

บทที่ 3

ผลการทดลอง

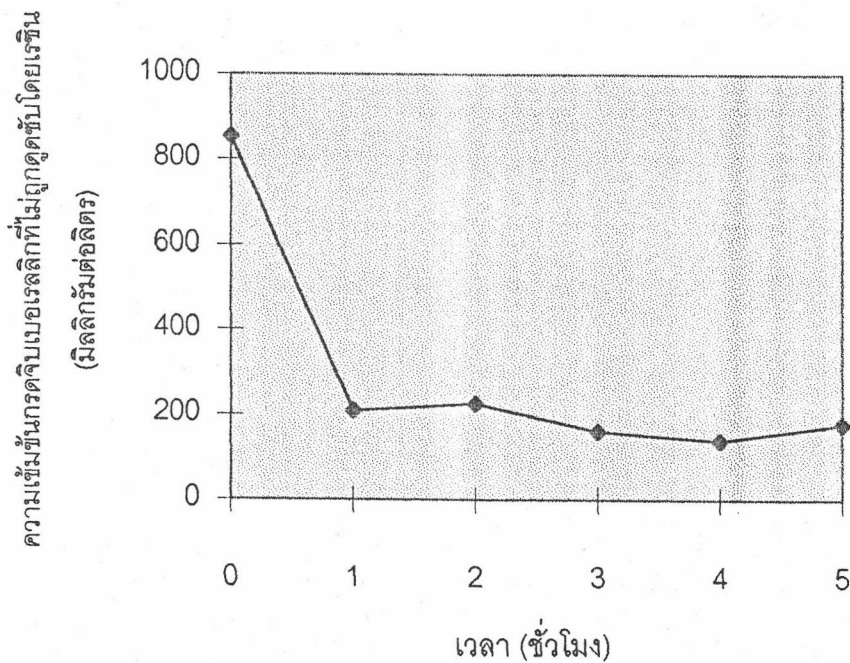
3.1 การศึกษาภาวะในระบบแบทช์

3.1.1 การหาเวลาที่ถึงจุดอิ่มตัวของเรซินในการดูดซับและการชะกรดจิบเบอเรลลิก

การศึกษาปรากฏการณ์การดูดซับและการชะของกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนเบื้องต้นตามวิธีการทดลองที่ 2.6.1 ศึกษาเวลาที่ถึงจุดอิ่มตัวของทั้งสองขั้นตอน เพื่อจะได้อรรถาธิบายของกรดจิบเบอเรลลิกต่อหน่วยเรซิน เปอร์เซ็นต์การดูดซับและการชะที่มากที่สุดจากภาวะที่กำหนด ผลการทดลองจากการใช้น้ำหมักของเชื้อ *Gibberella fujikuroi* ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิก 853.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 9.0 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร (หรือคิดเป็นปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกทั้งหมดเท่ากับ 42.696 มิลลิกรัม) ต่อแอนไอออนเรซิน(OH⁻ form) 5 กรัม พบว่ามีการดูดซับได้มากที่สุดประมาณ 83.6 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกตั้งต้น ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกดูดซับที่เรซิน ในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก 1 ชั่วโมง

เวลา (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกดูดซับ โดยเรซินในขั้นตอนการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
1	208.79
2	226.24
3	161.48
4	139.95
5	178.33



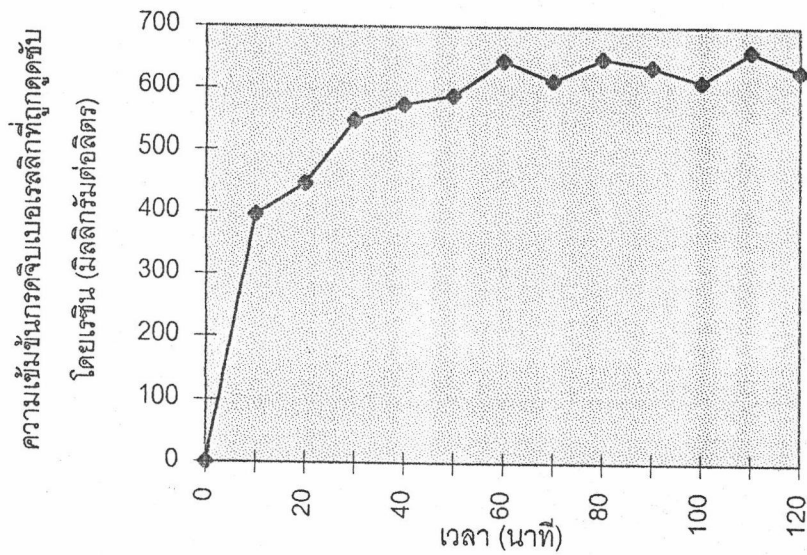
รูปที่ 3-1 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลิกที่ไม่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก 1 ชั่วโมง

