บทที่ 5
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 ข้อมูลก่อนทำการทดลองและข้อกำหนดคุณลักษณะของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลอง

5.1.1 ข้อมูลของสายการผลิตที่ 1

ผลการวิเคราะห์คุณภาพและเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ของข้อมูลก่อนทำการทดลองและข้อกำหนดคุณลักษณะ ของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลองที่สายการผลิตที่ 1 สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 5.1 และ 5.2 ตามลำดับ

5.1.2 ข้อมูลของสายการผลิตที่ 3

ผลการวิเคราะห์คุณภาพและเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ย ของข้อมูลก่อนทำการทดลองและข้อกำหนดคุณลักษณะ ของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลองที่สายการผลิตที่ 3 สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 5.3 และ 5.4 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพและเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลอง ของทั้ง 4 ถังปฏิกรณ์ ของสายการผลิตที่ 1 ในสภาวะการผลิตปกติ โดยอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการผลิต = 39 °C

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลก่อนทำการทดลอง
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.48
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	127
การกระจายขนาดตะแกรง (ไมครอน)	300	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
	250	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
	180	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	1
	150	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	6
	125	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	52
	106	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	28
	75	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	12
	53	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	1
	ถาดรอง	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		เกรด	A
		จำนวนจุด/150 ซม^2	3
ค่ารูพรุน		per hundred resin	30.1
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	45

ตารางที่ 5.2 ข้อกำหนดคุณลักษณะของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลองที่สายการผลิตที่ 1

สมบัติของพีวีซีเรซิน	หน่วย		ข้อกำหนดคุณลักษณะ
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร	กรัม/มิลลิลิตร	ต่ำสุด	0.45
ค่าเฉลี่ยของขนาด - ปริมาณที่ค้างอยู่บนตะแกรง 250 ไมครอน	ไมครอน % พีวีซีเรซินที่ค้าง	สูงสุด	100 - 160 2
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัว	เกรด		A - C

ตารางที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพและเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลอง ของทั้ง 2 ถังปฏิกรณ์ ของสายการผลิตที่ 3 ในสภาวะการผลิตปกติ โดยอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการผลิต = 39 °C

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	ค่าเฉลี่ยของข้อมูลก่อนทำการทดลอง
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.58
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	120
การกระจายขนาด ตะแกรง (ไมครอน)	300	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
	250	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
	180	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	3
	150	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	7
	125	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	31
	106	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	28
	75	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	26
	53	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	5
	ถาดรอง	% พีวีซีเรซินที่ค้าง	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		เกรด	A
		จำนวนจุด/150 ซม^2	5
ค่าฐพรุน		per hundred resin	15.5
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	55

ตารางที่ 5.4 ข้อกำหนดคุณลักษณะของพีวีซีเรซินสูตรที่ทำการทดลองที่สายการผลิตที่ 3

สมบัติของพีวีซีเรซิน	หน่วย		ข้อกำหนดคุณลักษณะ
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร	กรัม/มิลลิลิตร	ต่ำสุด	0.52
ค่าเฉลี่ยของขนาด - ปริมาณที่ค้างอยู่บนตะแกรง 250 ไมครอน	ไมครอน % พีวีซีเรซินที่ค้าง	สูงสุด	100 - 160 2
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัว	เกรด		A - D

5.2 ผลการทดลอง

5.2.1 ผลการทดลองของสายการผลิตที่ 1

ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนในกระบวนการผลิตพีวีซีเรซิน ของสายการผลิตที่ 1 ต่อคุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ในถังปฏิกรณ์ A , B , C , D และ เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ โดยใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ เท่ากับ 40 , 42 , 44 , 46 , 48 , 50 องศาเซลเซียส แสดงได้ดังใน ตารางที่ 5.5 ถึง 5.8 ตามลำดับ

5.2.2 ผลการทดลองของสายการผลิตที่ 3

ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนในกระบวนการผลิตพีวีซีเรซิน ของสายการผลิตที่ 3 ต่อคุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ในถังปฏิกรณ์ A , B และเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ โดยใช้น้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ เท่ากับ 40 , 42 , 44 , 46 , 48 , 50 องศาเซลเซียส แสดงได้ดังใน ตารางที่ 5.9 ถึง 5.10 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.5 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ A สายการผลิตที่ 1

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.47	0.46	0.47	0.47	0.50	0.51
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	115	115	117	125	123	135
การกระจายขนาด	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	2
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	1	2	3	13
ตะแกรง(ไมครอน)	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	33	31	38	54	46	58
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	39	42	34	32	36	20
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	25	24	25	12	14	7
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	2	2	2	0	1	0
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	1	0	0	0	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	6	3	0	0	8	10
ค่ารูพรุน		per hundred resin	31.1	31.0	31.0	31.2	30.8	29.6
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	41	36	31	29	26	22

ตารางที่ 5.6 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ B สายการผลิตที่ 1

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.47	0.47	0.47	0.48	0.51	0.47
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	116	114	115	112	132	123
การกระจายขนาด ตะแกรง(ไมครอน)	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	1	0
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	9	3
	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	31	30	34	20	61	48
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	47	41	38	49	21	33
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	21	27	25	29	8	15
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	2	2	2	0	1
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	1	0	0	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	4	2	1	3	4	0
ค่ารูพรุน		per hundred resin	30.3	30.7	30.4	31.3	29.1	30.4
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	36	35	32	30	24	21

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ C สายการผลิตที่ 1

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.48	0.47	0.48	0.47	0.51	0.49
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	121	112	121	120	131	123
การกระจายขนาด ตะแกรง(ไมครอน)	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	1	0
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	0	1	1	8	2
	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	45	19	44	36	57	50
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	37	53	39	48	26	31
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	16	25	15	14	8	16
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	2	10	1	0	1
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	1	0	0	0	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	1	3	2	4	3	4
ค่ารูพรุน		per hundred resin	30.9	30.7	30.7	30.7	30.1	30.2
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	42	35	32	30	26	22

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ D สายการผลิตที่ 1

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.47	0.47	0.48	0.47	0.51	0.51
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	118	106	120	118	132	142
การกระจายขนาด	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	1	3
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	1	0	6	27
ตะแกรง(ไมครอน)	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	41	12	44	35	65	52
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	35	45	32	44	21	12
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	23	28	22	20	7	6
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	4	1	1	0	0
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	1	0	0	0	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	2	2	3	7	2	9
ค่ารูพรุน		per hundred resin	30.9	31.0	30.1	30.7	30.2	29
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	31	28	26	24	21	18

ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ A สายการผลิตที่ 3

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.58	0.59	0.58	0.59	0.58	0.58
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	116	121	120	120	119	118
การกระจายขนาด	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	3	2	3	1	2	2
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	6	7	8	7	6	7
ตะแกรง(ไมครอน)	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	22	34	29	38	38	30
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	35	29	31	25	22	29
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	28	25	25	25	26	26
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	5	3	3	4	6	5
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	0	1	0	0	1
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	4	3	4	7	3	7
ค่ารูพรุน		per hundred resin	15.0	15.1	15.5	15.2	15.9	15.4
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	61	48	46	42	39	38

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิตของถังปฏิกรณ์ B สายการผลิตที่ 3

สมบัติของพีวีซีเรซิน		หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
			40	42	44	46	48	50
ความหนาแน่นเชิงปริมาตร		กรัม/มิลลิลิตร	0.58	0.58	0.57	0.58	0.58	0.58
ค่าเฉลี่ยของขนาด		ไมครอน	115	114	120	121	112	119
การกระจายขนาด	300	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	250	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	0	0	0	0	0	0
	180	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	2	2	2	2	2	3
	150	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	6	6	8	7	6	7
ตะแกรง(ไมครอน)	125	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	24	24	36	36	22	27
	106	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	33	30	25	28	28	31
	75	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	29	29	24	24	31	27
	53	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	5	7	3	3	10	5
	ถาดรอง	%พีวีซีเรซินที่ค้าง	1	2	2	0	1	0
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซิน		เกรด	A	A	A	A	A	A
ที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye)		จำนวนจุด/150 ซม^2	7	4	1	10	7	5
ค่ารูพรุน		per hundred resin	14.7	15.5	15.4	14.4	15.5	14.7
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ		นาที	49	40	37	35	33	31

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.3.1 ผลกระทบของการใช้น้ำร้อนในกระบวนการผลิตต่อคุณภาพของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้

5.3.1.1 ผลกระทบต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร

จากผลการทดลองพบว่า สำหรับสายการผลิตที่ 1 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตเพิ่มขึ้น สาเหตุเนื่องจากเมื่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวที่มีส่วนช่วยในการเพิ่มรูพรุนของพีวีซีเรซินลดลง จากที่อุณหภูมิสูงการละลายของสารลดแรงตึงผิวจะไม่ดีเกิดลักษณะเป็นตะกอนทำให้ประสิทธิภาพลดลง ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3.10 [10] ว่าสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการผลิตพีวีซีเรซิน จะมีระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลลิสประมาณ 70 - 80 % ซึ่งจากรูปที่ 3.4 [12] ได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิของการเกิด Clouding Point ของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลลิสประมาณ 70 - 80 % จะมีค่าประมาณ 40 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จึงมีผลทำให้เกิดการตกตะกอนของสารลดแรงตึงผิว และ ลดประสิทธิภาพในการลดแรงตึงผิวลง เช่นเดียวกับรูปที่ 3.5 ที่แสดงให้เห็นว่าพอลิไวนิลแอลกอฮอล์ที่มีระดับการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลลิสประมาณ 78 - 81 โมล % ความสามารถในการละลายน้ำจะเริ่มตกลงเมื่ออุณหภูมิของน้ำเกิน 40 องศาเซลเซียส แต่สำหรับสายการผลิตที่ 3 ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่ได้ค่อนข้างจะคงที่ โดยที่ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรที่ ได้จากการทดลองจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าโดยเฉลี่ยของข้อมูลก่อนทำการทดลอง และมีค่าเกินค่าข้อกำหนดคุณลักษณะต่ำสุดที่กำหนดไว้ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ 3 รูปที่ 5.1 และ 5.2 แสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับ ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของพีวีซีเรซินที่ได้ผลิตของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตได้ดังนี้

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

โดยที่ y = ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของพีวีซีเรซิน (กรัม/มิลลิลิตร)

