

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2548). “โครงการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมและประชาสัมพันธ์ความรู้ด้านก๊าซชีวภาพ” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

www2.dede.go.th/km_ber/e-learn/lesson4.pdf. (4 เมษายน 2554).

กรมวิชาการเกษตร. (2526). *มันสำปะหลัง*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สหสารการพิมพ์. 163 หน้า.

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2540). “อุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันสำปะหลัง”. [ระบบออนไลน์].

แหล่งที่มา <http://www.diw.go.th/> (13 กรกฎาคม 2552).

กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2550). เทคโนโลยีแป้ง. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 303 หน้า.

การจัดการความรู้ เครือข่ายทางสังคม แหล่งเรียนรู้ทางการเกษตรวงใหญ่. (2552). “การเพาะเห็ดฟางแบบกองเตี้ยจากกากมันสำปะหลัง” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

<http://gotokmnow.org/blog/wangyai1/185831>. (20 กรกฎาคม 2552).

การไฟฟ้านครหลวง. (2554). “อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา

www.eppo.go.th/power/pw.rate.MEA.html. (4 เมษายน 2554).

กุลยา จันทร์อรุณ. (2533). *เคมีอาหาร*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา กรมการศาสนา, 315 หน้า.

ธีรภัทร ศรีนรบุตร, เลิศลักษณ์ แก้ววิมล และ ละเอียด แซ่โจ้ว. (2549). *การย่อยกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเชื้อเพลิงเอทานอลในประเทศไทย*. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ปตท.(2554). “ราคาเชื้อเพลิง”. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา. <http://gasprice.kapook.com>. (4 เมษายน 2554).

พิชยา สวยศม และคณะ.(2550) รายงานวิจัยเรื่อง สมรรถนะการผลิตแก๊สชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยความร้อนหรือเอนไซม์. สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฟาร์มเกษตร.(2546). “แผนภาพประโยชน์ของมันสำปะหลัง” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://farmkaset.org/images/cassava_products/cassava01.jpg. (20 กรกฎาคม 2552).

มันสิน ตัญญูเวศน์.(2542). เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 242 หน้า.

มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย.(2545). “มันสำปะหลัง การผลิต การแปรรูป การใช้ประโยชน์”, เอกสารประกอบการฝึกอบรมโครงการพัฒนาศักยภาพการผลิตและการตลาดมันสำปะหลัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณกมลกิจฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2550). “การใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารสัตว์.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.rdi.ku.ac.th/kufair50/animal/11_12_animal/11_2animal.html. (13 กรกฎาคม 2552).

ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.(2551). “มันสำปะหลัง เพื่อผลิตเอทานอล.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://web.sut.ac.th/> (20 กรกฎาคม 2552).

สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2551). “โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลัง.” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.erdi.or.th/~biogasstarch/> (20 กรกฎาคม 2552).

สันต์ เตชะกัมพูช.(2548). *เคมีทั่วไป เล่ม 1*. พิมพ์ครั้งที่ 8 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 380 หน้า.

สันต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์.(2549). *ระบบบำบัดน้ำเสีย*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อปจำกัด, 560 หน้า.

สุวิมล ไตวิวิชัย.(2529). *เคมีในคหกรรมศาสตร์*. เชียงใหม่ : ไม่ปรากฏที่พิมพ์, 219 หน้า.

โสภณ เรืองสำราญ และคณะ.(2539). *อินทรีย์เคมี 2*. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 304 หน้า

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. (2553). “สถานการณ์มันสำปะหลังไทย” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://agri.dit.go.th> (12 กุมภาพันธ์ 2554).

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(2552). “คาร์โบไฮเดรต” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://pirun.ac.th/~fsciwapa/download/problem221/biomolecule2.doc>.

อุดมเกียรติ พรรชนประเทศ.(2536). “อิทธิพลของการย่อยสลายด้วยกรดและเอนไซม์ต่อองค์ประกอบของน้ำตาลจากแป้ง 4 ชนิด”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Agu,R.C., Amadife,A.E., Ude,C.M., Onyia,A., Ogu,E.O., Okafor,M. and Ezejiofor, E. (1997). Combined heat treatment and acid hydrolysis of cassava grate waste (CGW) biomass for ethanol production. *Waste Management Vol.17*, 91-96.

APHA, AWWA and WPCF.(2005). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater*, Washington D.C., American Public Health Association Inc.

Bemiller, J.N. and Roberts, H.J.(1965). *Starch chemistry and Technology Vol.1*, Academic Press., New York and London.

Cuzin, N., Farinet, J.L., Segretain, C. and Labat, M. (1992). Methanogenic Fermentation of Cassava Peel Using a Pilot Plug Flow Digester. *Bioresource Technology* 41, 259-264.

EM Group Company Limited.(2546). “ทฤษฎีเบื้องต้นของระบบก๊าซชีวภาพ”[ระบบออนไลน์]
แหล่งที่มา http://www.em-group.co.th/technology_theory%20of%20biogas.html.
(13 กรกฎาคม 2552).

Knill, C.J and Kennedy, J.F. (2003). Degradation of cellulose under alkaline conditions. *Carbohydrate polymer* 51, 281-300.

Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry* 31, 426-428.

Nutrition resources (2011). “Chemistry reviews: Carbohydrates” [Online] Sources
<http://nutrition.jbpub.com/resources/chemistryreview9.cfm> (12 February 2011).

Pandey, A. (2000). Biotechnological Potential of Agro-Industrial Residues II: Cassava Bagasse, *Bioresource Technology* 74, 81-87.

Sriroth, K., Rojanaridpiched, C., Vichukit, V., Suriyaphan, P., Oates, C.G. (2000a). Present situation and future potential of cassava in Thailand. Paper presented at The 6th regional cassava workshop. 11-26 Feb., Ho Chi Minh city, Vietnam.

Sritoth, K., Chollakup, R., Chotneeranat, S., Piyachomkwan, K. and Oates, C. G.. (2000b). Processing of cassava waste for improved biomass utilization. *Bioresource Technology*. 71, 63-69.

Stacy, C.J., Foster, J.F. and Eslander, S.R, (1956). *Makromol Chem.*, 17, 181.

Taherazdeh, M.J and Karimi, K. (2007). Acid-Based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A Review. *Bioresource* 2(3), 472-499.

Tasic, M.B., Konstantinovic,B.V., Lazic, M.L. and Veljkovic,V.B. (2009). The acid hydrolysis of potato tuber mash in bioethanol production. *Biochemical Tech* 43, 208-210.

Whistler,R.L. and Bemiller, J.N.(1958). *Advan. Carbohydrate Chem.*,13, 289.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การเตรียมตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

การเตรียมตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก

วิธีการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทำโดยการนำกากมันสำปะหลัง 2%TS มาหมักกับตะกอนในอัตราส่วน F/M = 0.5 เป็นเวลา 30 วัน สำหรับวิธีการคำนวณหาปริมาณตะกอนและกากมันที่ต้องใช้มีดังนี้

ก.1 การเจือจางตะกอนที่มีปริมาณของแข็งระเหยประมาณ 20,000 มก./ล.

เนื่องจากปริมาณของแข็งระเหยของตะกอนเริ่มต้นเท่ากับ 57,821 มก./ล.

ถ้าต้องการเตรียมตะกอนให้ได้ ~ 20,000 มก./ล. ปริมาณ 1 ลิตร จะต้องใช้ตะกอนเริ่มต้นเท่ากับเท่าไร?

$$\text{จาก } N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$57,821 V_1 = 20000(1)$$

$$V_1 = 0.35 \text{ L หรือ } 0.4 \text{ L}$$

ดังนั้น ต้องเจือจางตะกอนเริ่มต้น 0.4 ลิตร ให้มีปริมาตรรวมเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

จะได้ตะกอนที่มีค่าของแข็งระเหยประมาณ 23,500 มก./ล.

ก.2 การหาอัตราส่วนของปริมาณกากมัน 2%TS ต่อปริมาณตะกอนที่เจือจางแล้ว

เนื่องจากกากมันที่ใช้มีปริมาณของแข็งรวมซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณของแข็งระเหยเท่ากับ 20,000 มก./ล. และต้องการเลี้ยงในอัตราส่วน F/M = 0.5 หรือ ½

ดังนั้น ในกรณีที่ใช้กากมัน 2%TS 1 ลิตร ต้องใช้ตะกอนที่มีของแข็งระเหยเท่ากับ 40,000 มก./ล.

$$\text{จาก } N_1 V_1 = N_2 V_2$$

$$23,500 V_1 = 40000(1)$$

$$V_1 = 1.7 \text{ L}$$

จะต้องใช้ตะกอนที่เจือจางแล้ว 1.7 ลิตร

ดังนั้น อัตราส่วนของกากมัน 2%TS ต่อตะกอนที่เจือจางแล้วเท่ากับ 1 ต่อ 1.7 โดยการศึกษาได้นำ

กากมัน 2%TS 7 ลิตร มาหมักกับตะกอนที่เจือจางแล้ว 12 ลิตร เป็นเวลา 30 วัน

ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ด้วยวิธี Dinitrosalicylic Colorimetric Method

ขั้นตอนการวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข.1 การเตรียม Standard Curve

- เตรียมสาร 3,5-Dinitrosalate (DNS) reagent และเก็บไว้ในขวดสีชา
- เตรียมสารละลายกลูโคสที่มีความเข้มข้นต่างๆ ดังนี้ 0,1,2,4,8 และ 10 กรัม/ลิตร
- ปิเปตสารละลายกลูโคสใส่ในหลอดทดลองปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม

DNS reagent ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด และผสมให้เข้ากัน

- นำหลอดทั้งหมดไปตั้งไว้ใน boiling bath เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงโดยย้ายมาตั้งไว้ใน ice bath

- เติมน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยใช้หลอดน้ำกลั่นเป็น

ตัวเปรียบเทียบ

- นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคสต่อปริมาณกลูโคส

ข.2 การวัดปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

- ทำการปิเปตสารละลายตัวอย่าง ใส่ในหลอดทดลองปริมาณ 1 มิลลิลิตร จากนั้นทำการเติมสาร DNS reagent ลงในหลอดทดลองปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด และผสมให้เข้ากัน

- นำหลอดทั้งหมดไปตั้งไว้ใน boiling bath เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำให้เย็นลงโดยย้ายมาตั้งไว้ใน ice bath

- เติมน้ำกลั่นปริมาณ 10 มิลลิลิตร ลงในแต่ละหลอด
- วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร โดยใช้หลอดน้ำกลั่นเป็น

ตัวเปรียบเทียบ

- นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์

ภาคผนวก ค

ค่าทางสถิติการวิเคราะห์ปัจจัยและสถานะที่เหมาะสมของการเกิดปฏิกิริยา

ไฮโดรไลซิสกากมันสำปะหลังด้วยสารกรดและด่าง

ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยวิธี Design of Experiment เป็นวิธีที่ใช้ในการเปรียบเทียบของทุกสภาวะ โดยกำหนดระดับของความมีนัยสำคัญที่ 0.05 และให้ผลของปัจจัยที่มีผลต่อดัชนีชี้วัด มีค่าดังต่อไปนี้

ก.1 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด

Factorial Fit: Reducing Sugar (versus pH, Temperature, Time

Estimated Effects and Coefficients for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		222.5	0.1339	1662.46	0.000
pH	-422.5	-211.2	0.1339	-1578.22	0.000
Temperature	400.8	200.4	0.1339	1496.98	0.000
Time	16.3	8.2	0.1339	61.07	0.000
pH*Temperature	-398.7	-199.3	0.1339	-1489.32	0.000
pH*Time	-15.7	-7.9	0.1339	-58.65	0.000
Temperature*Time	5.5	2.7	0.1339	20.36	0.002
pH*Temperature*Time	-5.5	-2.7	0.1339	-20.54	0.002
Ct Pt		-205.9	0.2563	-803.16	0.000



S = 0.378594 PRESS = *
R-Sq = 100.00% R-Sq(pred) = *% R-Sq(adj) = 100.00%

Analysis of Variance for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	678748	678748	226249	1578484.35	0.000
2-Way Interactions	3	318476	318476	106159	740641.31	0.000
3-Way Interactions	1	60	60	60	422.09	0.002
Curvature	1	92460	92460	92460	645072.10	0.000
Residual Error	2	0	0	0		
Pure Error	2	0	0	0		
Total	10	1089745				

Unusual Observations for Reducing Sugar (mg/g dry pulp)

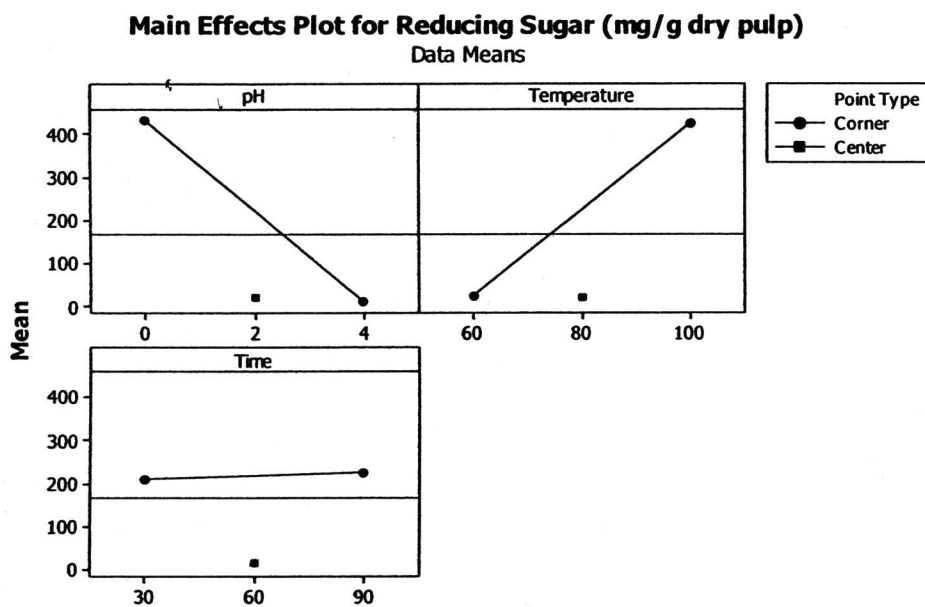
Obs	StdOrder	Reducing Sugar (mg/g dry pulp)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	2	9.900	9.900	0.379	0.000	* X
2	5	44.600	44.600	0.379	-0.000	* X
3	3	812.000	812.000	0.379	-0.000	* X
6	4	12.000	12.000	0.379	0.000	* X
7	8	12.600	12.600	0.379	0.000	* X
8	1	23.500	23.500	0.379	-0.000	* X
9	6	10.600	10.600	0.379	0.000	* X
10	7	855.000	855.000	0.379	0.000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

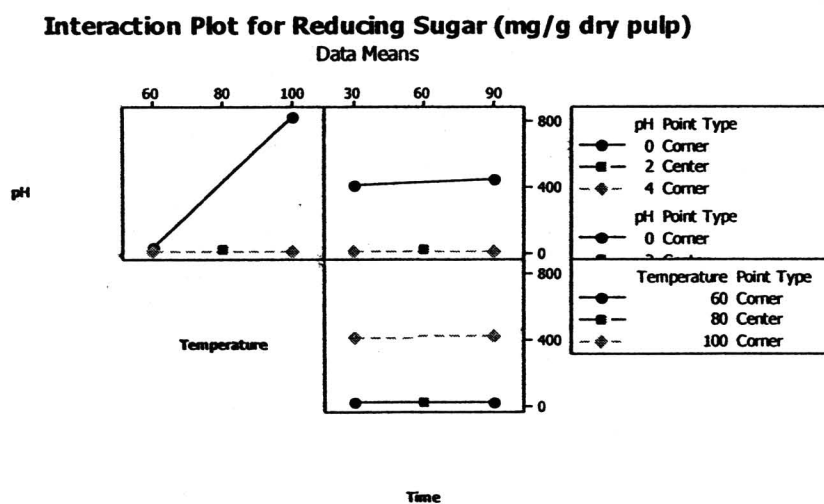
Estimated Coefficients for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	-1153.38
pH	289.925
Temperature	19.4388
Time	-0.195833
pH*Temperature	-4.84625
pH*Time	0.0525000
Temperature*Time	0.00912500
pH*Temperature*Time	-0.00229167
Ct Pt	-205.858

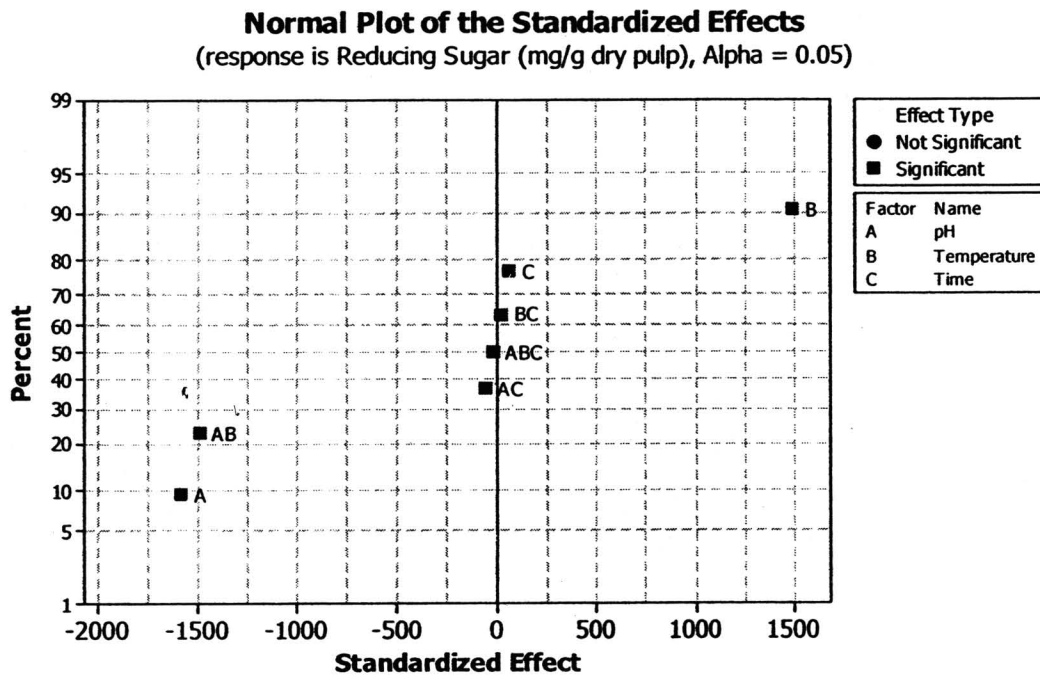
ค.2 กราฟแสดงผลปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



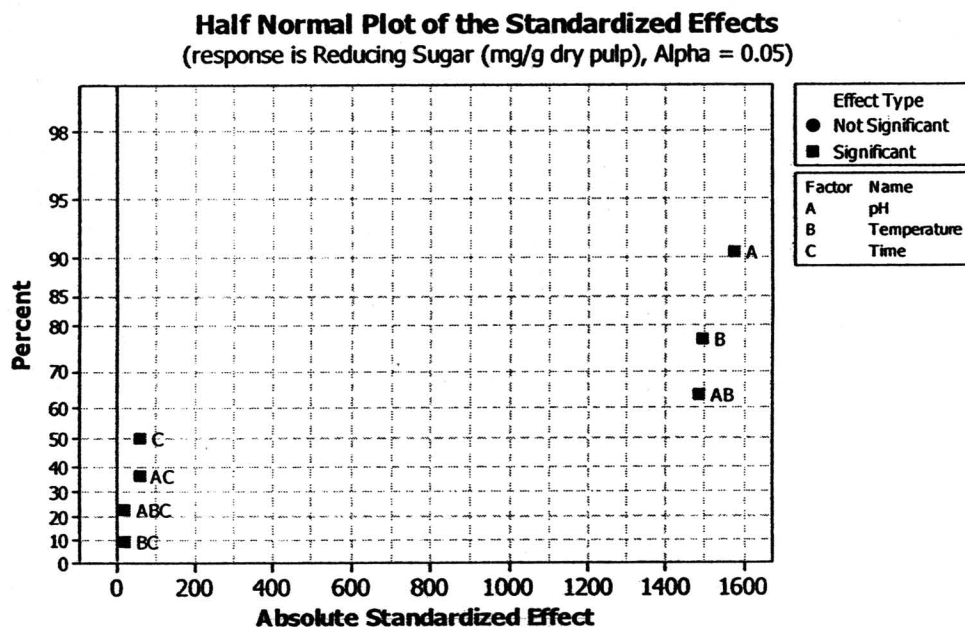
ค.3 กราฟแสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



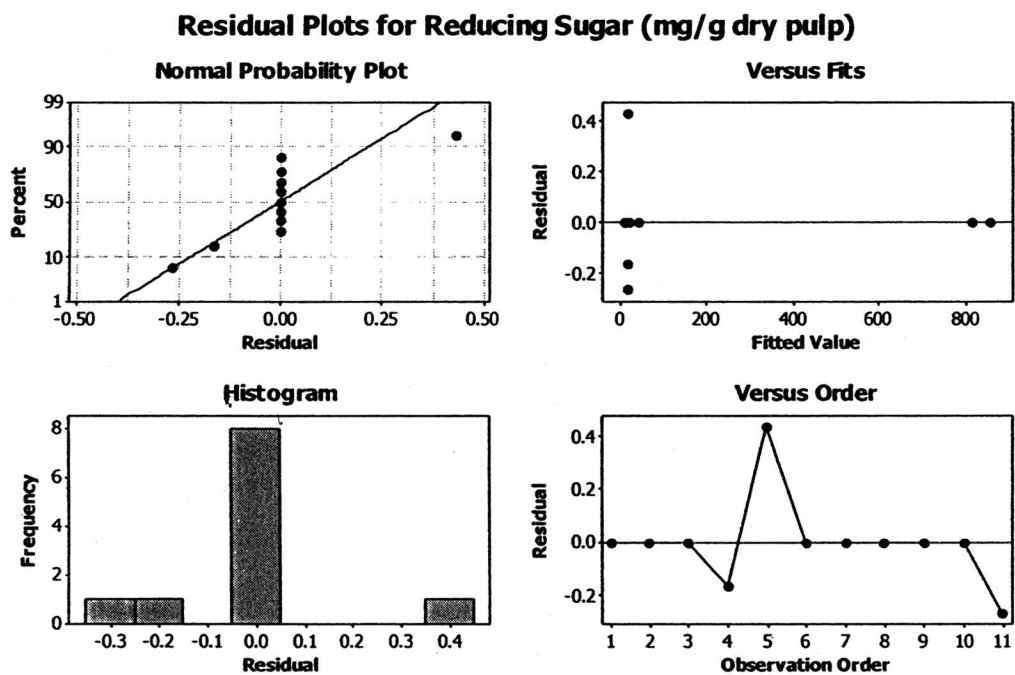
ก.4 กราฟ Normal plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



ก.5 กราฟ Half plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



ก.6 กราฟ Residual plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



ก.7 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโครไลซิสด้วยสารกรด

Factorial Fit: VFA (mg/g dry pulp) versus pH, Temperature, Time

Estimated Effects and Coefficients for VFA (mg/g dry pulp) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		25.65	0.4067	63.07	0.000
pH	-22.60	-11.30	0.4067	-27.78	0.001
Temperature	10.20	5.10	0.4067	12.54	0.006
Time	7.85	3.92	0.4067	9.65	0.011
pH*Temperature	-8.10	-4.05	0.4067	-9.96	0.010
pH*Time	-6.95	-3.47	0.4067	-8.54	0.013
Temperature*Time	7.55	3.78	0.4067	9.28	0.011
pH*Temperature*Time	-6.05	-3.02	0.4067	-7.44	0.018
Ct Pt		-3.18	0.7788	-4.09	0.055

S = 1.15036 PRESS = *
R-Sq = 99.85% , R-Sq(pred) = *% R-Sq(adj) = 99.26%

Analysis of Variance for VFA (mg/g dry pulp) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	1352.84	1352.84	450.948	340.77	0.003
2-Way Interactions	3	341.83	341.83	113.943	86.10	0.012
3-Way Interactions	1	73.20	73.20	73.205	55.32	0.018
Curvature	1	22.11	22.11	22.110	16.71	0.055
Residual Error	2	2.65	2.65	1.323		
Pure Error	2	2.65	2.65	1.323		
Total	10	1792.64				

Unusual Observations for VFA (mg/g dry pulp)

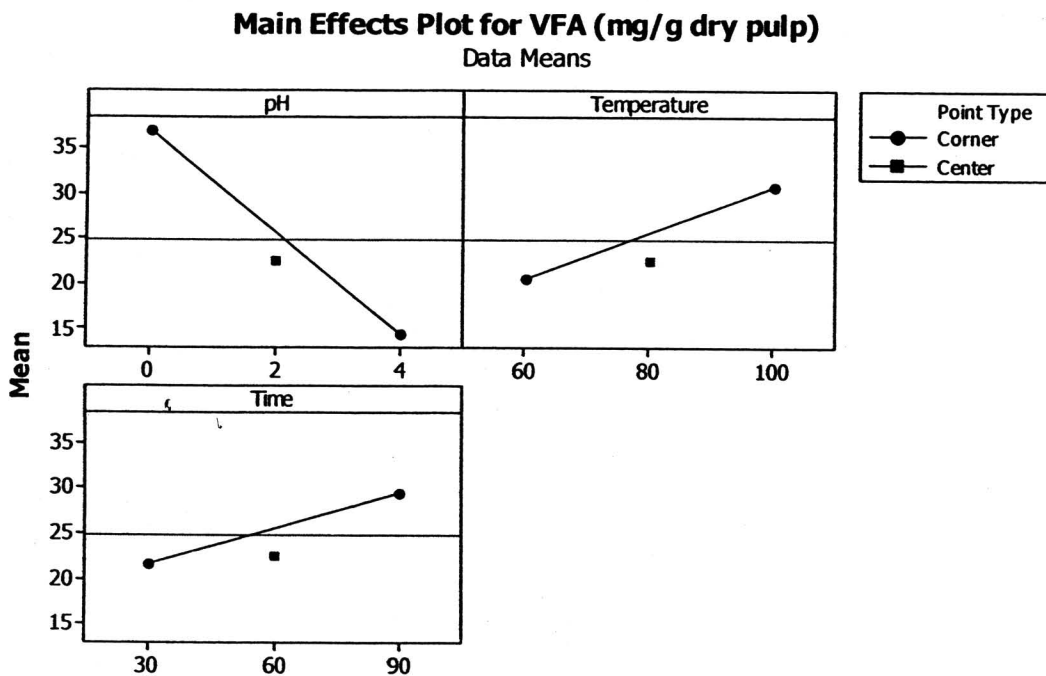
Obs	StdOrder	VFA (mg/g dry pulp)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	2	13.6000	13.6000	1.1504	-0.0000	* X
2	5	28.4000	28.4000	1.1504	0.0000	* X
3	3	31.9000	31.9000	1.1504	0.0000	* X
6	4	14.2000	14.2000	1.1504	0.0000	* X
7	8	16.6000	16.6000	1.1504	-0.0000	* X
8	1	27.2000	27.2000	1.1504	0.0000	* X
9	6	13.0000	13.0000	1.1504	-0.0000	* X
10	7	60.3000	60.3000	1.1504	0.0000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

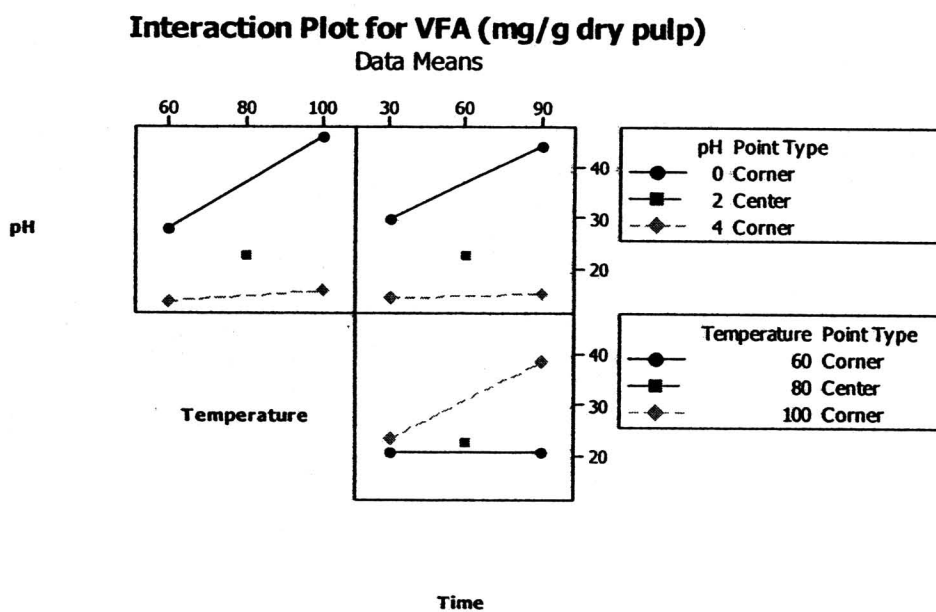
Estimated Coefficients for VFA (mg/g dry pulp) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	39.9500
pH	-6.17500
Temperature	-0.222500
Time	-0.660000
pH*Temperature	0.0500000
pH*Time	0.143750
Temperature*Time	0.0113333
pH*Temperature*Time	-0.00252083
Ct Pt	-3.18333