จากผลการทดลองที่ได้ทำให้ทราบความจุของเรซิน จากนั้นทำการทดลองหาเวลาที่เรซิน เริ่มถึงจุดอิ่มตัวในการดูดซับ โดยแปรเวลาที่ใช้ในการดูดซับทุก 10 นาที แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3-2 และรูปที่ 3-2 พบว่าการดูดซับกรดจิบเบอเรลิกของแอนไอออนเรซิน ถึงจุดอิ่มตัวเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที และมีปริมาณการดูดซับ 32.26 มิลลิกรัม คิดเป็น 75.55 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตั้งต้น

ตารางที่ 3-2 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับที่เรซินในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก
10 นาที

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับ โดยเรซินในขั้นตอนการดูดซับ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
10	396.02
20	447.01
30	546.42
40	572.03
50	587.01
60	645.13
70	612.28
80	648.22
90	634.96
100	609.89
110	660.55
120	627.68

หมายเหตุ ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับโดยเรซินในขั้นตอนการดูดซับที่ได้ คำนวณ
จากความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกในสารละลายตั้งต้น ลบออกด้วยความเข้มข้น
กรดจิบเบอเรลลิกในสารละลายที่ผ่านการดูดซับ ที่เวลาต่างๆ

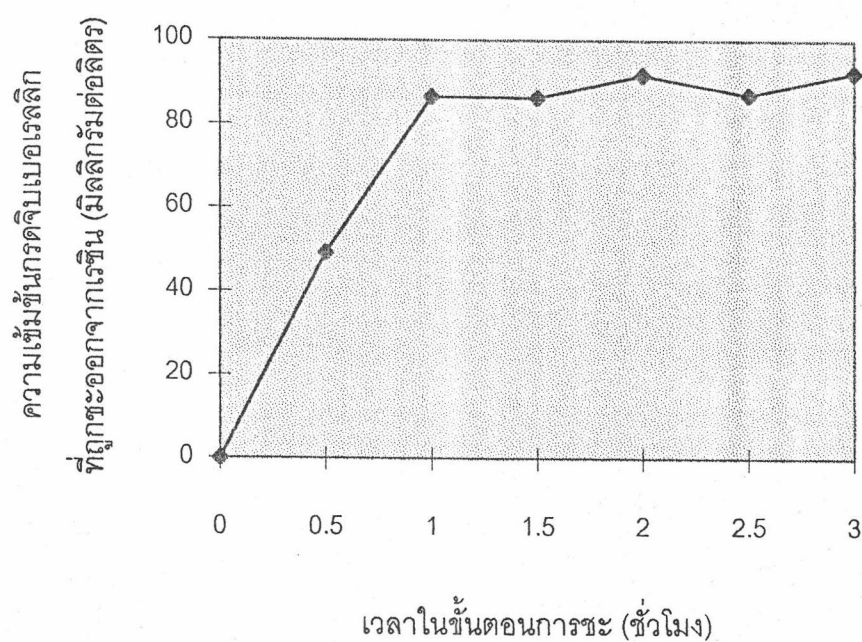


รูปที่ 3-2 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับที่เวลาทุก 10 นาที

นำเรซินที่ดูดซับกรดจิบเบอเรลลิกไว้จากการทดลองขั้นตอนการดูดซับที่เวลาถึงจุดอิ่มตัวของเรซิน นำมาแปรเวลาในการชะ เพื่อหาเวลาที่เรซินถึงจุดอิ่มตัวในการชะด้วยแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ($1M NH_4OH$) ผลการทดลองจากการแปรเวลาในขั้นตอนการชะทุก 0.5 ชั่วโมงเป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 3-3 และรูปที่ 3-3 และทำการแปรเวลาในขั้นตอนการชะให้สั้นลงเป็นทุก 10 นาที เป็นเวลา 90 นาที แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3-4 และรูปที่ 3-4 พบว่าการชะกรดจิบเบอเรลลิกจากแอนไอออนเรซินที่ถึงจุดอิ่มตัวเมื่อเวลาผ่านไป 60 นาที ปริมาณการชะออก 0.866 มิลลิกรัม คิดเป็น 2.69 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการดูดซับ

ตารางที่ 3-3 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะที่เวลาทุก 0.5 ชั่วโมง