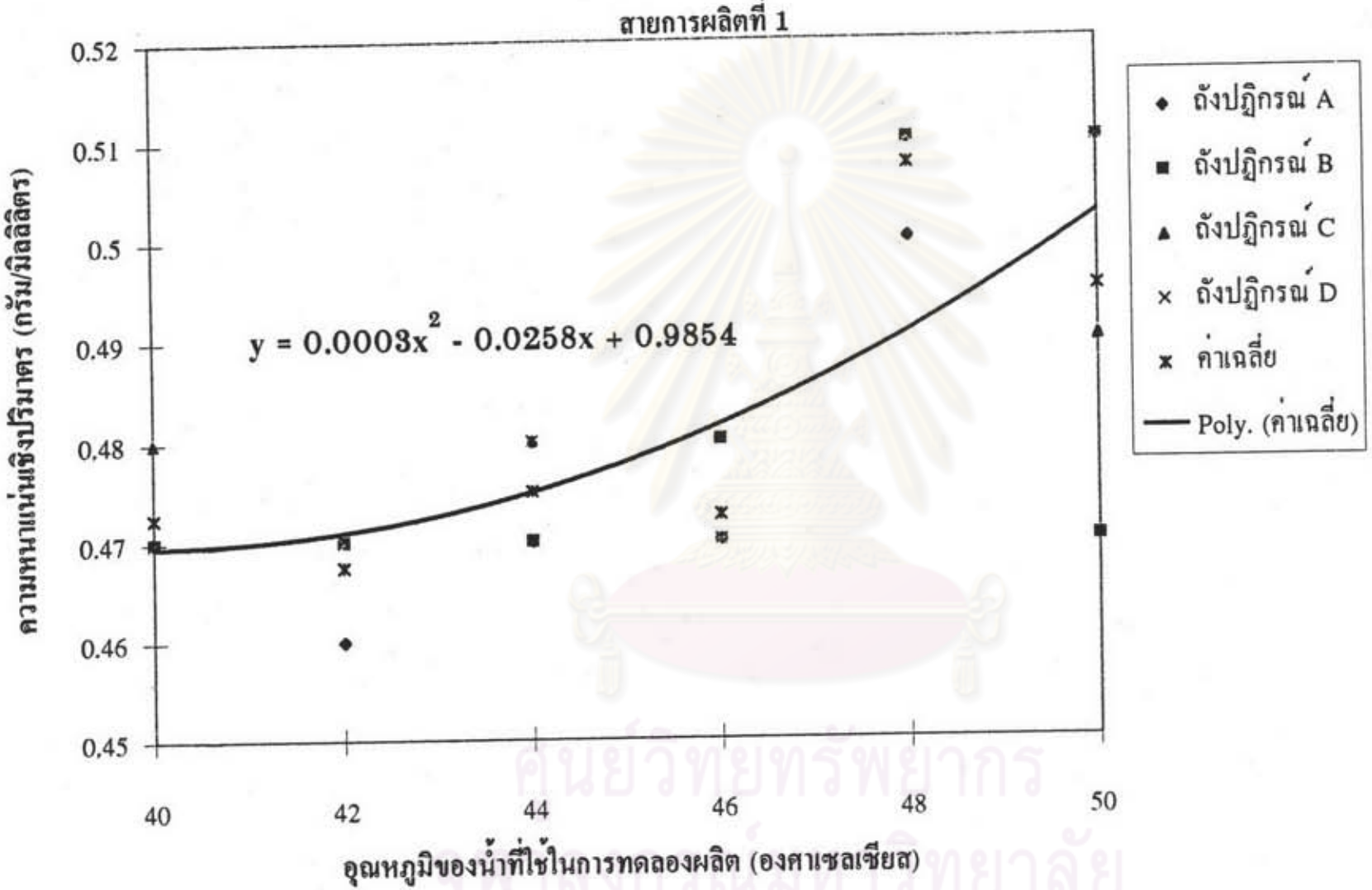
x = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต (องศาเซลเซียส)

A = 0.0003 และ -0.00002 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

B = -0.0258 และ 0.0019 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

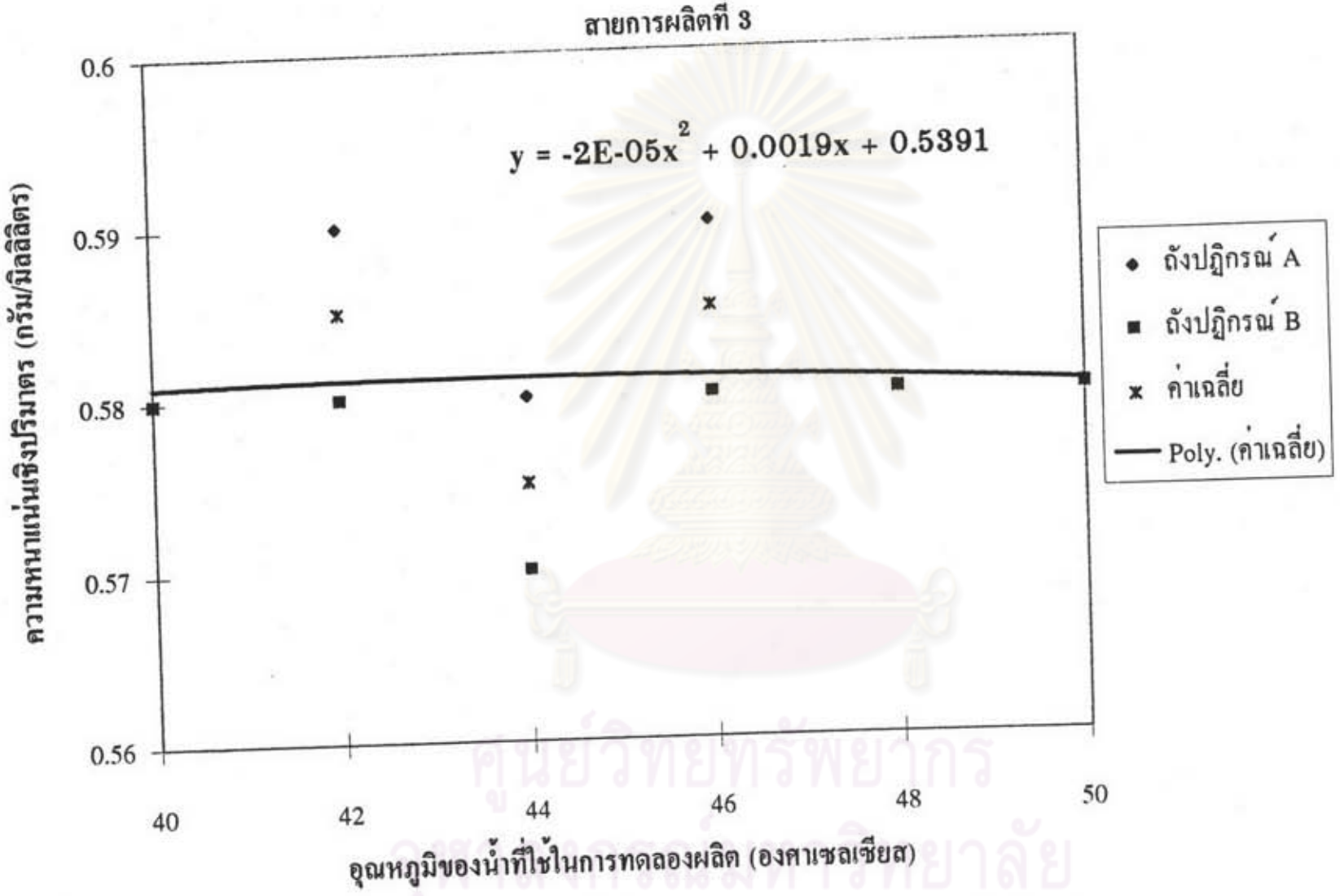
C = 0.9854 และ 0.5391 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับ ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับ ค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.2 ผลกระทบต่อการกระจายขนาด และ ค่าเฉลี่ยของขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้

จากผลการทดลองจะพบว่า การกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้มีแนวโน้มที่จะได้ พีวีซีเรซินที่มีขนาดเม็ดใหญ่ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าเฉลี่ยของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้มีแนวโน้มที่จะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากผลของอุณหภูมิน้ำที่เพิ่มขึ้น ทำให้ผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการผลิตที่ช่วยในการควบคุมขนาดของพีวีซีเรซินมีประสิทธิภาพลดลง เพราะอุณหภูมิของน้ำที่สูงขึ้นจะมีผลต่อการละลายและการตกตะกอนของสารลดแรงตึงผิวดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องผลกระทบต่อค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร โดยที่สายการผลิตที่ 1 มีผลกระทบที่ชัดเจนกว่าสายการผลิตที่ 3 และค่าที่ได้จากการทดลองยังอยู่ในช่วงข้อกำหนดคุณลักษณะที่ควบคุมไว้ รูปที่ 5.3 ถึง 5.6 แสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายตัวของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ A B C D สายการผลิตที่ 1 ตามลำดับ และ รูปที่ 5.7 ถึง 5.8 แสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายตัวของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ A B สายการผลิตที่ 3 ตามลำดับ และ รูปที่ 5.9 และ 5.10 แสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับค่าเฉลี่ยของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเฉลี่ยของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตได้ดังนี้

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

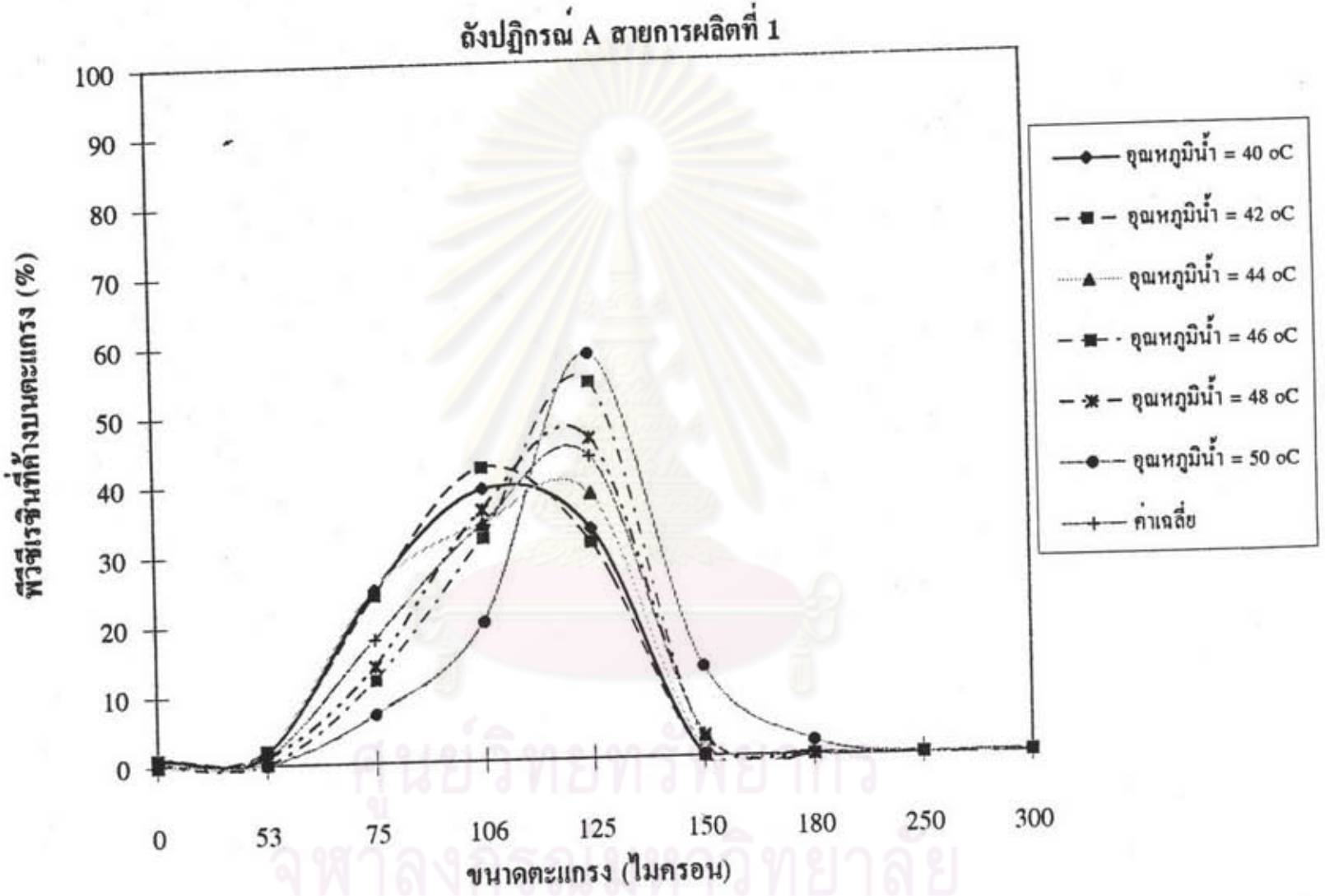
โดยที่ y = ค่าเฉลี่ยของขนาดพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ (ไมครอน)

x = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต (องศาเซลเซียส)

A = 0.2321 และ -0.1116 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

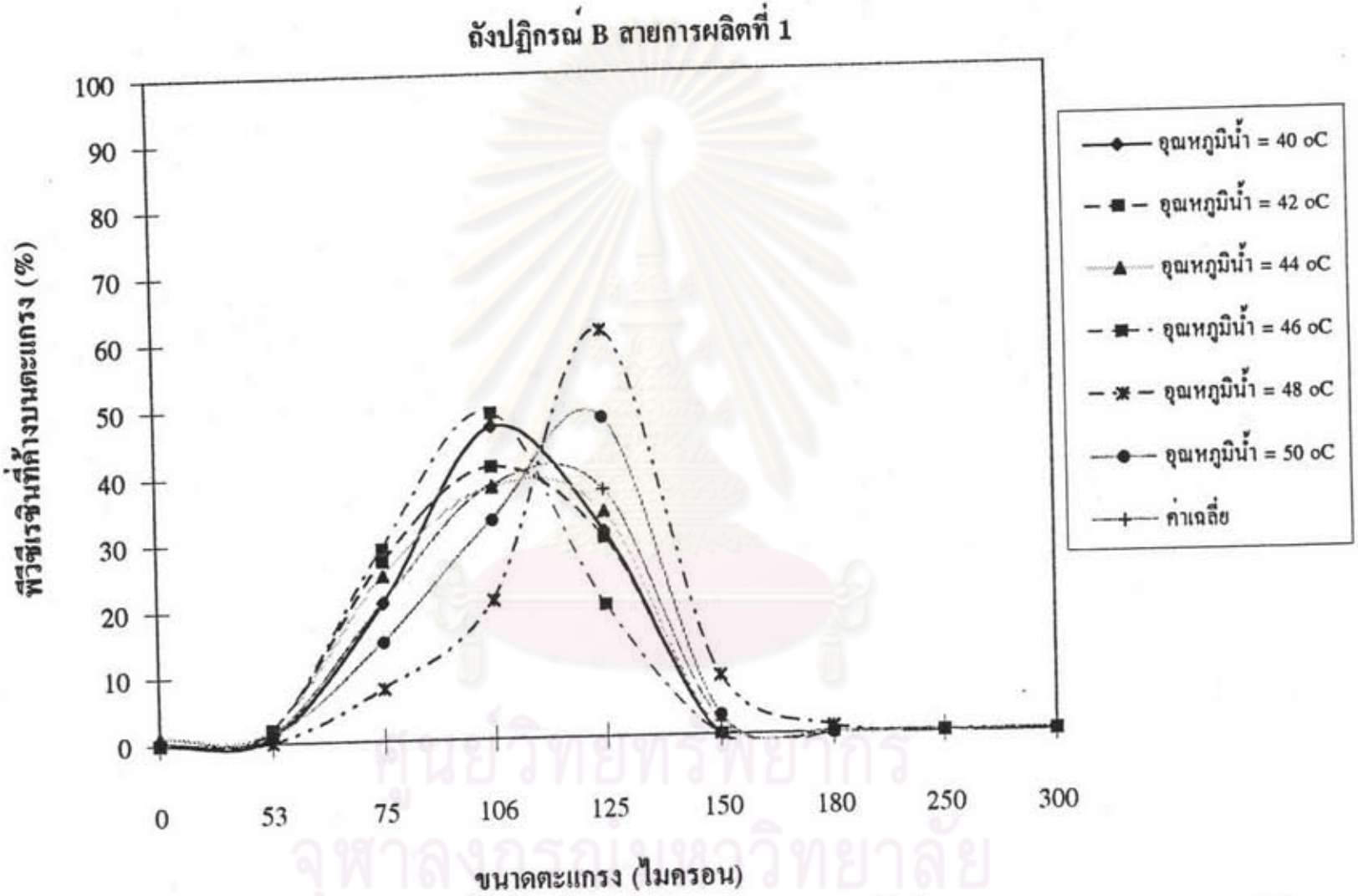
B = -19.179 และ 10.18 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

C = 511.32 และ -112.89 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ



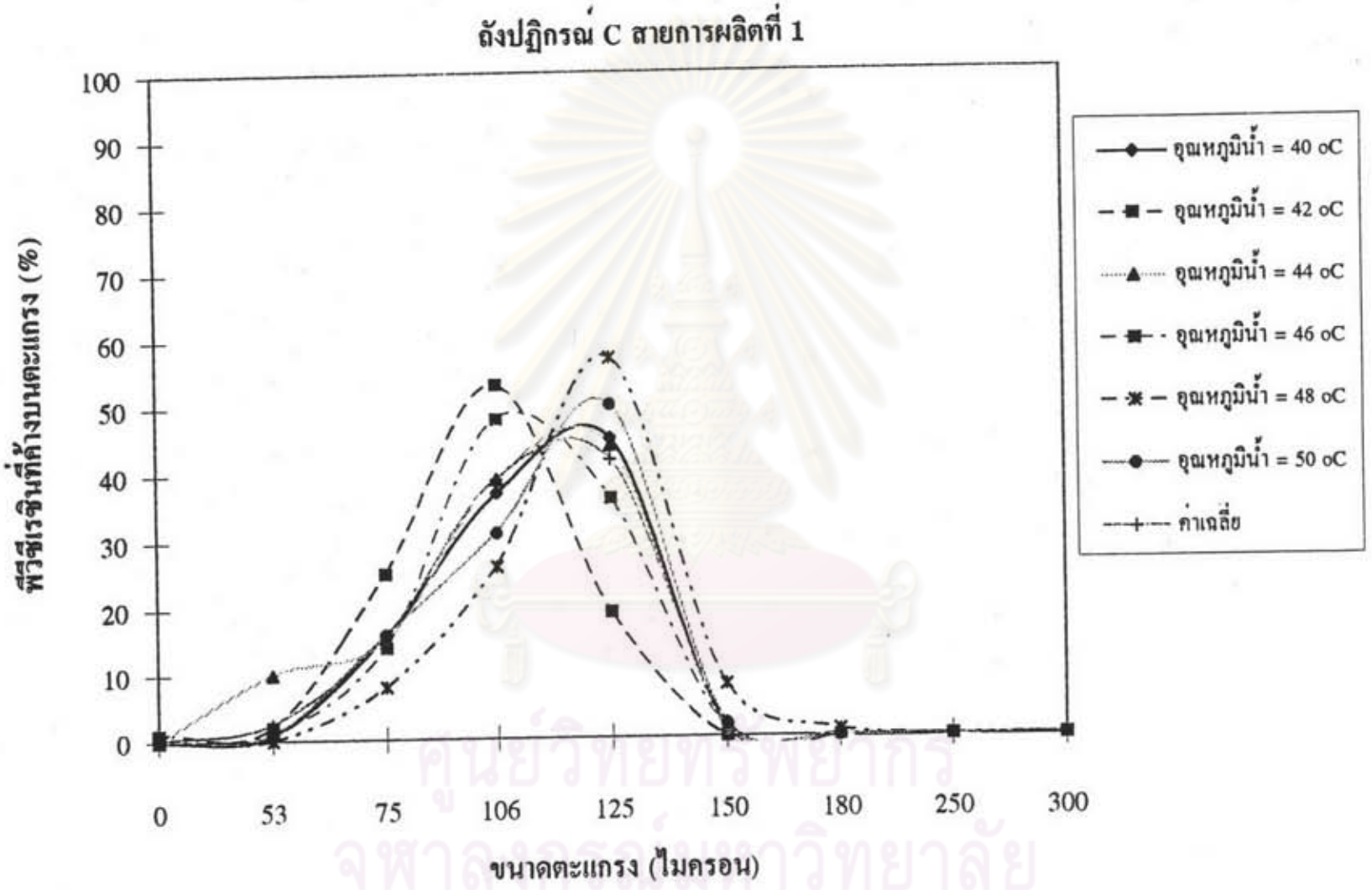
รูปที่ 5.3 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ A ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