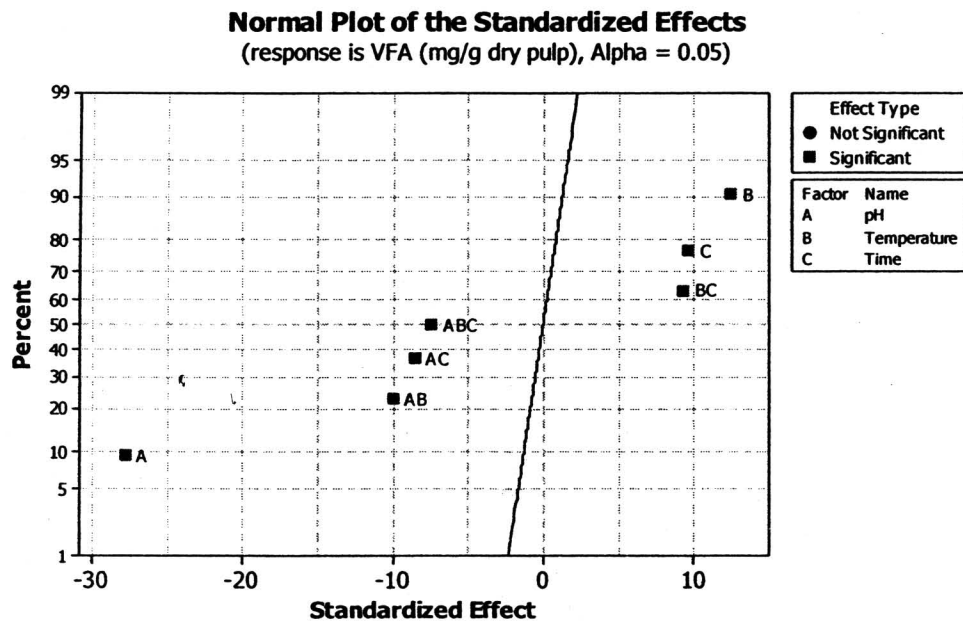
ค.8 กราฟแสดงผลปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



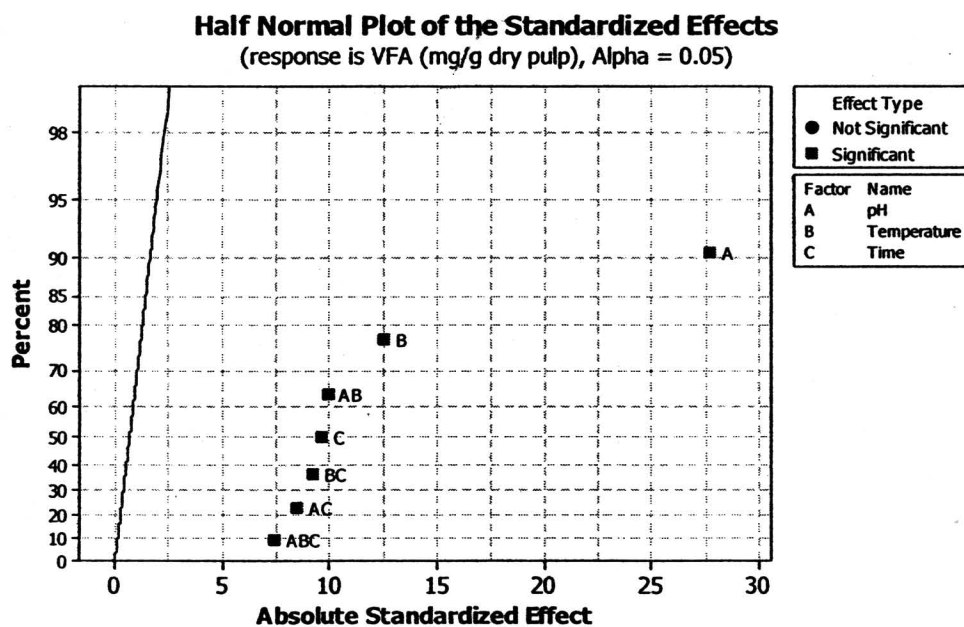
ค.9 กราฟแสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



ค.10 กราฟ Normal plot แสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด

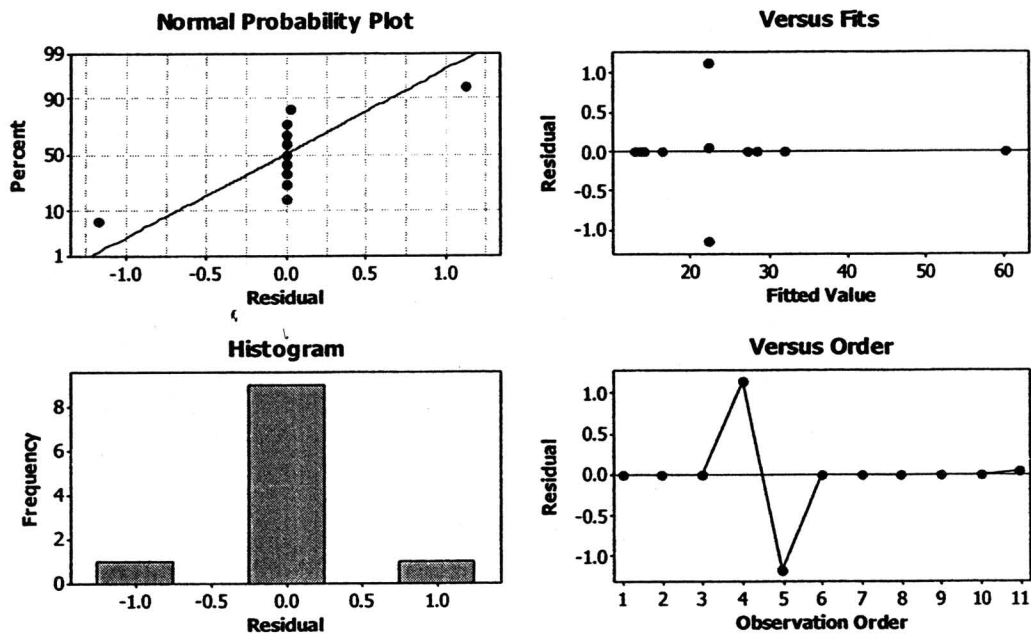


ค.11 กราฟ Half plot แสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด



ค.12 กราฟ Residual plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารกรด

Residual Plots for VFA (mg/g dry pulp)



ค.13 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารค่าง

Factorial Fit: Reducing Sugar (mg/g dry pulp) versus pH, Time, Temp

Estimated Effects and Coefficients for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		12.913	0.08165	158.15	0.000
pH	-3.075	-1.538	0.08165	-18.83	0.003
Time	0.725	0.362	0.08165	4.44	0.047
Temp	1.575	0.788	0.08165	9.64	0.011
pH*Time	-0.275	-0.138	0.08165	-1.68	0.234
pH*Temp	-0.925	-0.463	0.08165	-5.66	0.030
Time*Temp	0.475	0.237	0.08165	2.91	0.101
pH*Time*Temp	-0.125	-0.062	0.08165	-0.77	0.524
Ct Pt		-2.546	0.15635	-16.28	0.004

S = 0.230940 PRESS = *
R-Sq = 99.74% R-Sq(pred) = *% R-Sq(adj) = 98.72%

Analysis of Variance for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	24.9238	24.9238	8.3079	155.77	0.006
2-Way Interactions	3	2.3137	2.3137	0.7712	14.46	0.065
3-Way Interactions	1	0.0312	0.0312	0.0312	0.59	0.524
Curvature	1	14.1409	14.1409	14.1409	265.14	0.004
Residual Error	2	0.1067	0.1067	0.0533		
Pure Error	2	0.1067	0.1067	0.0533		
Total	10	41.5164				

Unusual Observations for Reducing Sugar (mg/g dry pulp)

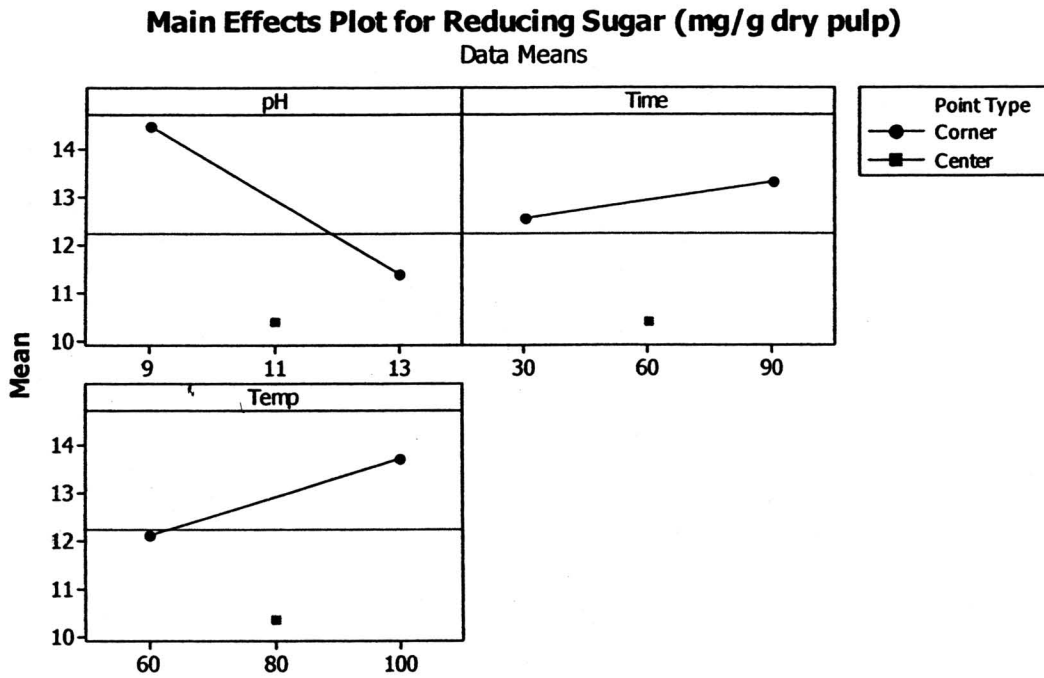
Obs	StdOrder	Reducing Sugar (mg/g dry pulp)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	3	13.4000	13.4000	0.2309	0.0000	* X
2	5	14.9000	14.9000	0.2309	-0.0000	* X
3	7	16.5000	16.5000	0.2309	0.0000	* X
4	6	11.3000	11.3000	0.2309	-0.0000	* X
5	2	11.0000	11.0000	0.2309	-0.0000	* X
6	1	13.0000	13.0000	0.2309	-0.0000	* X
10	4	11.1000	11.1000	0.2309	0.0000	* X
11	8	12.1000	12.1000	0.2309	0.0000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

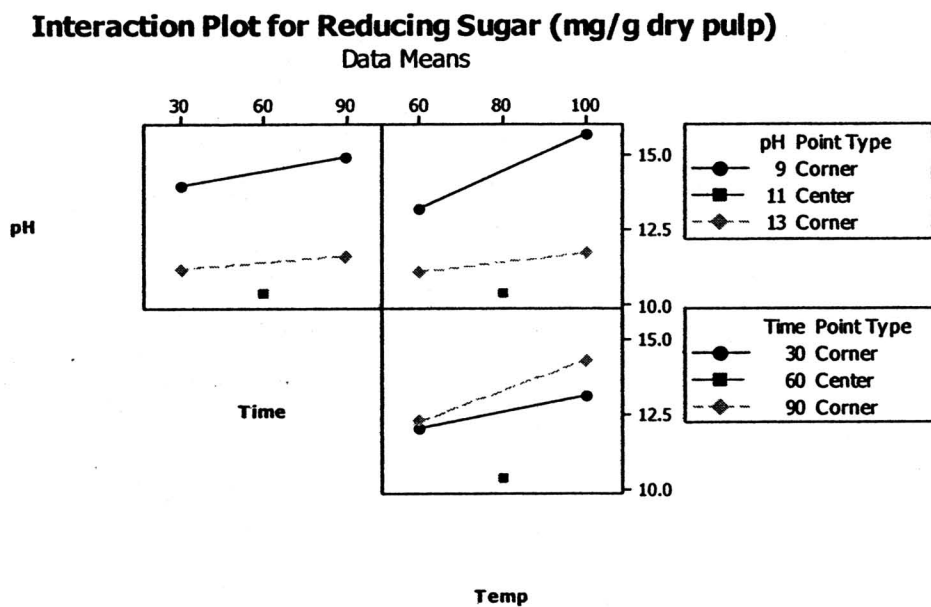
Estimated Coefficients for Reducing Sugar (mg/g dry pulp) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	10.4563
pH	0.043750
Time	-0.0402083
Temp	0.108437
pH*Time	0.00187500
pH*Temp	-0.00843750
Time*Temp	0.000968750
pH*Time*Temp	-5.20833E-05
Ct Pt	-2.54583

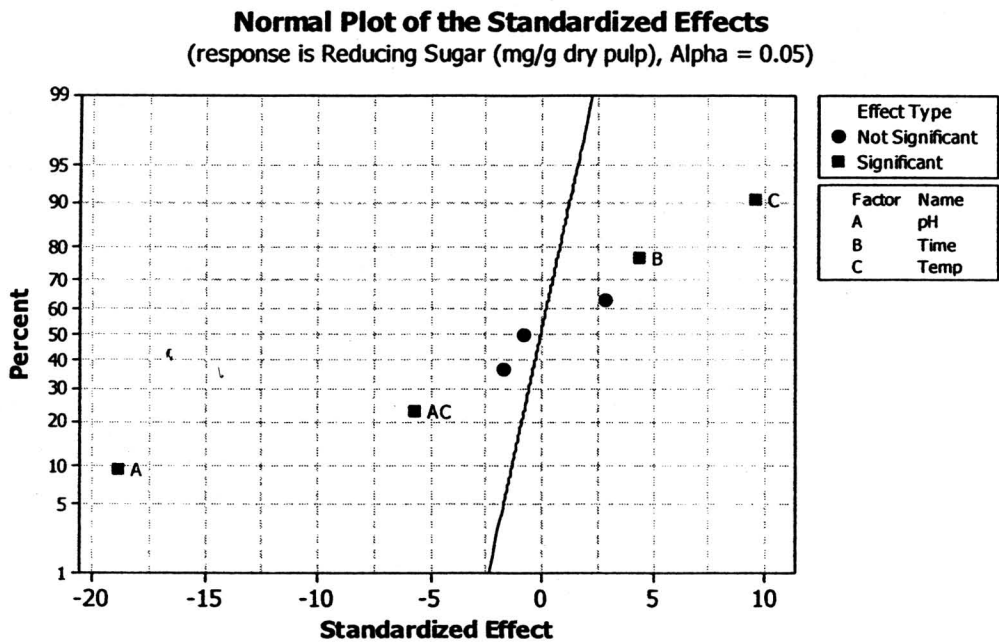
ค.14 กราฟแสดงผลปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



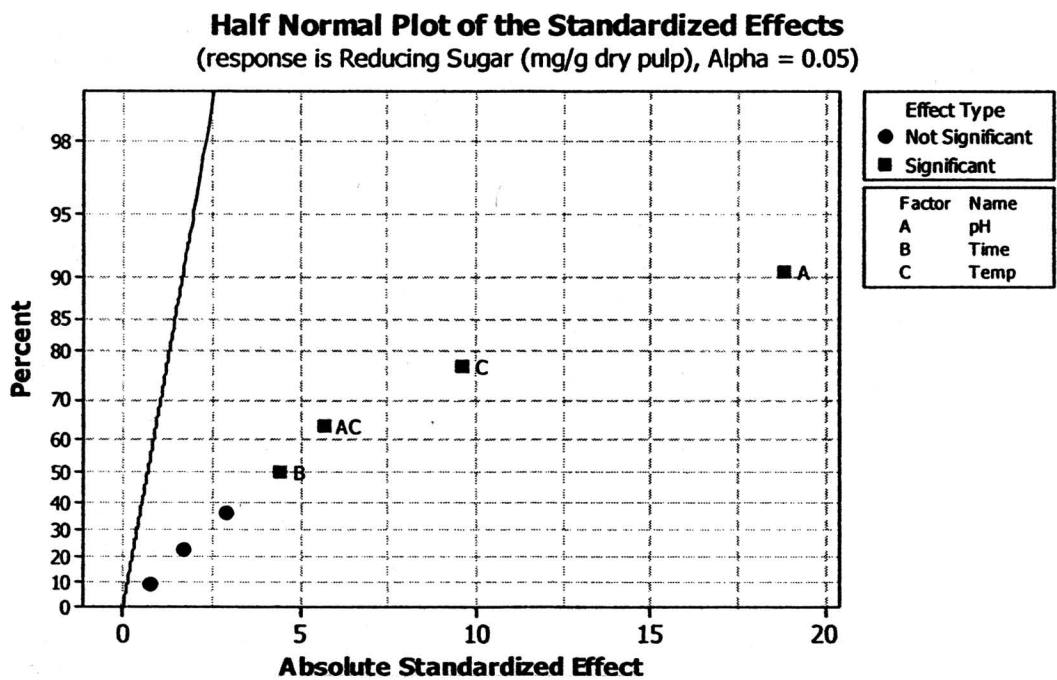
ค.15 กราฟแสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



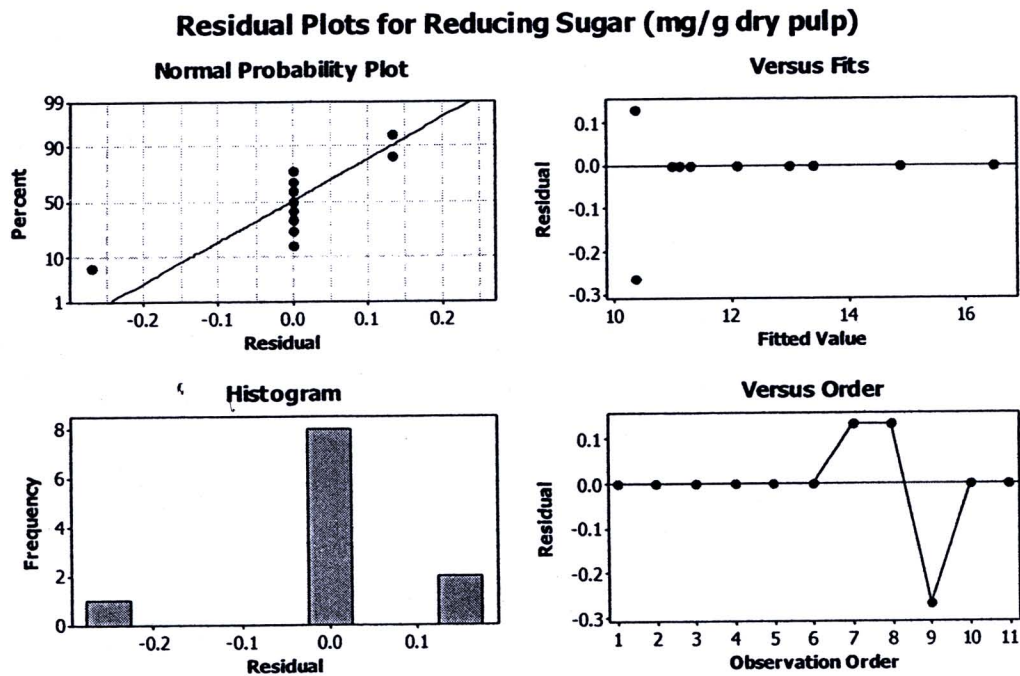
ค.16 กราฟ Normal plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



ค.17 กราฟ Half plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



ก.18 กราฟ Residual plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดน้ำตาลรีดิวซ์โดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



ค.19 การวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโครไลซิสด้วยสารต่าง

Factorial Fit: VFA (mg/g dry pulp) versus pH, Time, Temp

Estimated Effects and Coefficients for VFA (mg/g dry pulp) (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		23.400	0.2449	95.53	0.000
pH	32.150	16.075	0.2449	65.63	0.000
Time	13.800	6.900	0.2449	28.17	0.001
Temp	6.450	3.225	0.2449	13.17	0.006
pH*Time	11.350	5.675	0.2449	23.17	0.002
pH*Temp	4.000	2.000	0.2449	8.16	0.015
Time*Temp	0.350	0.175	0.2449	0.71	0.549
pH*Time*Temp	0.300	0.150	0.2449	0.61	0.603
Ct Pt		-4.200	0.4690	-8.95	0.012

S = 0.692820 PRESS = *
R-Sq = 99.97% R_{pred}-Sq(pred) = *% R-Sq(adj) = 99.83%

Analysis of Variance for VFA (mg/g dry pulp) (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	3	2531.33	2531.33	843.777	1757.87	0.001
2-Way Interactions	3	289.89	289.89	96.630	201.31	0.005
3-Way Interactions	1	0.18	0.18	0.180	0.37	0.603
Curvature	1	38.49	38.49	38.487	80.18	0.012
Residual Error	2	0.96	0.96	0.480		
Pure Error	2	0.96	0.96	0.480		
Total	10	2860.85				

Unusual Observations for VFA (mg/g dry pulp)

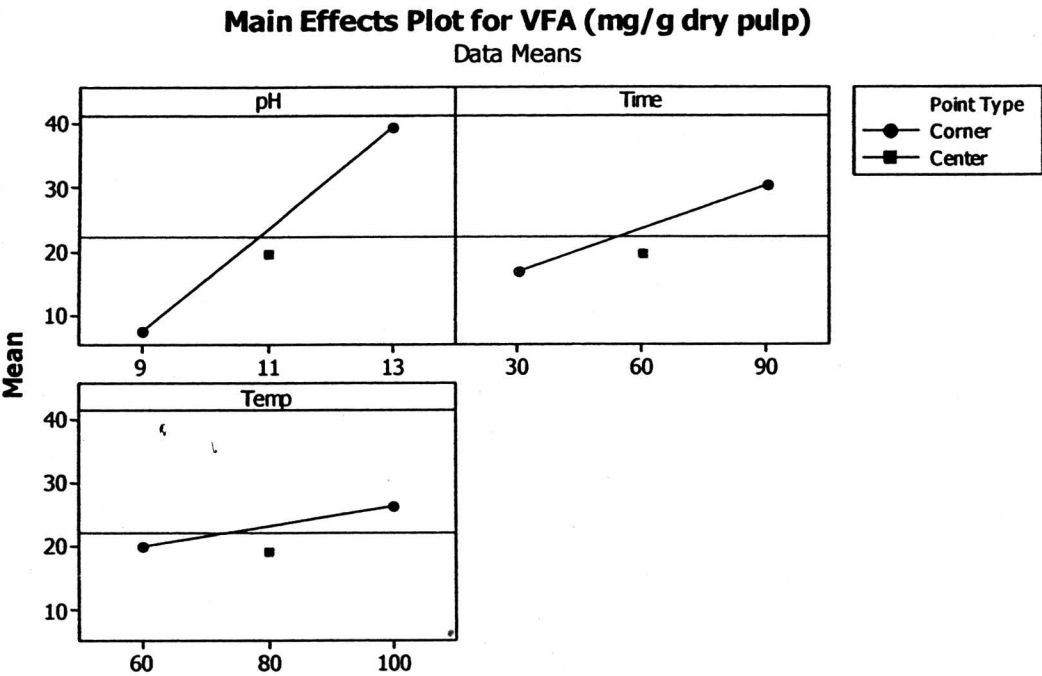
Obs	StdOrder	VFA (mg/g dry pulp)	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
1	3	7.3000	7.3000	0.6928	0.0000	* X
2	5	7.3000	7.3000	0.6928	0.0000	* X
3	7	9.8000	9.8000	0.6928	0.0000	* X
4	6	31.8000	31.8000	0.6928	0.0000	* X
5	2	22.0000	22.0000	0.6928	0.0000	* X
6	1	4.9000	4.9000	0.6928	0.0000	* X
10	4	46.5000	46.5000	0.6928	0.0000	* X
11	8	57.6000	57.6000	0.6928	0.0000	* X

X denotes an observation whose X value gives it large leverage.

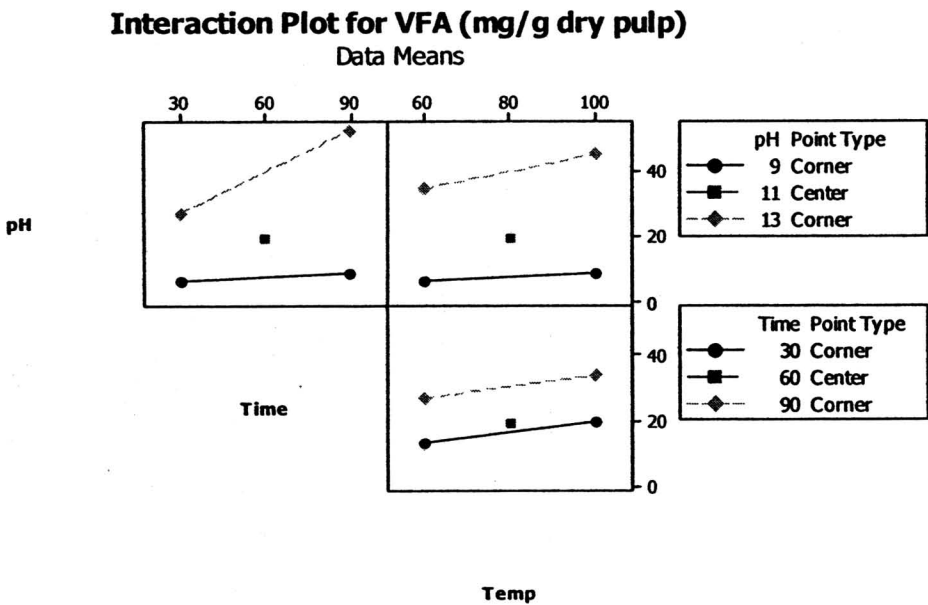
Estimated Coefficients for VFA (mg/g dry pulp) using data in uncoded units

Term	Coef
Constant	9.5125
pH	-1.03750
Time	-0.723750
Temp	-0.323750
pH*Time	0.0845833
pH*Temp	0.0425000
Time*Temp	-0.00108333
pH*Time*Temp	0.000125000
Ct Pt	-4.20000

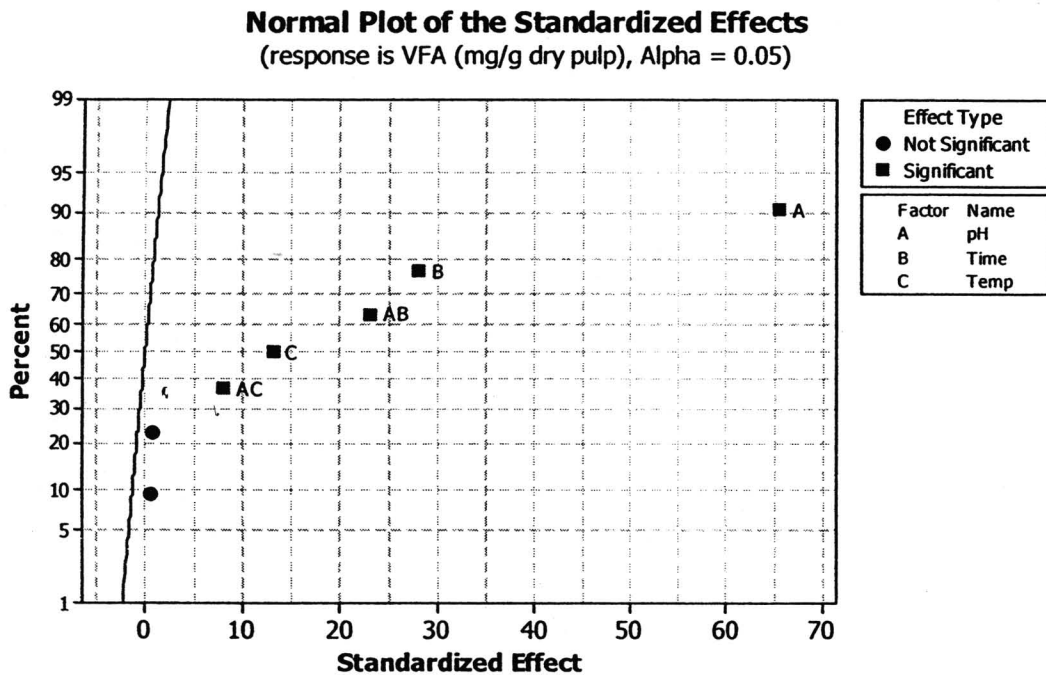
ก.20 กราฟแสดงผลปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



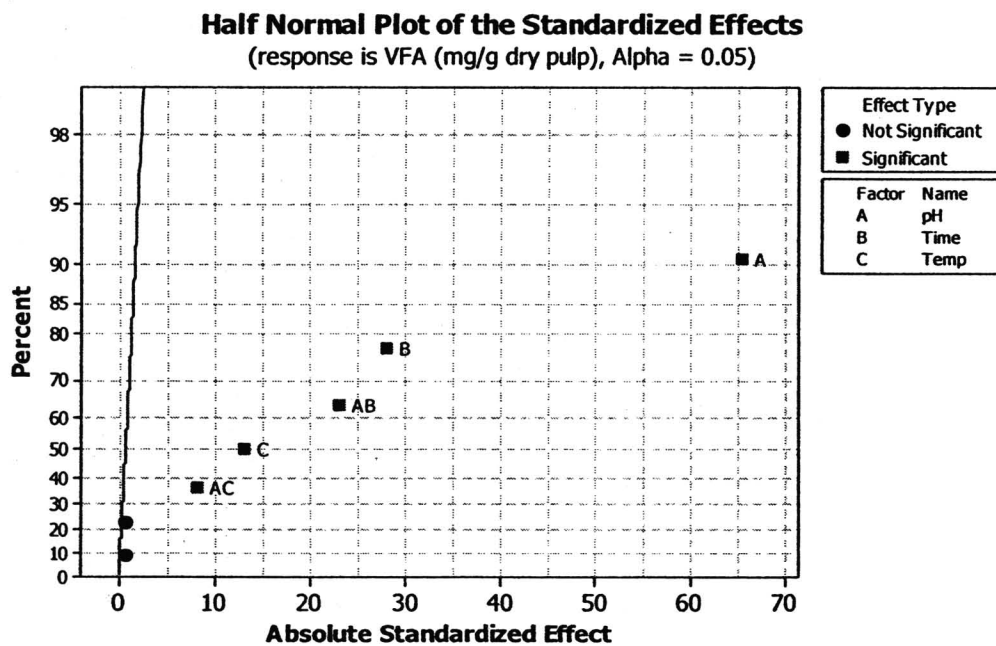
ก.21 กราฟแสดงผลร่วมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