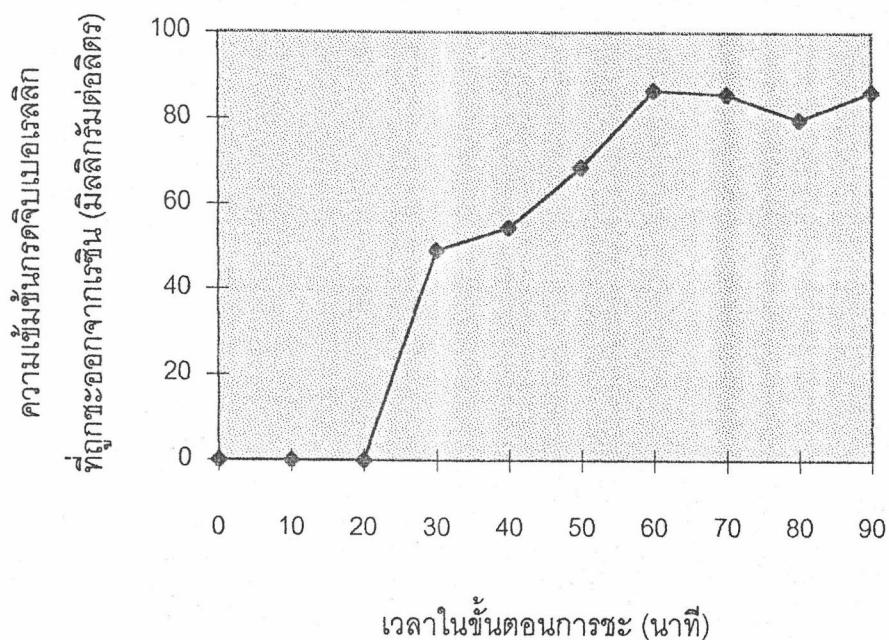
เวลาในขั้นตอนการชะ (ชั่วโมง)	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะ ออกจากเรซินในขั้นตอนการชะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
0.5	49.15
1.0	86.64
1.5	86.32
2.0	91.83
2.5	87.12
3.0	92.52



รูปที่ 3-3 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะทุก 0.5 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-4 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะที่เวลาทุก 10 นาที

เวลาในขั้นตอนการชะ (นาที)	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซิน ในขั้นตอนการชะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
10	0
20	0
30	49.15
40	54.43
50	68.67
60	86.64
70	85.76
80	79.89
90	86.32



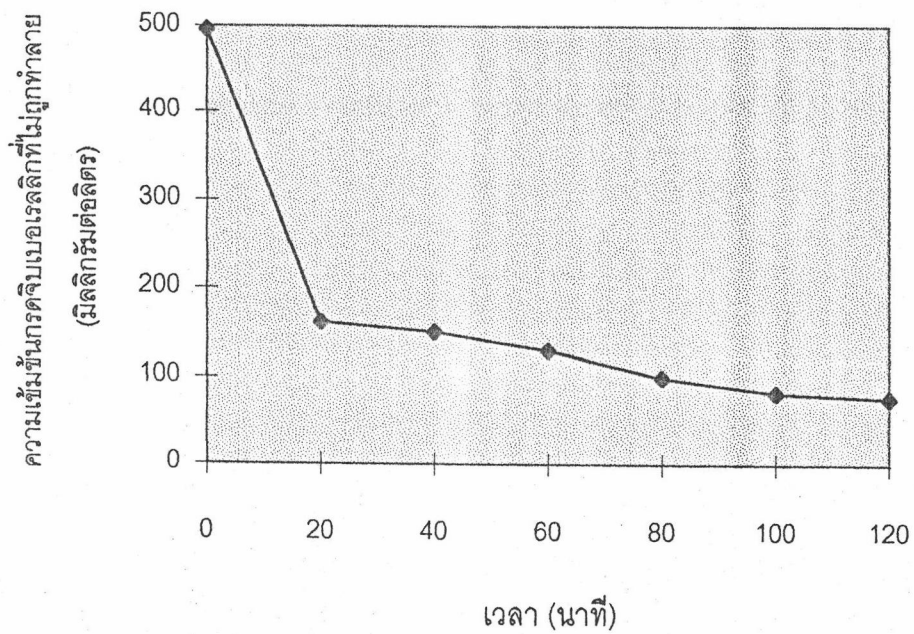
รูปที่ 3-4 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะทุก 10 นาที

จากผลการทดลองในขั้นตอนการชะ โดยใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ เป็นตัวชะ เมื่อพิจารณาจากปริมาณการชะกรดจิบเบอเรลลิกที่ได้พบว่าผลการชะที่ได้ต่ำมาก จึงพิจารณาเรื่องเสถียรภาพของกรดจิบเบอเรลลิกในตัวชะดังกล่าว เพราะตัวชะดังกล่าวนี้มีค่าความเป็นกรด-ด่างค่อนข้างสูง อาจมีผลต่อเสถียรภาพของกรดจิบเบอเรลลิก ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาความเสถียรของกรดจิบเบอเรลลิกในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ โดยเตรียมสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกมาตรฐานความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรในอาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน (ภาคผนวก ก-1) เพื่อเป็นสารตัวอย่างควบคุม (control) และสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตรในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ นำสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกที่เตรียมตั้งบนเครื่องเขย่าความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ทุก 20 นาทีเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง