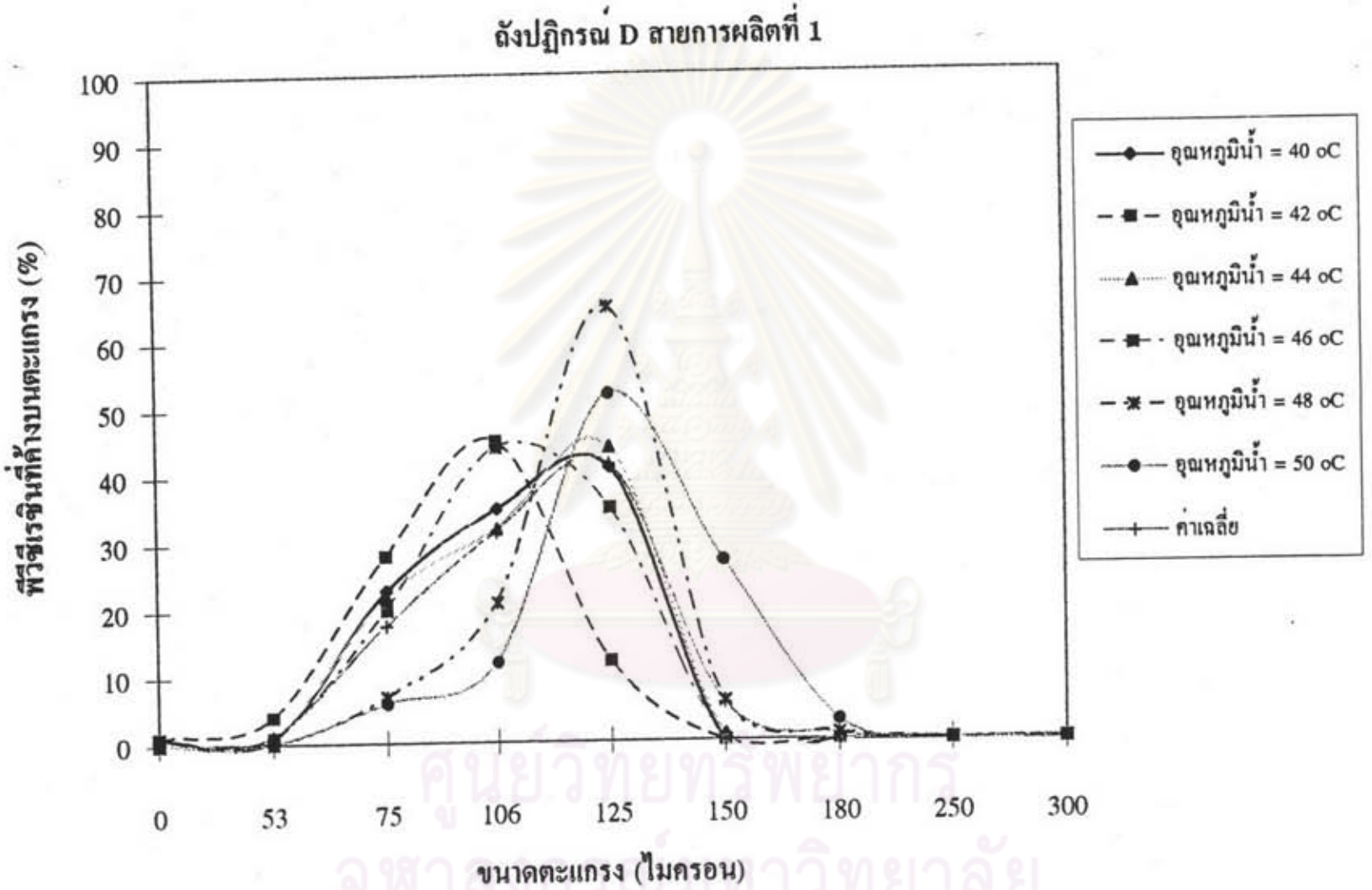
รูปที่ 5.4 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ B ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



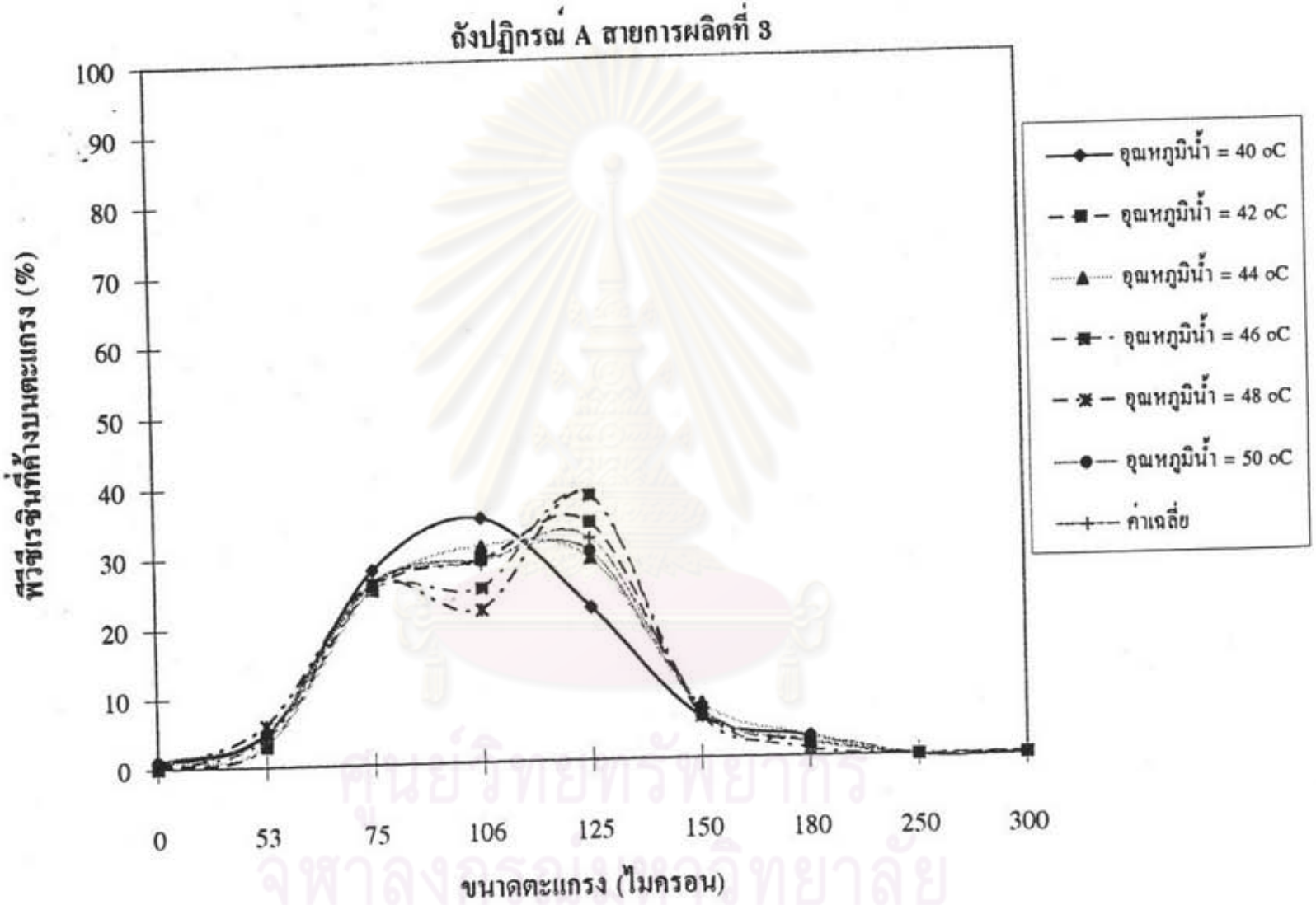
รูปที่ 5.5 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ C ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



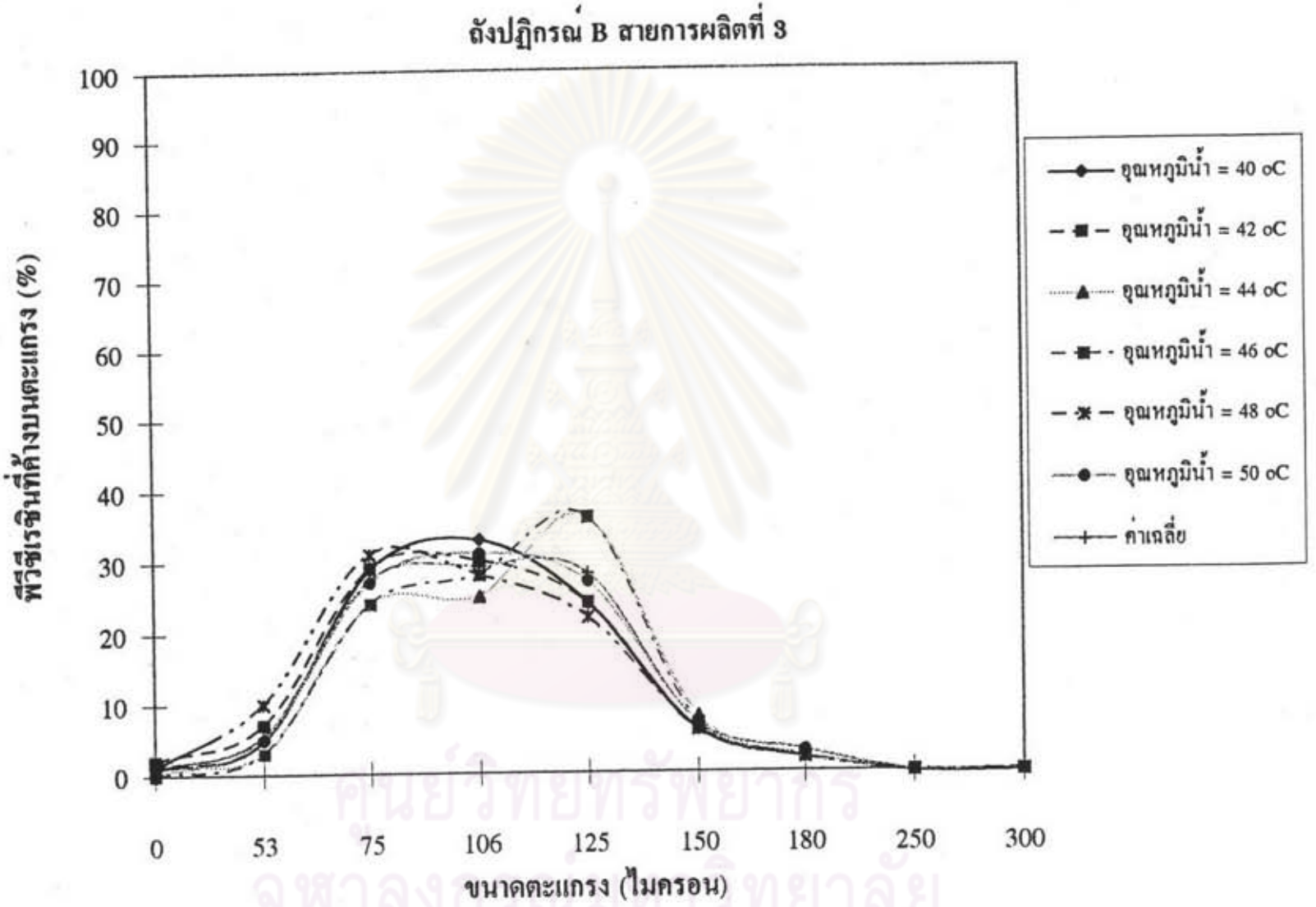
รูปที่ 5.6 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ D ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