ค.22 กราฟ Normal plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง

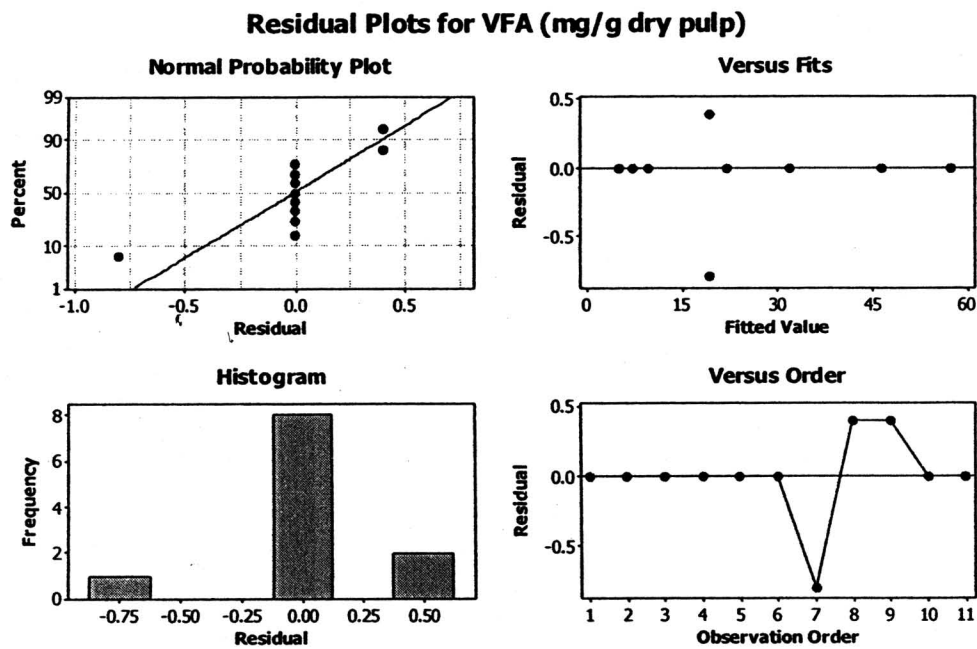


ค.23 กราฟ Half plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไล



ซิสด้วยสารต่าง

ค.24 กราฟ Residual plot แสดงผลรวมของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดกรดไขมันระเหยโดยการไฮโดรไลซิสด้วยสารต่าง



ภาคผนวก ง

ผลของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และกรดไขมันระเหยที่มีต่อประสิทธิภาพในการผลิต
ก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ ง.1 อุณหภูมิของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังจากหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	24.3	23.8	23.7	23.4	22.8
	2	24.3	24.0	23.5	23.3	23.0
	เฉลี่ย	24.3	23.9	23.6	23.3	22.9
2	1	23.2	24.1	24.5	24.8	23.5
	2	23.2	23.9	24.6	24.6	23.4
	เฉลี่ย	23.2	23.9	24.6	24.7	23.5
3	1	24.1	24.1	26.1	21.5	20.0
	2	24.1	24.0	26.3	21.6	20.0
	เฉลี่ย	24.1	24.0	26.2	21.6	20.0
4	1	24.0	25.6	23.5	21.4	21.3
	2	24.0	25.5	23.7	21.4	21.2
	เฉลี่ย	24.0	25.5	23.6	21.4	21.2
5	1	24.1	24.2	26.2	21.6	20.1
	2	24.1	24.0	26.3	21.5	20.5
	เฉลี่ย	24.1	24.1	26.3	21.6	20.3
6	1	23.6	23.9	23.9	22.1	21.8
	2	23.6	24.0	24.0	21.6	22.0
	เฉลี่ย	23.6	23.9	24.0	21.8	21.9
ควบคุม	1	24.0	25.1	23.6	21.0	21.1
	2	24.0	25.3	23.5	21.1	21.0
	เฉลี่ย	24.0	25.2	23.5	21.1	21.0

ตารางที่ ง.2 พีเอชของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	พีเอช				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	7.62	5.71	5.95	5.83	6.16
	2	7.65	5.73	5.77	5.81	6.24
	เฉลี่ย	7.63	5.72	5.86	5.82	6.20
2	1	7.66	5.62	5.59	5.65	6.32
	2	7.67	5.54	5.53	5.67	6.28
	เฉลี่ย	7.66	5.58	5.56	5.66	6.30
3	1	7.68	7.43	7.23	7.35	7.31
	2	7.66	7.53	7.28	7.31	7.30
	เฉลี่ย	7.67	7.48	7.25	7.33	7.30
4	1	7.64	7.35	7.41	7.46	7.37
	2	7.65	7.35	7.47	7.45	7.40
	เฉลี่ย	7.64	7.35	7.44	7.45	7.39
5	1	7.60	7.37	7.50	7.41	7.41
	2	7.60	7.41	7.54	7.41	7.41
	เฉลี่ย	7.60	7.39	7.52	7.41	7.41
6	1	7.60	7.38	7.35	7.41	7.37
	2	7.61	7.42	7.34	7.36	7.31
	เฉลี่ย	7.60	7.40	7.34	7.38	7.34
ควบคุม	1	7.68	7.65	7.35	7.36	7.26
	2	7.59	7.51	7.36	7.38	7.30
	เฉลี่ย	7.64	7.58	7.36	7.37	7.28

ตารางที่ ง.3 ค่าอัลคาไลนิตี้ของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	อัลคาไลนิตี้ (มก.แคลเซียมคาร์บอเนต/ล.)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	1,675	1,425	1,875	1,875	2,500
	2	1,800	1,500	1,825	2,200	2,500
	เฉลี่ย	1,738	1,463	1,850	2,038	2,500
2	1	1,650	1,625	1,750	1,650	2,725
	2	1,800	1,550	1,750	1,750	2,750
	เฉลี่ย	1,725	1,588	1,750	1,700	2,738
3	1	1,675	3,575	4,250	4,300	4,225
	2	1,650	3,550	4,250	4,325	4,250
	เฉลี่ย	1,662.5	3,562.5	4,250	4,312.5	4,237.5
4	1	1,675	3,725	4,450	3,725	3,375
	2	1,675	3,825	4,475	3,775	3,425
	เฉลี่ย	1,675	3,775	4,463	3,750	3,400
5	1	1,675	3,950	4,500	4,750	4,250
	2	1,675	4,025	4,600	4,675	4,250
	เฉลี่ย	1,675	3,988	4,550	4,713	4,250
6	1	1,725	2,675	3,750	4,275	3,650
	2	1,725	3,175	3,750	4,300	3,675
	เฉลี่ย	1,725	2,925	3,750	4,288	3,663
ควบคุม	1	1,675	3,800	4,250	4,275	4,050
	2	1,750	3,825	4,325	4,275	4,050
	เฉลี่ย	1,713	3,813	4,288	4,275	4,050

ตารางที่ ง.4 ค่ากรดไขมันระเหยของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลา
ต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	กรดไขมันระเหย(มก.อะซิติก/ล.)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	396	2,253	4,311	5,240	5,347
	2	387	2,258	4,511	5,129	5,231
	เฉลี่ย	391	2,256	4,411	5,184	5,289
2	1	333	2,622	4,222	5,133	1,511
	2	342	2,658	4,533	5,147	1,533
	เฉลี่ย	338	2,640	4,378	5,140	1,522
3	1	276	1,569	2,502	858	396
	2	262	1,640	2,609	844	369
	เฉลี่ย	269	1,604	2,556	851	382
4	1	120	836	622	360	547
	2	129	507	680	364	582
	เฉลี่ย	124	671	651	362	564
5	1	133	711	631	467	231
	2	151	556	804	458	227
	เฉลี่ย	142	634	718	462	229
6	1	169	1,640	2,360	658	378
	2	164	1,707	2,067	631	369
	เฉลี่ย	167	1,673	2,213	644	373
ควบคุม	1	200	756	480	364	502
	2	182	729	493	378	493
	เฉลี่ย	191	742	487	371	498

ตารางที่ ง.5 ค่าซีโอดีของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ค่าซีโอดี(มก./ล.)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	39,680	31,200	28,000	27,400	26,200
	2	38,080	27,200	28,160	24,800	24,020
	เฉลี่ย	38,880	29,200	28,080	26,100	25,110
2	1	36,590	28,270	27,840	23,200	20,200
	2	42,560	27,200	24,960	24,330	22,620
	เฉลี่ย	39,575	27,735	26,400	23,765	21,410
3	1	37,120	29,120	21,000	16,600	14,000
	2	40,000	28,480	25,250	15,200	13,800
	เฉลี่ย	38,560	28,800	23,125	15,900	13,900
4	1	36,800	26,240	23,800	24,260	18,200
	2	41,280	26,880	23,200	22,800	20,600
	เฉลี่ย	39,040	26,560	23,500	23,530	19,400
5	1	41,920	30,720	26,880	21,600	18,000
	2	35,840	29,760	27,200	23,800	15,200
	เฉลี่ย	38,880	30,240	27,040	22,700	16,600
6	1	39,040	25,280	24,580	17,800	15,660
	2	43,200	28,480	21,920	18,200	10,030
	เฉลี่ย	41,120	26,880	23,250	18,000	12,845
ควบคุม	1	40,000	30,080	25,000	26,530	22,600
	2	39,040	29,120	24,400	23,200	22,800
	เฉลี่ย	39,520	29,600	24,700	24,865	22,700

ตารางที่ ง.6 ค่าของแข็งทั้งหมดของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลา
ต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ของแข็งทั้งหมด(มก./ลิ.)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	34,968	26,449	27,003	24,202	23,052
	2	35,212	27,090	27,695	28,158	23,049
	เฉลี่ย	35,090	26,770	27,349	26,180	23,051
2	1	34,130	21,137	20,875	20,960	17,230
	2	34,488	20,560	20,050	17,564	17,226
	เฉลี่ย	34,309	20,849	20,463	19,262	17,228
3	1	32,000	26,239	23,238	18,245	14,838
	2	28,198	26,205	20,660	17,316	11,452
	เฉลี่ย	30,099	26,222	21,949	17,781	13,145
4	1	30,751	23,475	23,124	20,609	19,282
	2	31,460	25,713	24,434	21,965	19,004
	เฉลี่ย	31,106	24,594	23,779	21,287	19,143
5	1	34,454	24,710	23,781	17,848	12,100
	2	32,999	25,206	20,576	18,524	12,783
	เฉลี่ย	33,727	24,958	22,179	18,186	12,442
6	1	34,930	30,398	28,320	27,541	20,153
	2	34,836	31,362	28,949	24,647	20,011
	เฉลี่ย	34,883	30,880	28,635	26,094	20,082
ควบคุม	1	28,471	23,983	23,552	20,834	19,144
	2	30,737	24,891	23,853	21,074	19,506
	เฉลี่ย	29,604	24,437	23,703	20,954	19,325

ตารางที่ ง.7 ค่าของแข็งระเหยของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังจากหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ของแข็งระเหย (มก./ล.)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	26,628	19,103	17,852	17,123	14,772
	2	25,825	18,804	18,432	17,155	15,709
	เฉลี่ย	26,227	18,954	18,142	17,139	15,241
2	1	25,420	13,140	12,713	11,521	11,302
	2	26,184	12,555	11,596	10,905	11,306
	เฉลี่ย	25,802	12,848	12,155	11,213	11,304
3	1	23,675	20,110	16,454	12,989	6,477
	2	20,236	18,676	16,562	12,434	5,859
	เฉลี่ย	21,956	19,393	16,508	12,712	6,168
4	1	24,511	15,260	14,618	12,427	11,772
	2	24,606	16,994	15,005	12,679	11,728
	เฉลี่ย	24,559	16,127	14,812	12,553	11,750
5	1	25,177	16,007	11,816	7,995	5,664
	2	24,554	16,492	11,044	6,860	6,339
	เฉลี่ย	24,866	16,250	11,430	7,428	6,002
6	1	25,078	23,258	19,537	15,111	12,335
	2	25,358	21,760	20,220	14,964	12,160
	เฉลี่ย	25,218	22,509	19,879	15,038	12,248
ควบคุม	1	20,560	18,083	14,985	12,614	12,556
	2	22,184	17,481	15,364	13,828	12,486
	เฉลี่ย	21,372	17,782	15,175	13,221	12,521

ตารางที่ ๖.8 สัดส่วนกรดไขมันระเหยต่ออัลคาไลนิตี้ของสารละลายกากมันสำปะหลังภายหลังการหมักที่ระยะเวลาต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	สัดส่วนกรดไขมันระเหยต่ออัลคาไลนิตี้				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	0.24	1.6	2.30	2.8	2
	2	0.21	1.5	2.47	2.3	2
	เฉลี่ย	0.23	1.54	2.39	2.56	2.12
2	1	0.20	1.6	2.41	3.1	0.6
	2	0.19	1.7	2.59	2.9	0.6
	เฉลี่ย	0.20	1.66	2.50	3.03	0.56
3	1	0.16	0.44	0.59	0.20	0.09
	2	0.16	0.46	0.61	0.20	0.09
	เฉลี่ย	0.16	0.45	0.60	0.20	0.09
4	1	0.07	0.22	0.14	0.10	0.16
	2	0.08	0.13	0.15	0.10	0.17
	เฉลี่ย	0.07	0.18	0.15	0.10	0.17
5	1	0.08	0.18	0.14	0.10	0.05
	2	0.09	0.14	0.17	0.10	0.05
	เฉลี่ย	0.08	0.16	0.16	0.10	0.05
6	1	0.10	0.61	0.63	0.15	0.10
	2	0.10	0.54	0.55	0.15	0.10
	เฉลี่ย	0.10	0.58	0.59	0.15	0.10
ควบคุม	1	0.12	0.20	0.11	0.09	0.12
	2	0.10	0.19	0.11	0.09	0.12
	เฉลี่ย	0.11	0.19	0.11	0.09	0.12

ตารางที่ ง.9 ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคีกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ประสิทธิภาพการกำจัดเชื้อโรคี (ร้อยละ)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	-	21.4	29.4	30.9	34.0
	2	-	28.6	26.1	34.9	36.9
	เฉลี่ย	-	24.9	27.8	32.9	35.4
2	1	-	22.7	23.9	36.6	44.8
	2	-	36.1	41.4	42.8	46.9
	เฉลี่ย	-	29.9	33.3	39.9	45.9
3	1	-	21.6	43.4	55.3	62.3
	2	-	28.8	36.9	62.0	65.5
	เฉลี่ย	-	25.3	40.0	58.8	64.0
4	1	-	28.7	35.3	34.1	50.5
	2	-	34.9	43.8	44.8	50.1
	เฉลี่ย	-	32.0	39.8	39.7	50.3
5	1	-	26.7	35.9	48.5	57.1
	2	-	17.0	24.1	33.6	57.6
	เฉลี่ย	-	22.2	30.5	41.6	57.3
6	1	-	35.2	37.0	54.4	59.9
	2	-	34.1	49.3	57.9	76.8
	เฉลี่ย	-	34.6	43.5	56.2	68.8
ควบคุม	1	-	24.8	37.5	33.7	43.5
	2	-	25.4	37.5	40.6	41.6
	เฉลี่ย	-	25.1	37.5	37.1	42.6



ตารางที่ ง.10 ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งทั้งหมด (ร้อยละ)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	-	24.36	22.78	30.79	34.08
	2	-	23.07	21.35	20.03	34.54
	เฉลี่ย	-	23.71	22.06	25.39	34.31
2	1	-	38.07	38.84	38.59	49.52
	2	-	40.39	41.86	49.07	50.05
	เฉลี่ย	-	39.23	40.36	43.86	49.79
3	1	-	18.00	27.38	42.98	53.63
	2	-	7.07	26.73	38.59	59.39
	เฉลี่ย	-	12.88	27.08	40.93	56.33
4	1	-	23.66	24.80	32.98	37.30
	2	-	18.27	22.33	30.18	39.59
	เฉลี่ย	-	20.93	23.55	31.57	38.46
5	1	-	28.28	30.98	48.20	64.88
	2	-	23.62	37.65	43.86	61.26
	เฉลี่ย	-	26.00	34.24	46.08	63.11
6	1	-	12.97	18.92	21.15	42.30
	2	-	9.97	16.90	29.25	42.56
	เฉลี่ย	-	11.48	17.91	25.20	42.43
ควบคุม	1	-	15.76	17.28	26.82	32.76
	2	-	19.02	22.40	31.44	36.54
	เฉลี่ย	-	17.45	19.93	29.22	34.72

ตารางที่ ง.11 ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งระเหยกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ประสิทธิภาพการกำจัดของแข็งระเหย (ร้อยละ)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	-	28.26	32.96	35.70	44.52
	2	-	27.19	28.63	33.57	39.17
	เฉลี่ย	-	27.73	30.83	34.65	41.89
2	1	-	48.31	49.99	54.68	55.54
	2	-	52.05	55.71	58.35	56.82
	เฉลี่ย	-	50.21	52.89	56.54	56.19
3	1	-	15.06	30.50	45.14	72.64
	2	-	7.71	18.16	38.56	71.05
	เฉลี่ย	-	11.67	24.81	42.10	71.91
4	1	-	37.74	40.36	49.30	51.97
	2	-	30.94	39.02	48.47	52.34
	เฉลี่ย	-	34.33	39.69	48.89	52.16
5	1	-	36.42	53.07	68.24	77.50
	2	-	32.83	55.02	72.06	74.18
	เฉลี่ย	-	34.65	54.03	70.13	75.86
6	1	-	7.26	22.10	39.74	50.81
	2	-	14.19	20.26	40.99	52.05
	เฉลี่ย	-	10.74	21.17	40.37	51.43
ควบคุม	1	-	12.05	27.12	38.65	38.93
	2	-	21.20	30.74	37.67	43.72
	เฉลี่ย	-	16.80	29.00	38.14	41.4

ตารางที่ ง.12 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกามันสำปะหลังที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ค่า	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสม (ลบ.ม.)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	2	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	เฉลี่ย	0.001	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
2	1	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	2	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
	เฉลี่ย	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
3	1	0.001	0.002	0.005	0.006	0.007	0.009	0.010	0.010	0.012	0.014	0.015	0.017	0.018	0.020	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.023	0.023	0.023	0.023
	2	0.001	0.003	0.004	0.005	0.007	0.009	0.010	0.012	0.013	0.013	0.014	0.016	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
	เฉลี่ย	0.001	0.003	0.004	0.006	0.007	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.015	0.016	0.018	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022
4	1	0.001	0.003	0.005	0.007	0.008	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	2	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	เฉลี่ย	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
5	1	0.001	0.003	0.005	0.007	0.009	0.009	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	2	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
	เฉลี่ย	0.001	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012	0.013	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020	0.020
6	1	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.015	0.017	0.019	0.021	0.023	0.026	0.027	0.029	0.031	0.032	0.034	0.036	0.037	0.037	0.037	0.039	0.039	0.040	0.040	0.041	0.041	0.042	0.042	0.042
	2	0.002	0.004	0.007	0.009	0.012	0.015	0.017	0.019	0.021	0.022	0.024	0.026	0.028	0.029	0.030	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.038	0.039	0.040	0.041	0.041	0.042	0.042	0.042	0.042
	เฉลี่ย	0.002	0.004	0.006	0.009	0.011	0.013	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.027	0.029	0.031	0.032	0.034	0.035	0.036	0.037	0.038	0.038	0.039	0.040	0.040	0.041	0.041	0.042	0.042	0.042
ควบคุม	1	0.000	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.008	0.008	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013
	2	0.001	0.002	0.004	0.005	0.007	0.008	0.009	0.011	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	เฉลี่ย	0.001	0.002	0.003	0.005	0.007	0.008	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	0.012	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014

ตารางที่ ง.13 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลัง (ลบ.ม./กก.กากแห้ง)																													
1	1	0.034	0.070	0.071	0.080	0.081	0.090	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
	2	0.034	0.067	0.081	0.086	0.095	0.097	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099
2	เฉลี่ย	0.034	0.068	0.076	0.083	0.088	0.093	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095	0.095
	1	0.034	0.041	0.044	0.054	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.068	0.075	0.080	0.085	0.091	0.091	0.093	0.095	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098	0.098
	2	0.034	0.045	0.056	0.058	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.100	0.101	0.103	0.103	0.103	0.105	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107	0.107
	เฉลี่ย	0.034	0.043	0.050	0.056	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.084	0.088	0.091	0.094	0.097	0.098	0.100	0.101	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103	0.103
3	1	0.028	0.068	0.132	0.169	0.194	0.259	0.278	0.292	0.339	0.402	0.440	0.491	0.525	0.570	0.584	0.610	0.621	0.625	0.628	0.628	0.632	0.632	0.632	0.632	0.636	0.645	0.647	0.649	0.651	0.654
	2	0.028	0.080	0.101	0.150	0.194	0.242	0.292	0.335	0.356	0.370	0.400	0.443	0.500	0.513	0.527	0.541	0.555	0.570	0.571	0.578	0.598	0.600	0.606	0.617	0.619	0.628	0.633	0.633	0.633	0.633
	เฉลี่ย	0.028	0.074	0.117	0.159	0.194	0.251	0.285	0.313	0.347	0.386	0.420	0.467	0.513	0.541	0.555	0.575	0.588	0.597	0.600	0.603	0.613	0.616	0.619	0.624	0.628	0.632	0.637	0.641	0.642	0.644
	1	0.026	0.084	0.132	0.191	0.226	0.272	0.285	0.299	0.312	0.339	0.365	0.390	0.416	0.429	0.442	0.469	0.470	0.473	0.481	0.498	0.513	0.527	0.540	0.551	0.570	0.574	0.580	0.583	0.583	0.583
4	2	0.020	0.075	0.118	0.174	0.241	0.281	0.313	0.328	0.342	0.343	0.346	0.346	0.357	0.370	0.377	0.379	0.395	0.415	0.455	0.480	0.506	0.523	0.530	0.547	0.571	0.578	0.578	0.578	0.578	0.578
	เฉลี่ย	0.023	0.080	0.125	0.182	0.234	0.276	0.299	0.313	0.327	0.341	0.355	0.368	0.387	0.400	0.410	0.424	0.432	0.444	0.468	0.489	0.509	0.525	0.535	0.549	0.570	0.576	0.579	0.580	0.580	0.580
5	1	0.037	0.078	0.147	0.195	0.242	0.266	0.336	0.372	0.406	0.434	0.441	0.464	0.470	0.486	0.496	0.503	0.514	0.530	0.553	0.561	0.564	0.564	0.564	0.570	0.572	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574
	2	0.031	0.093	0.138	0.192	0.259	0.320	0.356	0.377	0.392	0.409	0.427	0.441	0.470	0.497	0.513	0.534	0.545	0.550	0.550	0.558	0.570	0.584	0.592	0.595	0.601	0.607	0.608	0.611	0.614	0.614
	เฉลี่ย	0.034	0.085	0.142	0.194	0.251	0.293	0.346	0.375	0.399	0.422	0.434	0.453	0.470	0.491	0.504	0.518	0.530	0.540	0.551	0.560	0.567	0.574	0.578	0.582	0.587	0.590	0.591	0.592	0.594	0.594
	1	0.057	0.108	0.177	0.239	0.278	0.350	0.413	0.478	0.535	0.592	0.666	0.732	0.769	0.820	0.883	0.919	0.968	1.023	1.050	1.050	1.061	1.097	1.111	1.125	1.129	1.154	1.159	1.178	1.186	1.202
6	2	0.057	0.120	0.188	0.262	0.349	0.413	0.487	0.535	0.592	0.638	0.678	0.726	0.792	0.826	0.854	0.904	0.957	0.983	1.013	1.055	1.078	1.085	1.111	1.136	1.163	1.176	1.196	1.201	1.203	1.208
	เฉลี่ย	0.057	0.114	0.182	0.251	0.313	0.382	0.450	0.507	0.564	0.615	0.672	0.729	0.780	0.823	0.869	0.911	0.963	1.003	1.031	1.052	1.069	1.091	1.111	1.131	1.146	1.165	1.178	1.189	1.195	1.205
ควบคุม	1	0.009	0.048	0.085	0.148	0.184	0.216	0.234	0.236	0.256	0.271	0.282	0.296	0.308	0.322	0.328	0.339	0.352	0.355	0.359	0.360	0.362	0.362	0.362	0.365	0.365	0.369	0.369	0.370	0.372	0.372
	2	0.020	0.051	0.100	0.151	0.198	0.222	0.268	0.308	0.328	0.339	0.350	0.367	0.379	0.385	0.396	0.396	0.397	0.400	0.404	0.406	0.406	0.406	0.406	0.406	0.412	0.413	0.414	0.419	0.419	0.419
	เฉลี่ย	0.014	0.050	0.093	0.150	0.191	0.219	0.251	0.272	0.292	0.305	0.316	0.332	0.343	0.353	0.362	0.367	0.375	0.377	0.382	0.383	0.384	0.384	0.384	0.385	0.388	0.389	0.392	0.394	0.394	0.395

ตารางที่ ง.14 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังเปียกที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลัง (ลบ.ม./กก.กากเปียก)																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1	0.005	0.011	0.011	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
	2	0.005	0.011	0.013	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
2	เฉลี่ย	0.005	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
	1	0.005	0.006	0.007	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.011	0.012	0.013	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
	2	0.005	0.007	0.009	0.009	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017
	เฉลี่ย	0.005	0.007	0.008	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.013	0.014	0.014	0.015	0.015	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016
3	1	0.005	0.011	0.021	0.027	0.031	0.041	0.044	0.046	0.054	0.063	0.070	0.078	0.083	0.090	0.092	0.096	0.098	0.099	0.099	0.099	0.099	0.100	0.100	0.100	0.101	0.102	0.102	0.103	0.103	0.103
	2	0.005	0.013	0.016	0.024	0.031	0.038	0.046	0.053	0.056	0.059	0.063	0.070	0.079	0.081	0.083	0.086	0.088	0.090	0.090	0.091	0.095	0.095	0.096	0.097	0.098	0.098	0.099	0.100	0.100	0.100
	เฉลี่ย	0.005	0.012	0.018	0.025	0.031	0.040	0.045	0.050	0.055	0.061	0.066	0.074	0.081	0.086	0.088	0.091	0.093	0.094	0.095	0.095	0.097	0.097	0.098	0.099	0.099	0.100	0.101	0.101	0.102	0.102
	1	0.004	0.013	0.021	0.030	0.036	0.043	0.045	0.047	0.049	0.054	0.058	0.062	0.066	0.068	0.070	0.074	0.074	0.075	0.076	0.079	0.081	0.083	0.085	0.087	0.090	0.091	0.092	0.092	0.092	0.092
	2	0.003	0.012	0.019	0.027	0.038	0.044	0.050	0.052	0.054	0.054	0.055	0.055	0.056	0.059	0.060	0.062	0.062	0.066	0.072	0.076	0.080	0.083	0.084	0.086	0.090	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
	เฉลี่ย	0.004	0.013	0.020	0.029	0.037	0.044	0.047	0.050	0.052	0.054	0.056	0.058	0.061	0.063	0.065	0.067	0.068	0.070	0.074	0.077	0.080	0.083	0.085	0.087	0.090	0.091	0.091	0.092	0.092	0.092
5	1	0.006	0.012	0.023	0.031	0.038	0.042	0.053	0.059	0.064	0.069	0.070	0.073	0.074	0.077	0.078	0.079	0.081	0.084	0.087	0.089	0.089	0.089	0.090	0.090	0.090	0.091	0.091	0.091	0.091	0.091
	2	0.005	0.015	0.022	0.030	0.041	0.051	0.056	0.060	0.062	0.065	0.068	0.070	0.074	0.079	0.081	0.084	0.086	0.087	0.087	0.088	0.090	0.092	0.094	0.094	0.095	0.096	0.096	0.097	0.097	0.097
	เฉลี่ย	0.005	0.014	0.023	0.031	0.040	0.046	0.055	0.059	0.063	0.067	0.069	0.072	0.074	0.078	0.080	0.082	0.084	0.085	0.087	0.088	0.090	0.091	0.091	0.092	0.093	0.093	0.094	0.094	0.094	0.094
	1	0.009	0.017	0.028	0.038	0.044	0.055	0.065	0.076	0.085	0.094	0.105	0.116	0.122	0.130	0.140	0.145	0.153	0.162	0.166	0.166	0.168	0.173	0.176	0.178	0.182	0.183	0.186	0.187	0.190	0.190
	2	0.009	0.019	0.030	0.041	0.055	0.065	0.077	0.085	0.094	0.101	0.107	0.115	0.125	0.131	0.135	0.143	0.151	0.155	0.160	0.167	0.170	0.171	0.176	0.180	0.184	0.186	0.189	0.190	0.191	0.191
	เฉลี่ย	0.009	0.018	0.029	0.040	0.050	0.060	0.071	0.080	0.089	0.097	0.106	0.115	0.123	0.130	0.137	0.144	0.152	0.158	0.163	0.166	0.169	0.172	0.176	0.179	0.181	0.184	0.186	0.188	0.189	0.190
ควบคุม	1	0.001	0.008	0.014	0.023	0.029	0.034	0.037	0.037	0.041	0.043	0.045	0.047	0.049	0.051	0.052	0.054	0.056	0.056	0.057	0.057	0.057	0.057	0.057	0.058	0.058	0.058	0.058	0.059	0.059	0.059
	2	0.003	0.008	0.016	0.024	0.031	0.035	0.042	0.049	0.052	0.054	0.055	0.058	0.060	0.061	0.063	0.063	0.063	0.063	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.064	0.065	0.065	0.065	0.066	0.066	0.066
	เฉลี่ย	0.002	0.008	0.015	0.024	0.030	0.035	0.040	0.043	0.046	0.048	0.050	0.052	0.054	0.056	0.057	0.058	0.059	0.060	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.062	0.062	0.062	0.062

ตารางที่ ง.15 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในหน่วย Nm³/กิโลกรัมกากแห้ง

สภาวะ	ปริมาณก๊าซสะสม (Nm ³ /กิโลกรัมกากแห้ง)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	-	0.097	0.103	0.103	0.103
2	-	0.069	0.069	0.112	0.112
3	-	0.212	0.427	0.655	0.694
4	-	0.257	0.373	0.531	0.629
5	-	0.274	0.464	0.609	0.641
6	-	0.343	0.673	1.144	1.308
ควบคุม	-	0.210	0.333	0.416	0.428

ตารางที่ ง.16 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมในหน่วย Nm³/กิโลกรัมกากเปียก

