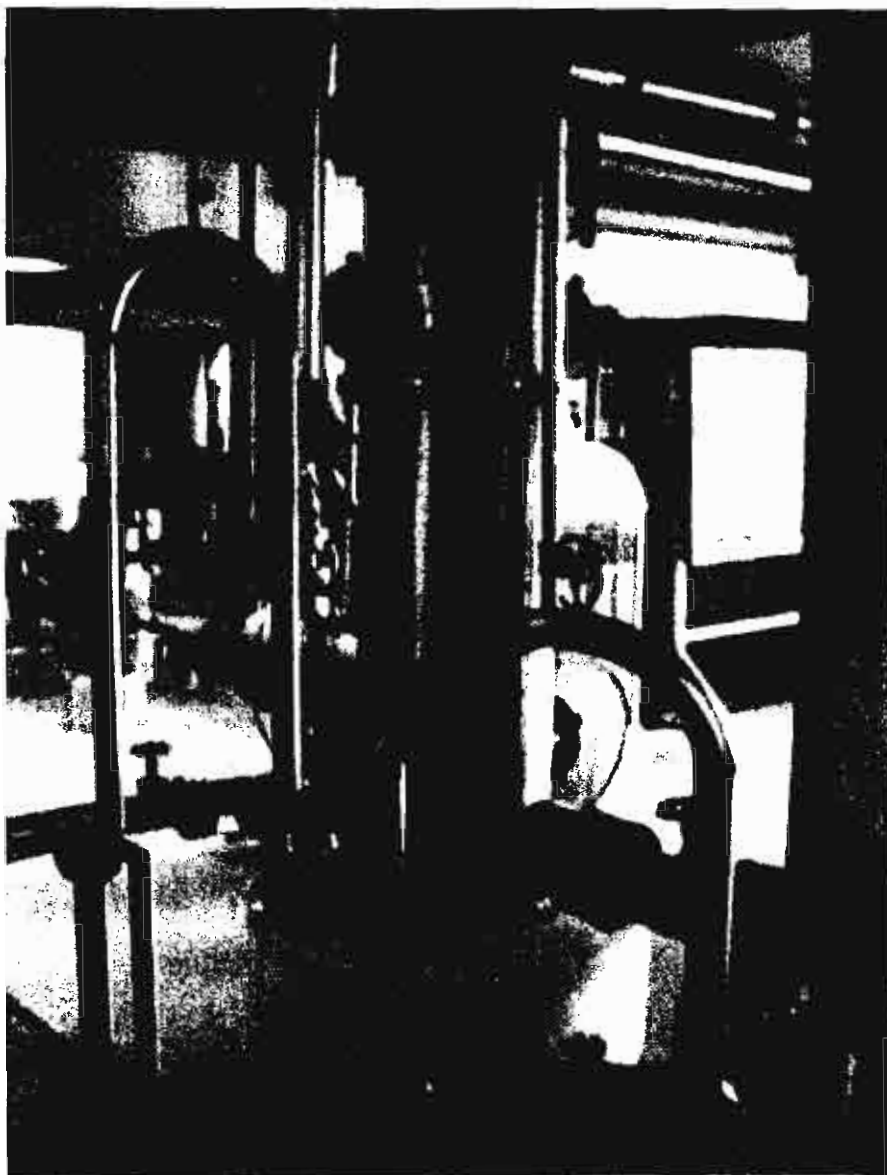
รูปที่ 32 ด้านบนของหมอกกลั่นแอลกอฮอล์ 50% และส่วนคอนเดนเซอร์



รูปที่ 33 ซ้ายมือคือ pre heater ซวามือคือคอนเดนเซอร์ของหอกลั่นแอลกอฮอล์ 95%



รูปที่ 34 รีฟลักซ์ของหอกลั่นแอลกอฮอล์ 95%



รูปที่ 35 ท่อไอ(ท่อหายใจ) ที่ปรับให้สูงขึ้นทำให้เพิ่มปริมาตรในส่วนแลกเปลี่ยนความร้อนกันหอ

ภาคผนวกที่ 11.4

ตารางแสดงผลการทดลองการหมักเอทานอล

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง
สำหรับข้อมูลการหมักแบบเดิมของโรงงาน (แบบ Batch)

20-24 กันยายน 2544

วัน/เดือน/	เวลาในการเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม.		ถึงที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell ($\times 10^6$ cell/cm ³)
				pH	% Brix	Temp (°C)	% alcohol	Reducing sugar	
21/9/44	8.00 น.	0 ชม.	1	4.73	28	30	0	ไม่ได้วิเคราะห์	10.40
			2	4.74	28	30	0		4.53
			3	4.76	30	30	0		7.73
			4	4.74	28	30	0		6.40
	14.00 น.	6 ชม.	1	4.66	24	30	0		202.67
			2	4.67	23	30	0		213.33
			3	4.67	23.5	30	0		160.00
			4	4.67	22	30	0		201.33
	20.00 น.	12 ชม.	1	4.64	21.5	31	1.7		938.67
			2	4.64	20.5	32	1.8		1029.33
			3	4.66	22	32	1.7		1066.67
			4	4.67	20	32	1.8		904.00
22/9/44	2.00 น.	18 ชม.	1	4.61	20	36	4.2		1232.00
			2	4.61	20	35	4		1284.00
			3	4.62	19	35	4.2		1124.00
			4	4.64	15	35	3.8		1144.00
	8.00 น.	24 ชม.	1	4.61	14.4	38	6.1		1316.00
			2	4.62	13.6	38	6.1		864.00
			3	4.62	14.4	38	6.2		636.00
			4	4.62	12.4	37	5.5		528.00

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับข้อมูลการหมักแบบเดิมของโรงงาน (แบบ Batch) (ต่อ)

20-24 กันยายน 2544

วัน/เดือน/	เวลาในการเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม.		ถึงที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (X 10 ⁶ cell/cm ³)
				pH	% Brix	Temp (°C)	%alcohol	Reducing sugar	
22/9/44	14.00 น.	30 ชม.	1	4.69	11.5	32	8.2	ไม่ได้วิเคราะห์	1336.00
			2	4.67	11.3	34	7.7		1120.00
			3	4.71	12	32	7.9		1076.00
			4	4.7	9.2	33	6.6		956.00
	20.00 น.	36 ชม.	1	4.68	11	33	8.4		1272.00
			2	4.68	10.8	33	7.5		1080.00
			3	4.69	11.2	32	7.7		1164.00
			4	4.69	8.8	32	6.2		900.00
23/9/44	2.00 น.	42 ชม.	1	4.75	11.6	33	8.2		1284.00
			2	4.74	11	32	8		1500.00
			3	4.78	11.6	33	7.8		1488.00
			4	4.74	9.2	32	6.6		1388.00
	8.00 น.	48 ชม.	1	4.72	11	32	7.7		1324.00
			2	4.73	10.8	32	7.2		1348.00
			3	4.74	11.2	32	7.5		1476.00
			4	4.72	8.8	31	5.6		1100.00
	14.00 น.	54 ชม.	1	4.72	10.8	32	7.9		1396.00
			2	4.71	10.8	32	7.8		1280.00
			3	4.73	11	32	8.2		1216.00
			4	4.69	9.2	32	6.6		1024.00
	20.00 น.	60 ชม.	1	4.71	10.8	31	8.2		1256.00
			2	4.7	10.6	31	8		1380.00
			3	4.74	10.8	30	8.2		1388.00
			4	4.69	9	30	8.3		1080.00
24/9/44	2.00 น.	66 ชม.	1	4.72	10.8	31	8.3		1108.00
			2	4.72	10.8	31	8.2		1140.00
			3	4.74	11.2	31	8.3		1140.00
			4	4.71	9	31	8.3		880.00
	8.00 น.	72 ชม.	1	4.71	10.8	31	8.2		1120.00
			2	4.7	10.8	31	8		1268.00
			3	4.73	11	31	8.3		1096.00
			4	4.7	8.8	31	8.2		900.00