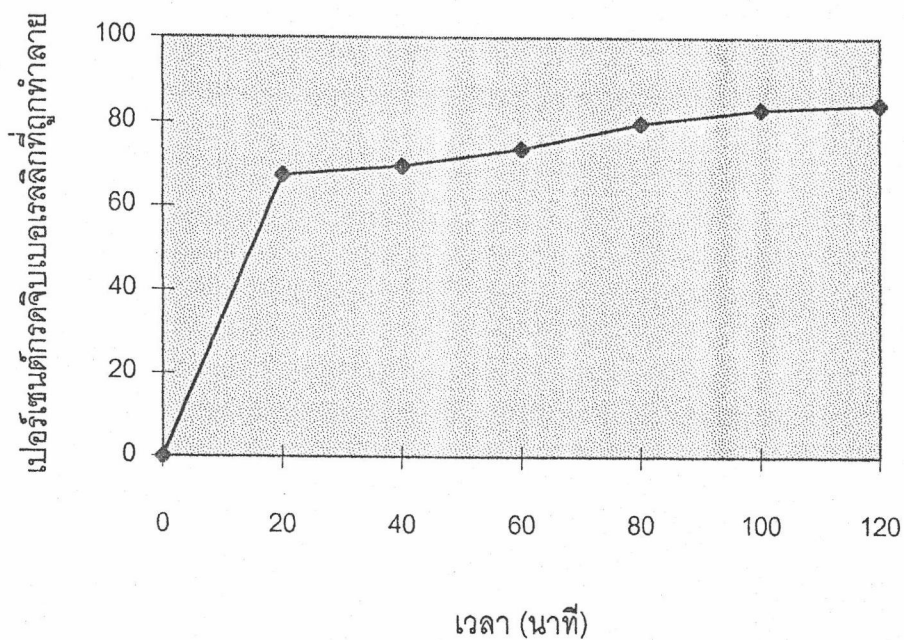
พบว่าเมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ในเวลาเพียง 20 นาที กรดจิบเบอเรลลิกถูกทำลายมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกตั้งต้น และถูกทำลายมากขึ้นตามเวลาที่ผ่านไป นอกจากนี้ยังพบว่ากรดจิบเบอเรลลิกถูกทำลายถึง 89.44 เปอร์เซ็นต์เมื่อให้กรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เป็นเวลา 3 ชั่วโมง แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3-5 และรูปที่ 3-5 และ 3-6

ตารางที่ 3-5 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลาย และเปอร์เซ็นต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลาย เมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในอาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลินหรือใน แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์

สารละลายตัวอย่าง	เวลา (นาที)	ความเข้มข้น GA_3 ในสาร ละลายตัวอย่าง (มิลลิกรัม/ลิตร)	% GA_3 ที่ถูกทำลาย
สารละลาย GA_3 มาตรฐานใน อาหารเหลว (control)	0	493.69	-
สารละลาย GA_3 ใน 1M NH_4OH	0	495.98	-
	20	161.07	67.37
	40	150.05	69.61
	60	129.55	73.76
	80	99.25	79.90
	100	82.40	83.31
	120	76.59	84.49
	180	52.15	89.44



รูปที่ 3-5 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลายในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ที่เวลาทุก 20 นาที