สภาวะ	ปริมาณก๊าซสะสม (Nm ³ /กิโลกรัมกากเปียก)				
	0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	-	0.015	0.016	0.016	0.016
2	-	0.011	0.011	0.018	0.018
3	-	0.033	0.067	0.103	0.110
4	-	0.041	0.059	0.084	0.099
5	-	0.043	0.073	0.096	0.101
6	-	0.054	0.106	0.181	0.207
ควบคุม	-	0.033	0.053	0.066	0.068

ตารางที่ ง.17 ปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อซีโอดีที่ถูกกำจัดที่ระยะเวลาการหมักต่างๆ

สภาวะ	ซ้ำ	ปริมาณก๊าซต่อซีโอดีที่ถูกกำจัด(ลบ.ม./กก.ซีโอดี)				
		0 วัน	5 วัน	10 วัน	20 วัน	30 วัน
1	1	-	0.067	0.054	0.052	0.05
	2	-	0.062	0.070	0.052	0.05
	เฉลี่ย	-	0.064	0.062	0.052	0.05
2	1	-	0.047	0.045	0.052	0.04
	2	-	0.032	0.028	0.041	0.04
	เฉลี่ย	-	0.037	0.033	0.046	0.04
3	1	-	0.170	0.175	0.215	0.20
	2	-	0.118	0.176	0.164	0.17
	เฉลี่ย	-	0.139	0.176	0.187	0.18
4	1	-	0.151	0.183	0.279	0.22
	2	-	0.117	0.133	0.182	0.20
	เฉลี่ย	-	0.131	0.154	0.222	0.21
5	1	-	0.152	0.203	0.194	0.17
	2	-	0.299	0.332	0.326	0.21
	เฉลี่ย	-	0.204	0.250	0.243	0.19
6	1	-	0.142	0.288	0.347	0.36
	2	-	0.166	0.211	0.296	0.26
	เฉลี่ย	-	0.154	0.242	0.320	0.30
ควบคุม	1	-	0.130	0.127	0.188	0.15
	2	-	0.140	0.163	0.180	0.18
	เฉลี่ย	-	0.135	0.144	0.184	0.16

ตารางที่ ง.18 องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพแต่ละสภาวะ

สภาวะ	ชั่วโมง	ประเภทก๊าซ (ร้อยละ)					
		H ₂	O ₂	N ₂	CO	CH ₄	CO ₂
1	1	0	1.66	6.11	0	31.11	61.1
	2	0	1.4	6.83	0	35.64	56.15
	เฉลี่ย	0	1.53	6.47	0	33.375	58.625
2	1	0	1.75	9.8	0	38.4	50
	2	0	1.69	9	0	43.4	45.75
	เฉลี่ย	0	1.72	9.4	0	40.9	47.9
3	1	0	0.44	2.2	0	66.2	31.1
	2	0	0.52	1	0	73.4	25.1
	เฉลี่ย	0	0.48	1.6	0	69.8	28.1
4	1	0	0.59	1.5	0	66.9	31
	2	0	0.41	2.1	0	71.3	26.2
	เฉลี่ย	0	0.5	1.8	0	69.1	28.6
5	1	0	2.6	7.8	0	71.8	17.8
	2	0	2.48	6.8	0	69.8	21
	เฉลี่ย	0	2.54	7.3	0	70.8	19.4
6	1	0	2.29	5.5	0	77.41	14.8
	2	0	1.97	4.5	0	83.19	10.2
	เฉลี่ย	0	2.13	5	0	80.3	12.5
ควบคุม	1	0	0.47	3	0	61.53	35
	2	0	0.35	2	0	71.87	25.6
	เฉลี่ย	0	0.41	2.5	0	66.7	30.3

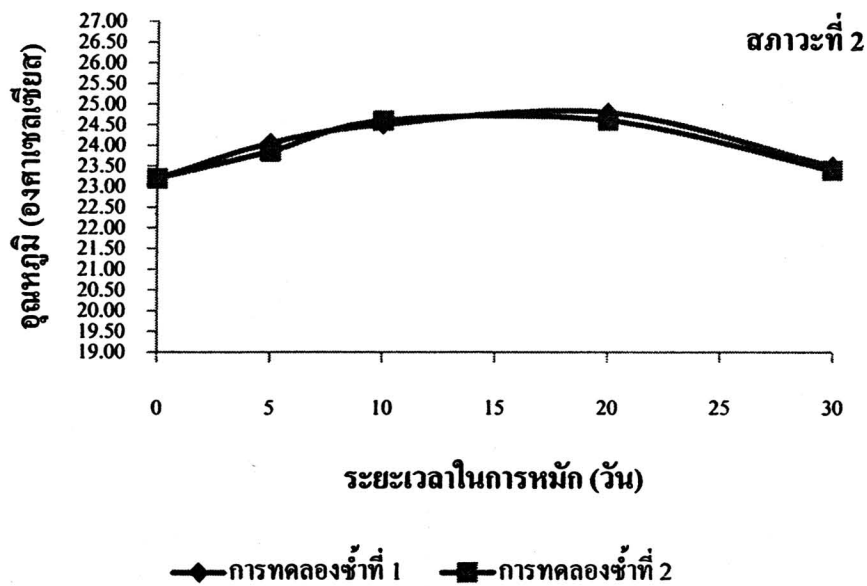
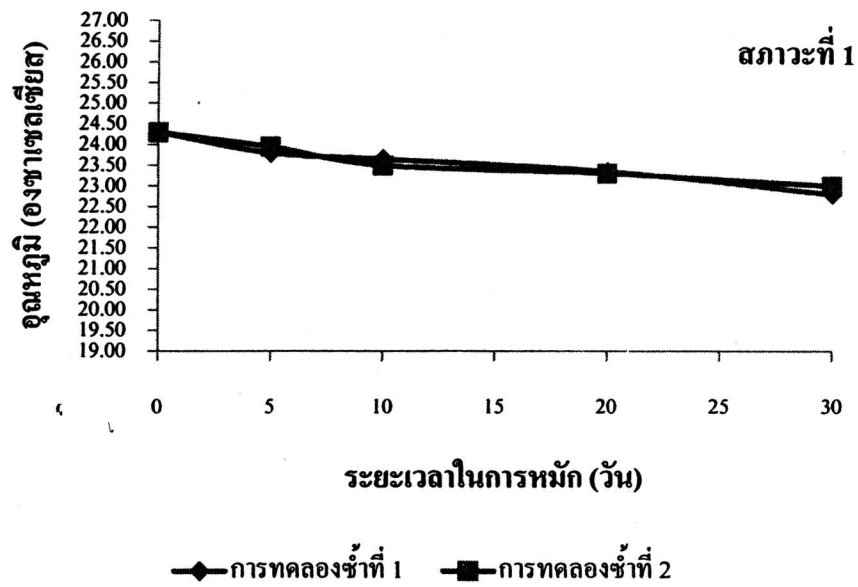
ตารางที่ ง.19 ประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)

สถานะ	ค่าใช้จ่ายการ ใช้เชื้อเพลิง (บาท/กก.กก. แห้ง)	ระยะเวลาหมัก 5 วัน			ระยะเวลาหมัก 10 วัน			ระยะเวลาหมัก 20 วัน			ระยะเวลาหมัก 30 วัน		
		ปริมาณ ก๊าซ	ค่าลงทุน ก๊าซหุง ต้ม (กก.LPG/ กก.กก. แห้ง)	ค่าใช้จ่าย (บาท/กก. กก.แห้ง)	ปริมาณ ก๊าซ	ค่าลงทุน ก๊าซหุง ต้ม (กก.LPG/ กก.กก. แห้ง)	ค่าใช้จ่าย (บาท/กก. กก.แห้ง)	ปริมาณ ก๊าซ	ค่าลงทุน ก๊าซหุง ต้ม (กก.LPG/ กก.กก. แห้ง)	ค่าใช้จ่าย (บาท/กก. กก.แห้ง)	ปริมาณ ก๊าซ	ค่าลงทุน ก๊าซหุง ต้ม (กก.LPG/ กก.กก. แห้ง)	ค่าใช้จ่าย (บาท/กก. กก.แห้ง)
1	210	0.088	0.04	0.8	0.094	0.04	0.8	0.094	0.04	0.8	0.095	0.04	0.8
2	30	0.063	0.03	0.5	0.063	0.03	0.5	0.103	0.05	0.9	0.103	0.05	0.9
3	0.3	0.194	0.09	1.7	0.387	0.18	3.4	0.604	0.28	5.2	0.644	0.30	5.6
4	0.2	0.234	0.11	2.0	0.342	0.16	3.0	0.490	0.23	4.3	0.580	0.27	5.0
5	1.3	0.251	0.12	2.2	0.422	0.19	3.7	0.561	0.26	4.9	0.594	0.27	5.2
6	121	0.313	0.14	2.7	0.615	0.28	5.3	1.054	0.48	9.2	1.205	0.55	10.5
ควบคุม	-	0.191	0.09	1.7	0.305	0.14	2.6	0.385	0.18	3.3	0.395	0.18	3.4

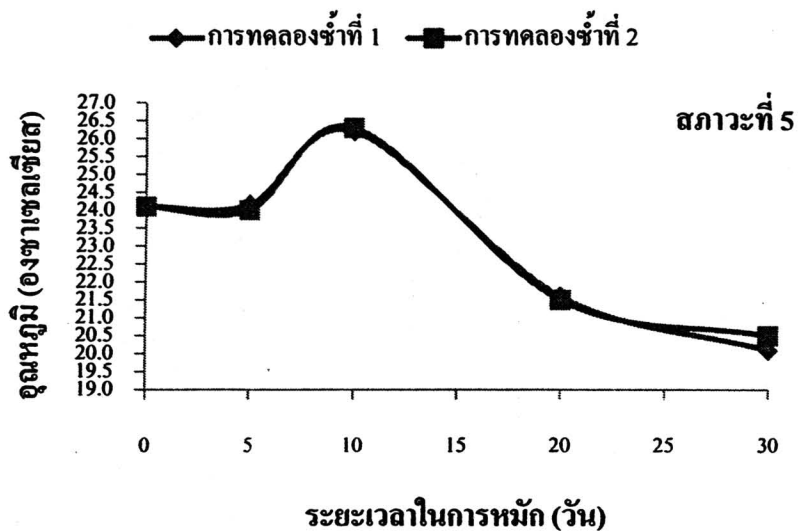
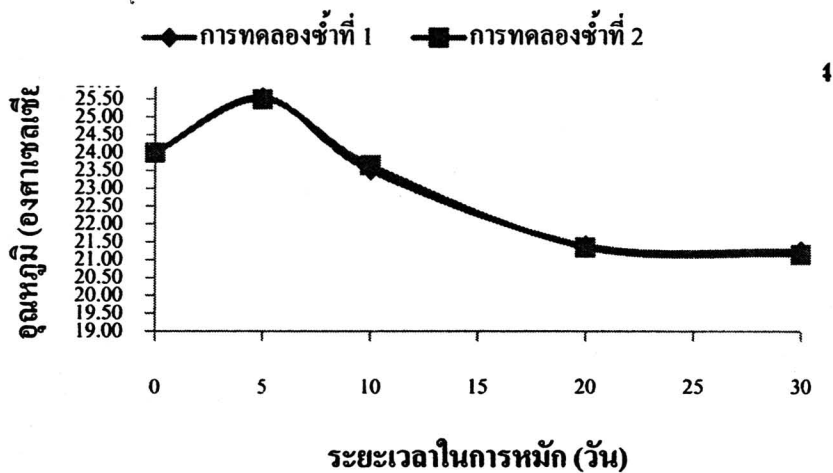
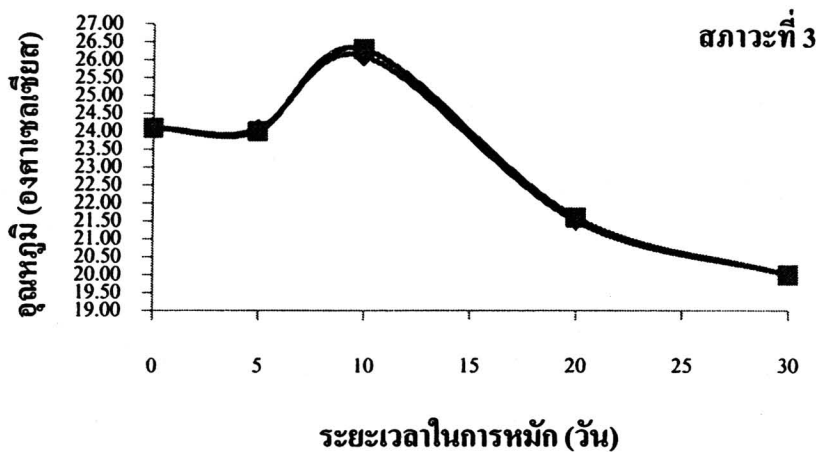
ตารางที่ ง.20 ประเมินค่าใช้จ่ายและผลตอบแทนเมื่อใช้ก๊าซชีวภาพทดแทนพลังงานไฟฟ้า

สถานะ	ค่าใช้จ่ายการไฮโดรไลซิส (บาท/กก.กากแห้ง)	ระยะเวลาหมัก 5 วัน			ระยะเวลาหมัก 10 วัน			ระยะเวลาหมัก 20 วัน			ระยะเวลาหมัก 30 วัน		
		ปริมาณก๊าซ (ล./กก.กากแห้ง)	ทดแทนพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ทดแทนค่าใช้จ่าย (บาท./กก.กากแห้ง)	ปริมาณก๊าซ (ล./กก.กากแห้ง)	ทดแทนพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ทดแทนค่าใช้จ่าย (บาท./กก.กากแห้ง)	ปริมาณก๊าซ (ล./กก.กากแห้ง)	ทดแทนพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ทดแทนค่าใช้จ่าย (บาท./กก.กากแห้ง)	ปริมาณก๊าซ (ล./กก.กากแห้ง)	ทดแทนพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)	ทดแทนค่าใช้จ่าย (บาท./กก.กากแห้ง)
1	210	0.088	0.106	0.24	0.094	0.113	0.26	0.094	0.113	0.26	0.095	0.114	0.26
2	30	0.063	0.075	0.17	0.063	0.075	0.17	0.103	0.123	0.28	0.103	0.123	0.28
3	0.3	0.194	0.232	0.53	0.387	0.465	1.07	0.604	0.725	1.67	0.644	0.772	1.78
4	0.2	0.234	0.280	0.64	0.342	0.410	0.94	0.490	0.588	1.35	0.580	0.697	1.60
5	1.3	0.251	0.301	0.69	0.422	0.506	1.16	0.561	0.673	1.55	0.594	0.713	1.64
6	121	0.313	0.376	0.86	0.615	0.738	1.70	1.054	1.265	2.91	1.205	1.446	3.33
ควบคุม	-	0.191	0.229	0.53	0.305	0.366	0.84	0.385	0.461	1.06	0.395	0.474	1.09

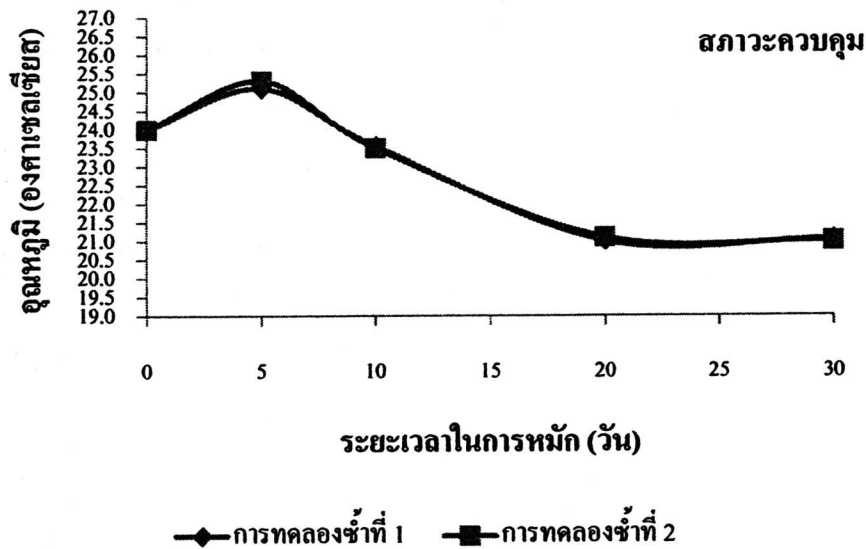
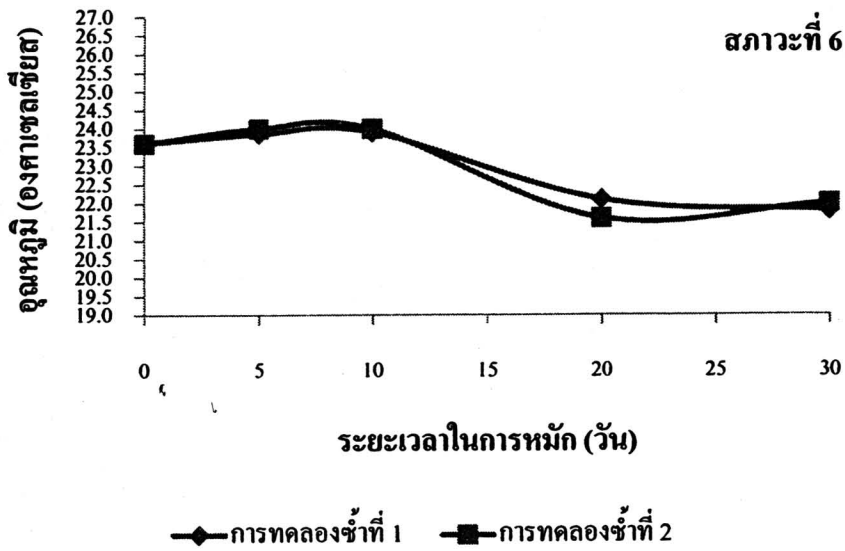
จ.1 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



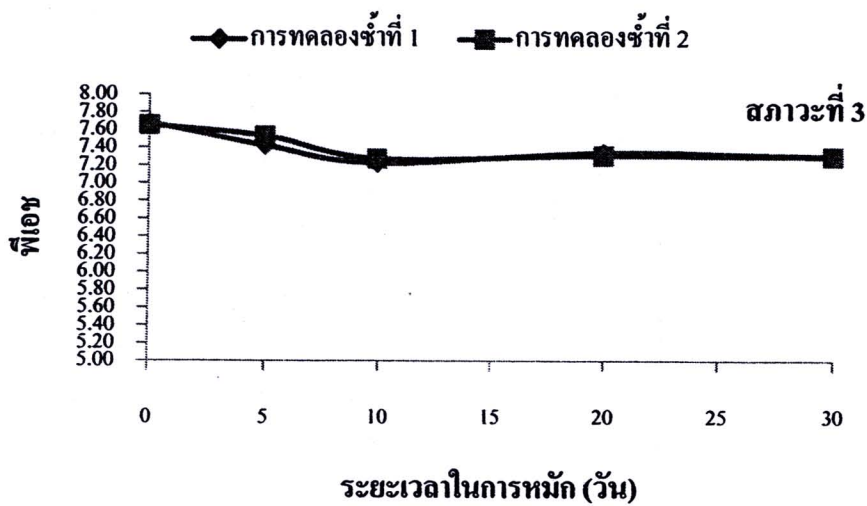
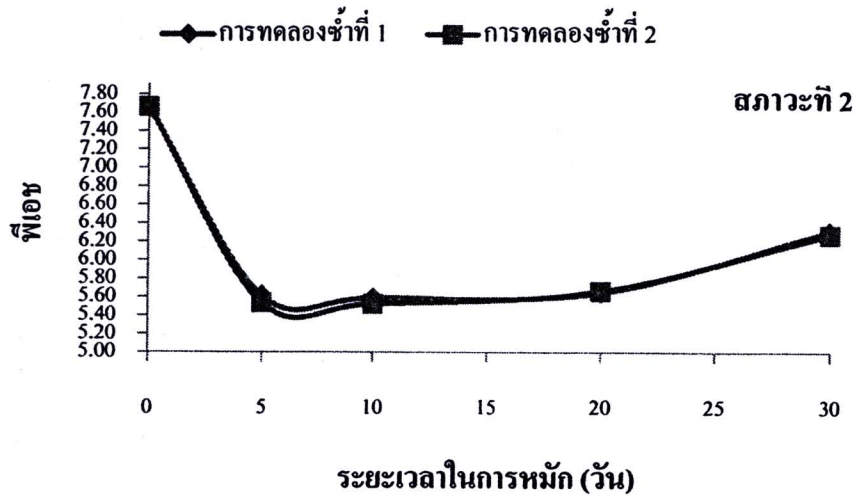
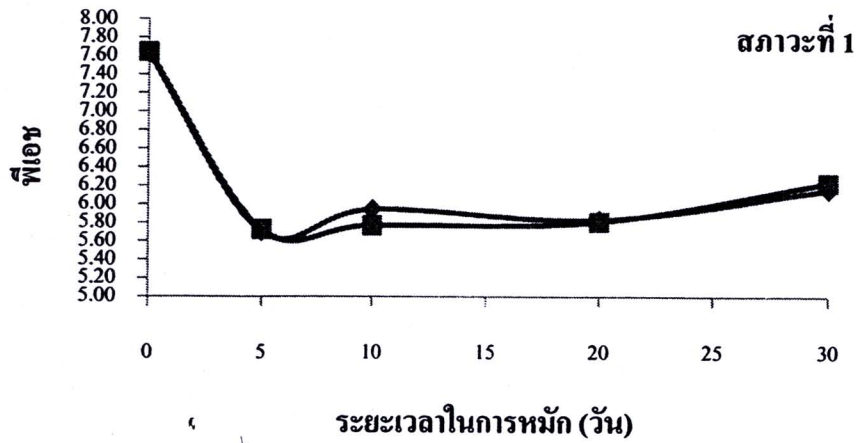
ง.1 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



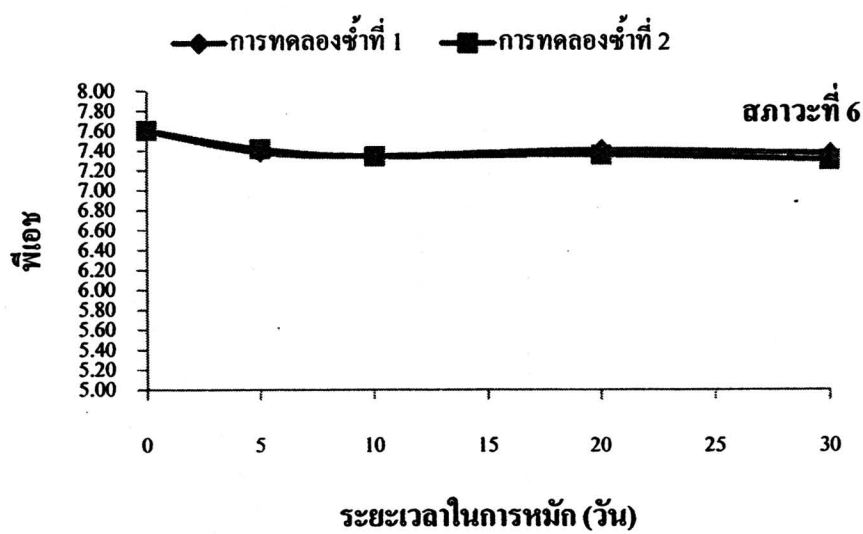
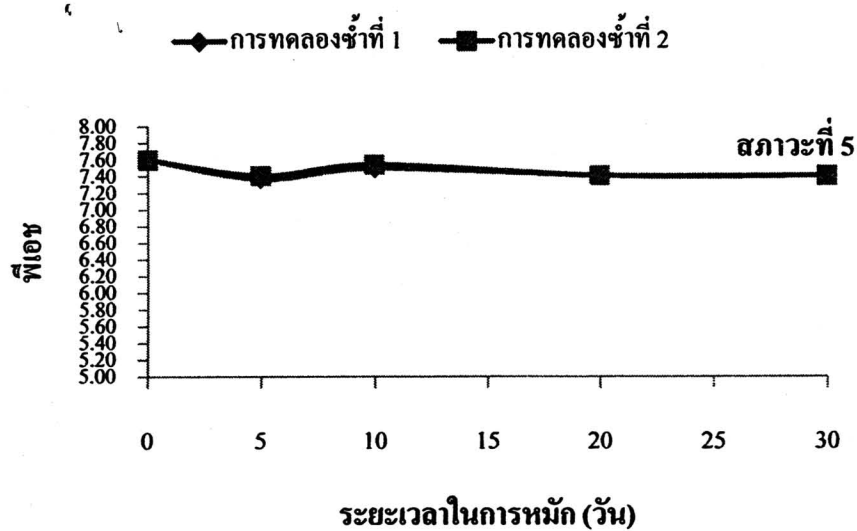
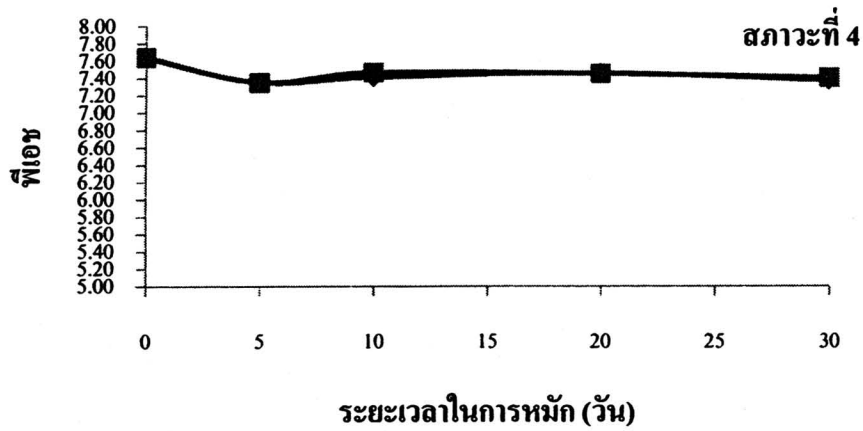
จ.1 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



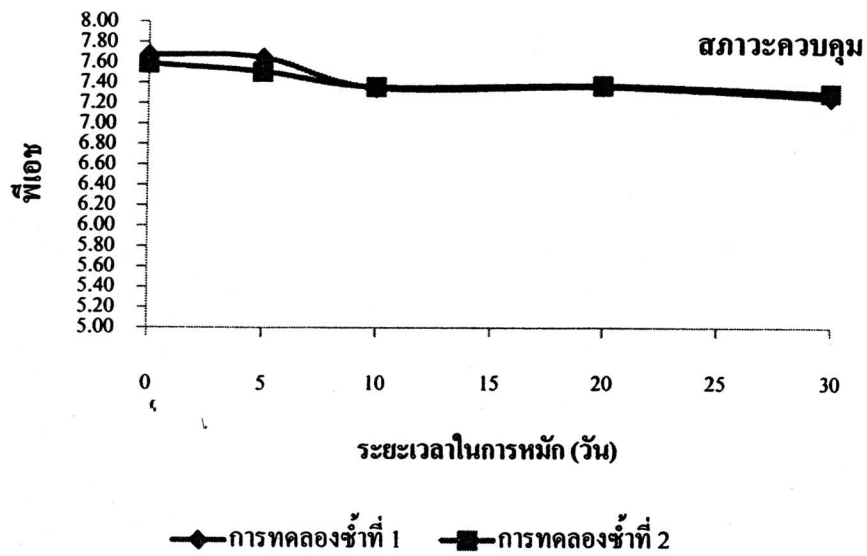
ง.2 กราฟแสดงผลของพีเอชในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



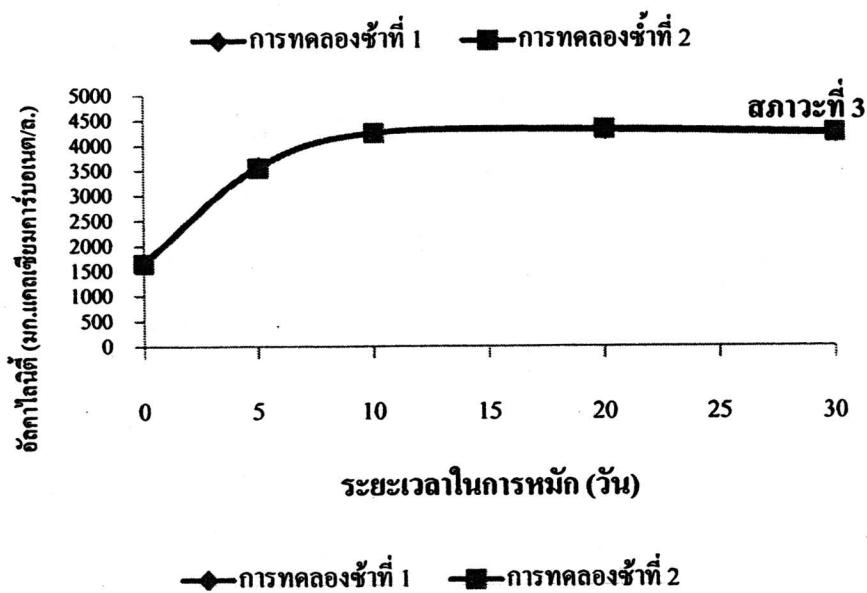
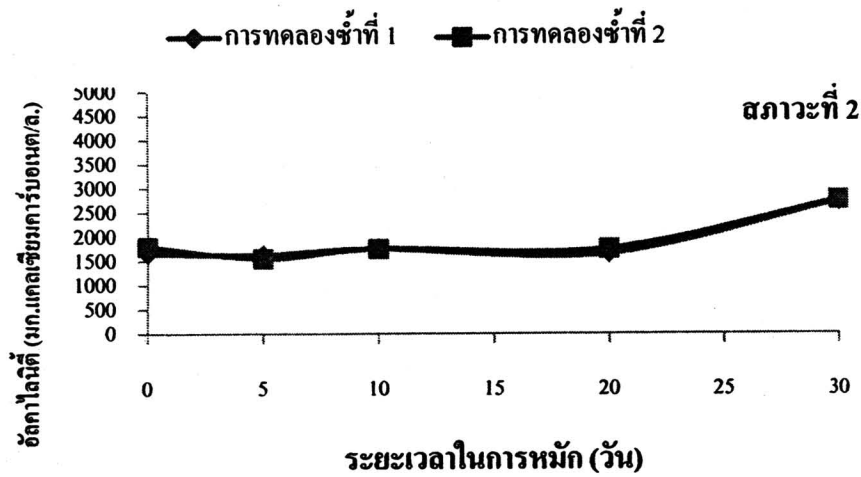
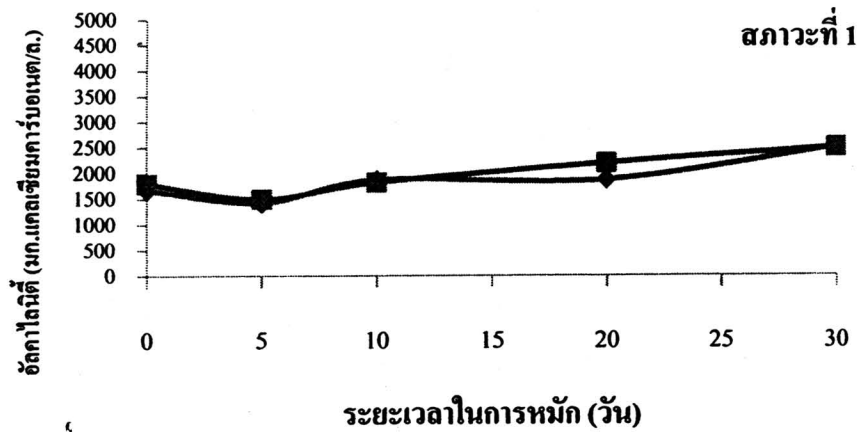
จ.2 กราฟแสดงผลของพีเอชในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