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง
สำหรับข้อมูลการหมักแบบเดิมของโรงงาน (แบบ Batch)

27 กันยายน-1 ตุลาคม 2544

วัน/เดือน/	เวลาในการเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์					
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell
									(X 10 ⁶ cell/cm ³)
28/9/44	8.00 น.	0 ชม.	1	4.66	24	28	0	11.6	11.20
			2	4.68	21.5	30	0	10.62	15.47
			3	4.66	23	28	0	11.03	19.73
			4	4.66	23.5	30	0	10.62	14.13
	14.00 น.	6 ชม.	1	4.63	23.5	30	0	-	34.13
			2	4.68	21	30	0	-	41.33
			3	4.68	22.5	29	0	-	43.73
			4	4.67	22.5	30	0	-	51.47
	20.00 น.	12 ชม	1	4.64	22.5	30	0.7	-	332.00
			2	4.66	19.4	31	1	-	364.00
			3	4.66	21	31	0.9	-	421.33
			4	4.66	21.5	31	0.8	-	318.67
29/9/44	2.00 น.	18 ชม	1	4.63	21	30	1.8	-	610.67
			2	4.48	20	30	2	-	853.33
			3	4.46	20.5	30	2	-	541.33
			4	4.65	21	30	0.5	-	442.67
	8.00 น.	24 ชม	1	4.65	15	33	5.3	6.15	602.67
			2	4.64	12	35	5.3	6.02	701.33
			3	4.64	13.6	34	5.4	5.97	634.67
			4	4.65	14	34	5.7	5.88	736.00

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับข้อมูลการหมักแบบเดิมของโรงงาน (แบบ Batch) (ต่อ)

27 กันยายน-1 ตุลาคม 2544

วัน/เดือน/	เวลาใน ารเก็บตัวอย่าง กับทุก ๆ 6 ชม		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (X 10 ⁶ cell/cm ³)
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar	
29/9/44	14.00 น.	30 ชม	1	4.64	12.4	34	7.1	-	552.00
			2	4.63	10.2	34	6.7	-	576.00
			3	4.66	11.4	33	7.1	-	764.00
			4	4.65	11.6	34	6.8	-	532.00
	20.00 น.	36 ชม	1	4.67	11	33	7.4	-	712.00
			2	4.66	9.8	33	7.4	-	704.00
			3	4.67	10.6	32	7.4	-	1128.00
			4	4.67	10.6	33	7.6	-	572.00
30/9/44	2.00 น.	42 ชม	1	4.72	11	32	8.5	-	664.00
			2	4.68	9.8	31	6.8	-	876.00
			3	4.71	10.8	31	7.4	-	672.00
			4	4.72	10.8	32	7.4	-	836.00
	8.00 น.	48 ชม	1	4.74	10.8	30	7.7	3.7	552.00
			2	4.7	9.8	31	6.8	3.35	620.00
			3	4.72	10.8	30	7.4	3.17	488.00
			4	4.72	10.8	30	7.4	3.1	608.00
	14.00 น.	54 ชม	1	4.73	10.8	30	8.4	-	704.00
			2	4.7	9.8	31	6	-	724.00
			3	4.73	10.6	30	7.6	-	760.00
			4	4.73	10.6	30	7.6	-	532.00
30/9/44	20.00 น.	60 ชม	1	4.75	10.9	30	8.1	-	936.00
			2	4.74	9.8	30	6.8	-	616.00
			3	4.76	10.6	30	7.4	-	796.00
			4	4.76	10.6	30	7.4	-	584.00
1/10/44	2.00 น.	66 ชม	1	4.8	10.8	30	8.2	-	696.00
			2	4.79	9.6	30	7	-	692.00
			3	4.81	10.6	30	7.4	-	700.00
			4	4.81	10.6	30	7.4	-	592.00
	8.00 น.	72 ชม	1	4.81	10.8	30	7.9	4.73	616.00
			2	4.83	9.6	30	7	4.84	780.00
			3	4.85	10.6	30	7.4	4.97	764.00
			4	4.8	10.6	30	7.6	4.89	628.00

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง
สำหรับการทดลองครั้งที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch

การทดลองครั้งที่ 1 (4-8 ตุลาคม 2544)

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก ๆ 6 ชม.)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brx	Temp (°c)	% alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell (X 10 ⁶ cell/cm ³)	
	การทดลองครั้งที่ 1									
5/10/44	11.14 น.	0 ชม.	1	4.79	22.5	30	0	14.42	10.93	(1)Batch 19.18% reducing sugar
			2	4.88	23	30	0	13.76	12.00	(2)Batch 22% reducing sugar
			3	4.89	22	30	0	13.26	33.60	(3)Fed Batch 19.18% RS (1/4,3/4)
			4	4.69	25.5	30	0	17.85	22.93	(4)Fed Batch 22% RS(1/4,3/4)
	12.40 น.		1	4.81	22.5	30	0	13.41	34.67	
			2	4.66	23.5	30	0	17.08	49.33	
			3	4.71	20.4	30	0	-	101.33	
			4	4.65	20.15	30	0	15.88	98.67	
	14.00 น.	3 ชม.	1	4.85	22.5	30	0	-	58.67	ก่อนเติมน้ำตาลครั้งที่ 2 ก่อนเติมน้ำตาลครั้งที่ 2
			2	4.85	23.5	30	0	-	34.67	
			3	-	-	-	-	-	-	
			4	4.74	24.5	30	0	14.26	106.67	
	14.40 น. 15.00 น.		1	-	-	-	-	-	-	หลังเติมน้ำตาลครั้งที่ 2 หลังเติมน้ำตาลครั้งที่ 2
			2	-	-	-	-	-	-	
			3	4.83	22	30	0	13.8	34.67	
			4	4.8	25	30	0	15	56.00	
	17.00 น.	6 ชม.	1	4.81	22.5	30	0	-	105.33	
			2	4.82	23	30	0	-	49.33	
			3	4.82	22.3	30	0	-	50.67	
			4	4.8	24.5	30	0	-	64.00	
5/10/44	20.00 น.	9 ชม.	1	4.83	21.5	30	0.5	-	312.00	
			2	4.82	23	30	0.2	-	200.00	
			3	4.84	22	30	0.4	-	149.33	
			4	4.82	24	30	0.1	-	218.67	
	23.00 น.	12 ชม.	1	4.8	20.5	32	1.3	9.84	394.67	
			2	4.79	21.5	30	1.1	10.715	309.33	
			3	4.82	22	31	1	10.395	298.67	
			4	4.79	23.5	30	1	10.35	309.33	
6/10/44	2.00 น.	15 ชม.	1	4.83	18.6	32	2.5	-	685.33	
			2	4.81	20	31	1.9	-	512.00	
			3	4.83	19	31	1.9	-	714.67	
			4	4.75	21	32	2	-	650.67	
	5.00 น.	18 ชม.	1	4.81	17.2	31	4.5	-	408.00	
			2	4.79	18.1	33	4.9	-	420.00	
			3	4.78	17.1	33	4.9	-	592.00	
			4	4.76	19.3	32	4.8	-	468.00	
	8.00 น.	21 ชม.	1	4.79	14.5	35	4.6	-	468.00	
			2	4.77	16.3	35	4.2	-	436.00	
			3	4.77	15.1	35	4.2	-	480.00	
			4	4.78	17.3	35	4.2	-	544.00	

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง
 สำหรับการผลิตครั้งที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch (ต่อ)
 การทดลองครั้งที่ 1 (4-8 ตุลาคม 2544)