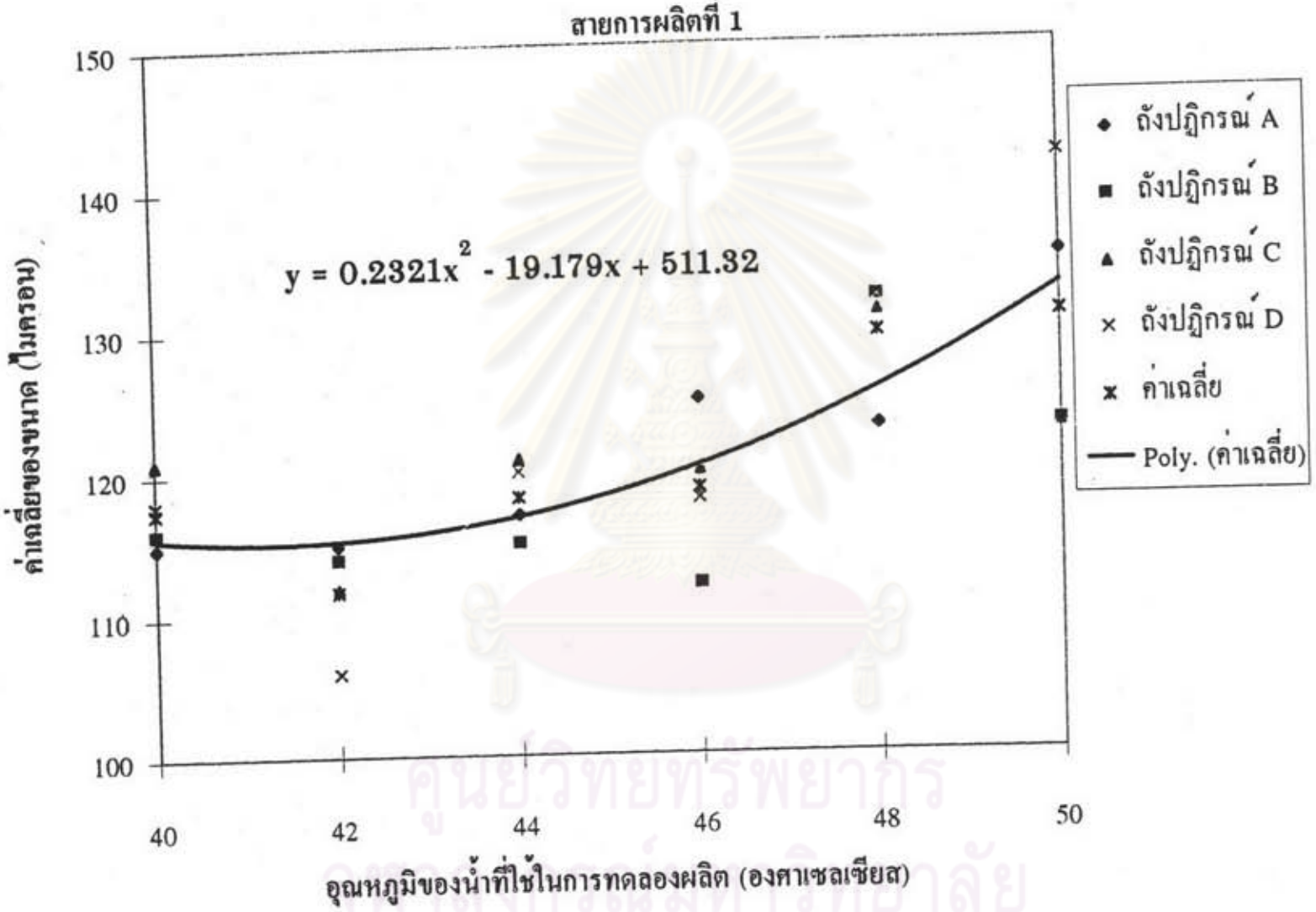
รูปที่ 5.7 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ A ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



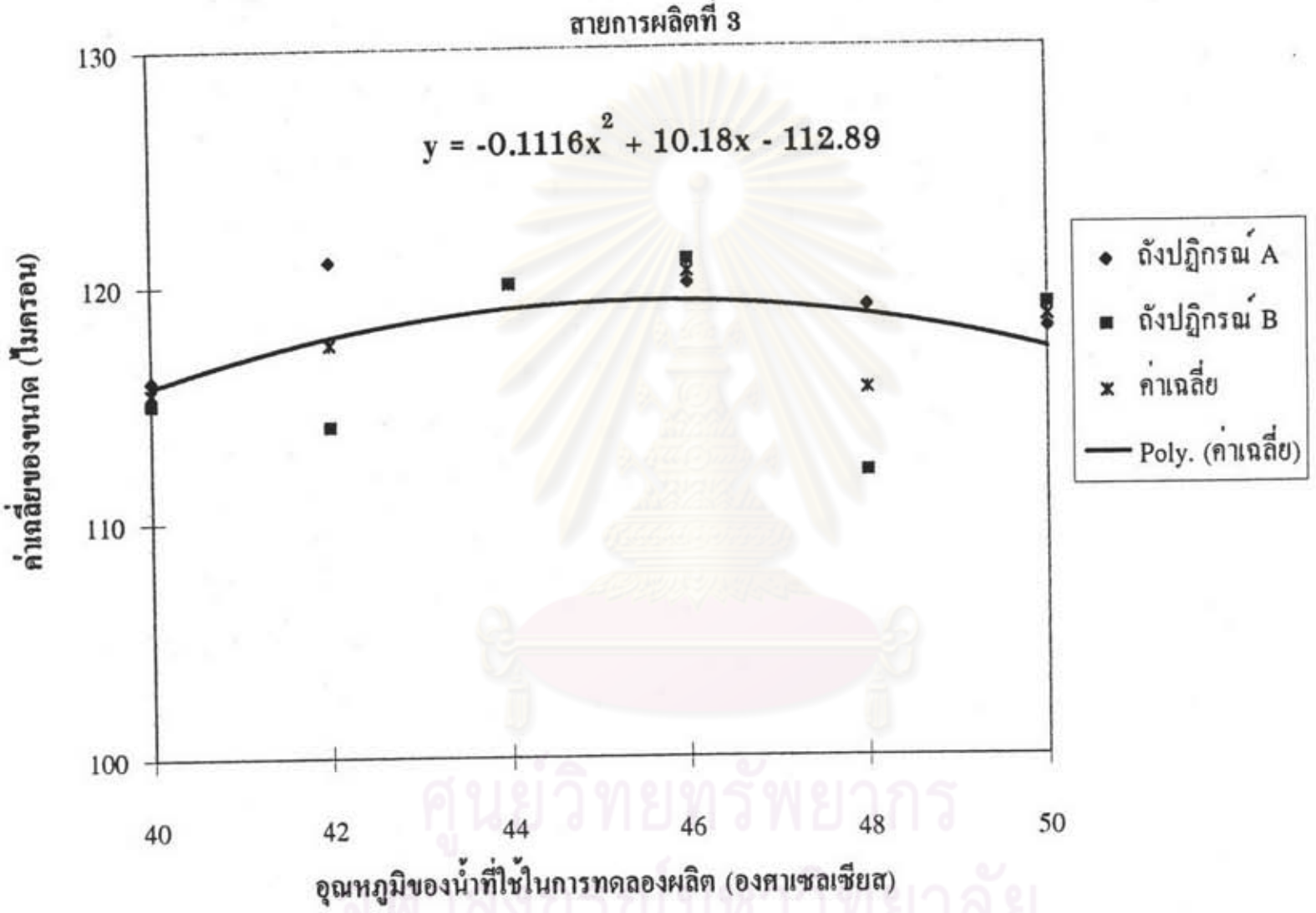
รูปที่ 5.8 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับการกระจายขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของถังปฏิกรณ์ B ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับค่าเฉลี่ยของขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.10 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับค่าเฉลี่ยของขนาดของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.3 ผลกระทบต่อการหลอมตัวของพีวีซีเรซิน

จากผลการทดลองพบว่า จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้เมื่อนำไปรีดเป็นแผ่นฟิล์มโดยดูจากค่าฟิชอาย(Fish Eye) ที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนมากขึ้น ตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ สายการผลิตที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำที่อุณหภูมิสูงในการผลิตทำให้ตัวเริ่มปฏิกิริยาแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระเร็วขึ้น ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 2.3 [5] ที่แสดงค่าครึ่งชีวิตของตัวเริ่มปฏิกิริยาชนิดต่างๆ ว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นการแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระจะใช้เวลาสั้นลง มีผลทำให้การเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ทำให้เกิดการทำปฏิกิริยาการเกิดพอลิเมอร์ของไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เร็วขึ้น การต่อกันเป็นสายโซ่โมเลกุลอาจจะไม่ดีทำให้พีวีซีเรซินที่ผลิตได้มีโครงสร้างที่ผิดไปจากปกติมีผลทำให้ไม่หลอมตัวเมื่อนำไปใช้งาน และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Westmijze [2] ที่พบว่าจำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัว (Fish Eye) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการผลิตที่เพิ่มขึ้น แต่ผลจากการทดลองจำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวยังอยู่ในช่วงข้อกำหนดคุณลักษณะที่กำหนดไว้และมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลก่อนทำการทดลอง ดังแสดงได้ในรูปที่ 5.11 และ 5.12 ซึ่งแสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับจำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตได้ดังนี้