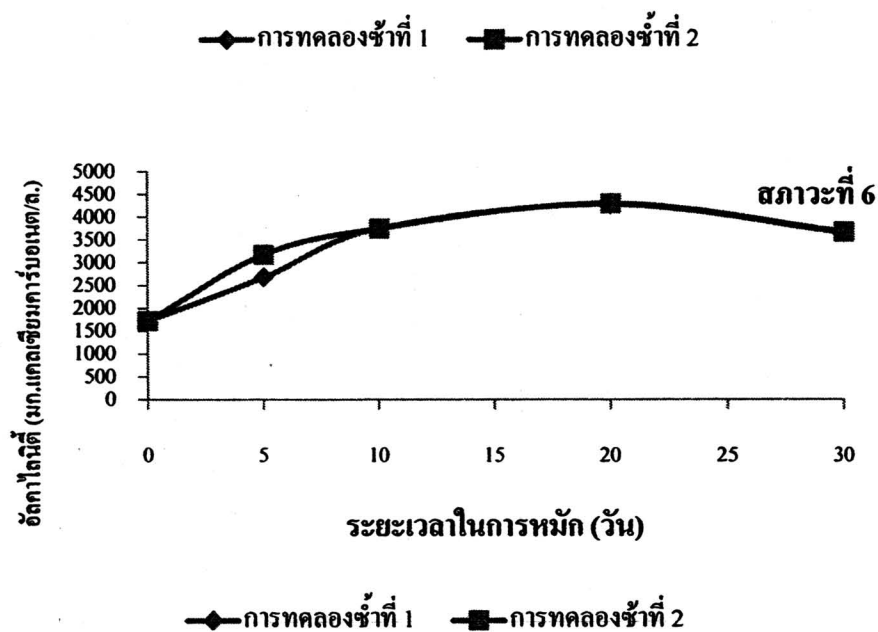
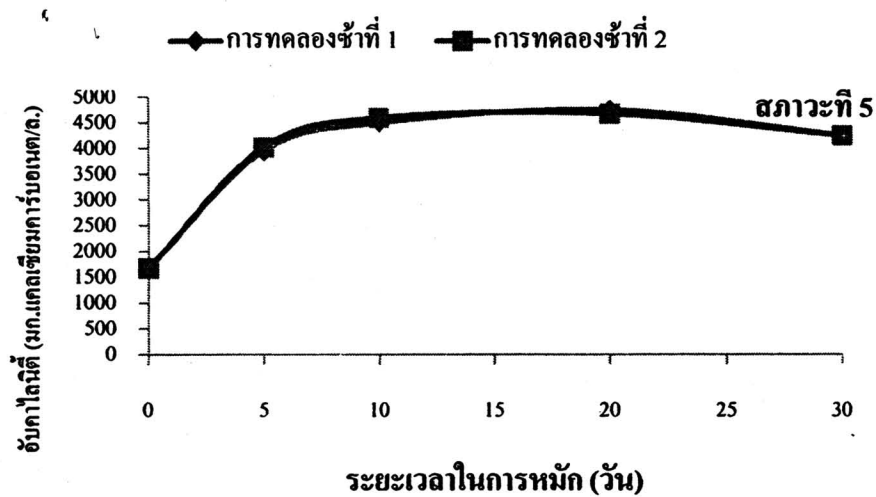
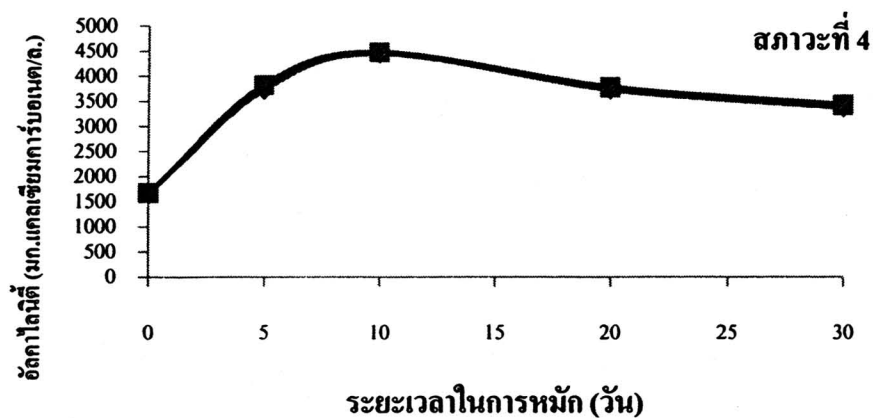
ง.2 กราฟแสดงผลของพีเอชในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



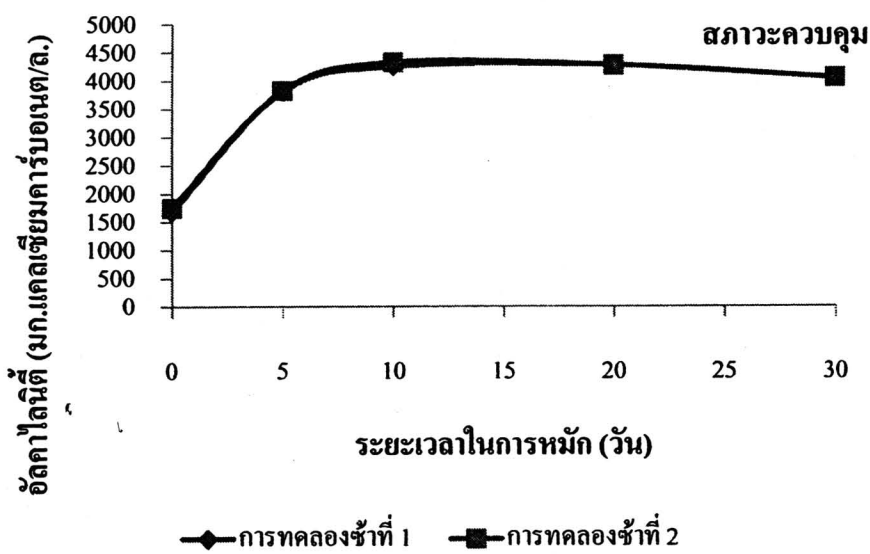
ง.3 กราฟแสดงผลของอัลคาไลน์ตีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



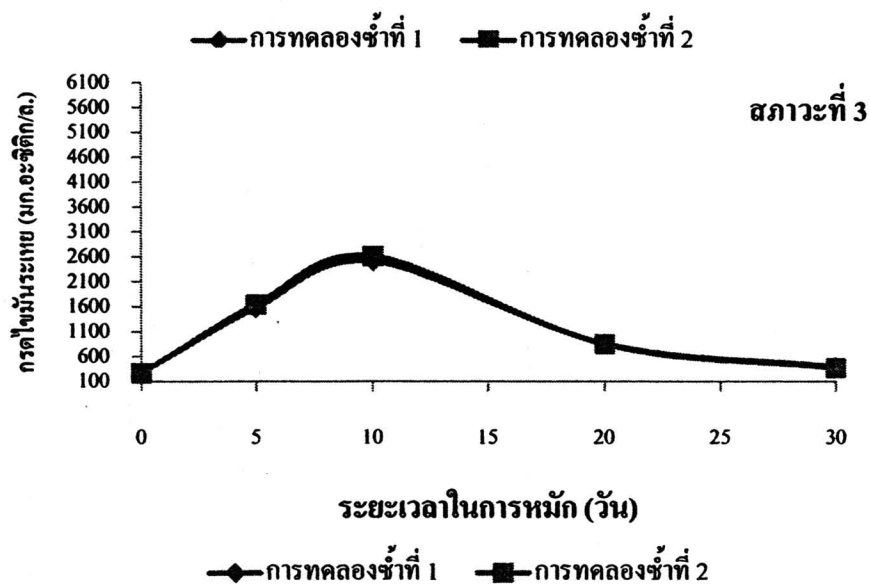
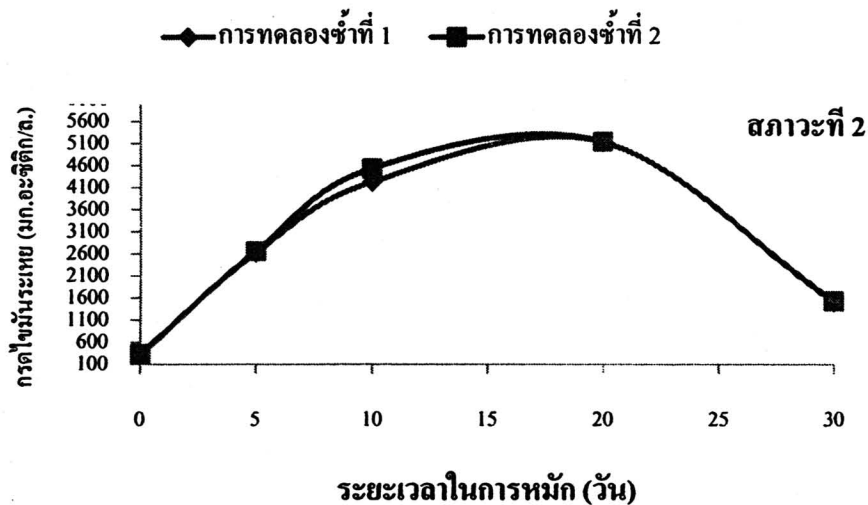
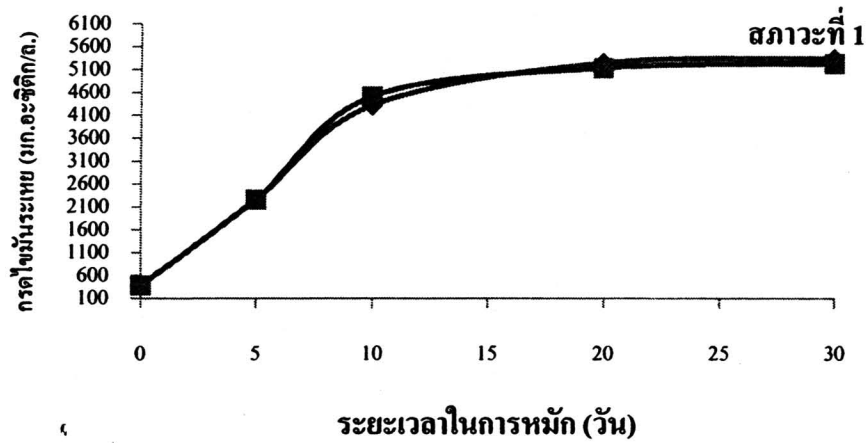
ง.3 กราฟแสดงผลของอัลคาไลน์ดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



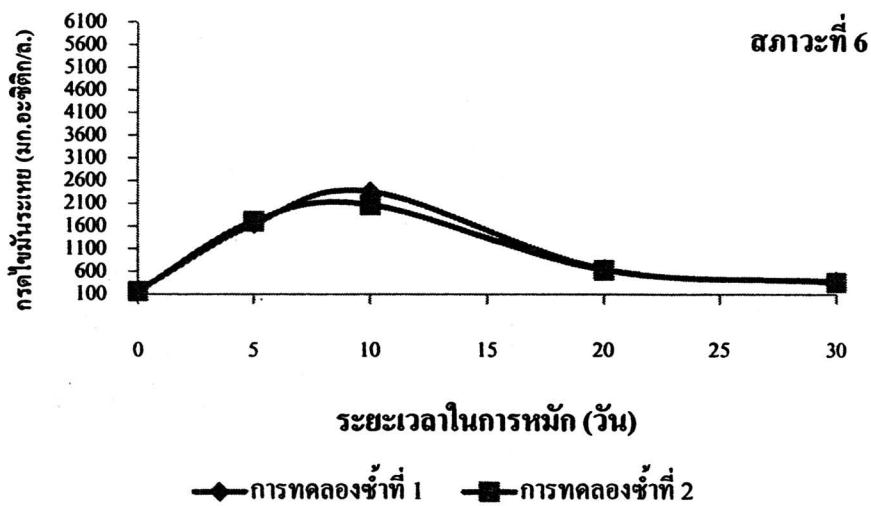
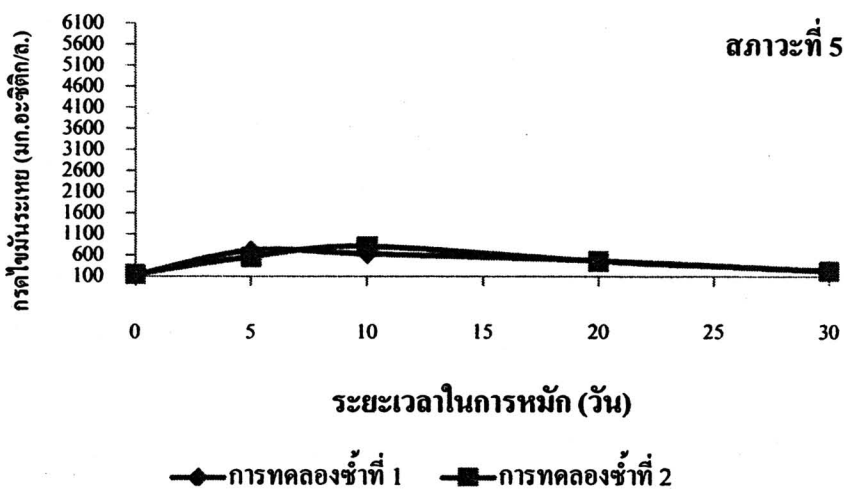
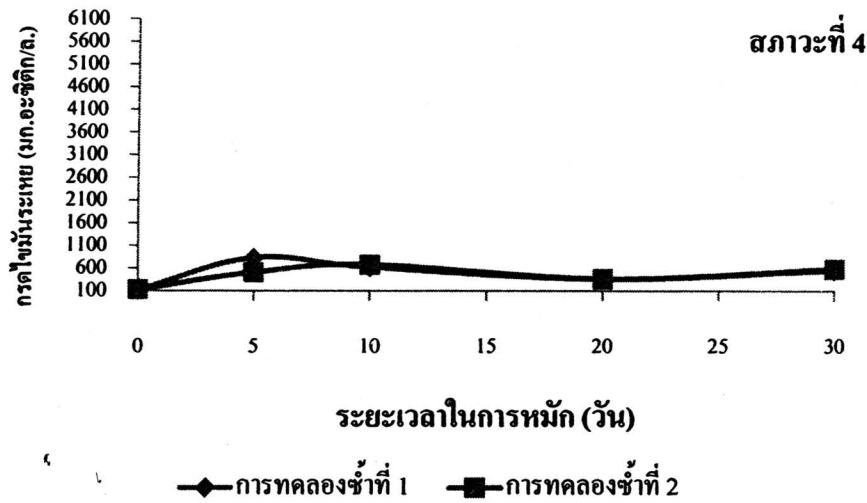
ง.3 กราฟแสดงผลของอัลคาไลนิตี้ในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



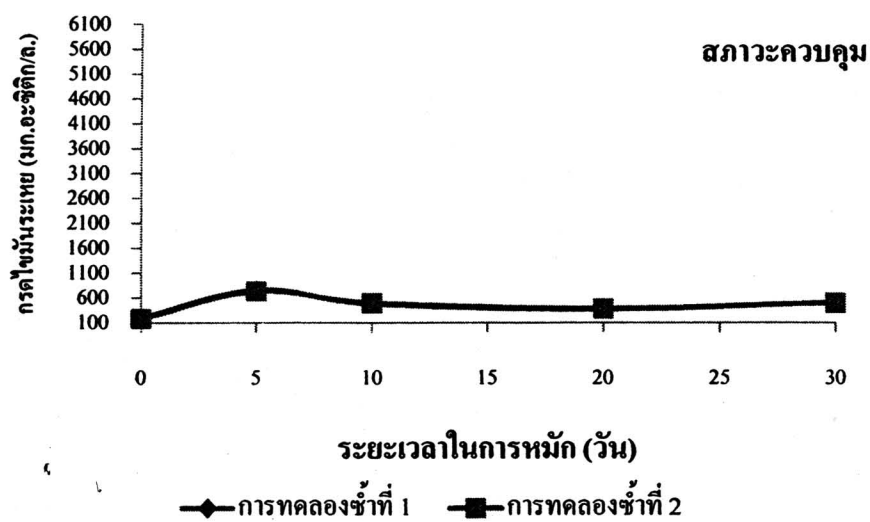
ง.4 กราฟแสดงผลของกรดไขมันระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



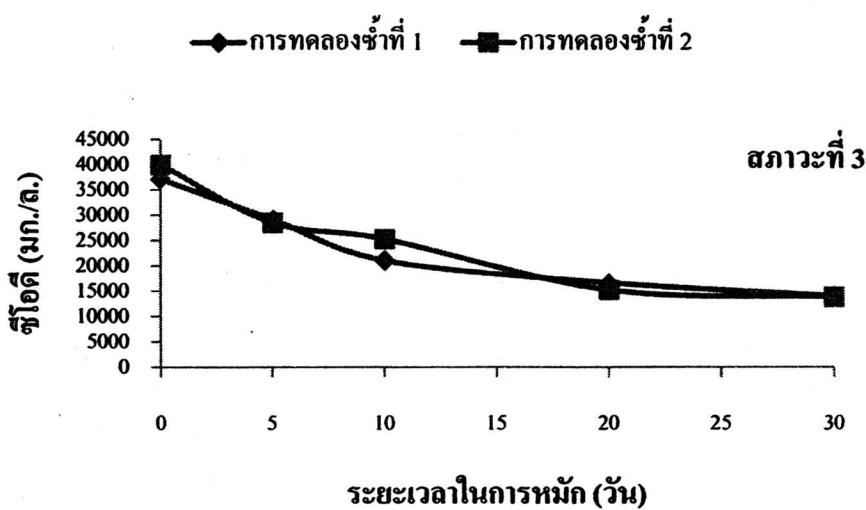
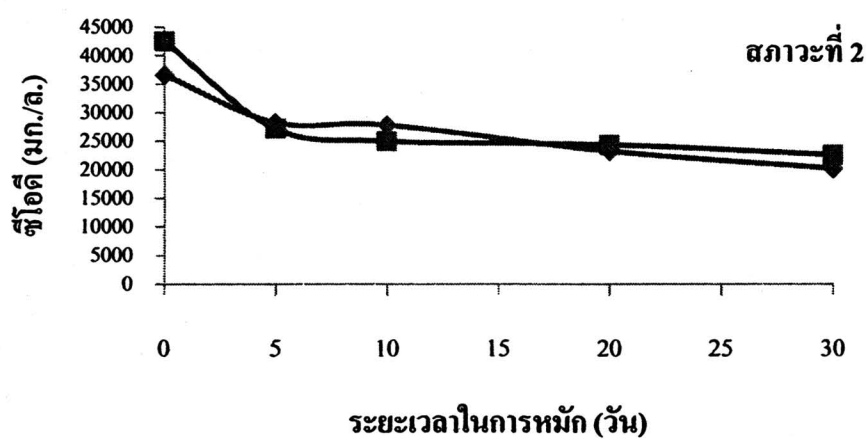
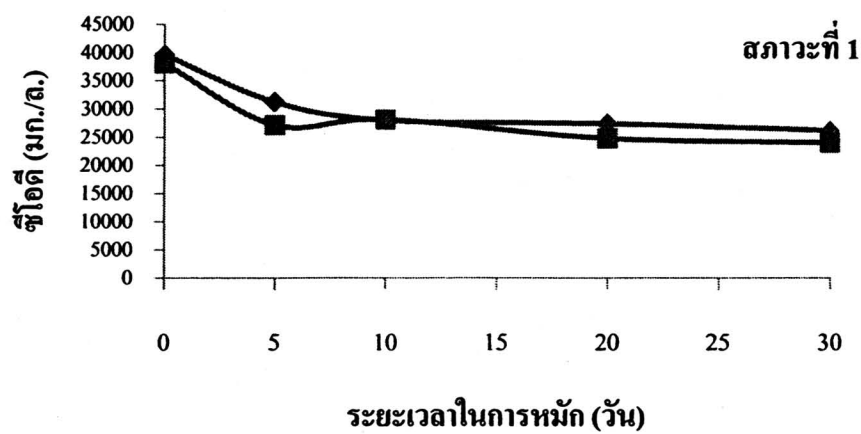
ง.4 กราฟแสดงผลของกรดไขมันระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



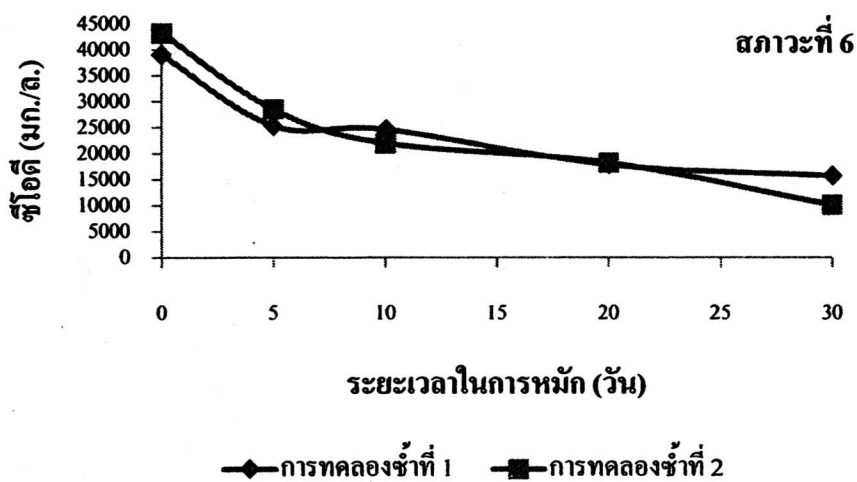
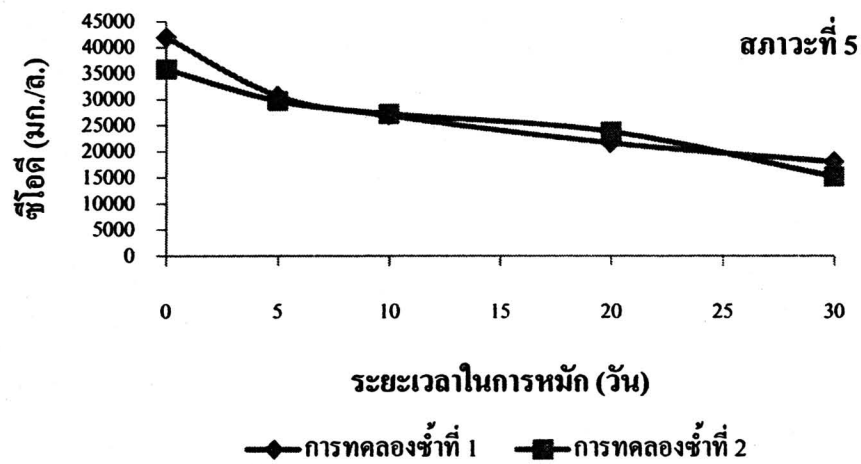
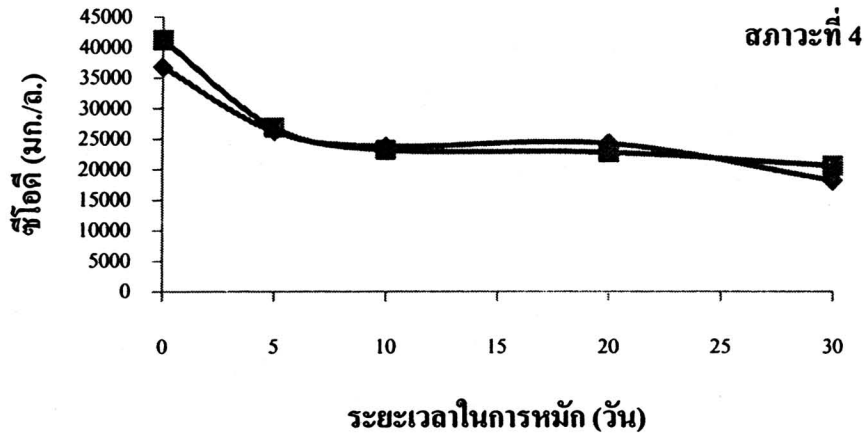
ง.4 กราฟแสดงผลของกรดไขมันระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



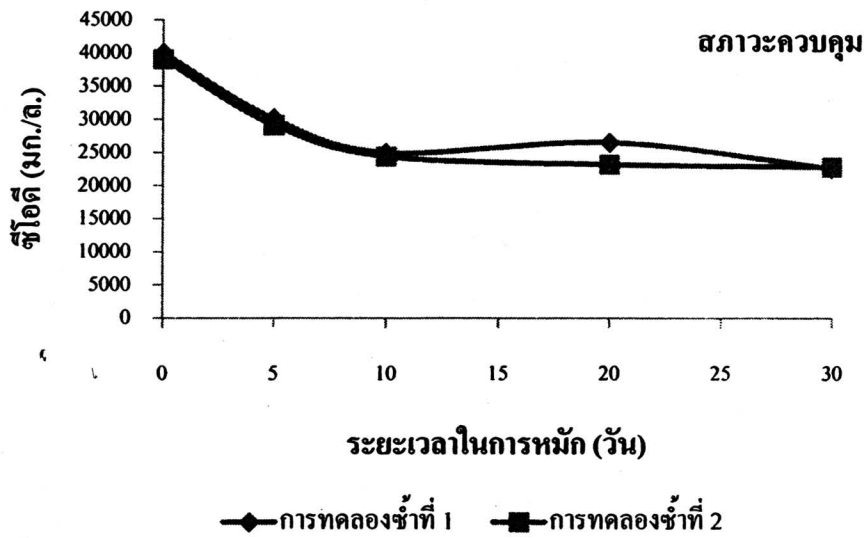
จ.5 กราฟแสดงผลของซีโอดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



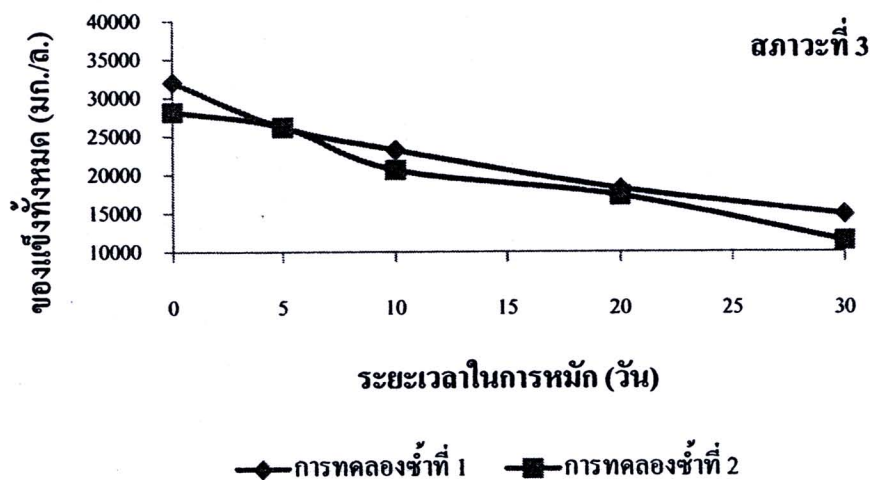
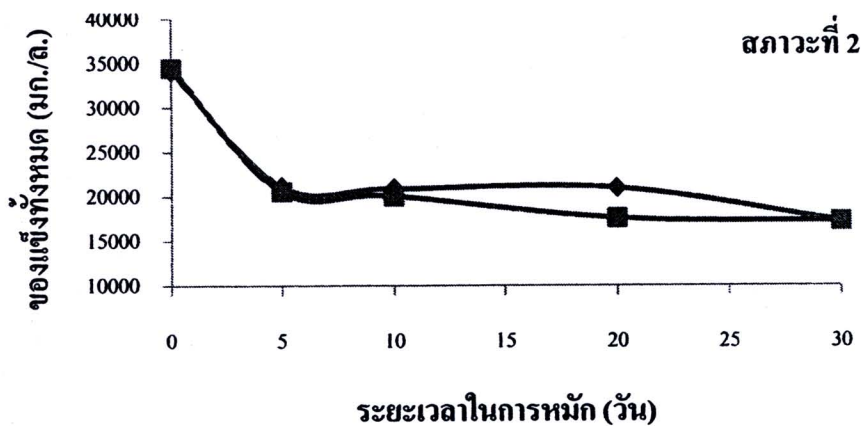
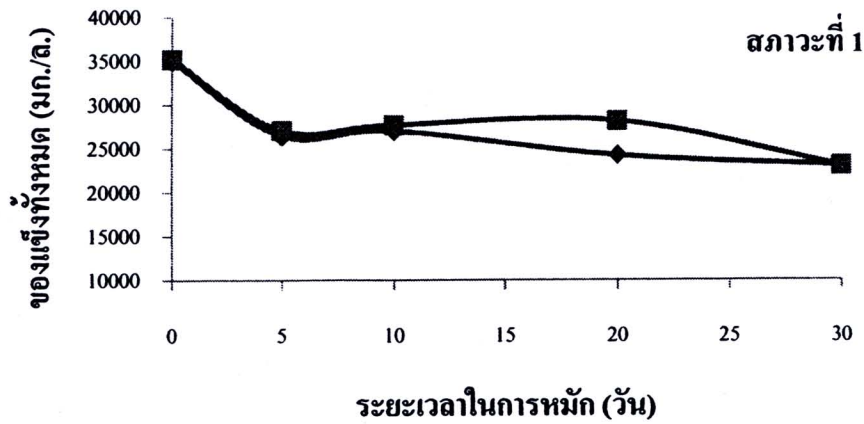
จ.5 กราฟแสดงผลของซีไอดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