วัน/เดือน/ปี	เวลาใบ การเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก 7 ชั่วโมง)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brx	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell	
									(X 10 ³ cell/cm ³)	
6/10/44	11.00 น.	24 ชม.	1	4.75	10.9	30	8.1	5.26	536.00	(1)Batch 19.18% reducing sugar
			2	4.74	9.8	30	6.8	5.605	348.00	(2)Batch 22% reducing sugar
			3	4.76	10.6	30	7.4	5.875	512.00	(3)Fed Batch 19.18% RS(1/4,3/4)
			4	4.76	10.6	30	7.4	6.375	428.00	(4)Fed Batch 22% RS(1/4,3/4)
	17.00 น.	30 ชม.	1	4.8	10.8	30	8.2	-	700.00	
			2	4.79	9.6	30	7	-	600.00	
			3	4.81	10.6	30	7.4	-	728.00	
			4	4.81	10.6	30	7.4	-	704.00	
	23.00 น.	36 ชม.	1	4.81	10.8	30	7.9	4.73	752.00	
			2	4.83	9.6	30	7	4.84	708.00	
			3	4.85	10.6	30	7.4	4.97	752.00	
			4	4.8	10.6	30	7.6	4.89	636.00	
7/10/44	5.00 น.	42 ชม.	1	4.82	10	34	7.6	-	540.00	
			2	4.82	10.4	34	7.9	-	532.00	
			3	4.82	10.2	33	7.3	-	476.00	
			4	4.81	11.1	35	9	-	556.00	
	11.00 น.	48 ชม.	1	4.87	10.2	32	7.5	4.64	492.00	
			2	4.88	10.2	32	7.7	4.695	396.00	
			3	4.86	10.1	31	7.2	4.695	676.00	
			4	4.86	11	33	8	4.755	428.00	
7/10/44	17.00 น.	54 ชม.	1	4.87	10.2	32	7.7	-	804.00	
			2	4.88	10.4	32	7.8	-	536.00	
			3	4.87	10.4	32	7.4	-	960.00	
			4	4.87	11	34	8.3	-	672.00	
	23.00 น.	60 ชม.	1	4.86	10	31	7.9	2.72	720.00	
			2	4.88	10.2	33	8.1	2.695	468.00	
			3	4.86	10	32	7.6	2.74	700.00	
			4	4.86	11	32	8.5	2.79	596.00	
8/10/44	5.00 น.	66 ชม.	1	4.84	10.1	31	7.7	-	516.00	
			2	4.84	10.2	33	7.9	-	232.00	
			3	4.84	10.1	32	7.8	-	540.00	
			4	4.84	11	33	8.6	-	152.00	
	11.00 น.	72 ชม.	1	4.84	10	32	7.7	3.025	612.00	
			2	4.87	10.4	33	8	2.7	280.00	
			3	4.83	10.1	32	7.6	2.74	604.00	
			4	4.87	11	33	8.5	2.88	208.00	

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง
 สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch
 การทดลองครั้งที่ 2 19-24 ตุลาคม 2544

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก ๆ 6 ชม.)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brix	Temp (°C)	% alcohol	Reducing suga	จำนวน cell	
									(X 10 ⁶ cell/cm ³)	
19/10/44	11.30 น.	0 ชม.	1	5.32	28	31	0	16.7	3.73	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.34	30	33	0	16.8	3.46	Fed batch (1/3,2/3), RS24%
			3	5.33	26.5	32	0	16.7	6.66	Fed batch (1/4,3/4), RS24%
			4	5.34	29.5	31	0	16.8	6.14	Fed batch (1/4,3/4,Molass)
	13.30 น.	2 ชม.	1	5.13	28	32	0	-	3.2	,RS(20,20,24%)
			2	5.09	28.5	31	0	-	4.26	
			3	5.12	26.5	32	0	-	7.2	
			4	5.21	29.5	33	0	-	8	
	15.30 น.	4 ชม.	1	5.12	27.5	33	0	-	12	ก่อนเติม Molasses ถังที่ 2,3,4
			2	5.21	28	32	0	-	14.64	
			3	5.16	26	31	0	-	11.46	
			4	5.18	19	32	0	-	9.34	
	16.30 น.	5 ชม.	1	5.19	28	32	0	-	12.54	หลังเติม Molasses ถังที่ 2,3,4
			2	5.11	28.5	30	0	-	6.4	
			3	5.11	28	31	0	-	7.2	
			4	5.13	20.3	32	0	-	10.4	
	17.30 น.	6 ชม.	1	5.1	27.5	31	0	-	13.34	
			2	5.11	28.5	31	0	-	7.74	
			3	5.06	28	31	0	-	10.14	
			4	5.13	22.5	30	0	-	19.94	

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch (ต่อ)

การทดลองครั้งที่ 2 19-24 ตุลาคม 2544

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก ๆ 6 ชม.)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brix	Temp (°C)	%alcohol	Reducing suga	จำนวน cell (X 10 ⁸ cell/cm ³)	
19/10/44	23.30 น.	12 ชม.	1	5.06	24.5	32	3.2	12.09	864	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.05	27	33	1.9	13.14	760	Fed batch (1/3,2/3), RS24%
			3	5.06	26.5	30	2.2	13.28	778.4	Fed batch (1/4,3/4), RS24%
			4	5.05	19.8	31	3	11.63	1333.36	Fed batch (1/4,3/4,Molasses),
20/10/44	11.30 น.	24 ชม.	1	5.1	17.2	35	7.6	10.72	1395.6	RS(20,20,24%
			2	5.08	19	36	6.7	11.46	1083.6	
			3	5.08	18	35	6.6	8.98	1467.6	
			4	5.05	12.6	36	6.55	10.44	1328.04	
	17.30 น.	30 ชม.	1	5.16	14.8	33	9	7.96	591.6	
			2	5.14	15.8	32	9.1	8.24	795.6	
			3	5.15	14.8	34	8.9	7.98	972	
			4	5.05	10.8	35	7.9	6.5	1404	
21/10/44	11.30 น.	48 ชม.	1	5.14	14.6	34	8.1	7.36	459.6	
			2	5.17	15.6	33	8.7	7.77	615.6	
			3	5.13	13.2	32	8.7	7.93	879.6	
			4	5.07	9.8	31	7.5	5.83	1116	
22/10/44	8.30 น.	69 ชม.	1	5.32	14.2	35	9.6	6.93	189.36	
			2	5.25	15	36	9.6	7.74	394.4	
			3	5.26	14.6	36	9.4	7.28	480	
			4	5.21	10.4	35	8	4.64	648	
22/10/44	11.30 น.	72 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	ข้อมูลเฉพาะถังที่ 4 หลังเติม Molasses (เติม Molasses 172.8 กิโลกรัม)
			2	-	-	-	-	-	-	
			3	-	-	-	-	-	-	
			4	5.13	14	33	7.5	6.72	533.36	
24/10/44	8.30 น.	117 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	กลิ่นเฉพาะถังที่ 2 และ 4 วันที่ 22/10/44 กลิ่นถังที่ 3 ไม่พบ เหลือ 1/2 ถัง ,กลิ่นต่อวันที่24/10 เก็บตัวอย่างน้ำหมักมาวิเคราะห์ pH 5.07, %Brix 13 , %alc. 9.3
			2	5.03	17.4	33	9.3	5.85	173.36	
			3	-	-	-	-	-	-	
			4	4.44	13.2	34	7.8	5.05	394.4	