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

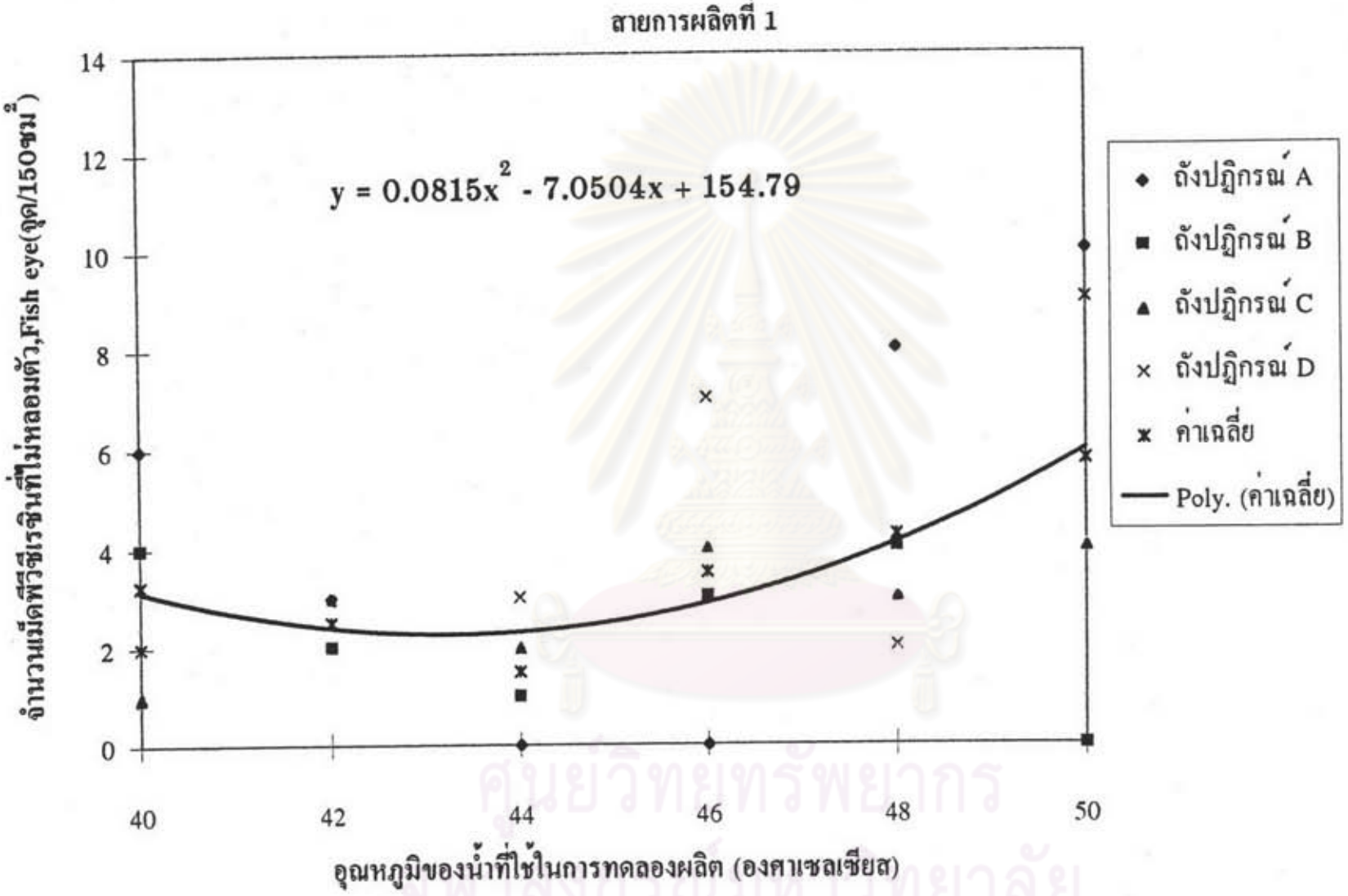
โดยที่ y = จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ (จุด)

x = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต (องศาเซลเซียส)

A = 0.0815 และ 0.0223 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

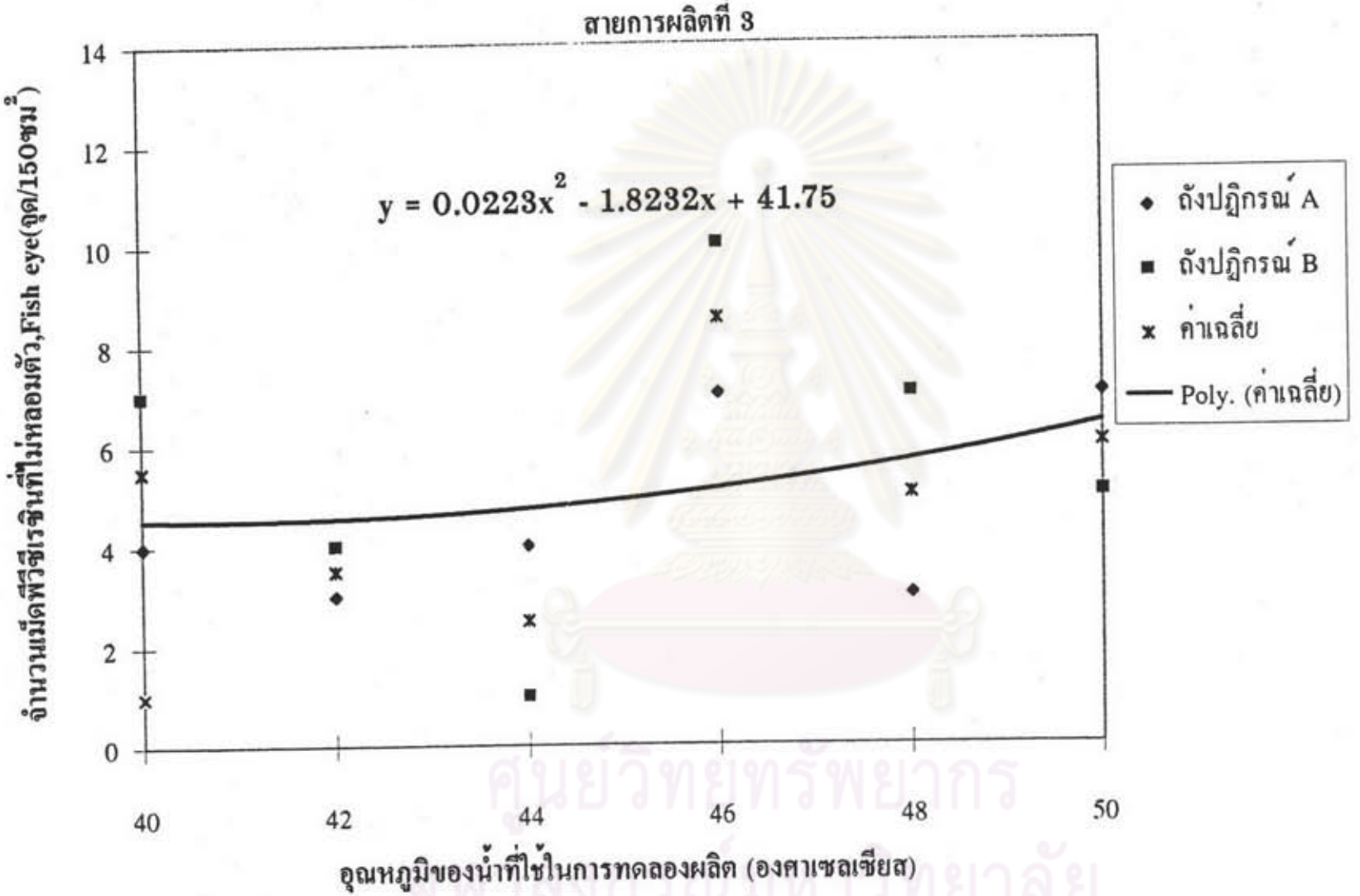
B = -7.0504 และ -1.8232 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

C = 154.79 และ 41.75 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 5.11 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับ
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.12 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับ
จำนวนเม็ดพีวีซีเรซินที่ไม่หลอมตัวของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.4 ผลกระทบต่อค่ารูพรุนของพีวีซีเรซิน

จากผลการทดลองพบว่า ค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ได้จากการทดลองโดยดูจากค่าพลาสติไซเซอร์เทกอัพ (Plasticizer Take Up) มีแนวโน้มที่จะมีค่าลดลงตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ สายการผลิตที่ 3 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตร ที่ได้จากการทดลองที่มีแนวโน้มที่จะมี ค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากผลกระทบของสารลดแรงตึงผิวที่ลดลงเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตสูงขึ้น เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวไว้ในเรื่องผลกระทบต่อความหนาแน่นเชิงปริมาตร และ ค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ได้จากการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าโดยเฉลี่ยของข้อมูลก่อนการทำทดลอง ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ 3 ดังแสดงได้ในรูปที่ 5.13 และ 5.14 ซึ่งแสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ กับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตได้ดังนี้

$$y = Ax^2 + Bx + C$$

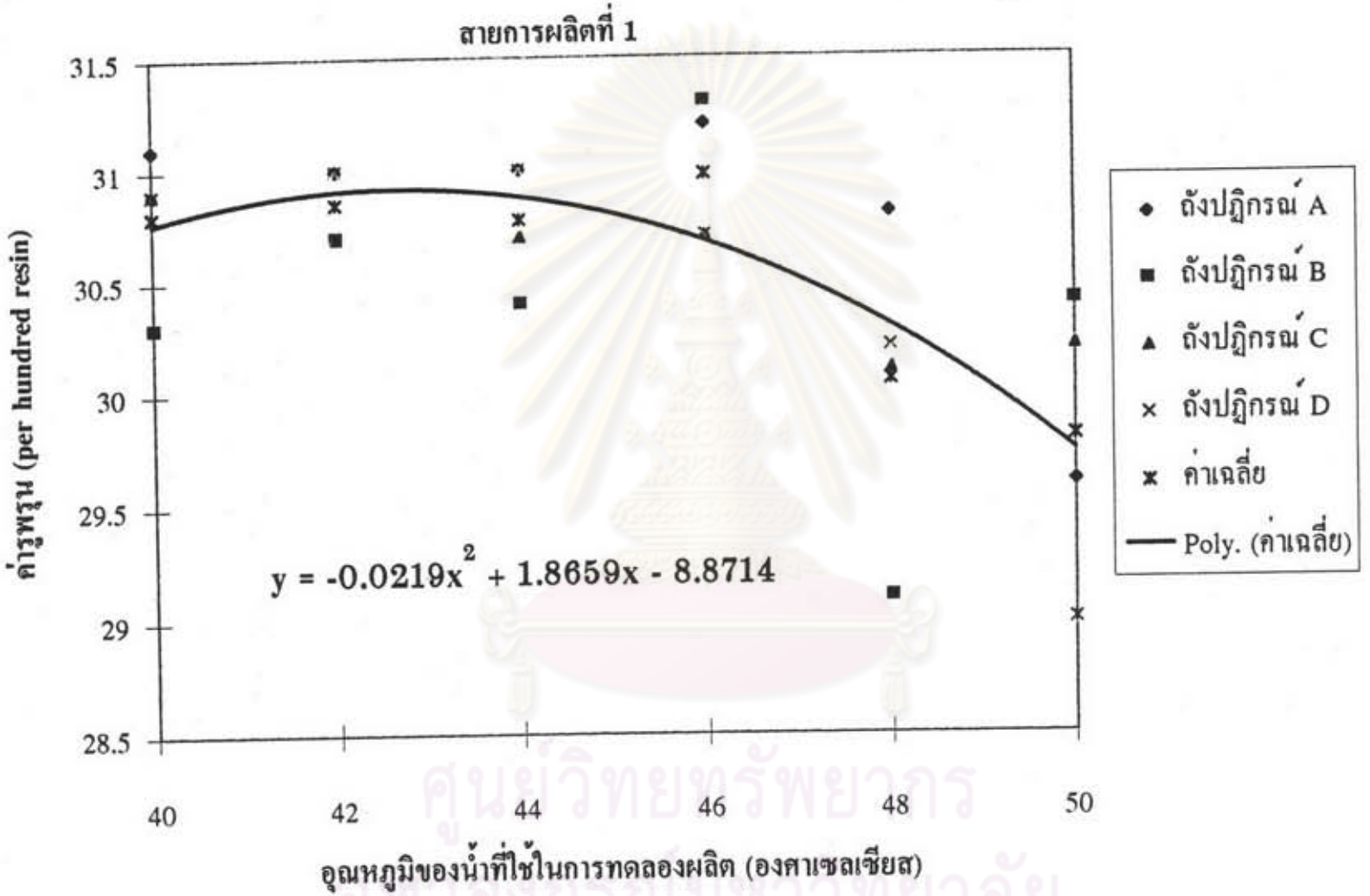
โดยที่ y = ค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ (per hundred resin)

x = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต (องศาเซลเซียส)