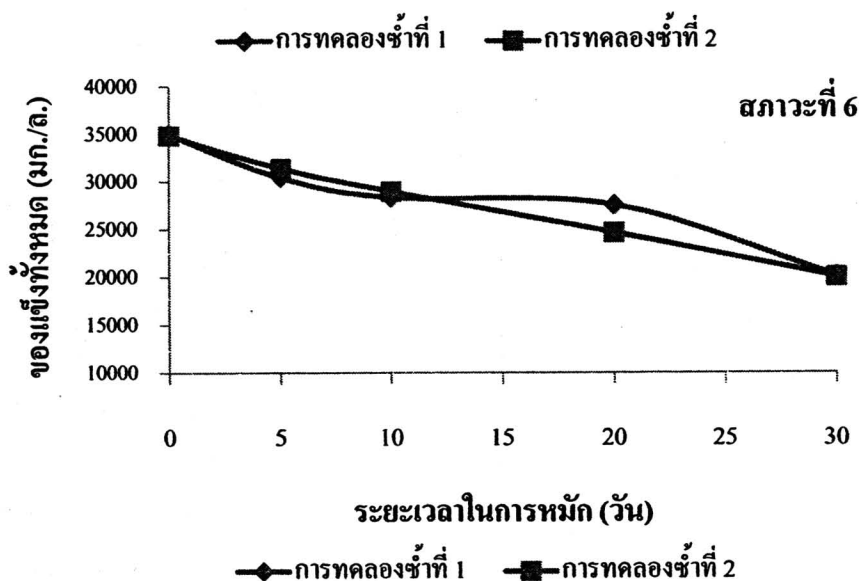
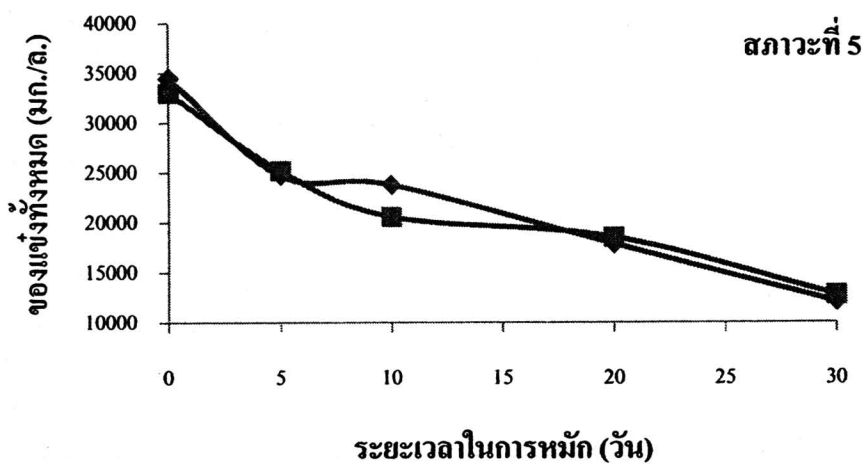
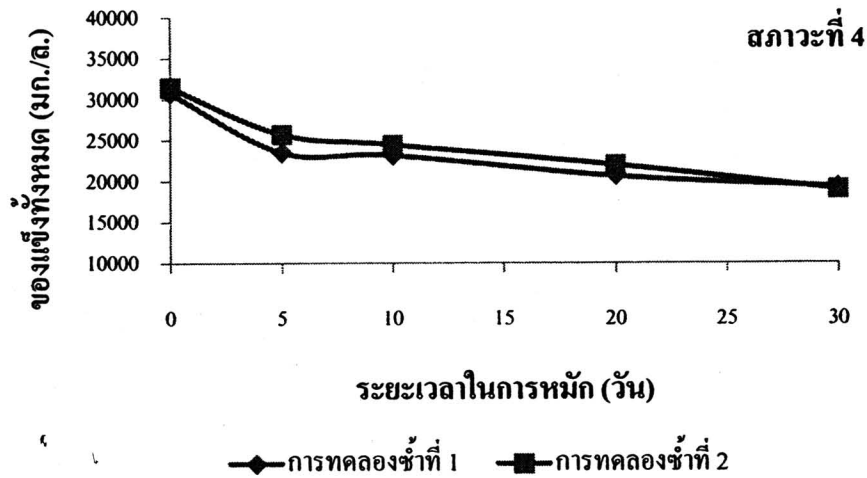
จ.5 กราฟแสดงผลของซีโอดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



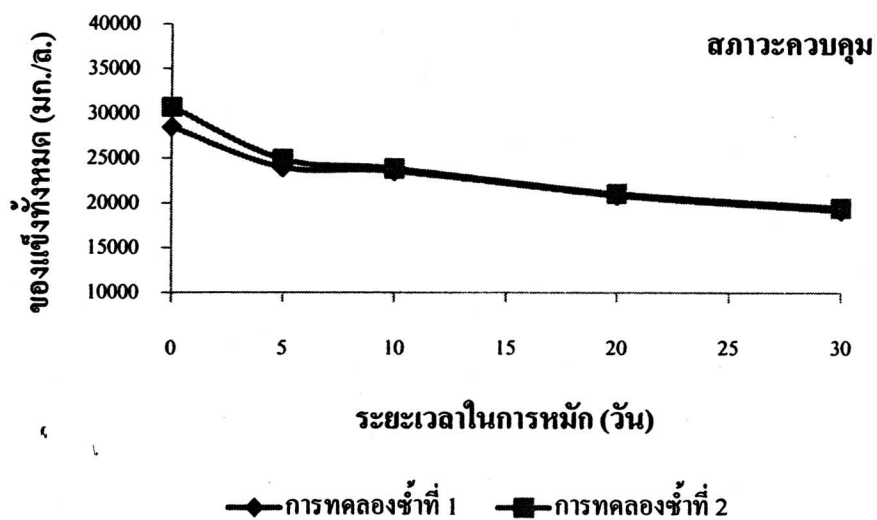
ง.6 กราฟแสดงผลของของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



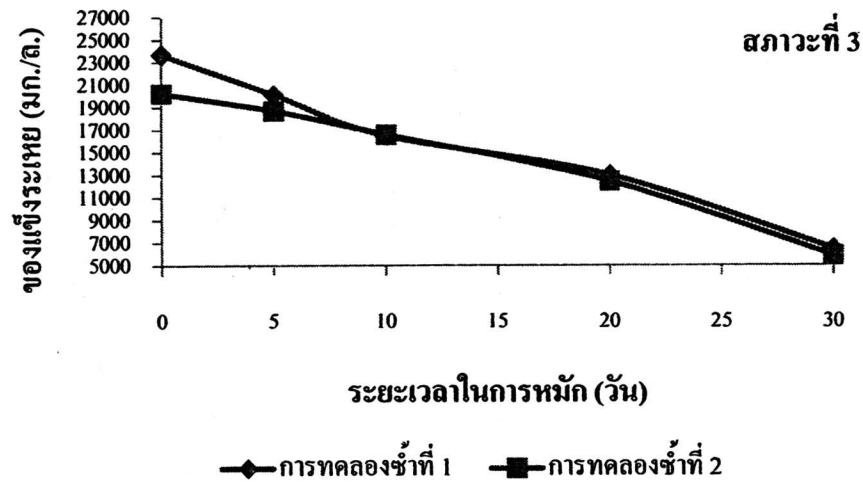
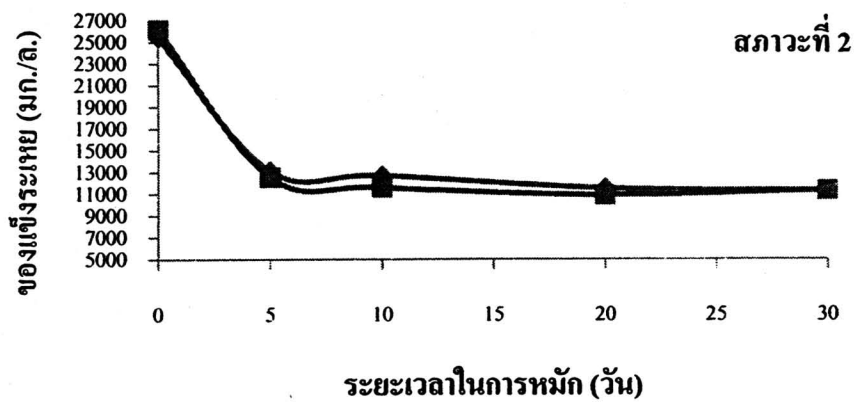
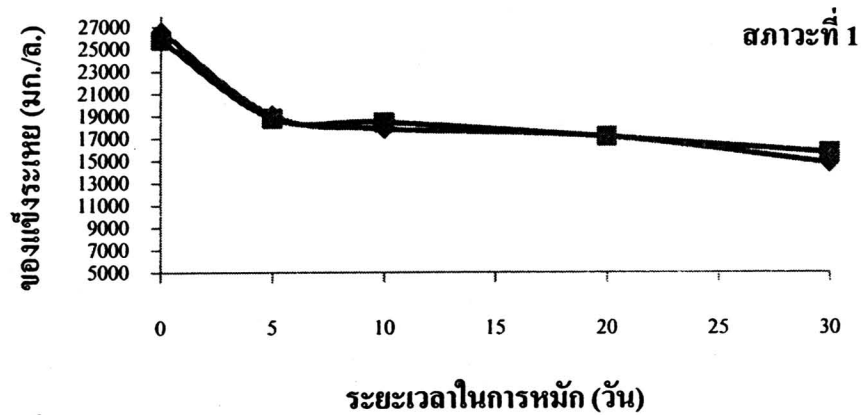
ง.6 กราฟแสดงผลของของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



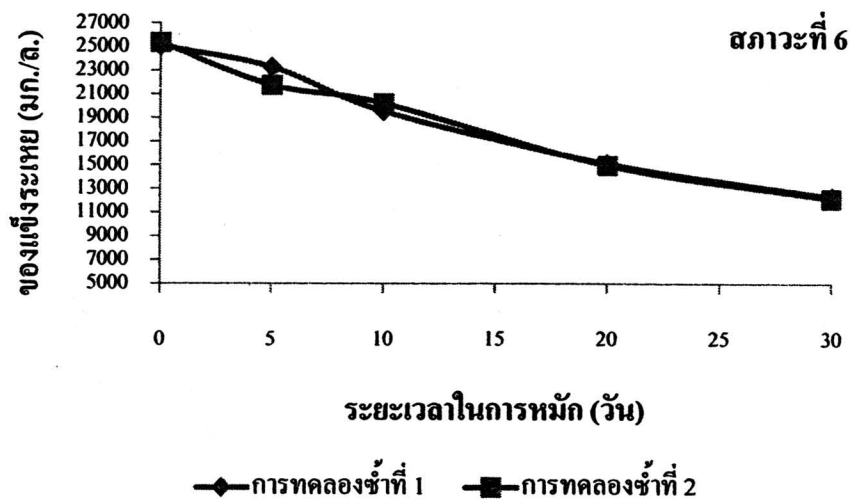
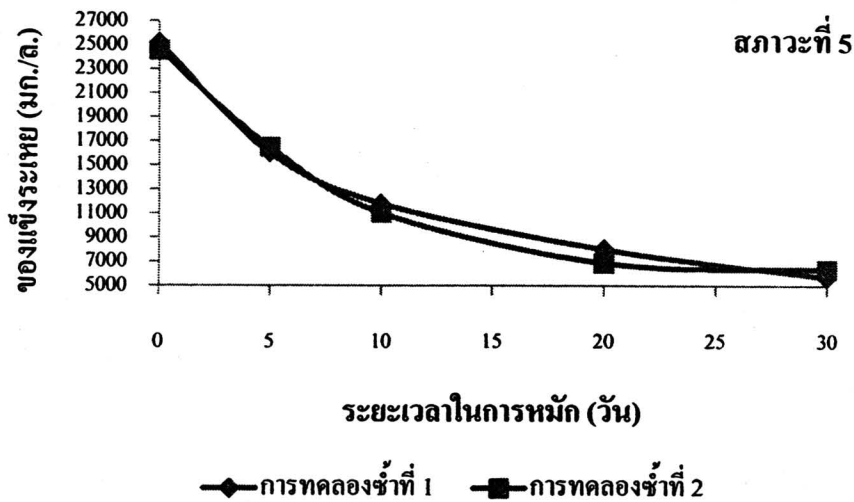
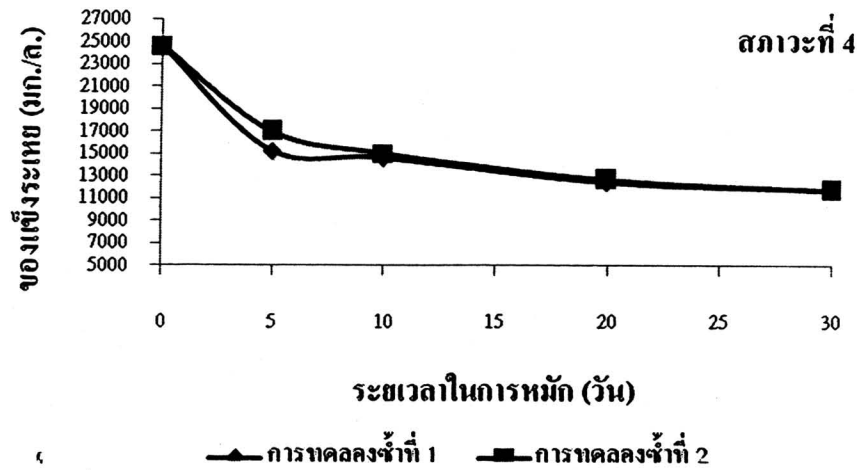
ง.6 กราฟแสดงผลของของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



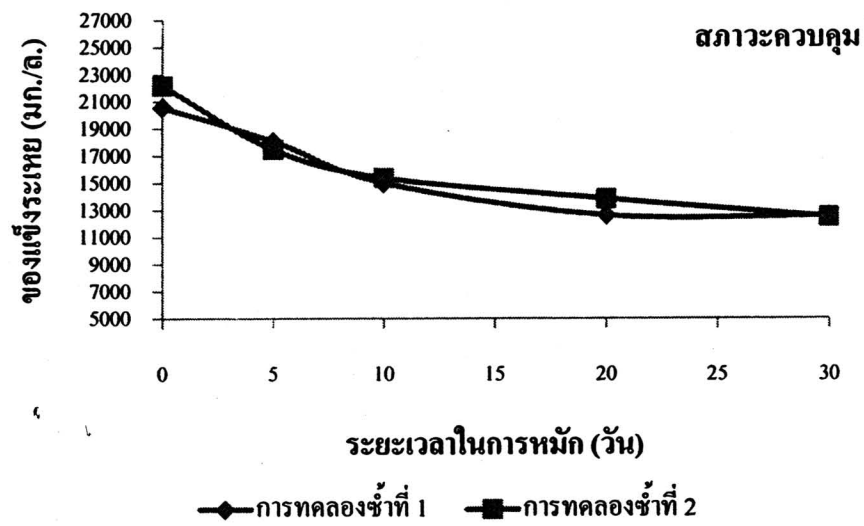
ง.7 กราฟแสดงผลของของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



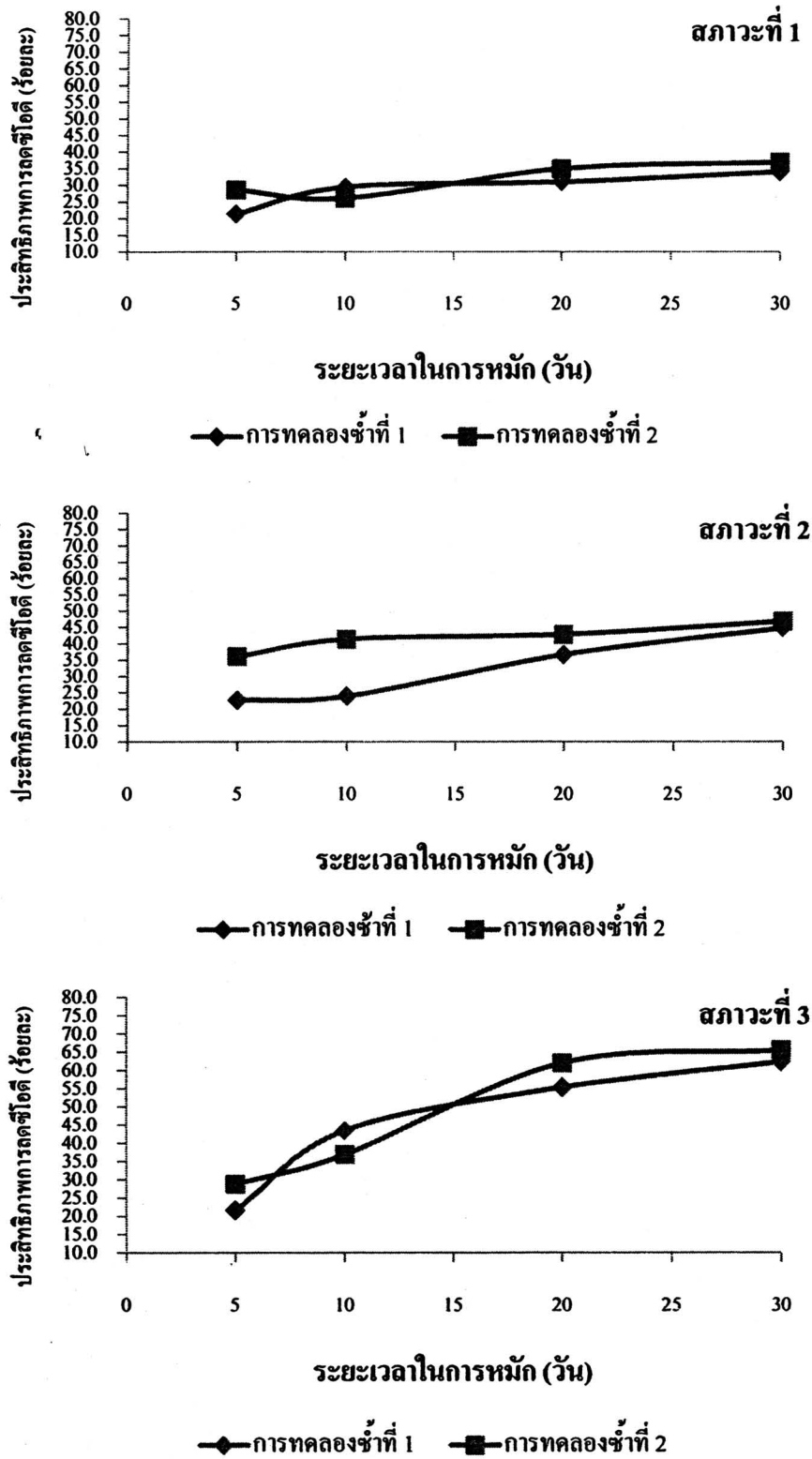
ง.7 กราฟแสดงผลของของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ (ต่อ)



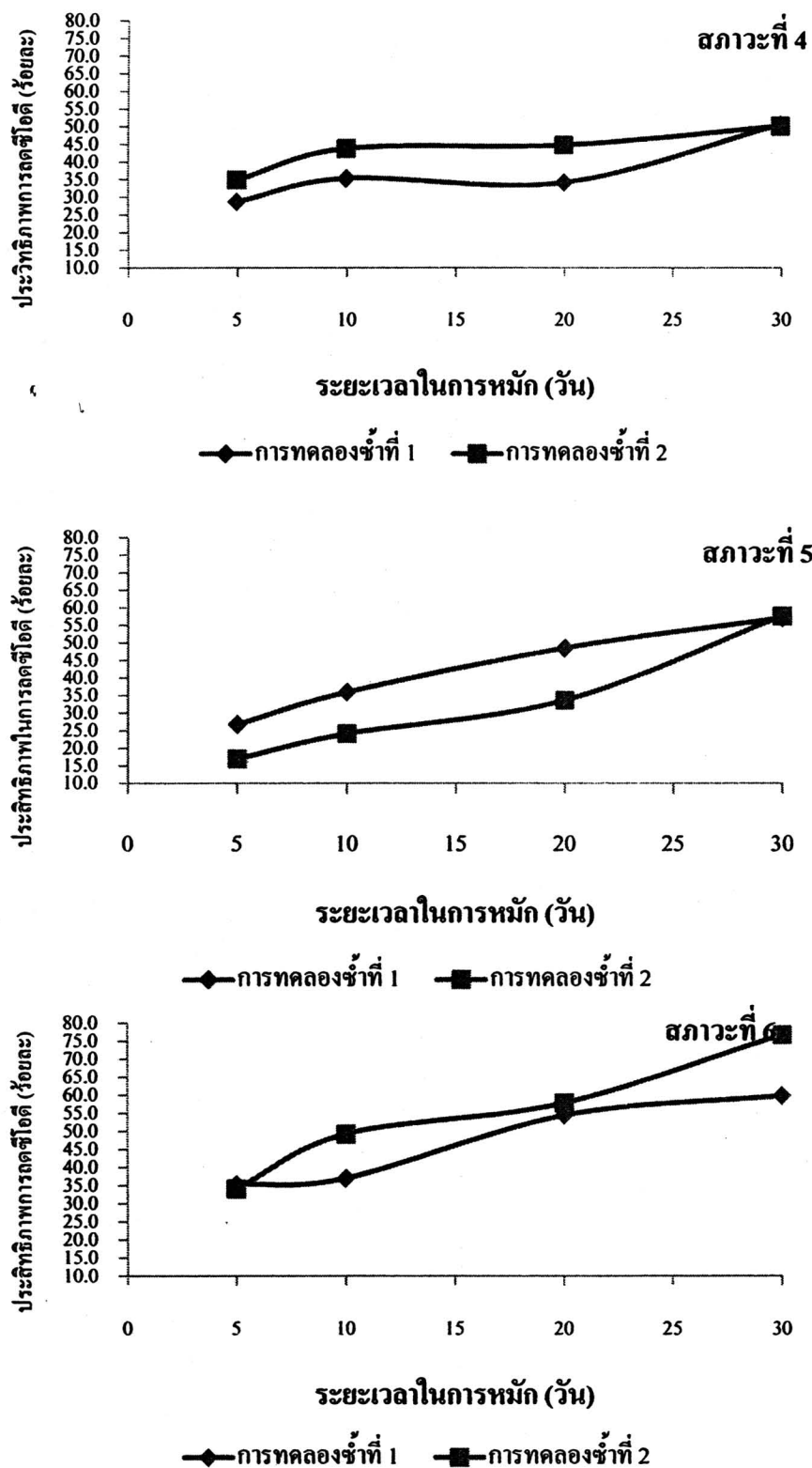
ง.7 กราฟแสดงผลของของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



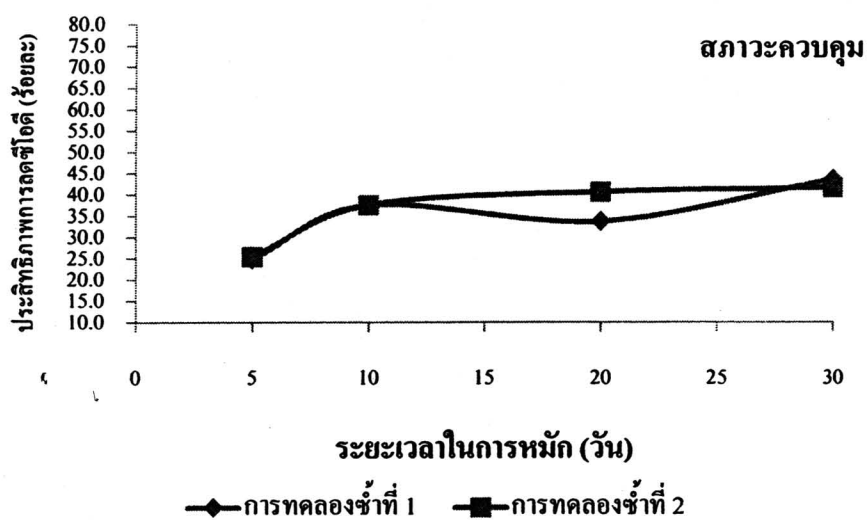
ง.8 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อโรคในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ



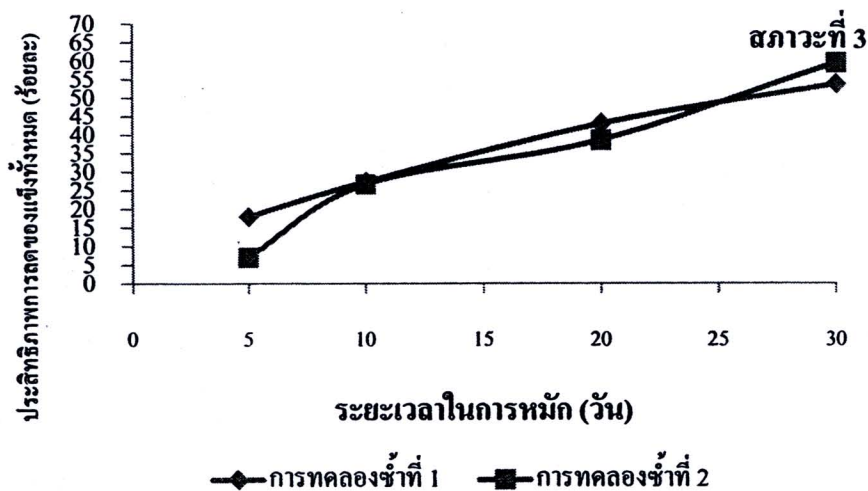
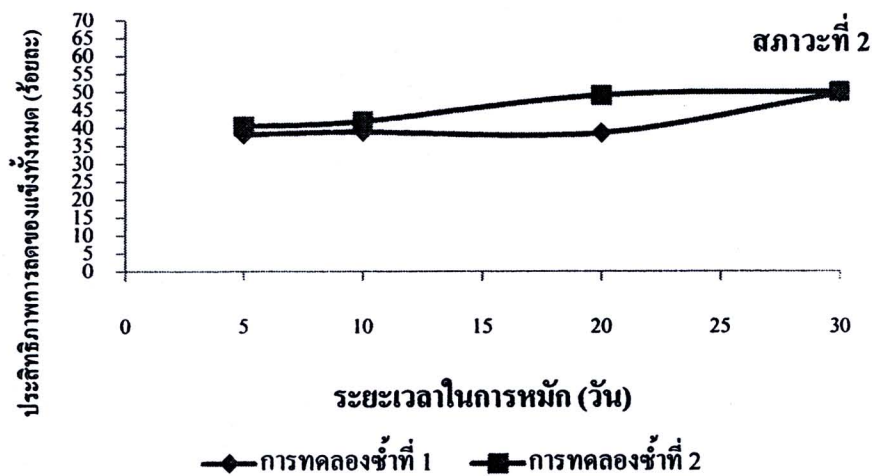
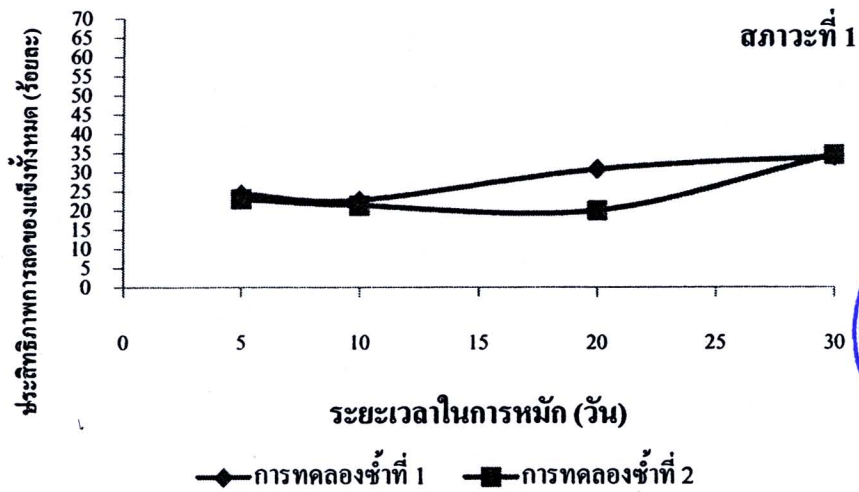
ง.8 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ (ต่อ)