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch

1-5 พฤษภาคม 2544

วัน/เดือน/ปี	เวลาใบ การเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม.		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (X10 ⁸ cell/cm ³)	หมายเหตุ การทดลองที่ 3
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar		
2/11/44	9.00 น.	0 ชม.	1	5.31	26.5	30	0	17.03	61.32	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.28	32	30	0	20.96	72.00	Fed batch (1/3,2/3), RS24%
			3	5.21	26.5	30	0	22.92	108.00	Fed batch (1/4,3/4), RS24%
			4	5.32	24	30	0	15.34	110.67	Fed batch (1/4,3/4,Molass), RS(14,22,24%)
	15.00 น.	6 ชม.	1	5.24	25.5	29	0	16	213.33	
			2	5.2	31.5	30	0.2	19.53	248.00	
			3	5.25	25	30	0.1	14.62	680.00	
			4	5.31	15.2	30	0.7	10.89	608.00	
	21.00 น.	12 ชม.	1	5.23	23.5	30	1.1	12.87	1024.00	
			2	5.16	31	29	0.1	13.34	208.00	
			3	5.16	30.5	30	0.4	13.47	300.00	
			4	5.16	29	30	0.5	15.05	580.00	
3/11/44	3.00 น.	18 ชม.	1	5.15	18.3	34	3.8	11.93	1196.00	
			2	5.11	27.5	32	2.6	13	924.00	
			3	5.09	27	33	3	13.14	1264.00	
			4	5.07	25	32	2.3	14.7	1524.00	
3/11/44	9.00 น.	24 ชม.	1	5.07	14.3	36	6.6	8.16	1360.00	
			2	5.09	26	34	4.8	10.43	1146.67	
			3	5.08	23	36	5.9	10.48	1184.00	
			4	5.05	19.6	36	6.4	11.06	1866.67	

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch (ต่อ)

1-5 พฤษภาคม 2544

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม.		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell	
									(X 10 ⁶ cell/cm ³)	
3/11/44	15.00 น.	30 ชม.	1	5.13	12.8	32	8.7	6.35	1621.30	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.13	23	31	7.4	8.35	1370.67	Fed batch (1/3,2/3), RS24%
			3	5.12	20.5	32	7.7	8.37	1349.30	Fed batch (1/4,3/4), RS24%
			4	5.11	19.2	31	8.2	8.74	1429.30	Fed batch (1/4,3/4,Molass),
	21.00 น.	36 ชม.	1	5.13	10.9	32	8.6	4.52	1610.67	RS(14,22,24%
			2	5.13	20.5	31	8.4	7.45	1210.67	
			3	5.13	17.9	31	8.7	6.99	1184.00	
			4	5.11	17.2	30	10.2	6.96	1674.67	
4/11/44	3.00 น.	42 ชม.	1	5.12	10.9	31	9.1	3.13	1509.30	
			2	5.12	18.4	30	10.6	6.6	1093.30	
			3	5.1	16.2	32	11.1	5.69	1130.67	
			4	5.08	16	31	11.5	3.96	1530.67	
	9.00 น.	48 ชม.	1	5.11	10.8	31	8.9	2.57	1536.00	
			2	5.13	17.2	31	11	4.98	1242.67	
			3	5.12	15	30	11.5	3.23	1338.67	
			4	5.11	15	31	11.9	3.21	1477.30	
	15.00 น.	54 ชม.	1	5.12	10.9	30	9.1	1.81	1589.30	
			2	5.12	16	32	10.6	4.49	1136.00	
			3	5.1	14.4	31	11.1	2.74	1285.30	
			4	5.8	14.2	30	11.5	2.8	1642.67	
4/11/44	21.00 น.	60 ชม.	1	5.1	11	31	9.1	2.83	1706.67	
			2	5.14	15.4	31	12.4	5.2	1120.00	
			3	5.13	14	30	12.4	3.51	1594.67	
			4	5.13	14	30	12.4	3.21	1466.67	
5/11/44	3.00 น.	66 ชม.	1	5.13	12	30	9.05	2.95	1744.00	
			2	5.25	16	31	12.65	4.8	613.30	
			3	5.24	15.2	31	12.25	3.54	912.00	
			4	5.23	15	31	12.25	3.18	949.30	
	9.00 น.	72 ชม.	1	5.11	11	30	8.9	3.03	1456.00	
			2	5.19	14	32	12.45	4.92	1093.30	
			3	5.17	14.8	31	11.9	3.34	1018.67	
			4	5.16	14	31	12.05	3.48	1301.30	

ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลวีตซ์ 20 และ 24%

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง เก็บทุก ๆ 6 ชม.		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (X 10 ⁸ cell/cm ³)	หมายเหตุ การทดลองที่ 4
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar		
9/11/44	10.30 น.	0 ชม.	1	5.05	30	31	0	21.48	38.64	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.07	31	30	0	19.65	69.93	Batch, Reducing Sugar=20%
			3	5.05	28	33	0	19.33	71.23	Batch, Reducing Sugar=20%
			4	5.06	26	31	0	16.92	65.96	Batch, Reducing Sugar=20%
12/11/44	8.30 น.	72 ชม.	1	5.13	17.6	32	9.1	8.7	884.00	
			2	5.12	14.2	32	8.4	6.64	792.00	
			3	5.11	15	33	8.7	6.48	868.99	
			4	5.09	11.4	32	8.2	5.51	932.00	

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch

22-26 พย 44

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก ๆ 6 ชม.)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ การทดลองที่ 5
				pH	% Brx	Temp (°C)	%alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell (X 10 ⁶ cell)	
23/11/44	13.00 น.	0 ชม.	1	5.09	33.5	28	0	22.98	2.40	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	5.11	27.5	28	0	21.27	1.87	Fed batch(1/4,3/4). RS(24%,24%)
			3	5.1	32.5	28	0	23.4	2.40	Fed batch(1/4,3/4). RS(24%,24%)
			4	5.15	22.5	28	0	16.37	7.47	Fed batch(1/4,3/4). RS(14%,24%)
	19.00 น.	6 ชม.	1	5.08	32.5	28	0	22.28	6.67	
			2	5.06	28	28	0	19.05	13.87	
			3	5.07	32	29	0	20.26	20.27	
			4	5.11	18.8	29	0	11.68	14.93	
ก่อนเติม Molasses ครั้งที่ 2	22.00 น.	9 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	
			2	5.06	22	29	0	9.53	32.53	
			3	5.06	30.1	29	0	10.81	28.00	
			4	5.12	18.6	29	0	10.77	38.93	
หลังเติม Molasses ครั้งที่ 2	22.00 น.	9 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	
			2	5.09	24.5	28	0	12.2	192.00	
			3	5.08	29	28	0	11.86	94.67	
			4	5.1	29.5	28	0	10.65	177.33	
24/11/44	1.00 น.	12 ชม.	1	5.12	33	29	0.9	15.25	461.33	
			2	5.13	27	28	0.6	14.52	432.00	
			3	5.13	29.5	28	0.4	15.44	576.00	
			4	5.13	30	29	0.5	15.35	589.33	
24/11/44	7.00 น.	18 ชม.	1	5.08	29	31	2.7	12.8	1328.00	
			2	5.12	23.5	31	2.3	10.86	1388.00	
			3	5.09	26.5	31	2.2	12.56	1352.00	
			4	5.09	26	31	2.5	11.65	1520.00	
	13.00 น.	24 ชม.	1	5.11	25.5	34	5.7	8.49	1264.00	
			2	5.07	20	34	4.9	8.13	1312.00	
			3	5.09	22.5	34	4.7	9.42	1573.33	
			4	5.07	21.5	35	5	8.37	1429.33	

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตรจำนวน 4 ถัง

สำหรับการทดลองครั้งที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ Batch และ Fed Batch (ต่อ)