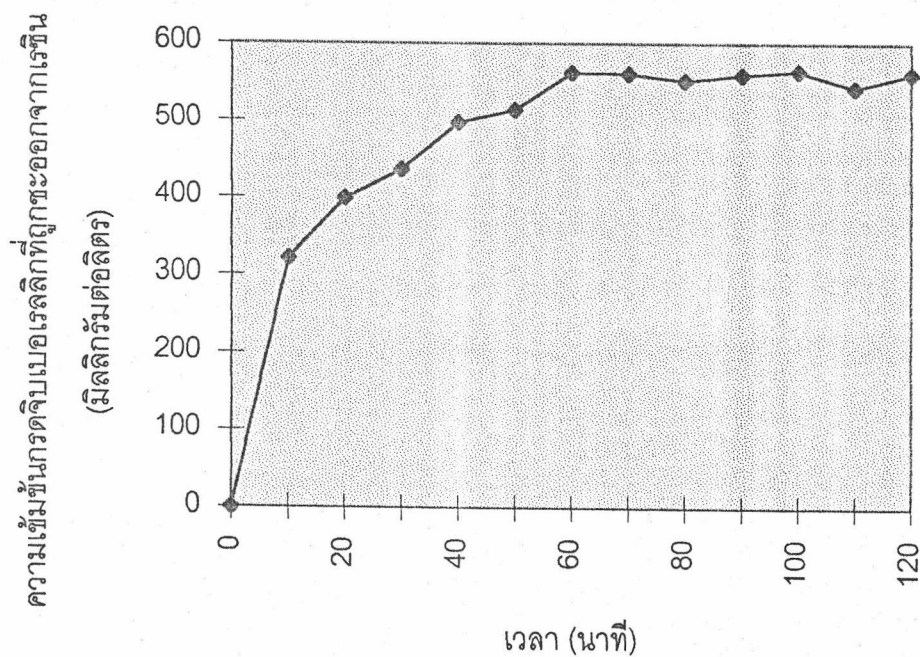
รูปที่ 3-6 เปอร์เซ็นต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลายในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ ที่เวลาทุก 20 นาที

จากผลการทดลองพบว่า กรดจิบเบอเรลลินไม่มีความเสถียรต่อแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ จึงพิจารณาหาตัวชะใหม่เพื่อใช้ในการชะกรดจิบเบอเรลลินออกจากเรซิน จากเอกสารสิทธิบัตร Brit. patent GB 847,435 (Merck & Co., 1960) มีการใช้สารละลายตัวชะที่มีสารอิเล็กโทรไลต์ (aqueous eluting solution containing an electrolyte) ตัวอย่างได้แก่สารละลายกรด (aqueous acidic solution) เช่นสารละลายน้ำของกรดไฮโดรคลอริก หรือของกรดอะซิติก ผสมกับตัวทำละลายอินทรีย์ที่เข้ากับน้ำได้ (water-miscible organic solvent) ที่เหมาะสม ได้แก่เมทานอล ไอโซโพรพานอล และอะซิโตน ความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารประกอบกรดในสารละลายตัวชะอยู่ระหว่างประมาณ 1 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร (%w/v) ตัวอย่างสารละลายตัวชะได้แก่ สารละลาย 93%เมทานอลที่มี 7%(w/v)กรดไฮโดรคลอริก ซึ่งในเอกสารนี้อ้างว่าเป็นตัวชะที่มีประสิทธิภาพ สามารถชะกรดจิบเบอเรลลินได้ถึง 94-98% ของปริมาณกรดจิบเบอเรลลินตั้งต้น

ดังนั้นจึงทำการทดลองเพื่อศึกษาหาเวลาที่ถึงจุดอิ่มตัวในการชะกรดจิบเบอเรลลิน โดยเปลี่ยนตัวชะจาก แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ เป็นสารละลาย 93%เมทานอลที่มี 7%(w/v)กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวชะแทน ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ 2.6.1 น้ำหนักกรดจิบเบอเรลลินมีความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลินตั้งต้นเท่ากับ 641.95 มิลลิกรัมต่อลิตร คิดเป็นกรดจิบเบอเรลลิน 32.097 มิลลิกรัม หลังจากทำการทดลองขั้นตอนการดูดซับพบว่าเมื่อเวลาที่แอนไอออนเรซินถึงจุดอิ่มตัวของขั้นตอนการดูดซับ (60 นาที) ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลินที่ถูกดูดซับเท่ากับ 16.888 มิลลิกรัม คิดเป็น 52.62 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดจิบเบอเรลลินตั้งต้น และเมื่อทำการทดลองต่อในขั้นตอนการชะพบว่าเวลาถึงจุดอิ่มตัวในขั้นตอนการชะคือ 60 นาที สามารถชะกรดจิบเบอเรลลินได้ปริมาณ 5.623 มิลลิกรัม คิดเป็น 32.30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณกรดจิบเบอเรลลินที่ถูกดูดซับ แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3-6 และรูปที่ 3-7

ตารางที่ 3-6 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกระด้วยสารละลาย 93% เมทานอลที่มี 7% กรดไฮโดรคลอริกในขั้นตอนการชะ ที่เวลาทุก 10 นาที

เวลา (นาที)	ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกระ ออกจากเรซินในขั้นตอนการชะ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
10	321.01
20	399.13
30	435.77
40	497.25
50	513.61
60	562.30
70	560.84
80	551.72
90	559.19
100	564.27
110	542.63
120	560.52