A = -0.0219 และ -0.0112 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

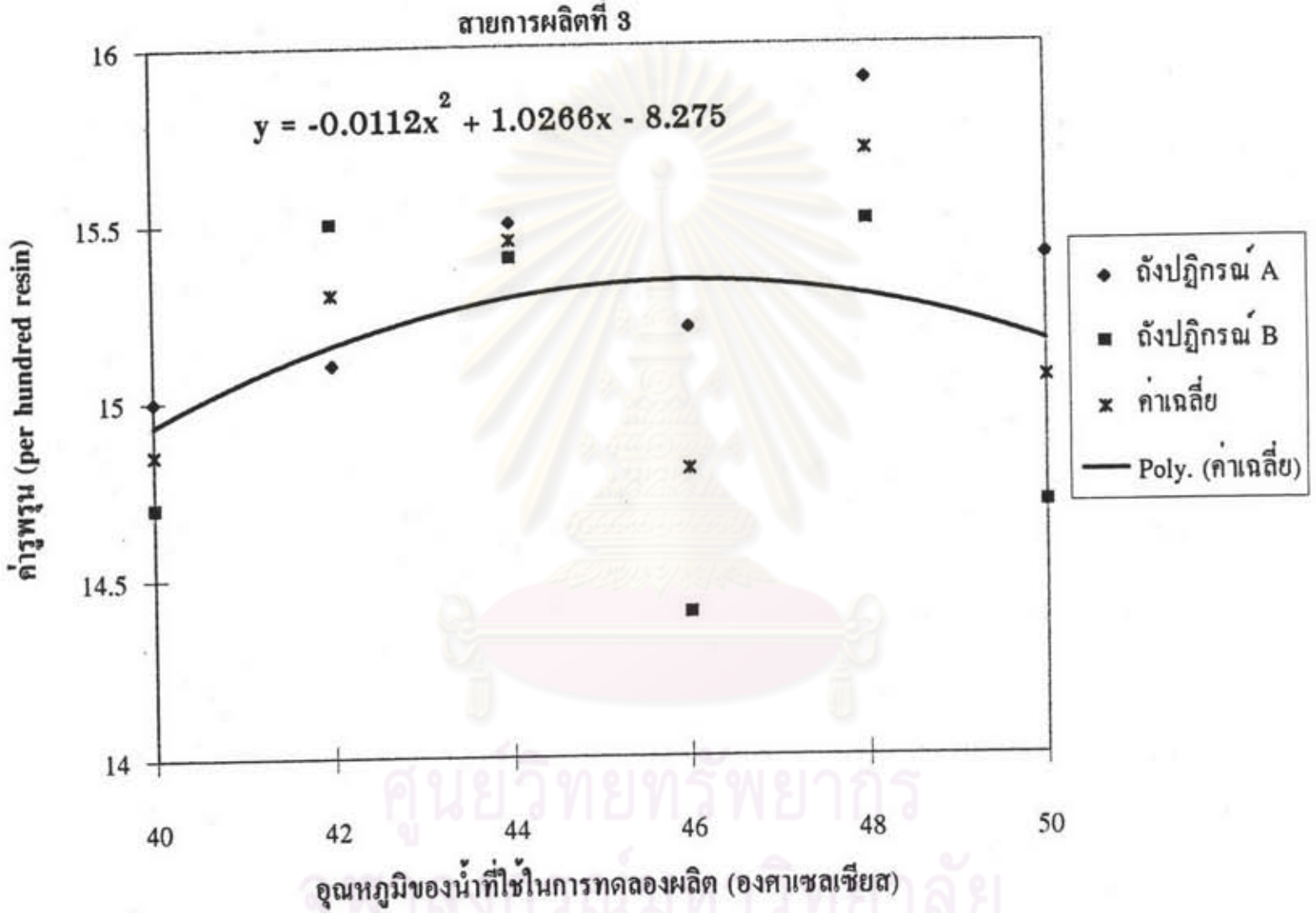
B = 1.8659 และ 1.0266 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

C = -8.8714 และ -8.275 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 5.13 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.14 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับค่ารูพรุนของพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ของสายการผลิตที่ 3

5.3.2 ผลต่อเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ

5.3.2.1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (Heat Up)

จากผลการทดลองพบว่า การใช้น้ำร้อนในการทดลองผลิต สามารถลดเวลาในขั้นตอนการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ (Heat Up) ลงได้ โดยที่สำหรับสายการผลิตที่ 1 เมื่ออุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจะประมาณ 20 นาที ในขณะที่เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ โดยเฉลี่ยของข้อมูลก่อนการทดลองซึ่งใช้เวลาประมาณ 45 นาที จะสามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 25 นาที และสำหรับสายการผลิตที่ 3 เมื่ออุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตเท่ากับ 50 องศาเซลเซียสเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจะประมาณ 35 นาที ในขณะที่เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของข้อมูลก่อนการทดลองซึ่งใช้เวลาประมาณ 55 นาที จะสามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 20 นาที ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำร้อนในการผลิต จะทำให้อุณหภูมิภายในถังปฏิกรณ์ตอนเริ่มต้นการให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการผลิต ทำให้ผลต่างของอุณหภูมิที่จะต้องให้ความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้อยลง ทำให้เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ น้อยลง รูปที่ 5.15 และ 5.16 แสดงผลการทดลองของการใช้น้ำที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิตกับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากผลการทดลองสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิกับอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิตได้ดังนี้

$$y = Ax + B$$

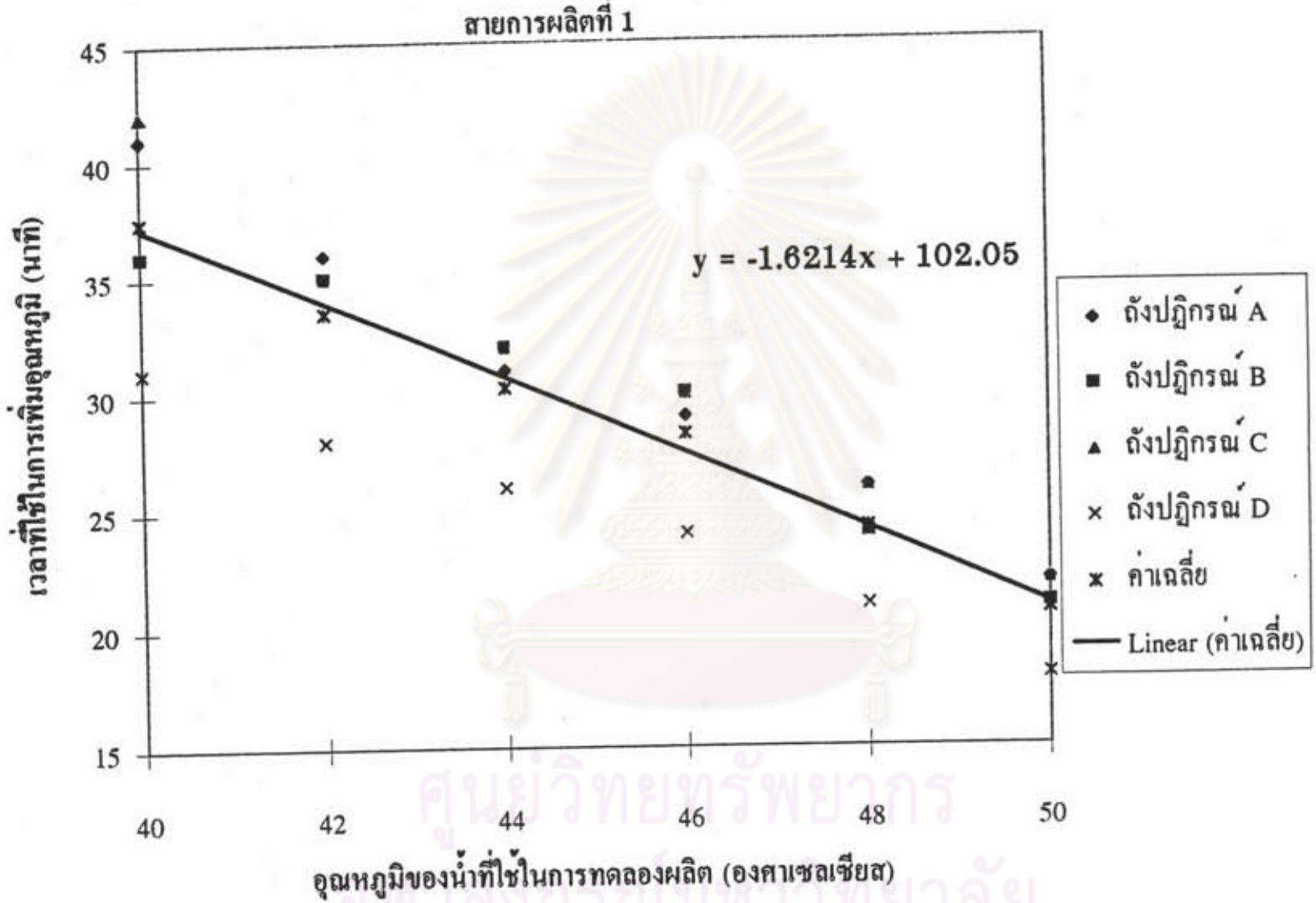
โดยที่ y = เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (นาที)

x = อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต (องศาเซลเซียส)