22-26 พย 44

วันเดือน/	เวลาในการเก็บตัวอย่าง (เก็บทุก ๆ 6 ชม.)		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	% Brix	Temp (°c)	%alcohol	Reducing sugar	จำนวน cell	
									(X 10 ⁶ cell)	
	19.00 น.	30 ชม.	1	5.07	22	38	7.7	7.74	1248.00	Batch, Reducing Sugar=24%
			2	4.99	15.4	38	7.7	5.53	1178.67	Fed batch(1/4,3/4), RS(22%,24%)
			3	5.02	18.6	38	7.4	7.24	1226.67	Fed batch(1/4,3/4), RS(24%,24%)
			4	5.02	17.8	38	7.7	6.71	1274.67	Fed batch(1/4,3/4), RS(14%,24%)
25/11/44	1.00 น.	36 ชม.	1	5.16	21.5	35	8.7	7.32	1226.67	
			2	5.11	14.6	36	8.9	3.3	1472.00	
			3	5.12	17.6	35	9.2	5.21	1514.67	
			4	5.13	17	36	9.4	4.62	2192.00	
	7.00 น.	42 ชม.	1	5.13	18.2	28	9.9	6	1402.67	
			2	5.08	12.9	28	9.9		1408.00	
			3	5.09	15.5	28	10.2	3.45	1338.67	
			4	5.09	14.8	28	9.9	2.94	1402.67	
25/11/44	13.00 น.	48 ชม.	1	5.11	18.4	29	10.2	5.48	1818.67	
			2	5.05	12.6	29	10.2	1.91	1333.33	
			3	5.09	14.4	29	10.7	2.8	928.00	
			4	5.09	14	29	10.7	2.41	741.33	
	19.00 น.	54 ชม.	1	5.14	17.2	30	10.6	5.57	1312.00	
			2	5.07	12.4	29	10.2	2.7	2010.67	
			3	5.1	13.6	29	10.9	2.68	1781.33	
			4	5.11	13.4	29	10.9	2.74	1962.67	
26/11/44	1.00 น.	60 ชม.	1	5.17	16.8	30	10.7	4.49	1312.00	
			2	5.17	12.6	30	9	2.27	1840.00	
			3	5.17	14	29	10	2.42	1813.33	
			4	5.16	13.6	29	10	2.51	1770.67	
	7.00 น.	66 ชม.	1	5.19	15.8	30	11.3	4.34	1440.00	
			2	5.12	12.4	28	9.2	2.21	1808.00	
			3	5.15	13.4	29	10.2	2.4	1626.67	
			4	5.15	13.2	29	10	2.51	1701.33	
	13.00 น.	72 ชม.	1	5.2	15.4	30	12	4.36	1466.67	
			2	5.13	13.8	29	9.5	2.66	1184.00	
			3	5.16	14.8	29	10.5	2.72	1360.00	
			4	5.16	14.8	29	10.5	2.67	1834.67	

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง สำหรับการทดลองครั้งที่ 6 เพื่อเปรียบเทียบการหมักแบบ Batch และ Fed Batch

15-18 มี.ค. 45										
วัน/เดือน/ปี	เวลาใน		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell	
	การเก็บตัวอย่าง									
	เก็บทุกๆ 8 ชม.							(x 10 ⁶ cell/cm ³)		
ค. 16/3/45	14.00 น.	0 ชม.	1	4.75	34	31	0	26.29	2.13	batch, Reducing Sugar =24%
			2	4.78	29.5	31	0	24.8	4.53	batch, Reducing Sugar =24%
			3	4.81	23.5	31	0	21.88	12.27	fed batch (1/4,3/4), RS(24%,24%)
			4	4.75	29.5	31	0	24.17	9.07	fed batch (1/4,3/4), RS(24%,24%)
	20.00 น.	6 ชม.	1	4.76	34.5	31	0	27.58	101.33	
			2	4.76	30	31	0	23.71	104	
			3	4.77	22.5	33	0	17.99	845.33	
			4	4.74	26.5	33	0	20.22	520	
	23.00 น.	9 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	* ก่อนเติม Molasses *
			2	-	-	-	-	-	-	ครั้งที่ 2
			3	4.67	21	34	3.3	16.21	669.33	
			4	4.71	24.5	34	2.9	18.87	645.33	
	24.00 น.	10 ชม.	1	-	-	-	-	-	-	* หลังเติม Molasses *
			2	-	-	-	-	-	-	ครั้งที่ 2
			3	4.62	39.5	31	1.6	25	184	
			4	4.64	38.5	30	1.5	26.99	120	
ค. 16/3/45	2.00 น.	12 ชม.	1	4.67	28.5	31	2.5	23.28	173.33	
			2	4.7	30	32	2.7	23.49	168	
			3	4.68	33.5	31	2.8	23.71	96	
			4	4.68	35	31	2.9	25.25	112	

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง สำหรับการทดลองครั้งที่ 6 เพื่อเปรียบเทียบการหมักแบบ Batch และ Fed Batch (ต่อ)

15-18 มี.ค. 45										
วัน/เดือน/ปี	เวลาใน		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
				pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell (x 10 ⁸ cell/cm ³)	
	การเก็บตัวอย่าง เก็บทุกๆ 6 ชม.									
ส. 16/3/45	8.00 น.	18 ชม	1	4.75	27	34	3.45	17.86	228	batch, Reducing Sugar =24%
			2	4.75	25.5	34	3.9	16.94	384	batch, Reducing Sugar =24%
			3	4.68	31.5	33	2	21.23	248	fed batch (1/4,3/4), RS(24%,24%)
			4	4.67	32.5	33	2.1	20.48	284	fed batch (1/4,3/4), RS(24%,24%)
	14.00 น.	24 ชม	1	4.72	23.5	38	5.52	16.72	384	
			2	4.77	21.5	38	5.59	16.62	440	
			3	4.69	28.5	37	5.18	20.8	352	
			4	4.69	29	36	4.75	20.32	412	
	20.00 น.	30 ชม	1	4.87	21.5	35	6.9	16.05	332	
			2	4.82	19.2	36	7.5	15.21	492	
			3	4.74	26	35	6.7	18.44	336	
			4	4.72	27	34	5.95	19.12	272	
อ. 17/3/45	2.00 น.	36 ชม	1	4.82	20.5	33	8.4	16.05	576	
			2	4.85	18.4	33	8.65	13.2	524	
			3	4.83	26	33	8.1	17.45	372	
			4	4.78	26	33	7.25	16.99	308	
	8.00 น.	42 ชม	1	4.82	18.6	32	9.2	10.84	496	
			2	4.82	16.8	31	9.7	11.51	404	
			3	4.73	23.5	32	8.4	16.46	372	
			4	4.72	23.5	32	8.4	16.36	292	

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง สำหรับการทดลองครั้งที่ 6 เพื่อเปรียบเทียบการหมักแบบ Batch และ Fed Batch (ต่อ)

15-18 มี.ค. 45 (ต่อ)										
วัน/เดือน/ปี	เวลาใน			ค่าการวิเคราะห์						
	การเก็บตัวอย่าง		ถังที่	pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell	หมายเหตุ
	เก็บทุก ๆ 6 ชม.								(x 10 ⁶ cell/cm ³)	
อ. 17/3/45	14.00 น.	48 ชม	1	4.79	17.2	32	10.3	10.79	388	batch, Reducing Sugar =24%
			2	4.79	15.8	32	10.7	9.81	400	batch, Reducing Sugar =24%
			3	4.71	23	32	9.8	16.25	276	Fed batch (1/4,3/4). RS(24%,24%)
			4	4.72	23	32	9.1	16.05	308	Fed batch (1/4,3/4). RS(24%,24%)
	20.00 น.	54 ชม	1	4.81	16.8	32	10.5	10.4	444	
			2	4.82	15.2	31	10.6	8.86	380	
			3	4.76	22	31	9.9	15.76	420	
			4	4.64	22	31	10.25	14.95	340	
จ. 18/3/45	2.00 น.	60 ชม	1	4.89	16.2	32	11.15	8.99	416	
			2	4.93	15	32	11.1	8.03	388	
			3	4.88	21.5	32	10.9	15.29	324	
			4	4.86	22	32	10.5	14.69	264	
	8.00 น.	66 ชม	1	4.84	15.5	31	11.1	7.88	332	
			2	4.86	14.2	31	10.75	7.54	476	
			3	4.78	20	32	10.7	15.11	308	
			4	4.77	20	32	10.3	14.28	248	
	14.00 น.	72 ชม	1	4.76	15	31	11.15	7.63	424	
			2	4.78	14	32	11.15	7.26	392	
			3	4.73	19.2	33	11.6	14.77	320	
			4	4.72	20	34	11.55	14.13	356	

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง จากการทดลองครั้งที่ 7
สำหรับการหมักแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 19%