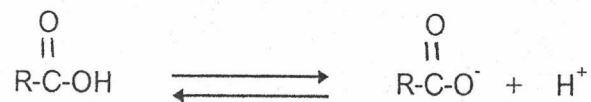


รูปที่ 3-7 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกชะออกจากเรซินในขั้นตอนการชะที่เวลาทุก 10 นาที

3.1.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการดูดซับและการชะ

3.1.2.1 การศึกษาปัจจัย pH เริ่มต้น

ในขั้นตอนการดูดซับ กรดจิบเบอเรลลิกจะเข้าเกาะกับเรซินแลกเปลี่ยนแอนไอออนได้ดีนั้น กรดจิบเบอเรลลิกจะต้องถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่มีประจุ ซึ่งกรดจิบเบอเรลลิกมีหมู่คาร์บอกซิลิก (-COOH) ที่สามารถแตกตัวอยู่ในรูปที่มีประจุ (-COO⁻) ได้ เมื่อทำปฏิกิริยากับเบส (OH⁻) ดังสมการ



เมื่อ R-COOH แทนกรดจิบเบอเรลลิก และ -COO⁻ เป็นหมู่คาร์บอกซิลิกที่อยู่บนโมเลกุลของกรดจิบเบอเรลลิก กรดจิบเบอเรลลิกมีค่า pKa ประมาณ 4 และน้ำหมักกรดจิบเบอเรลลิกมีค่า pH

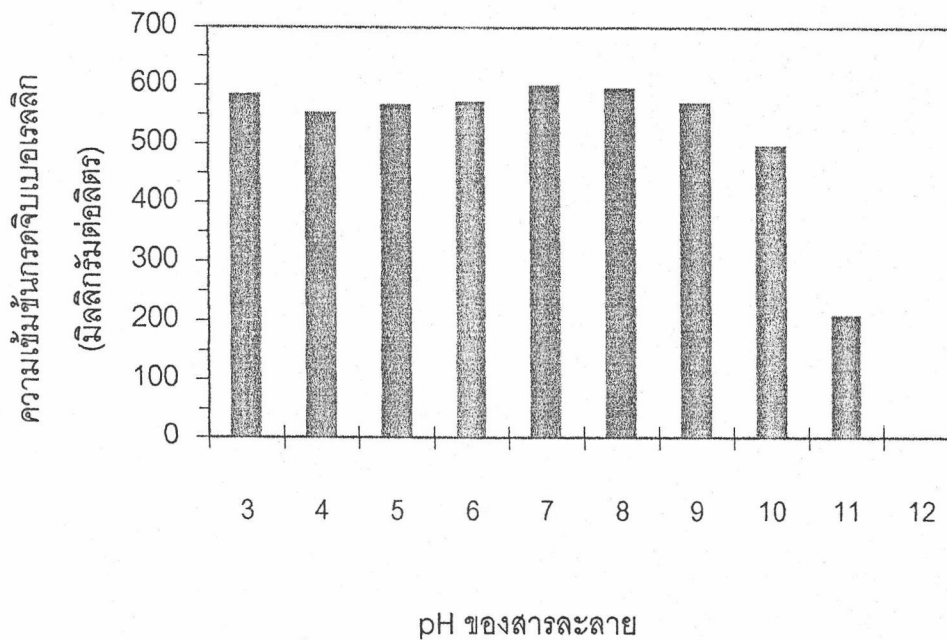
ประมาณ 4.2 - 4.7 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า pKa ของกรดจิบเบอเรลลิก ที่ค่า pH เท่ากับค่า pKa นี้ ความเข้มข้นของ $[R-COOH]$ เท่ากับความเข้มข้นของ $[R-COO^-]$ แต่ในการที่กรดจิบเบอเรลลิก เข้าเกาะกับเรซินต้องเปลี่ยนอยู่ในรูป $R-COO^-$ มากกว่า โดยให้สมการข้างต้นดำเนินปฏิกิริยาไปทางขวามือ จึงทำการปรับ pH ให้สูงขึ้น โดยที่ไม่ไปทำลายกรดจิบเบอเรลลิกในน้ำหมัก ดังนั้น การทดลองนี้เป็นการทดลองเพื่อ หาค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุดที่ไม่มีผลต่อกรดจิบเบอเรลลิก เพื่อกำหนดค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่เหมาะสมในขั้นตอนการดูดซับ โดยศึกษาผลของ pH ต่อความเสถียรของกรดจิบเบอเรลลิกในสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆ ได้แก่ 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 และ 12.0 ตามลำดับ โดยสารละลายที่ใช้คืออาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน (ภาคผนวก ก-1.4) ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ 2.5.2.1 ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-7 และในรูปที่ 3-8 และ 3-9

ตารางที่ 3-7 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกที่ไม่ถูกทำลาย และเปอร์เซ็นต์กรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกทำลาย เมื่ออยู่ในสารละลายของอาหารเหลวสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน ที่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆกัน

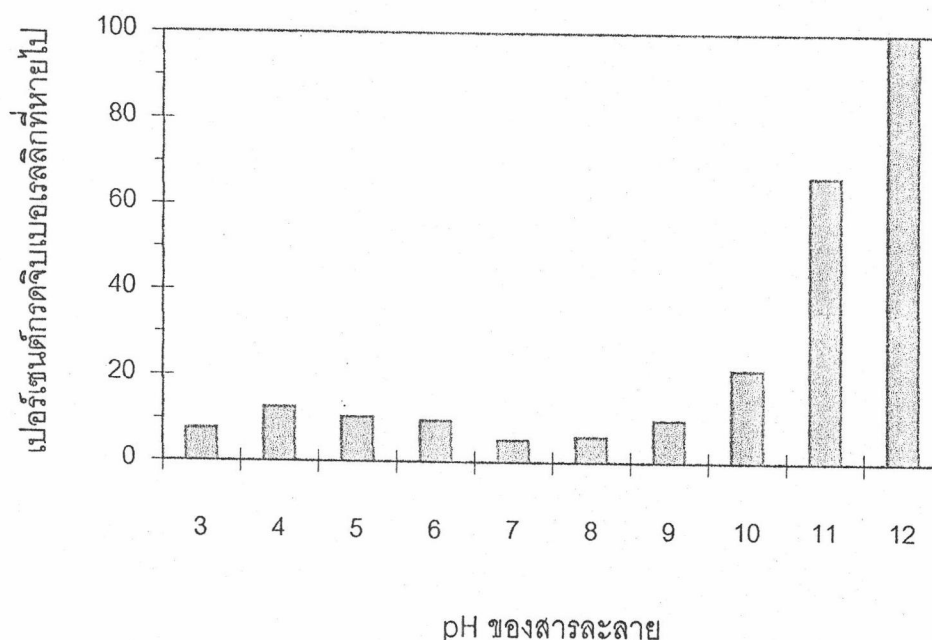
สารละลายตัวอย่าง	ความเข้มข้น GA_3 (มิลลิกรัมต่อลิตร)	% GA_3 ที่หายไป
สารละลาย GA_3 มาตรฐานความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร (control)	634.16	-
สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 3.0	585.65	7.65
สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 4.0	554.26	12.60
สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 5.0	568.06	10.42
สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 6.0	573.12	9.63
สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ในอาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 7.0	601.28	5.18

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

สารละลายตัวอย่าง	ความเข้มข้น GA ₃ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	%GA ₃ ที่หายไป
สารละลาย GA ₃ ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ใน อาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 8.0	596.55	5.93
สารละลาย GA ₃ ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ใน อาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 9.0	571.44	9.89
สารละลาย GA ₃ ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ใน อาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 10.0	498.03	21.47
สารละลาย GA ₃ ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ใน อาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 11.0	210.44	66.82
สารละลาย GA ₃ ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัม/ลิตร ใน อาหารเหลวที่ปรับค่า pH เป็น 12.0	0	100



รูปที่ 3-8 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลินที่วิเคราะห์ได้ (โดย HPLC) เมื่อกรดจิบเบอเรลลินเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร อยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆ



รูปที่ 3-9 เปอร์เซนต์ของกรดจิบเบอเรลลิกที่หายไปเมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างๆกัน สกัด และวิเคราะห์ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกโดยวิธี HPLC

จากผลการทดลองพบว่ากรดจิบเบอเรลลิกมีความเสถียรเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3.0 ถึง 9.0 และเริ่มไม่เสถียรเมื่อกรดจิบเบอเรลลิกอยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 10.0 นอกจากนี้ยังพบว่ากรดจิบเบอเรลลิกไม่เสถียรหรือถูกทำลายไปเมื่ออยู่ในสารละลายที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 12.0 ในเวลาภายใน 3 ชั่วโมง

ดังนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างที่สูงที่สุดที่ได้จากการทดลองที่มีผลกระทบเล็กน้อยต่อความเสถียรของกรดจิบเบอเรลลิกเท่ากับ 9.0 แต่ในระหว่างทำการแลกเปลี่ยนประจุภาคหรือแอนไอออน ซึ่ง counter ion ที่แลกเปลี่ยนคือ OH^- จึงมีผลกระทบต่อค่าความเป็นกรด-ด่างโดยตรง กล่าวคือเมื่อกรดจิบเบอเรลลิกในน้ำหมักมีการแลกเปลี่ยนประจุภาคกับแอนไอออนเรซิน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ OH^- ในระหว่างเกิดการแลกเปลี่ยนประจุภาค โดย OH^- ที่เรซินจะถูกแทนที่ ไปอยู่ในส่วนของสารละลาย ทำให้ค่า pH ของน้ำหมักสูงขึ้นได้ ดังนั้นจึงกำหนดค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้กับน้ำหมักกรดจิบเบอเรลลิกก่อนทำการแลกเปลี่ยนประจุภาคในขั้นตอนการดูดซับเท่ากับ 8.0