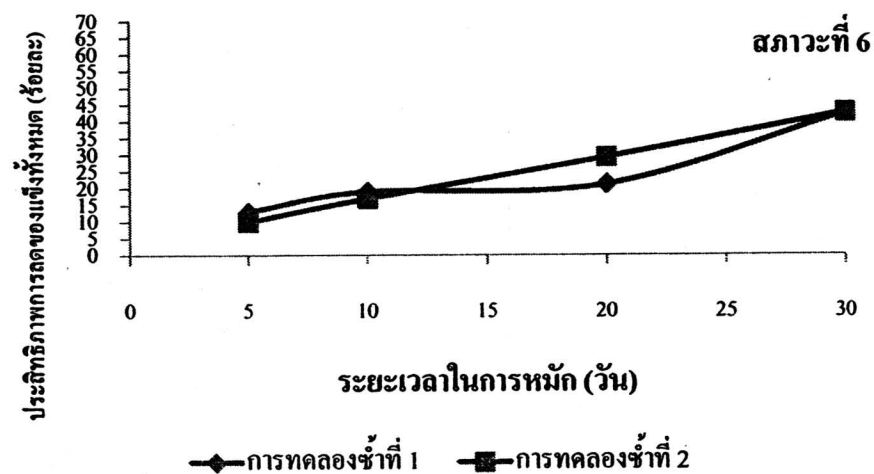
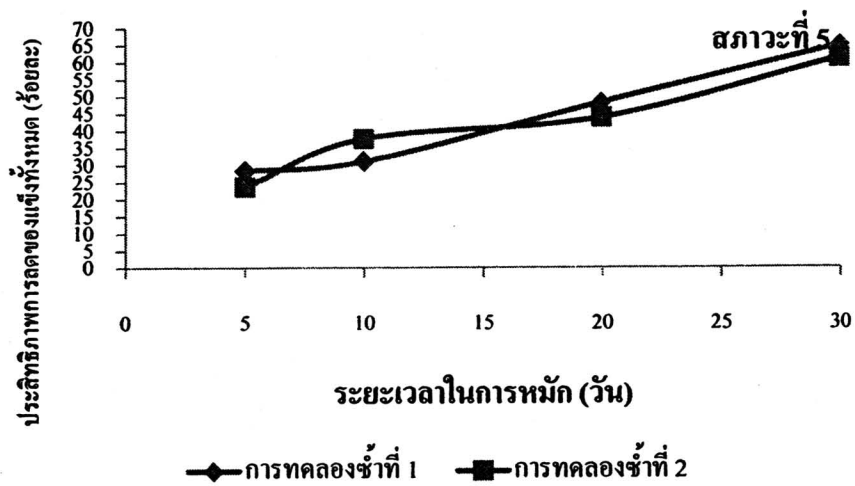
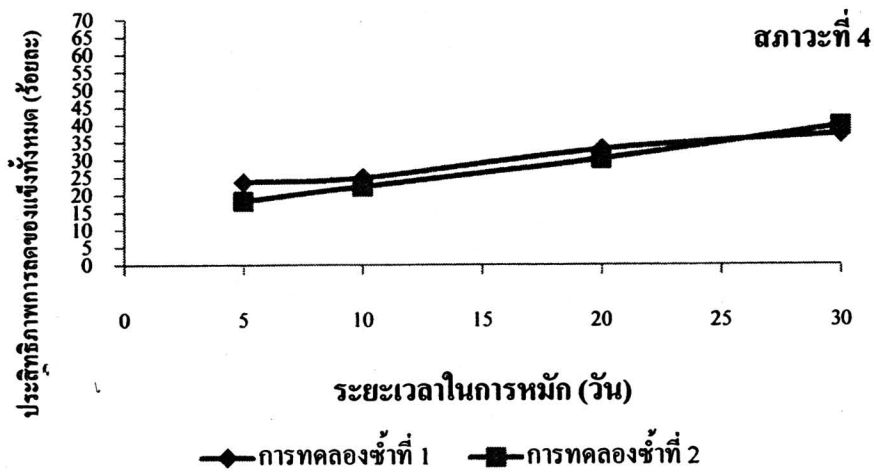
ง.8 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดค่าซีไอดีในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่สภาวะต่างๆ (ต่อ)



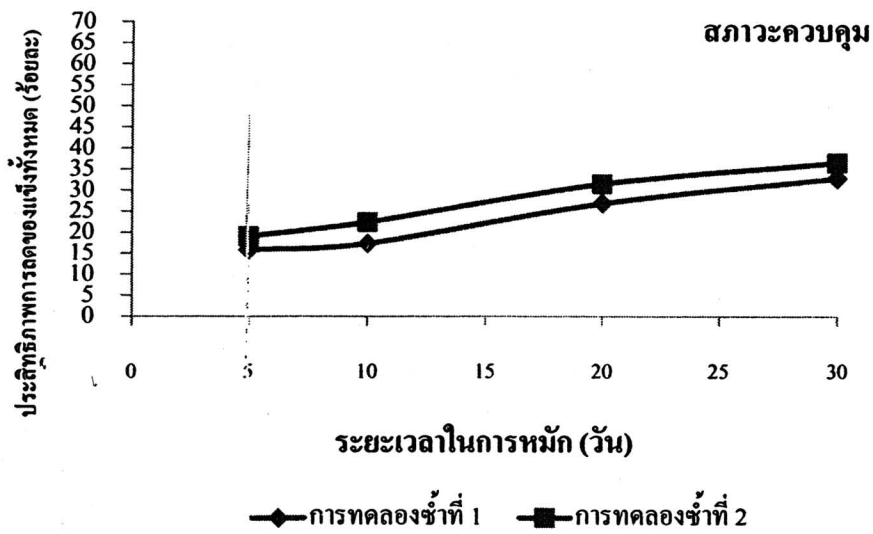
ง.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ



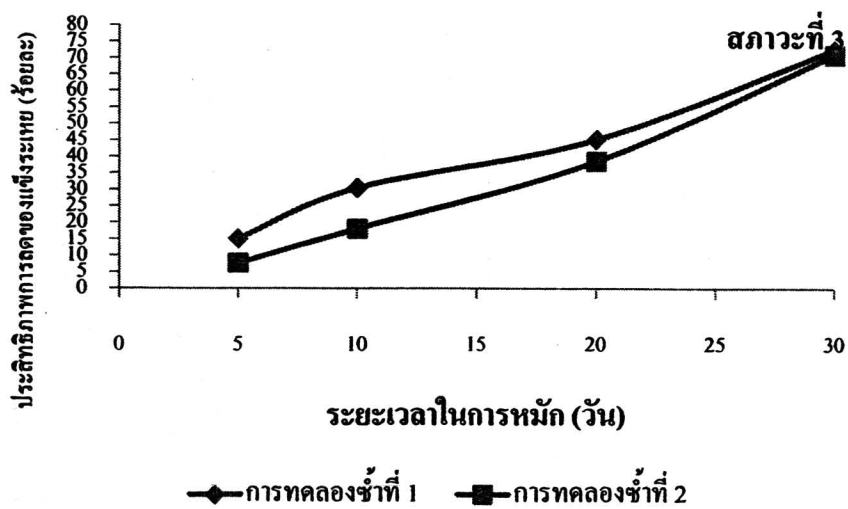
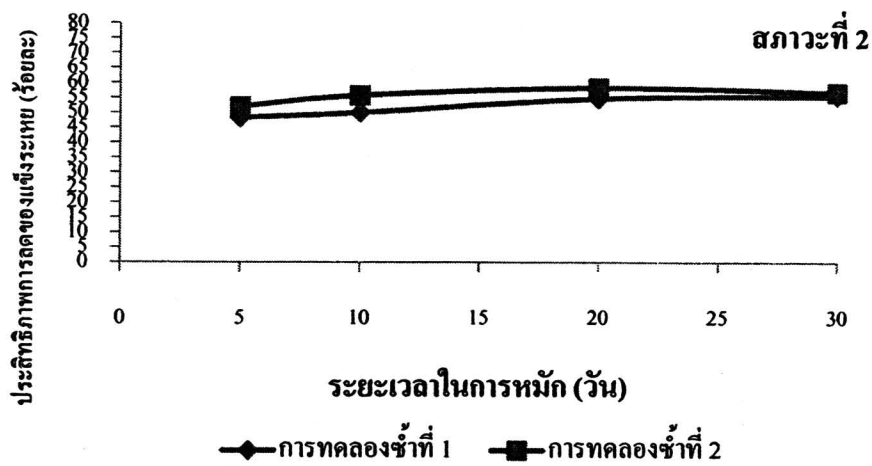
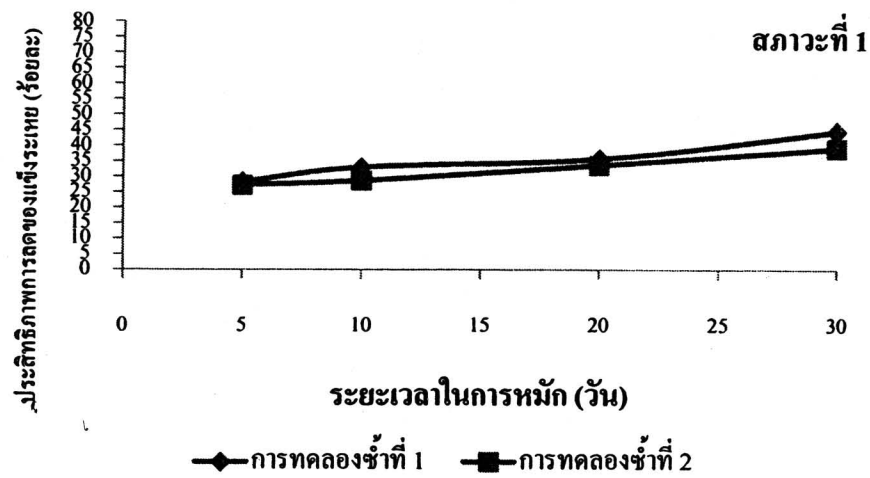
ง.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพในกำจัดของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



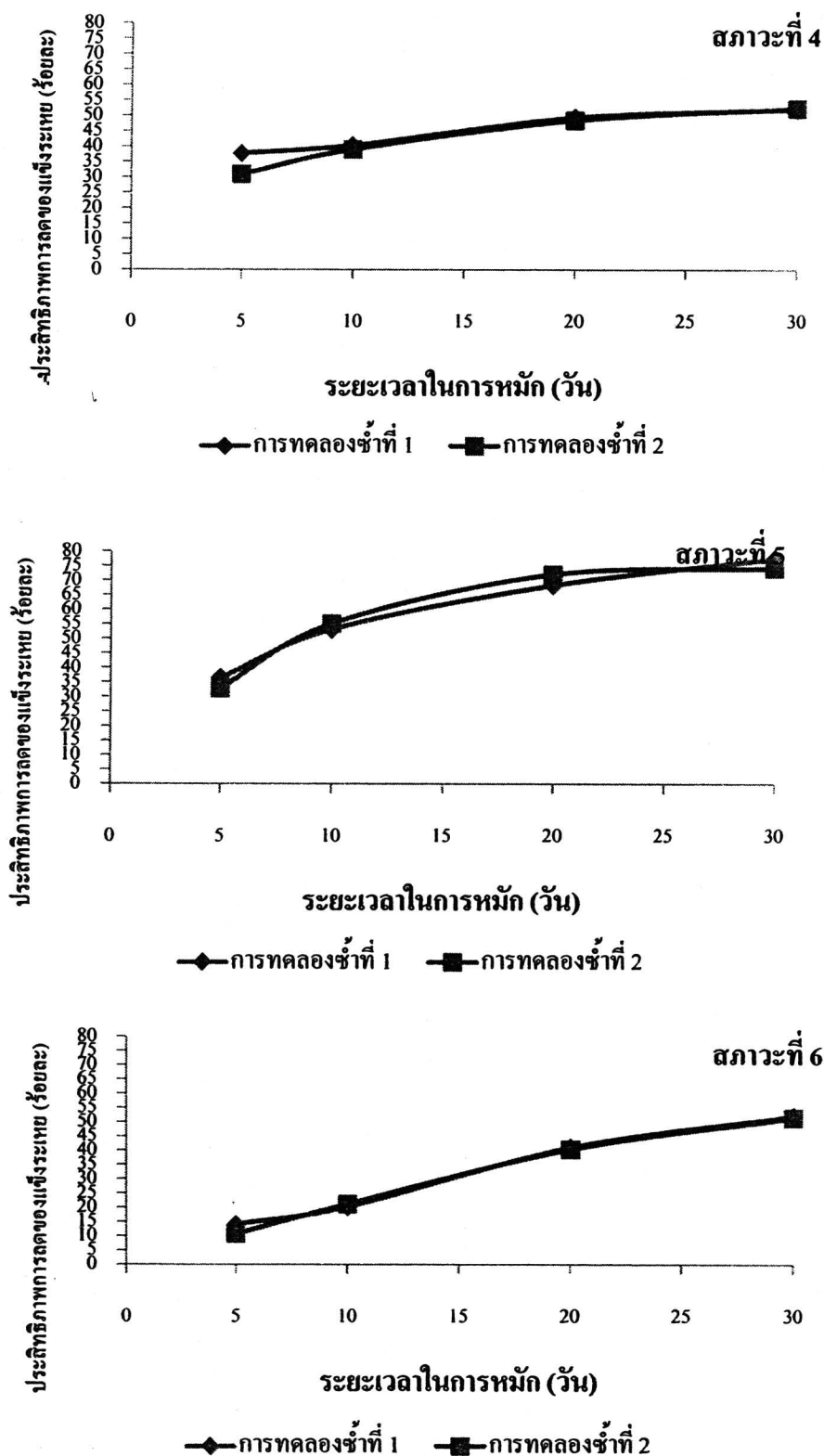
ง.9 กราฟแสดงประสิทธิภาพในกำจัดของแข็งทั้งหมดในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



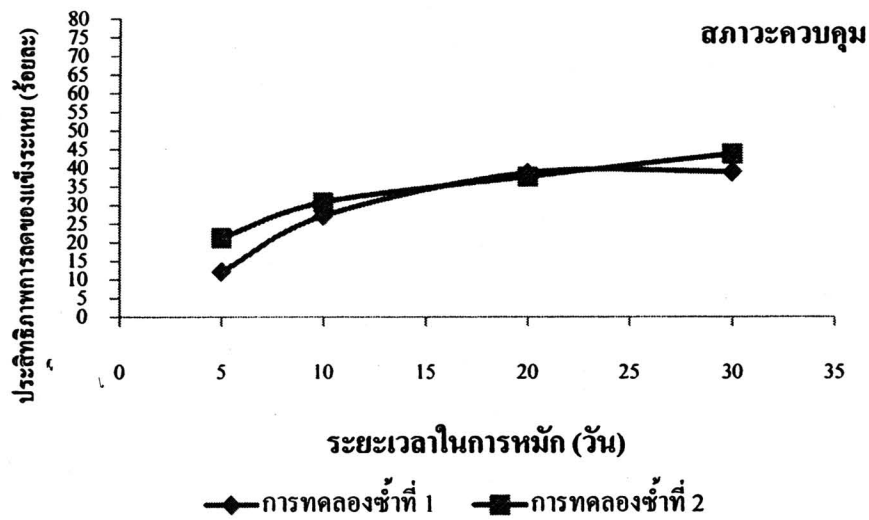
จ.10 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สถานะต่างๆ



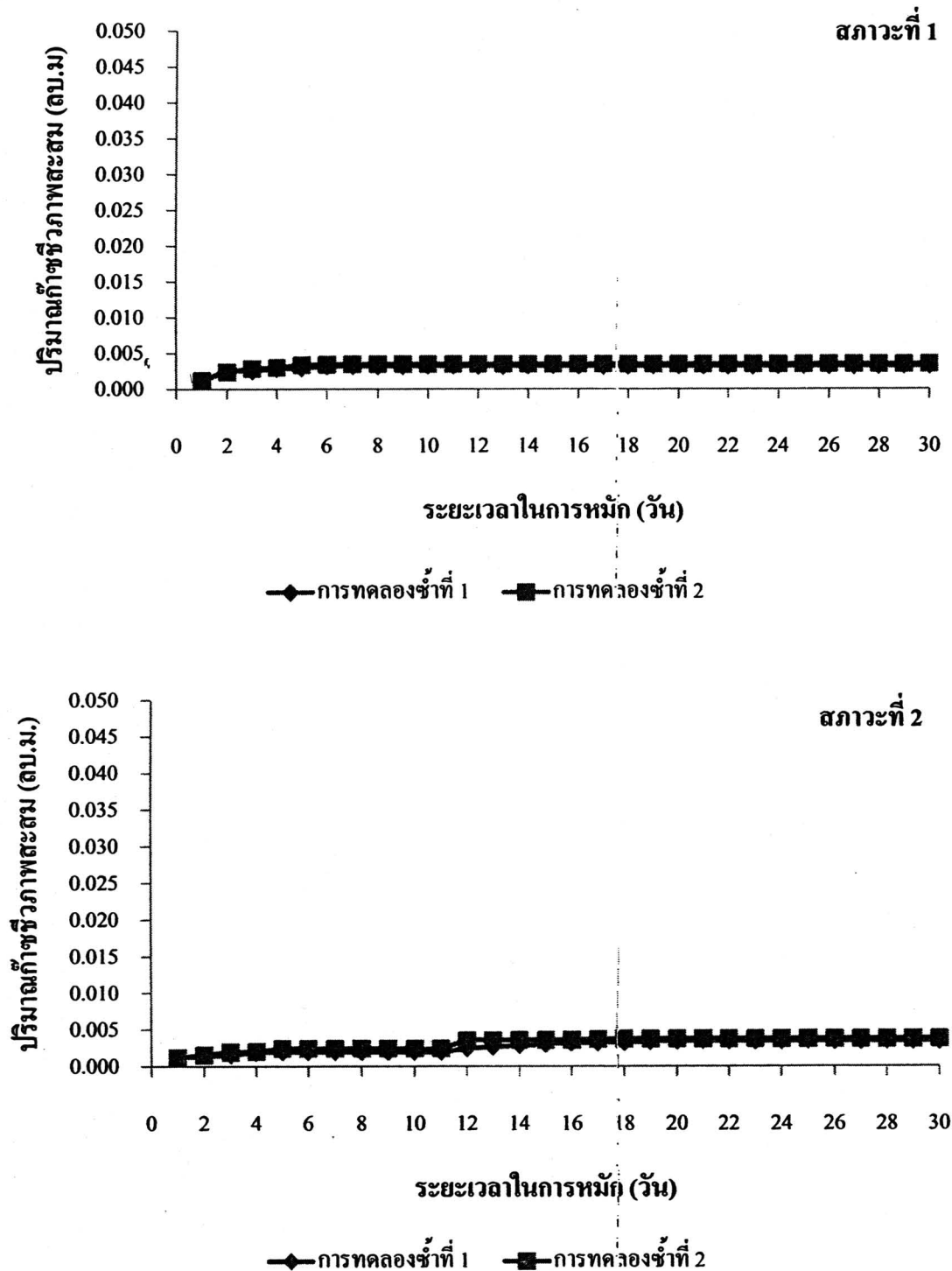
ง.10 กราฟแสดงประสิทธิภาพในกำจัดของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



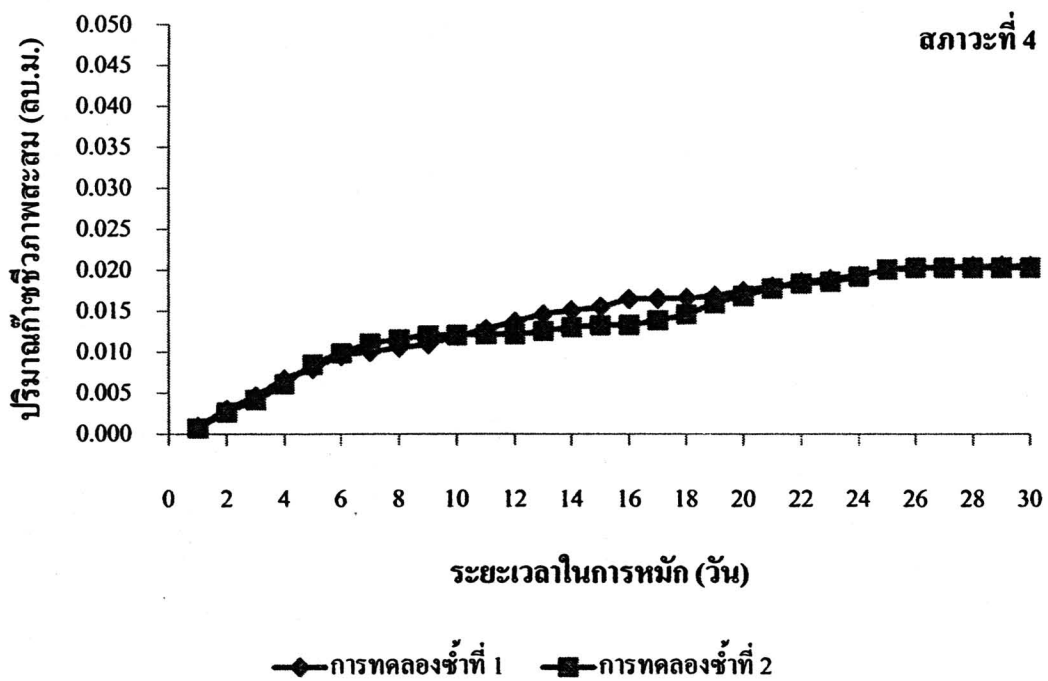
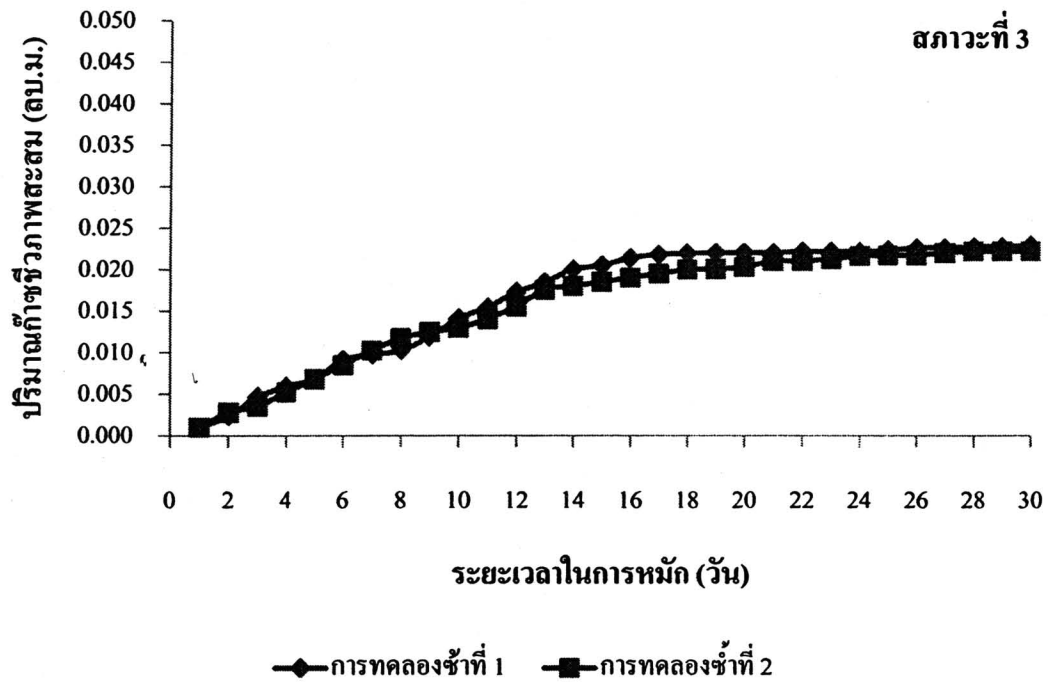
จ.10 กราฟแสดงประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งระเหยในกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



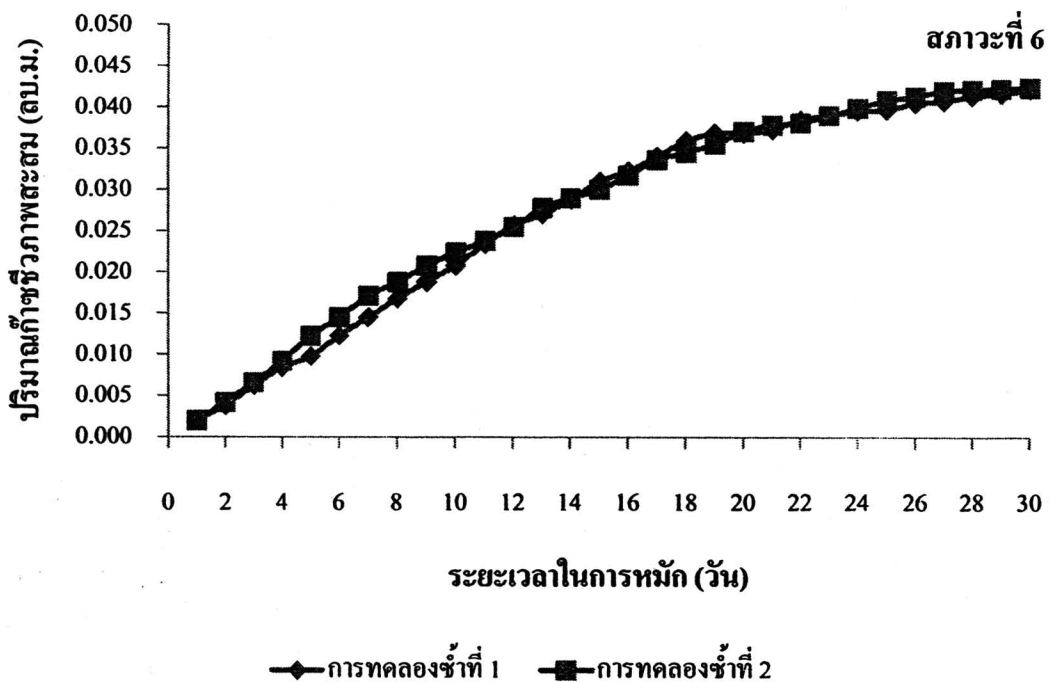
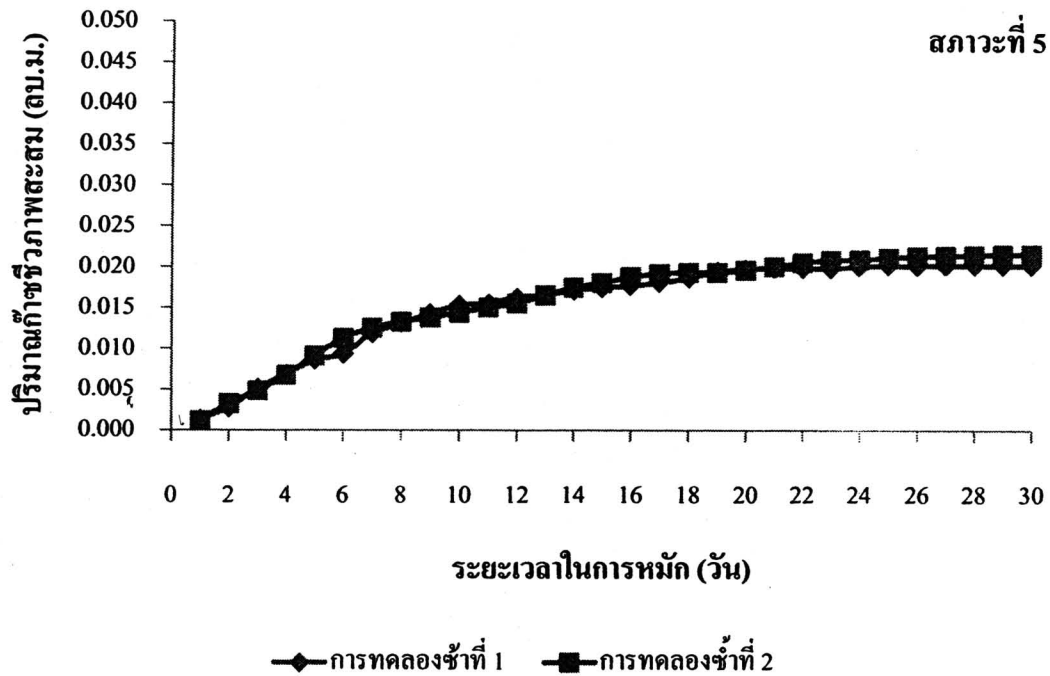
ง.11 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ



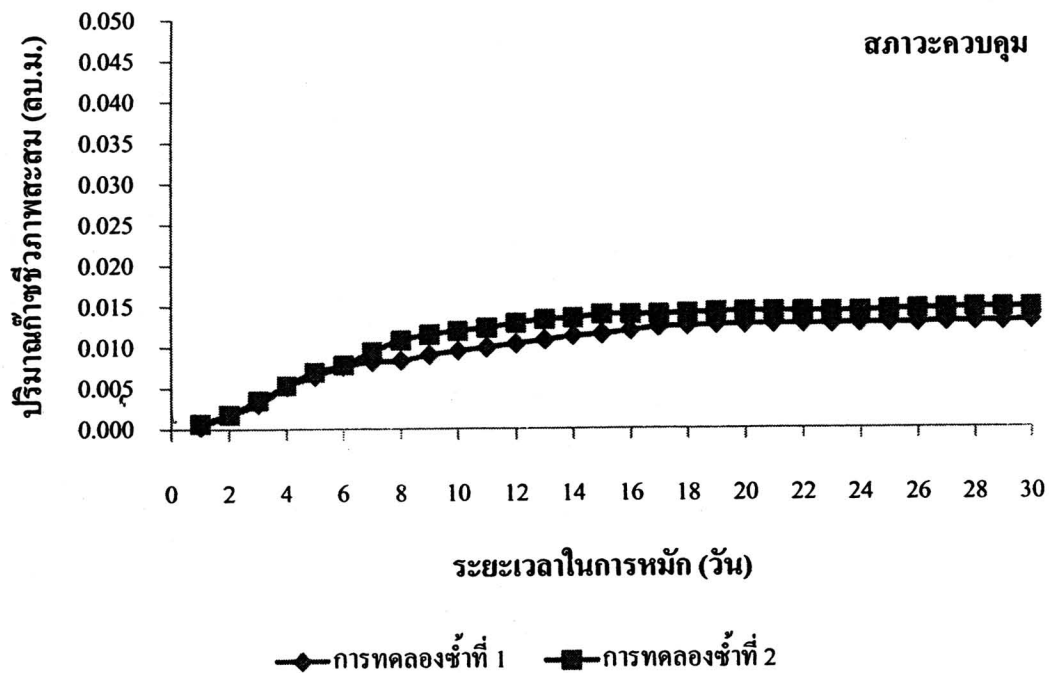
ง.11 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