14-17 มิย. 45									
เวลาใน		ค่าการวิเคราะห์							
การเก็บตัวอย่าง		ถังที่	pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell	หมายเหตุ
เก็บทุกๆ 6 ชม.								(x 10 ⁶ cell/cm ³)	
09.30 น.	0 ชม.	1	4.83	28.5	30	-	18.3	-	หมักแบบ batch
		2	4.8	31	31	-	20.27	-	(19% Reducing Sugar)
		3	4.8	28	31	-	18.14	-	* ก่อนเติม starter *
		4	4.8	28.5	31	-	17.88	-	
10.00 น.	0 ชม.	1	4.69	27.5	31	-	19.14	14.4	* หลังเติม starter *
		2	4.67	30.5	31	-	21.92	6.93	
		3	4.68	27.5	31.5	-	20.12	13.33	
		4	4.69	27.5	31.5	-	20.2	10.13	
16.00 น.	6 ชม.	1	4.78	27	32.5	-	19.08	9.07	
		2	4.73	30	32.5	-	21.82	8	
		3	4.75	26.5	33	-	19.73	12	
		4	4.72	27	33	-	19.96	12.53	
22.00 น.	12 ชม.	1	4.67	23	36	3.2	17.86	864	
		2	4.64	26.5	36	2.55	21.23	696	
		3	4.64	23	36	2.85	18.44	648	
		4	4.65	23	36	2.6	16.05	595.9	
4.00 น.	18 ชม.	1	4.8	20	38	6.1	7.95	437.3	
		2	4.81	23	38	5.5	9.04	362.7	
		3	4.76	19.6	36	5.7	8.02	432	
		4	4.76	19.4	35	5.8	7.57	544	

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง จากการทดลองครั้งที่ 7
สำหรับการหมักแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 19% (ต่อ)

(14-17 มิย 45)

เวลาใน		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
การเก็บตัวอย่าง			pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell	
เก็บทุกๆ 6 ชม.							(x 10 ⁶ cell/cm ³)		
10.00 น.	24 ชม.	1	4.72	17.4	32	7.35	6.97	661.3	
		2	4.74	17.6	34	7.2	8.43	581.3	
		3	4.67	16	33	7.55	7.13	704	
		4	4.68	17	31	7.15	7.19	554.6	
16.00 น.	30 ชม.	1	4.67	14.4	33	9.45	5.55	997.3	
		2	4.68	17.4	33	8.95	6.74	970.7	
		3	4.63	14	33.5	8.65	5.9	576	
		4	4.61	14	33	8.6	6.11	757.3	
22.00 น.	36 ชม.	1	4.76	13.4	33	9.8	4.02	1088	
		2	4.77	15.6	34	10	4.42	746.66	
		3	4.7	13.4	34	9.55	4.03	1002	
		4	4.71	13.4	33	9.5	3.86	912	
4.00 น.	42 ชม.	1	4.74	13.2	34	9.2	3.78	933.33	
		2	4.77	15	34	9.85	4.23	869.33	
		34	4.73	13.2	33	8.65	3.97	917.33	
			4.73	13.2	33	8.8	3.75	810.66	
10.00 น.	48 ชม.	1	4.73	13.2	33	9.45	3.79	1082.66	
		2	4.74	13.8	35	10.25	3.97	864	
		3	4.67	12.8	34	9.15	3.85	794.66	
		4	4.65	12.6	34	9.3	3.58	682.66	

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง จากการทดลองครั้งที่ 8
สำหรับการหมักแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 21 %
(21-24 มิย 45)

วัน/เดือน/ปี	เวลาใน		ถังที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (x 10 ⁶ cell/cm ³)	หมายเหตุ
	การเก็บตัวอย่าง			pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar		
	เก็บทุกๆ 6 ชม.									
ด. 22/6/45	08.30 น.	0 ชม.	1	4.76	30.5	30.5	-	22.96	-	* ก่อนเติม starter *
			2	4.75	32	31	-	22.18	-	
			3	4.76	28.5	30	-	20.05	-	
			4	4.73	30	31	-	20.05	-	
	09.00 น.	0 ชม.	1	4.73	30.5	31	-	21.9	5.6	* หลังเติม starter *
			2	4.72	31.5	31	-	21.54	7.46	
			3	4.73	28	31	-	19.83	9.33	
			4	4.71	29.5	31	-	19.83	7.2	
	15.00 น.	6 ชม.	1	4.71	30	31	-	17.93	244	
			2	4.7	30	32	-	18.18	213.33	
			3	4.74	28	32	-	16.05	125.33	
			4	4.73	28.5	32	-	16.67	280	
	21.00 น.	12 ชม.	1	4.77	27.5	33.5	1.8	12.32	456	
			2	4.74	27.5	32	1.6	12.89	487.99	
			3	4.72	26	32.5	1.5	15.04	411.99	
			4	4.68	25.5	34	1.85	12.7	528	
จ. 23/6/45	03.00 น.	18 ชม.	1	4.67	25	33	4	12.33	592	
			2	4.69	25.5	32	4.8	11.89	544	
			3	4.65	21.5	34	4.5	9.28	656	
			4	4.66	21	34	4.5	10.34	661.33	
ด. 23/6/45	09.00 น.	24 ชม.	1	4.73	19	35	7.55	10.75	1264	
			2	4.72	19.2	34	7.2	10.75	1424	
			3	4.69	17	35	7	9.02	1024	
			4	4.67	16.6	35	7.2	9.74	1072	
	15.00 น.	30 ชม.	1	4.72	17.2	33.5	9.35	9.95	821.33	
			2	4.74	16.4	32	8.7	10.42	725.33	
			3	4.67	14.6	33	8.9	8.78	874.67	
			4	4.67	14.2	32	9.15	9.24	848	
	21.00 น.	36	1	4.72	14.6	34	10.5	6.68	1168	
			2	4.71	14.6	33	10.85	6.42	997.33	
			3	4.7	13.4	32.5	9.9	5.53	986.66	
			4	4.7	13.4	31	9.5	5.99	778.66	
จ. 24/6/45	03.00 น.	42 ชม.	1	4.75	15.2	32	10.7	4.88	1402.66	
			2	4.75	14.6	31	10.5	4.94	896	
			3	4.7	13.8	32	9.5	4.5	1040	
			4	4.72	13.6	31	9.2	4.95	1104	
	09.00 น.	48 ชม.	1	4.64	14	32	10.5	4.37	880	
			2	4.63	14.4	32	10.4	5.17	986.66	
			3	4.61	13.4	32	9.3	3.87	826.67	
			4	4.61	13	32	9.2	3.89	880	

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง จากการทดลองครั้งที่ 9
สำหรับการหมักแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 21 %
(24-27 มิย 45)