A = -1.6214 และ -1.85 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

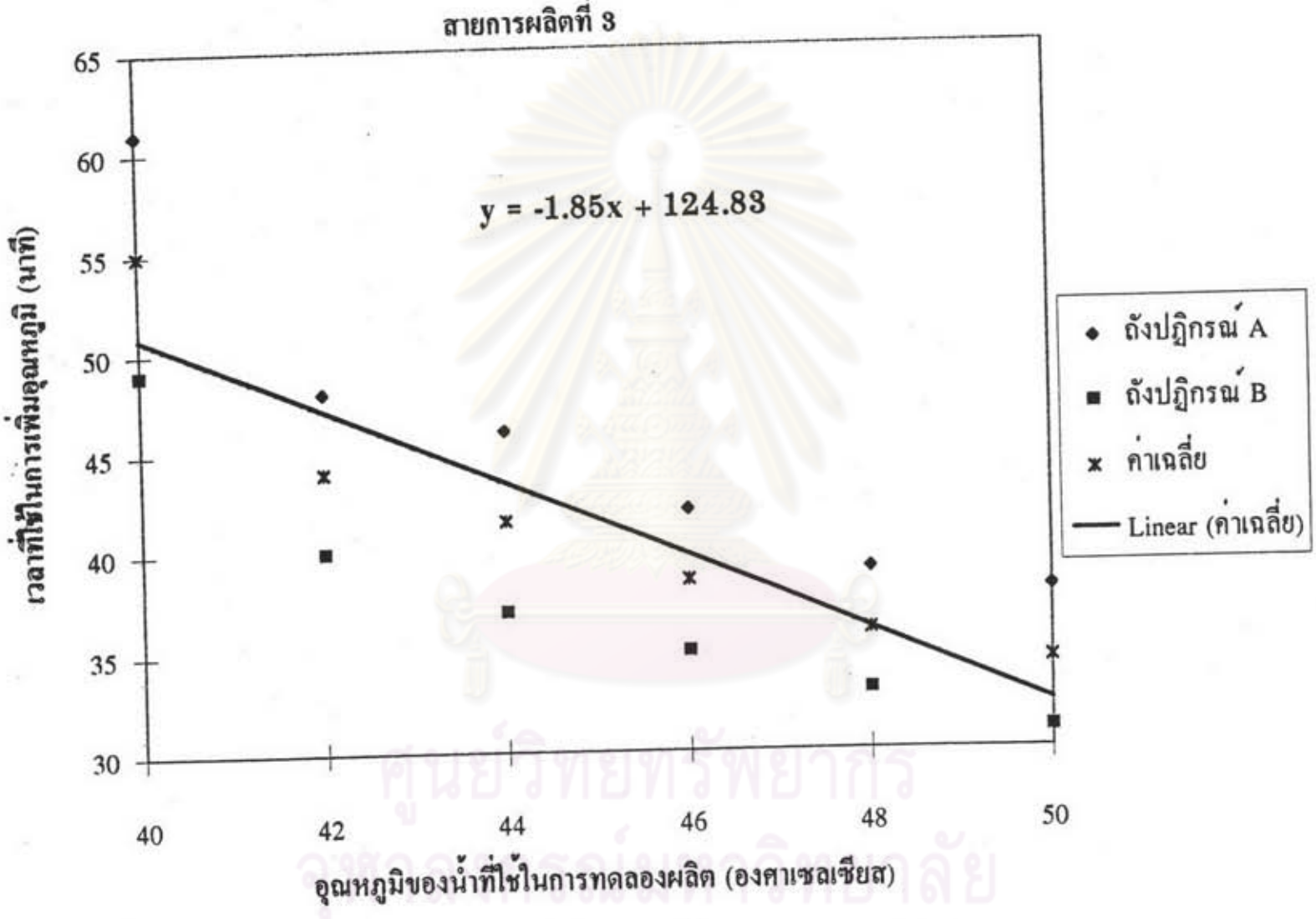
B = 102.05 และ 124.83 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.15 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ ของสายการผลิตที่ 1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.16 ผลการทดลองของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต กับเวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ ของสายการผลิตที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.2.2 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการทำการผลิตหนึ่งรอบ

จากผลการทดลองพบว่า การใช้น้ำร้อนในการผลิตจะทำให้เวลาที่ใช้ในการเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เข้าถังปฏิกรณ์ ใช้เวลานานขึ้น ตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการใช้น้ำร้อนในการผลิตจะทำให้ความดันภายในถังปฏิกรณ์เมื่อเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เข้ามีค่าเพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ความดันด้านปลายของการเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์มีค่าสูงขึ้น แรงต้านการส่งไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เข้าถังปฏิกรณ์จึงเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลของเวลาในการเพิ่มอุณหภูมิที่ลดลงแล้ว ยังพบว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบยังลดลงตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้นดังแสดงได้ในตารางที่ 5.11 และ 5.12 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.11 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ ของข้อมูลก่อนทำการทดลองและของการใช้น้ำร้อนในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 1

รายการ	ก่อนทำการทดลอง	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (นาที)	45	38	34	30	28	24	21
เวลาที่ใช้ในการเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เข้าถังปฏิกรณ์ (นาที)	17	17	19	20	22	23	25
เวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ (ชั่วโมง : นาที)	12:00	11:53	11:51	11:48	11:48	11:45	11:44
ผลต่างของเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลง (นาที) (เปรียบเทียบกับก่อนทำการทดลอง)	0	7	9	12	12	15	16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.12 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ ของข้อมูลก่อนทำการทดลองและของการใช้น้ำร้อนในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 3

รายการ	ก่อนทำการทดลอง	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
เวลาที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ (นาที)	55	55	44	42	39	36	35
เวลาที่ใช้ในการเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์เข้าถังปฏิกรณ์ (นาที)	19	19	20	21	21	22	22
เวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ (ชั่วโมง : นาที)	10:30	10:30	10:20	10:19	10:16	10:14	10:13
ผลต่างของเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลง (นาที) (เปรียบเทียบกับก่อนทำการทดลอง)	0	0	10	11	14	16	17

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.3 ผลทางด้านค่าใช้จ่ายในการผลิต

5.3.3.1 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ

การคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของการทดลองโดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 5.13 และ 5.14 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ จากการคำนวณจะพบว่าปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น โดยที่การใช้น้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ปริมาณความร้อนในการเพิ่มอุณหภูมิมากกว่าการใช้น้ำที่ 40 องศาเซลเซียส ประมาณ 9% ทั้งสายการผลิตที่ 1 และ 3

รายละเอียดของการคำนวณปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิอยู่ในภาคผนวก ก.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.13 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 1

รายการ	หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจาก 40 °C จนถึงอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต	กิโลจูล	0	79,754	159,509	239,263	219,018	398,772
ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของระบบจนถึงอุณหภูมิของการหยุดให้ความร้อน	กิโลจูล	1,078,976	1,018,629	958,282	897,935	837,935	777,240
ปริมาณความร้อนรวมที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ	กิโลจูล	1,078,976	1,098,383	1,117,790	1,137,197	1,156,604	1,176,012
ผลต่างของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	กิโลจูล	0	19,407	38,814	58,221	77,628	97,036
	%	0	1.8	3.6	5.5	7.2	9.0

ตารางที่ 5.14 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 3

รายการ	หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำจาก 40 °C จนถึงอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการทดลองผลิต	กิโลจูล	0	238,260	476,520	714,780	953,040	1,191,300
ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของระบบจนถึงอุณหภูมิของการหยุดให้ความร้อน	กิโลจูล	4,228,747	4,063,255	3,897,764	3,732,272	3,566,780	3,401,289
ปริมาณความร้อนรวมที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ	กิโลจูล	4,228,746	4,301,515	4,374,283	4,447,051	4,519,820	4,592,588
ผลต่างของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	กิโลจูล	0	72,768	145,537	218,305	291,073	363,842
	%	0	1.7	3.4	5.2	6.7	8.6

5.3.3.2 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้

การคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ของการทดลองผลิตโดยใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ สามารถแสดงได้ดังในตารางที่ 5.15 และ 5.16 สำหรับสายการผลิตที่ 1 และ 3 ตามลำดับ โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น กับ ค่าไฟที่ลดลงเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบ ที่ลดลงตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น จากการคำนวณจะพบว่าต้นทุนการผลิตต่อตันพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ของสายการผลิตที่ 1 มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ ในการทดลองผลิต ทั้งนี้เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลงไม่มากนัก ผลของค่าใช้จ่ายของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นกับค่าไฟที่ลดลงจึงไม่แตกต่างกันมากนัก สำหรับสายการผลิตที่ 3 จะพบว่าต้นทุนการผลิตต่อตันพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ จะมีค่าลดลง ตามอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้ในการทดลองผลิตที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเวลาที่ลดลงในขั้นตอนการเพิ่มอุณหภูมิ จะมากกว่าเวลาที่ใช้ในการเติมไวนิลคลอไรด์มอนอเมอร์ที่นานขึ้น ทำให้เวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบลดลงมากกว่าสายการผลิตที่ 1 ผลของค่าไฟที่ลดลงตามเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลงจึงมากกว่าค่าใช้จ่ายของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น โดยที่การใช้น้ำที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสในการทดลองผลิต จะมีต้นทุนการผลิตต่อตันพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ ถูกลง 3.5 บาท เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 องศาเซลเซียสในการทดลองผลิต

รายละเอียดของการคำนวณต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้แสดงอยู่ในภาคผนวก ข.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.15 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 1

รายการ	หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
ผลต่างของเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลง (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	นาที	0	2	5	5	8	9
จำนวนแบทช์ที่ผลิตได้	แบทช์/วัน	8.08	8.10	8.14	8.14	8.17	8.18
กำลังการผลิตที่ได้	ตัน/วัน	45.68	45.80	46.01	46.01	46.19	46.27
ผลต่างของกำลังการผลิตที่ได้ (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	ตัน/วัน	0	0.12	0.33	0.33	0.51	0.59
ผลต่างของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น	บาท/แบทช์	0	1.77	3.54	5.31	7.07	8.84
(เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/วัน	0	14.33	28.78	43.17	57.79	72.36
ผลต่างของค่าไฟที่ลดลง	บาท/แบทช์	0	1.85	4.63	4.63	7.40	8.33
(เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/วัน	0	14.98	37.63	37.63	60.45	68.12
ผลต่างของต้นทุนการผลิตที่ลดลงต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้	บาท/วัน	0	0.66	8.85	-5.54	2.66	-4.24
(เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/ตัน	0	0.01	0.19	-0.12	0.06	-0.09

ตารางที่ 5.16 ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ของการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิต่างๆในการทดลองผลิต ของสายการผลิตที่ 3

รายการ	หน่วย	อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทำการทดลองผลิต (°C)					
		40	42	44	46	48	50
ผลต่างของเวลาที่ใช้ในการผลิตหนึ่งรอบที่ลดลง (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	นาที	0	10	11	14	16	17
จำนวนแบทช์ที่ผลิตได้	แบทช์/วัน	4.57	4.64	4.65	4.68	4.69	4.70
กำลังการผลิตที่ได้	ตัน/วัน	121.37	123.32	123.54	124.14	124.53	124.74
ผลต่างของกำลังการผลิตที่ได้ (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	ตัน/วัน	0	1.95	2.16	2.77	3.15	3.37
ผลต่างของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้เพิ่มขึ้น	บาท/แบทช์	0	6.63	13.26	19.90	26.53	33.16
(เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/วัน	0	30.80	61.72	93.02	124.4	155.9
ผลต่างของค่าไฟที่ลดลง	บาท/แบทช์	0	75.00	82.50	105.00	120.00	127.50
(เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/วัน	0	348.36	383.87	490.94	562.83	602.36
ผลต่างของต้นทุนการผลิตที่ลดลงต่อหน่วยพีวีซีเรซินที่ผลิตได้ (เปรียบเทียบกับการใช้น้ำที่ 40 °C ในการทดลองผลิต)	บาท/วัน	0	317.56	322.15	397.92	438.41	446.51
	บาท/ตัน	0	2.58	2.61	3.21	3.52	3.58