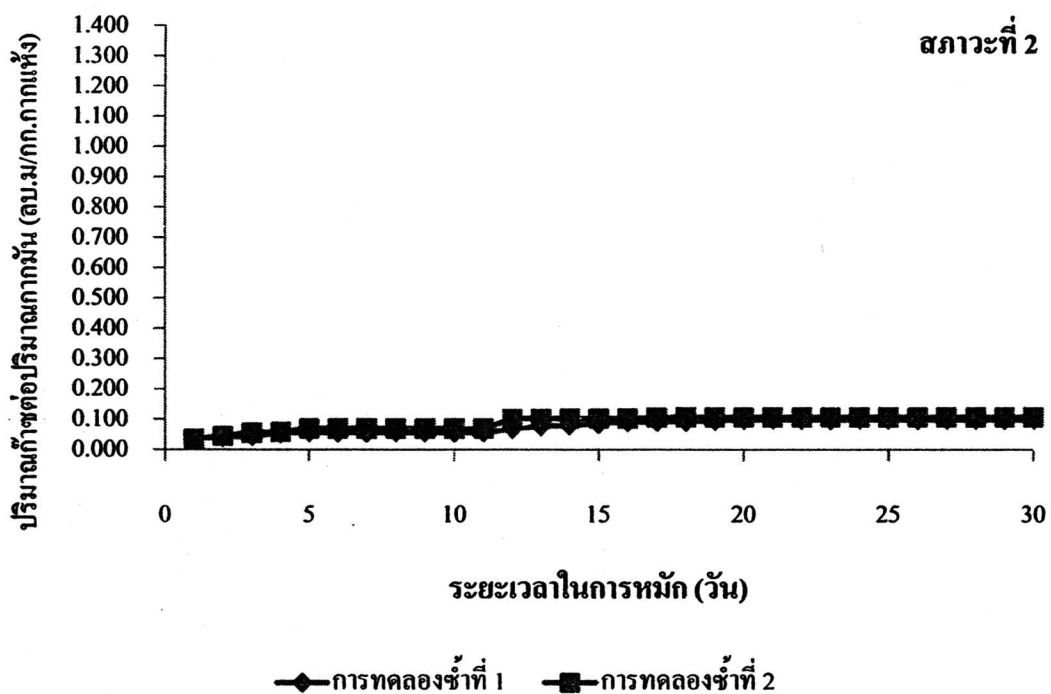
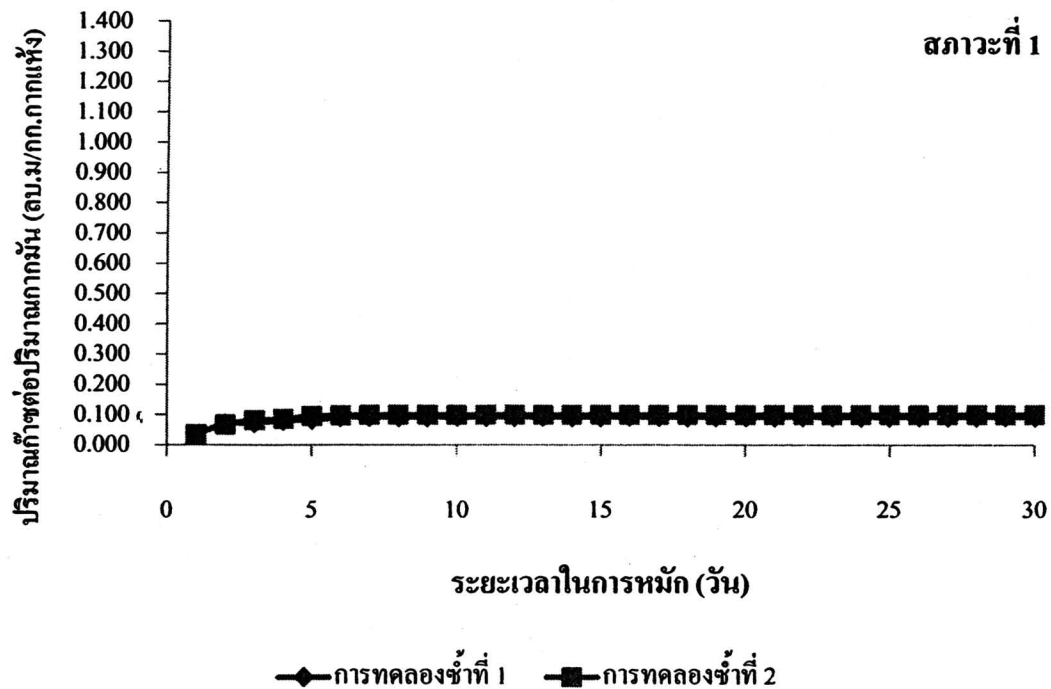
ง.11 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



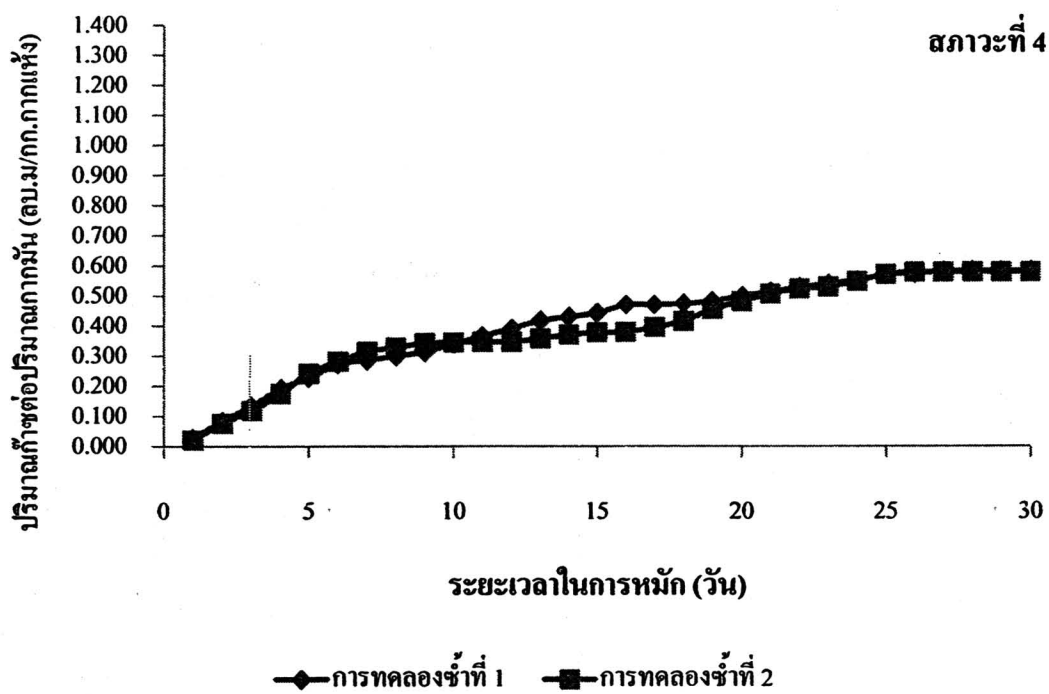
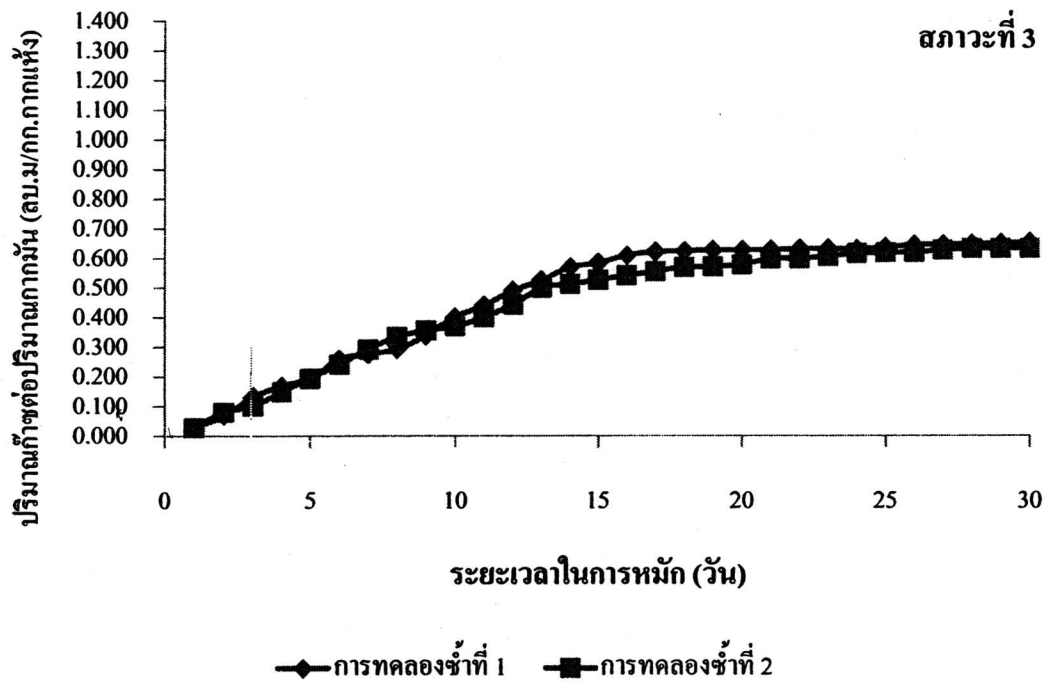
ง.11 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักกากมันสำปะหลังที่
สภาวะต่างๆ(ต่อ)



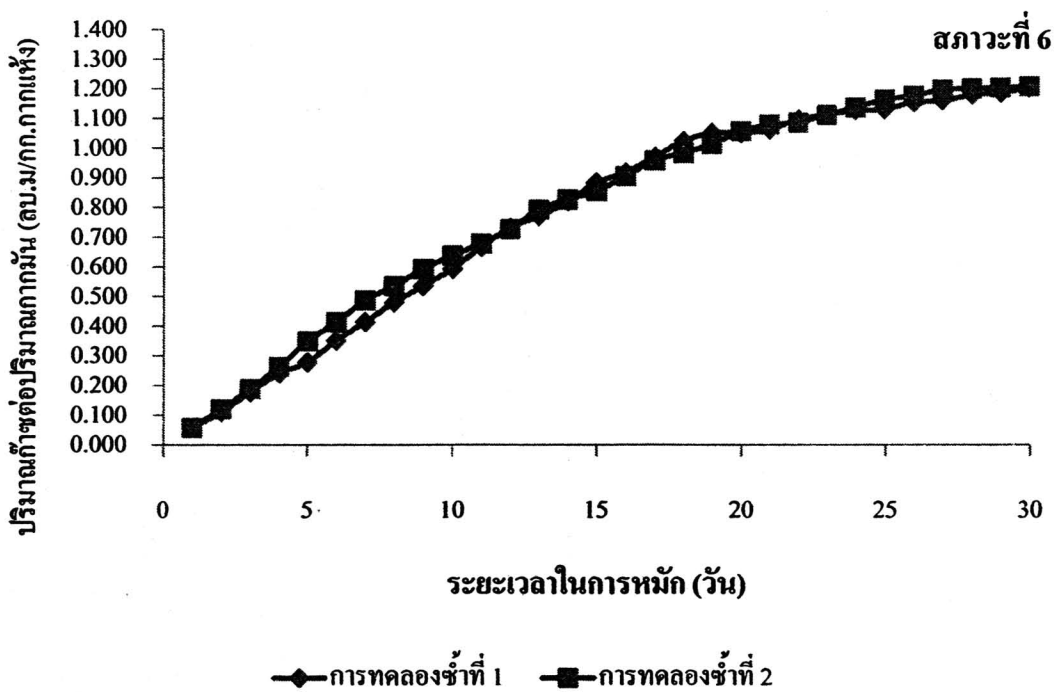
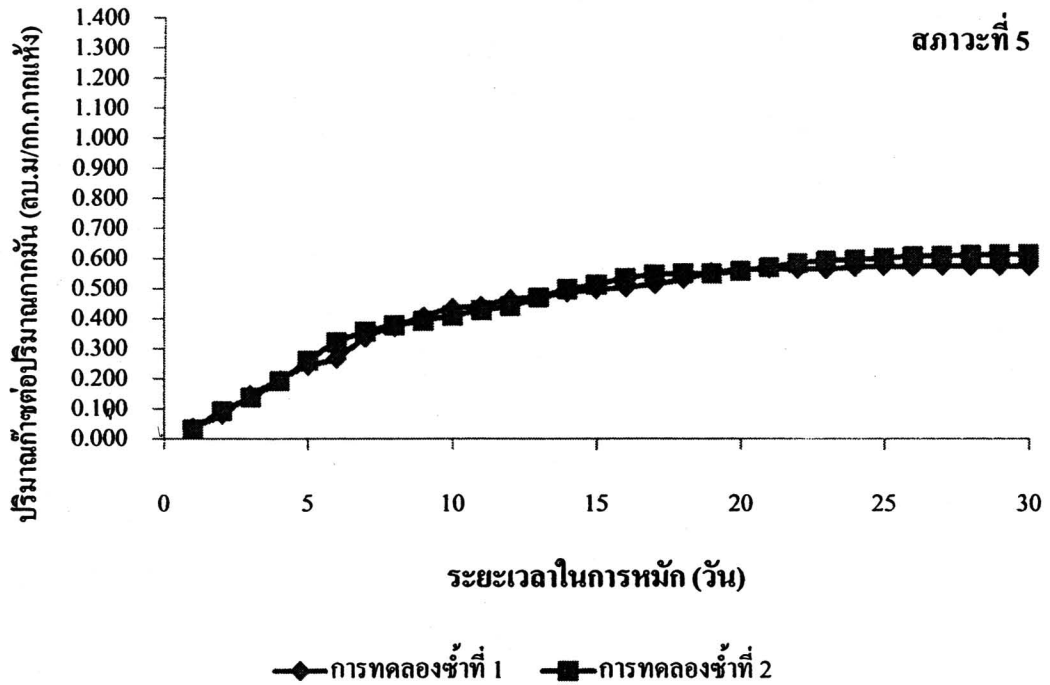
จ.12 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่สภาวะต่างๆ



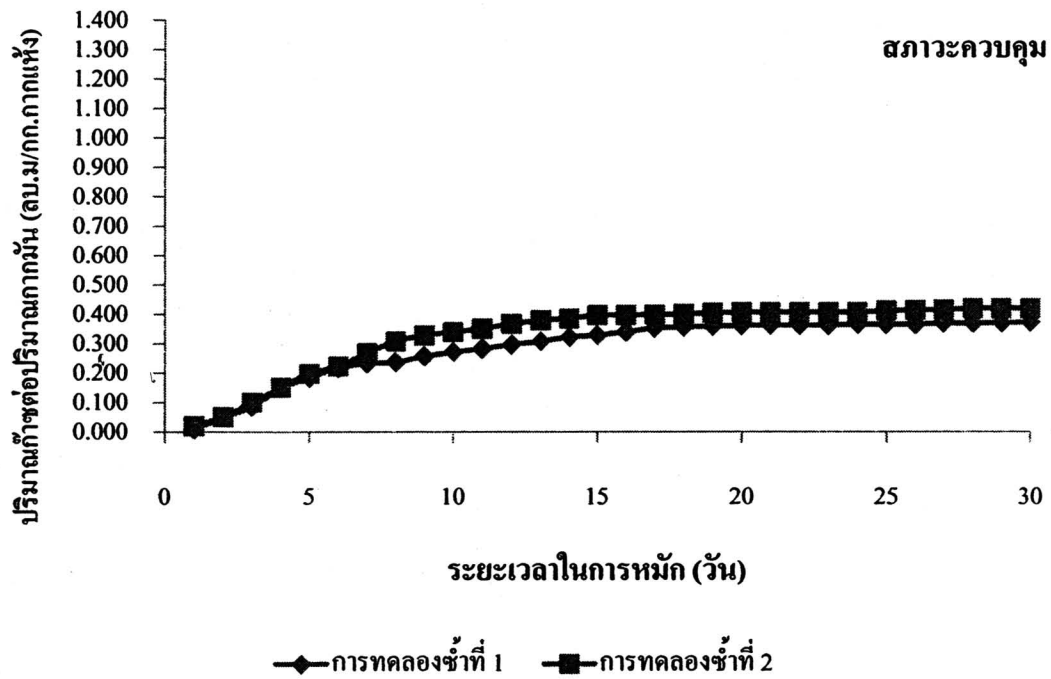
ง.12 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



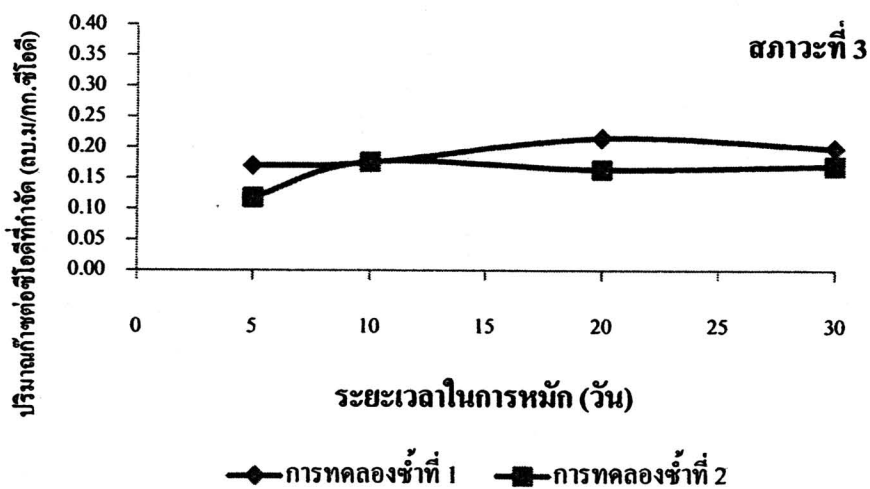
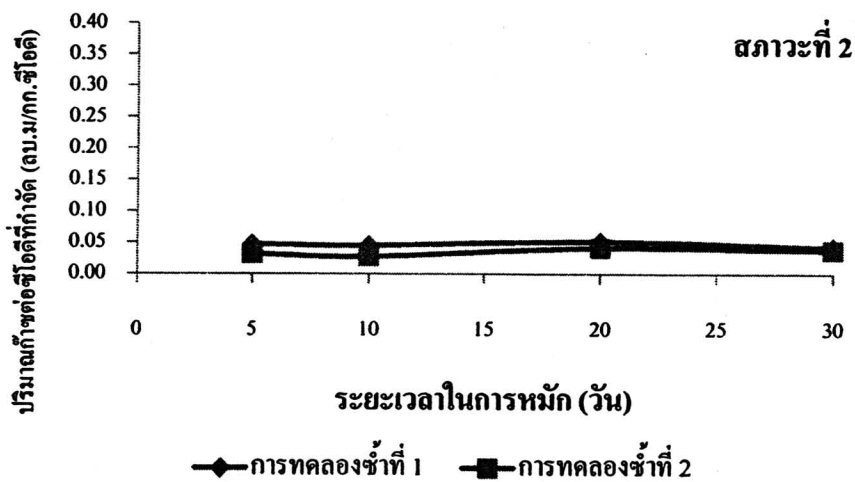
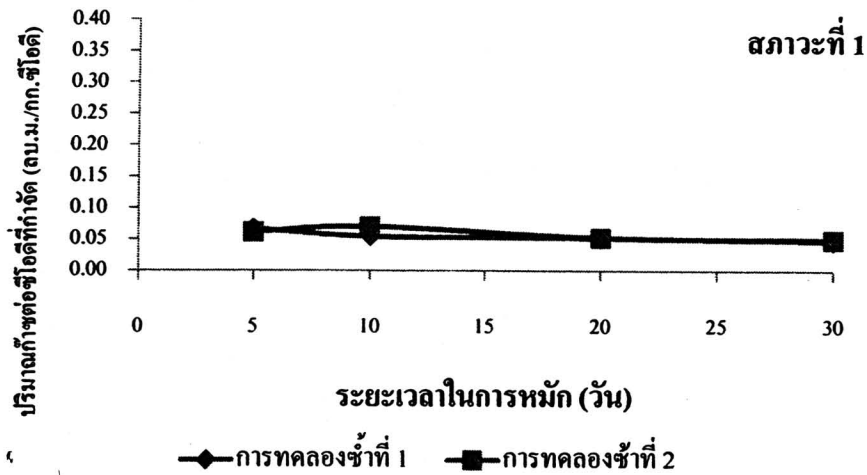
ง.12 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



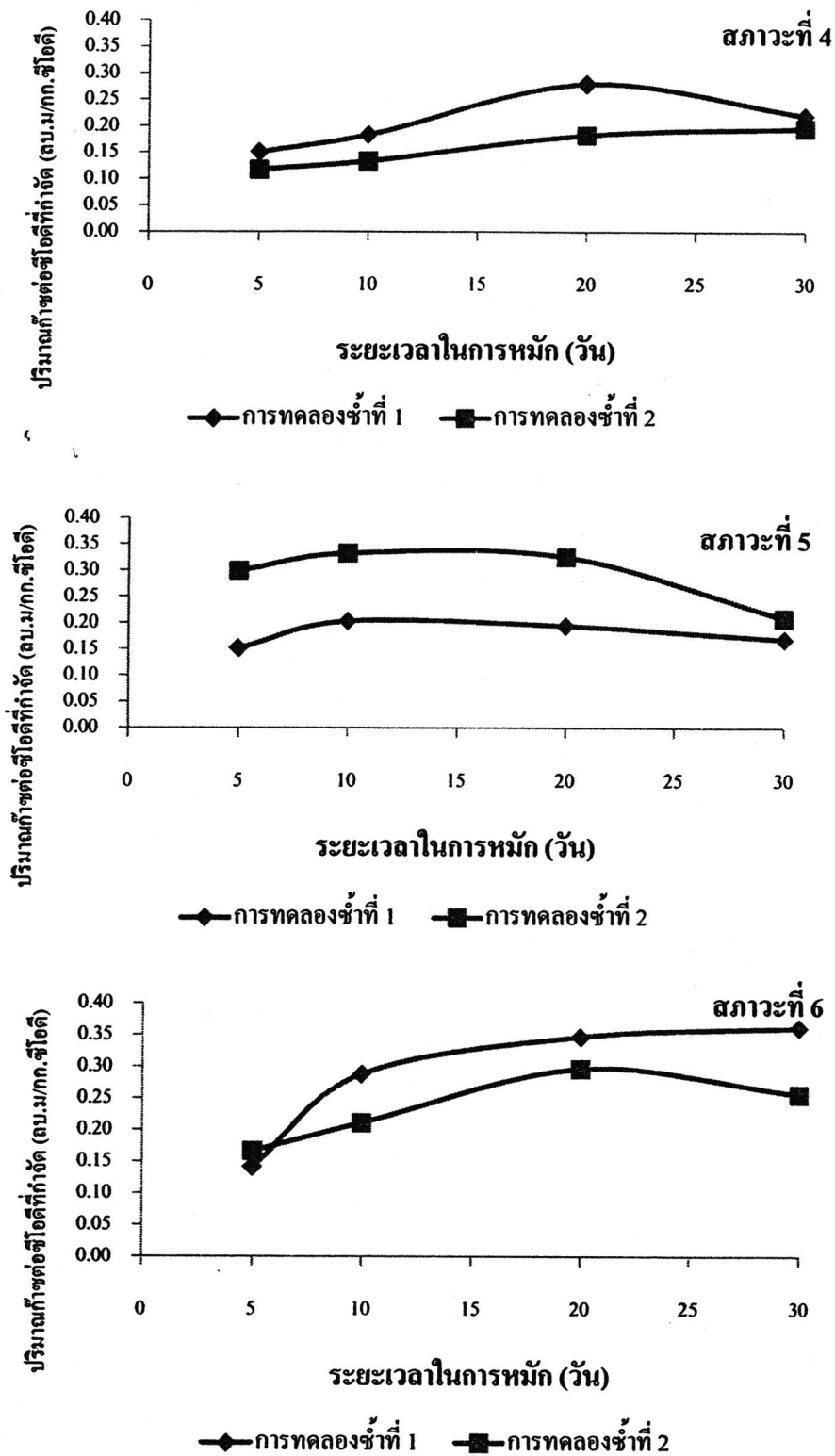
ง.12 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณกากมันสำปะหลังแห้งที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



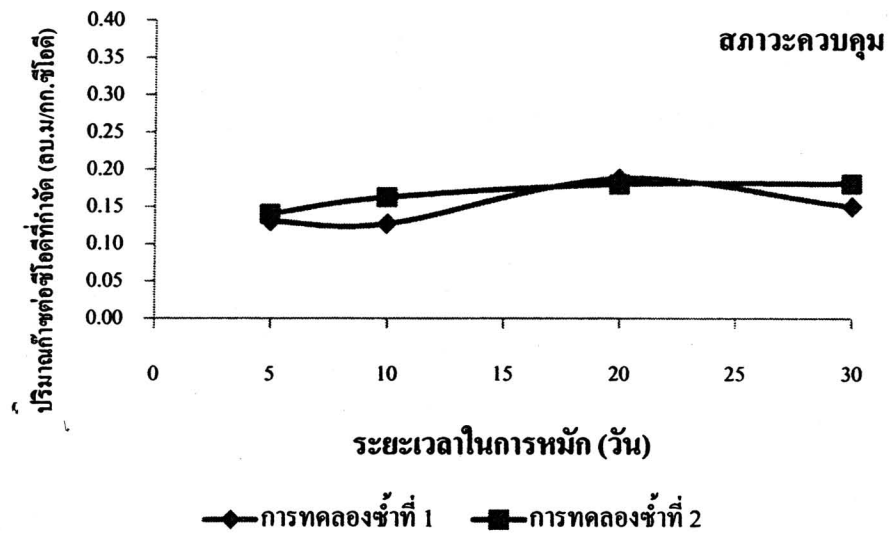
จ.13 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณชีโอดีที่ถูกกำจัดที่สภาวะต่างๆ



ง.13 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณชีโอดีที่ถูกกำจัดที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



ง.13. กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพสะสมต่อปริมาณซีโอไลท์ที่ถูกกำจัดที่สภาวะต่างๆ(ต่อ)



ภาคผนวก จ
การคำนวณค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียดปริมาณสารที่ใช้ในการไฮโดรไลซิสและที่ใช้ในการปรับพีเอชให้เป็นกลางที่
สภาวะต่างๆได้แสดงไว้ในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ความเข้มข้นของสารละลายกรดและสารละลายด่างที่ใช้ในการไฮโดรไลซิสของแต่ละ
สภาวะ

สภาวะ	พีเอชที่ ต้องการ	สารที่ใช้ในการไฮโดรไลซิส			สารที่ใช้ในการปรับพีเอชให้เป็นกลาง		
1	0	H ₂ SO ₄	1 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	NaOH	20 โมลาร์	30 มิลลิลิตร
2	2	H ₂ SO ₄	0.005 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	NaOH	10 โมลาร์	1 มิลลิลิตร
3	4	H ₂ SO ₄	0.00004 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	NaOH	0.5 โมลาร์	2 มิลลิลิตร
4	9	NaOH	0.002 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	H ₂ SO ₄	0.5 โมลาร์	0.2 มิลลิลิตร
5	11	NaOH	0.01 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	H ₂ SO ₄	5 โมลาร์	0.2 มิลลิลิตร
6	13	NaOH	0.8 โมลาร์	350 มิลลิลิตร	H ₂ SO ₄	10 โมลาร์	30 มิลลิลิตร
ควบคุม							

สำหรับตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการเดินระบบที่สภาวะที่ 1
มีดังนี้

ข.1 การคำนวณหาปริมาณกรดเข้มข้นที่ใช้ในการไฮโดรไลซิส

สารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 350
มิลลิลิตร ต่อปริมาณกากมันสำปะหลัง 6.9 กรัมกากแห้ง

สารละลายกรดเข้มข้น 1 M ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร มีกรดซัลฟูริกเข้มข้น 54.3 มิลลิลิตร
ในการทดลองเดิมสารละลายกรดเข้มข้น 1 M ปริมาตร 350 มิลลิลิตร ดังนั้นจะมีกรดซัลฟู-
ริกเข้มข้นเท่ากับ

$$\frac{350\text{ ml} \times 54.3\text{ ml}}{1000\text{ ml}} = 19\text{ml}$$

ดังนั้น กรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ใช้ เท่ากับ 2,753.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมกากแห้ง

ข.2 การคำนวณหาปริมาณกรดเข้มข้นที่ใช้ในการปรับพีเอชให้เป็นกลาง

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ปรับพีเอชให้เป็นกลางคือ ความเข้มข้น 20 โมลาร์
ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ต่อปริมาณกากมันสำปะหลัง 6.9 กรัมกากแห้ง

สารละลายต่างเข้มข้น 20 M ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร มีสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ 800 กรัม

ในการทดลองเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 20 M ปริมาตร 30 มิลลิลิตร
ดังนั้นจะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ

$$\frac{30 \text{ ml} \times 800 \text{ g}}{1000 \text{ ml}} = 24 \text{ g}$$

ดังนั้น สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ เท่ากับ 3,478.3 กรัมต่อกิโลกรัมกากแห้ง

ซ.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายในส่วนของสารเคมีที่ใช้ในการไฮโดรไลซิสและปรับพีเอช

- ราคากรดซัลฟูริกเข้มข้น ชนิด Commercial grade ปริมาตร 20,000 มิลลิลิตร ราคา 390 บาท

ในการทดลองใช้ปริมาณสารละลายกรด เท่ากับ 2,753.6 มิลลิลิตรต่อกิโลกรัมกากแห้ง

$$\text{ค่าสารเคมีที่ใช้} = \frac{2,753.6 \text{ ml} \times 390 \text{ Bath}}{20,000 \text{ ml}} = 53.7 \frac{\text{Bath}}{\text{kg dry pulp}}$$

- ราคาโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิด Commercial grade ปริมาณ 1,000 กรัม ราคา 45 บาท

ในการทดลองใช้ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 3,478.3 กรัมต่อกิโลกรัมกากแห้ง

$$\text{ค่าสารเคมีที่ใช้} = \frac{3,478.3 \text{ g} \times 45 \text{ Bath}}{1,000} = 156.5 \frac{\text{Bath}}{\text{kg dry pulp}}$$

รวมค่าสารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง เท่ากับ $53.7 + 156.5 = 210.2$ บาทต่อกิโลกรัมกากแห้ง

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ – สกุล

นางสาวกิตติกานต์ สุขวานิชย์

วัน เดือน ปีเกิด

5 กรกฎาคม พ.ศ. 2528

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนวัดโนนทัยพยับ

จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543

สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวัดโนนทัยพยับ

จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2546

สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

วิทยาเขตภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2550