วัน/เดือน/ปี	เวลาใน		ถึงที่	ค่าการวิเคราะห์						หมายเหตุ
	การเก็บตัวอย่าง			pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar	จำนวน cell (x 10 ⁶ cell/cm ³)	
	เก็บทุกๆ 6 ชม.									
อ. 25/6/45	13.30 น.	0 ชม.	1	4.73	30	31	-	19.3	-	* ก่อนเติม starter *
			2	4.73	32	31	-	20.29	-	
			3	4.75	29	31	-	18.95	-	
			4	4.72	29.5	31	-	21.21	-	
	14.00 น.	0 ชม.	1	4.72	29	31	-	20.7	10.13	* หลังเติม starter *
			2	4.7	32	31	-	21.12	4.27	
			3	4.72	29	31	-	20.72	5.33	
			4	4.71	29.5	30.5	-	20.36	6.67	
	20.00 น.	6 ชม.	1	4.77	28.5	32	-	18.08	322.67	
			2	4.79	31.5	32	-	18.96	256	
			3	4.81	28.5	32.5	-	17.69	266.67	
			4	4.78	28.5	32	-	16.81	290.67	
พ. 26/6/45	02.00 น.	12 ชม.	1	4.9	24.5	36	4	13.16	939.9	
			2	4.85	28.5	34	2.6	12.56	677.3	
			3	4.86	25	34	3	13.23	666.7	
			4	4.85	24.5	35	3.1	12.82	853.3	
	08.00 น.	18 ชม.	1	4.8	20.5	34	6.33	10.26	885.3	
			2	4.81	25.5	33	4.3	11.02	554.7	
			3	4.78	21.5	34	5.2	10.68	906.7	
			4	4.77	21.5	33	5.2	10.64	730.7	
พ. 26/6/45	14.00 น.	24 ชม.	1	4.75	17	34	9	8.58	960	
			2	4.74	22	34.5	6.8	9.14	805.3	
			3	4.69	17.4	34.5	8	9.41	1013.3	
			4	4.7	17.4	34	7.9	8.94	1016.3	
	20.00 น.	30 ชม.	1	4.79	14.6	32	10.5	5.16	960	
			2	4.75	19.2	33	8.45	6.12	944	
			3	4.7	14.6	33	9.7	4.28	896	
			4	4.7	14.4	33	9.4	5.08	922.66	
พญ. 27/6/45	02.00 น.	36 ชม.	1	4.72	14.4	32	10.5	4.34	848	
			2	4.7	17.2	32	9.75	5.4	704	
			3	4.7	14.2	32	9.75	3.88	778.66	
			4	4.7	14	31	9.6	4.1	757.66	
	08.00 น.	42 ชม.	1	4.79	14.6	31	10.35	3.86	933.33	
			2	4.78	16	32	11	4.9	666.66	
			3	4.76	14	30	9.95	3.64	981.33	
			4	4.73	13.8	31	9.6	3.69	1066.66	
	14.00 น.	48 ชม.	1	4.83	14	32	10.45	3.3	1104	
			2	4.82	15	32	11.8	3.32	896	
			3	4.8	13.6	32	10.1	3.58	1050.66	
			4	4.8	13.6	32	9.75	3.47	752	

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์การหมักแอลกอฮอล์ในถังขนาด 2500 ลิตร จำนวน 4 ถัง จากการทดลองครั้งที่ 10 สำหรับการหมักแบบ Batch ที่ความเข้มข้นน้ำตาลเริ่มต้น 20 % (17- 19 สค 45)

วัน/เดือน/	เวลาใน	การเก็บตัวอย่าง	ถึงที่	ค่าการวิเคราะห์					จำนวน cell (x 10 ⁶ cell/cm ³)	หมายเหตุ
				pH	%Brix	Temp	%Alcohol	Reducing Sugar		
ส. 17/8/45	10.00 น.	0 ชม.	1	4.73	28.5	29	-	17.35	-	20% Reducing sugar * ก่อนเติม starter *
			2	4.65	36	30	-	20.49	-	
			3	4.06	33	30	-	20.33	-	
			4	4.7	27	30	-	17.12	-	
	11.00 น.	0 ชม.	1	4.66	29	29	0	18.07	3.2	* หลังเติม starter *
			2	4.63	34	30	0	20.73	4.8	
			3	4.62	32.5	30	0	21.86	4.53	
			4	4.66	27.5	30	0	19.35	4.27	
	16.00 น.	6 ชม.	1	4.64	28	30	0	16.79	8.53	
			2	4.62	33.5	30	0	20.01	18.13	
			3	4.63	32	30	0	19.49	20.53	
			4	4.69	27	30	0	16.33	32.27	
	22.00 น.	12 ชม.	1	4.67	26	31	1.8	14.84	715.99	
			2	4.63	33	31	0.5	18.14	363.99	
			3	4.62	30	32	2	14.76	648	
			4	4.72	25	31.5	1.6	12.99	519.99	
ซา 18/8/45	4.00 น.	18 ชม.	1	4.69	23	34	4.3	9.63	1.616	
			2	4.63	30.5	32	2.7	13.67	928	
			3	4.66	27.5	31	3.7	12.38	1.360	
			4	4.72	22	31	3.9	10.66	1.242.67	
ซา 18/8/45	10.00 น.	24 ชม.	1	4.72	17.8	36	7.1	5.93	560	
			2	4.64	25.5	38	6	7.47	570.67	
			3	4.64	22	37	7.1	7.29	666.67	
			4	4.63	16.6	39	7.1	5.83	666.67	
	16.00 น.	30 ชม.	1	4.72	15.8	32	9	5.77	650.67	
			2	4.7	23	32	7.8	6.94	586.67	
			3	4.67	20.2	32	9	7.02	709.33	
			4	4.62	14.6	32	8.6	4.05	693.33	
	22.00 น.	36 ชม.	1	4.7	14.4	30	9.8	3.28	890.67	
			2	4.7	21	33	9.4	5.83	592	
			3	4.69	19.2	31	9.8	6.13	656	
			4	4.72	14	31	9.1	3.36	1,018.67	
จ. 19/8/45	4.00 น.	42 ชม.	1	4.75	14.6	32	9.6	2.9	1,189.30	
			2	4.78	19.8	31	10.3	5.56	976	
			3	4.78	18	31	10.5	5.54	954.67	
			4	4.78	14.2	32	9.2	2.94	896	
	10.00 น.	48 ชม.	1	4.77	14.4	28	9.6	2.83	1,109.33	
			2	4.75	18.6	30	11.05	4.91	714.67	
			3	4.75	16.6	29	10.9	4.75	794.67	
			4	4.73	13.8	28	8.8	2.66	874.67	

ภาคผนวกที่ 11.5

สรุปโครงการ (Executive Summary)

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

เนื่องจากปัญหาการเกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและการปนเปื้อนของแหล่งน้ำใต้ดิน จาก methyl-tert-butyl ether (MTBE) ซึ่งปัจจุบันใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน จึงได้มีการนำเอทิลแอลกอฮอล์ มาใช้ในการเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน (เอทานอล) แทน MTBE โดยมีแนวโน้มว่าในอนาคตอันใกล้จะมีกฎหมายห้ามใช้สารดังกล่าว (รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ออกกฎหมายห้ามใช้ MTBE ในปี 2002, CHEMICAL ENGINEERING www.che.com, OCT 2000) นอกจากนี้ในแง่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รถที่ใช้ น้ำมันผสมเอทานอล จะปล่อยควันเสียที่มีปริมาณของมลพิษต่ำลง โดย THC ลดลงประมาณ 6.2-8.5% CO ลดลงประมาณ 23.2-39.1% และ NO_x ลดลงประมาณ 12.2-13.4% จากปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม จึงมีแนวโน้มว่าจะมีการเพิ่มปริมาณการใช้ เอทานอล มาใช้ร่วมกับน้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียมบางส่วนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นอกจากนี้เอทานอลยังถูกใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรมหลายอย่าง ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางและยา ใช้ในการแพทย์และอื่นๆ โดยปัจจุบันยังมีการนำเอทานอลหลังกระบวนการกลั่นให้บริสุทธิ์เข้าประเทศ

สำหรับสถานะการณ์เชื้อเพลิงในเมืองไทย เนื่องจากปัจจุบันน้ำมันเชื้อเพลิงได้มีราคาเพิ่มสูงขึ้นมากมีความไม่แน่นอนของราคาโดยมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต รัฐบาลได้มีนโยบายสนับสนุนการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยการลดอัตราภาษีให้ ทางบริษัทผู้ผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ได้แก่ ปตท. และบางจาก ได้เริ่มดำเนินการทดลองนำน้ำมันเชื้อเพลิงผสมแอลกอฮอล์จำหน่ายแก่ประชาชนตามปั้มน้ำมันบางแห่ง โดยใช้แอลกอฮอล์จากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์ต้นแบบของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และโรงงานต้นแบบของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ผลิตแอลกอฮอล์ 99.5% ไปผสมน้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 1:10 ปรากฏว่าได้รับความสนใจจากประชาชนเป็นอย่างดี จากการพิจารณาข้อมูลขั้นต้นพบว่า โครงการผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดายังขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัย ไม่สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้เต็มกำลังความสามารถของโรงงานต้นแบบ ซึ่งขณะนี้ทางโครงการฯ ยังได้รับการบริจาคเครื่องแปรรูปแอลกอฮอล์จาก 95% เป็น แอลกอฮอล์ 99.5% จำนวน 2 ราย เพื่อทดสอบการแปรรูปด้วยกระบวนการที่ใช้ membrane และกระบวนการที่ใช้ molecular sieve จึงมีความต้องการปรับปรุงกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตลอดจนการจัดตารางเวลาที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตในกระบวนการหมัก

กระบวนการกำจัดน้ำเสียเป็นปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล เนื่องจากในน้ำกากส่ามีสารอินทรีย์ปริมาณสูงจากทั้งเซลล์ยีสต์และน้ำตาลที่เหลือจากการหมักทำให้มีความ

ลำบากในการจัดการน้ำกากส่าเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด ในการเวียนกลับน้ำกากส่าส่วนหนึ่ง เพื่อนำกลับมาใช้ในกระบวนการหมักเอทานอล และ การผลิตเชยีสต์เพื่อเป็นการลดต้นทุนของที่ใช้ ในกระบวนการผลิต และลดปริมาณน้ำเสียที่ต้องกำจัด เนื่องจากน้ำกากส่าเป็นน้ำทิ้งจากกระบวนการกลั่น มีปริมาณมาก ถึง 90 % ของปริมาณของเหลวที่ได้จากการหมัก นอกจากนี้ น้ำกากส่ายัง มีสารที่เป็นประโยชน์ต่อการหมัก เช่น น้ำตาล ที่หมักไม่หมด และสารจากเชยีสต์ที่แตกตัวตอน กลั่น เมื่อนำน้ำกากส่ามาผสมกับกากน้ำตาลซึ่งเป็นวัตถุดิบ จะช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหารและน้ำตาลให้แก่การหมัก ทำให้เป็นผลดีต่อการหมัก

โดยการพัฒนาเทคโนโลยีในการหมักเอทานอล จะช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการหมัก ลดปริมาณพลังงานที่ใช้ในการกลั่น และลดปริมาณน้ำทิ้งจากการกลั่น เป็นการลดต้นทุน การผลิตแอลกอฮอล์สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง โดยเทคโนโลยีที่ได้สามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการขยายแหล่งผลิตและ ขนาดของการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ต่อไป

2. วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อวิเคราะห์การผลิตแอลกอฮอล์ของโรงงานต้นแบบผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
- 2) เพื่อปรับปรุงกระบวนการหมัก
- 3) เพื่อหาแนวทางการผลิตโปรตีนจากยีสต์ร่วมกับการผลิตแอลกอฮอล์

3. ระเบียบวิธีการวิจัย

- 3.1 เก็บข้อมูลการดำเนินการหมักของโครงการผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงของโครงการส่วนพระองค์ฯ
- 3.2 วิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อทำการพัฒนากรรณวิธีการหมักแอลกอฮอล์
- 3.3 ทำการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเอทานอล ระดับโรงงานต้นแบบของโครงการส่วนพระองค์
- 3.4 ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอล
- 3.5 ทำการทดลองและจัดทำตารางสำหรับการหมัก 2 รอบต่อสัปดาห์
- 3.6 ทำการทดลองใช้กากส่าเพื่อเป็นสับสเตรทในการผลิตแอลกอฮอล์
- 3.7 ทำการทดลองใช้กากส่าเพื่อผลิตเชยีสต์โปรตีน
- 3.8 จัดทำรายงานสรุปและตีพิมพ์ผลงาน

กิจกรรม	ผลการดำเนินงาน	หมายเหตุ
1) เก็บข้อมูลการดำเนินการโครงการผลิตแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงของโครงการส่วนพระองค์ฯ	ได้ข้อมูลกระบวนการผลิตของโรงงาน ตารางการดำเนินงานก่อนเริ่มงานวิจัย	กระบวนการแบบครึ่งคราว ใช้เวลา 72 ชั่วโมงต่อการหมัก 1 batch, 1 batch ต่อสัปดาห์ (รายละเอียดการดำเนินการมีในภาคผนวก) หมักได้เอทานอล 7-8% กลั่นได้ 95%, 700 ลิตร
2) วิเคราะห์กระบวนการผลิต เพื่อทำการพัฒนากรรมวิธีการหมักแอลกอฮอล์	ได้แผนงานเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตของโรงงาน	ปัจจัยหลักที่ปรับปรุงคือแนะนำให้ใช้ปริมาณน้ำตาลตั้งต้น, ปริมาณหัวเชื้อ การควบคุมอุณหภูมิ, ช่วงเวลาดำเนินกิจกรรมที่เหมาะสม
3) ศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีการวิเคราะห์เช่น - การวิเคราะห์น้ำตาล - การนับเซลล์	นักวิทยาศาสตร์ของโครงการมีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นประโยชน์และจำเป็นต่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสภาพของการหมัก	
4) ทำการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักเอทานอล ระดับโรงงานต้นแบบของโครงการส่วนพระองค์ฯ	สามารถเพิ่มความเข้มข้นแอลกอฮอล์จาก 7-8 % (72 ชั่วโมง) เป็น 11-12% (72 ชั่วโมง) หรือ เป็น 10-11% (48 ชั่วโมง) ปริมาณเอทานอลที่ได้ต่อกากน้ำตาลที่ใช้สูงขึ้น	รายละเอียดขั้นตอนและผลการทดลองอยู่ในหัวข้อที่ 5) รายงานการทดลอง การเพิ่มประสิทธิภาพของการหมักแอลกอฮอล์
5) ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการกลั่นเอทานอล	สามารถกลั่นได้ที่ประสิทธิภาพสูงขึ้นได้เอทานอล 95% เพิ่มขึ้นจาก 700 ลิตรต่อครั้ง เป็น 900-970 ลิตรต่อครั้ง โดยประสิทธิภาพการกลั่นสูงขึ้น (อัตราการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่ำลง)	ปัจจัยหลักที่ปรับปรุงคือ การปรับอัตราการไหลเข้าออกให้เหมาะสมกับน้ำส่าที่ได้ การเพิ่มขนาดพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนในช่วงกั่นหอ, การควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม และการทำความสะอาดภายในหอกลั่น
6) ทำการทดลองและจัดทำตารางสำหรับการหมัก 2 รอบต่อสัปดาห์	สามารถหมักได้ 10-11% ในเวลา 48 ชั่วโมง ได้ 95% เอทานอล 900-950 ลิตรต่อรอบ หมักได้ 2 รอบ ต่อสัปดาห์ ได้ 1800-1900 ลิตรต่อสัปดาห์	ได้ข้อมูลการดำเนินการสำหรับช่วงที่ต้องการเพิ่มกำลังการผลิต โดยไม่ต้องเพิ่มอุปกรณ์ แต่ต้องเพิ่มค่าล่วงเวลาคนงาน 2 คน 1/2 วัน
7) ทำการทดลองใช้กากส่าเพื่อเป็นสับสเตรทในการผลิตแอลกอฮอล์	ได้ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางการนำกากส่าไปใช้ในการผลิตเอทานอล	รายละเอียดขั้นตอนและผลการทดลองอยู่ในหัวข้อที่ 6) รายงานการศึกษากากส่ามาใช้ในการผลิต Single cell protein และหมักแอลกอฮอล์
8) ทำการทดลองใช้กากส่าเพื่อผลิตเซลล์โปรตีน	ได้ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางการนำกากส่าไปใช้ในการผลิตเซลล์โปรตีน	รายละเอียดขั้นตอนและผลการทดลองอยู่ในหัวข้อที่ 6) รายงานการศึกษากากส่ามาใช้ในการผลิต Single cell protein และหมักแอลกอฮอล์