3.1.2.2 ปัจจัยของตัวชะ

ตัวชะเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อขั้นตอนการชะ การที่จะชะกรด จิบเบอเรลลิกออกจากเรซินที่แลกเปลี่ยนแอนไอออนจากขั้นตอนการดูดซับได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั้น จำเป็นต้องใช้ตัวชะและภาวะที่เหมาะสม จากการทดลองที่ 3.1.1 พบว่าการใช้สารละลาย 93% เมธานอลที่มี 7%(w/v) กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวชะแทนสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ เนื่องจากถูกอ้างว่าเป็นตัวชะที่สามารถใช้ในการชะกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับบนเรซิน แลกเปลี่ยนแอนไอออนชนิด strong เช่น Dowex 1, Dowex 2, Amberlite IRA-400, Amberlite IRA-401, Duolite A-41, Duolite A-101 และ Duolite A-102 ซึ่งล้วนเป็นชนิดเช่นเดียวกับเรซินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ซึ่งรายงานแนะนำว่าสามารถใช้เรซินชนิดเดียวกันตัวอื่นๆได้ ดังนั้นการทดลองนี้ จึงใช้ตัวชะชนิดเดิมซึ่งมีส่วนประกอบคือ เมธานอล และ สารละลายน้ำของกรดไฮโดรคลอริก แปร สัดส่วนทั้งสองให้มีค่าต่างกัน ตามตัวอย่างสารตัวชะที่ได้รายงานไว้ใน Brit. Patent GB 847,435 (Merck & Co., 1960) สารละลายตัวชะที่ใช้ในการทดลองได้แก่

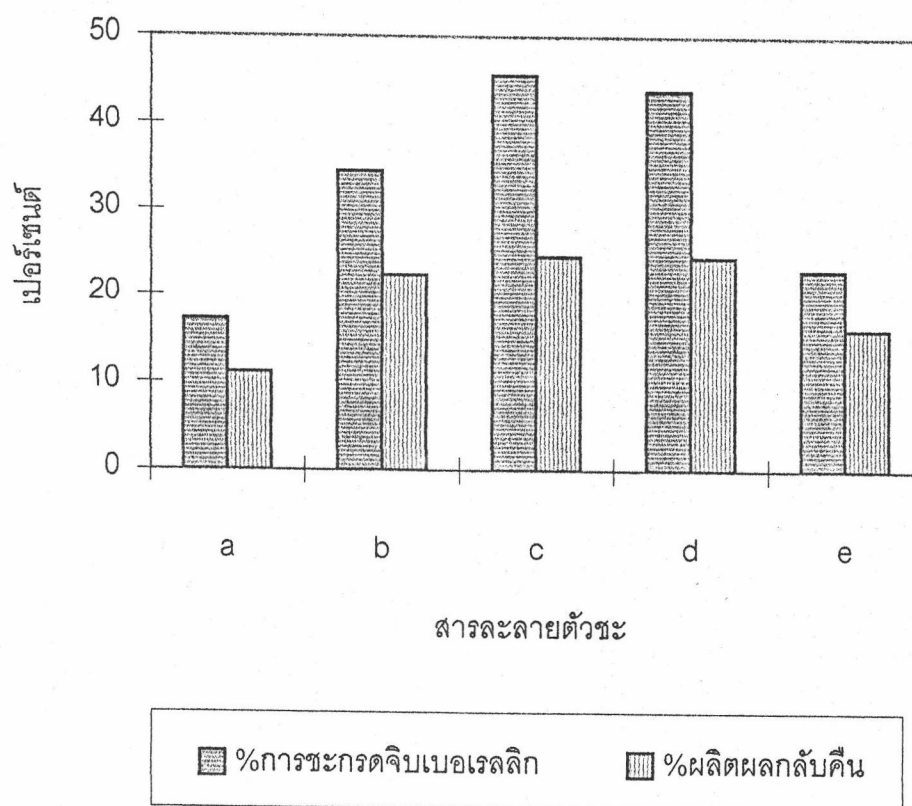
- สารละลาย 95% เมธานอลที่มี 5%(w/v) กรดไฮโดรคลอริก
- สารละลาย 93% เมธานอลที่มี 7%(w/v) กรดไฮโดรคลอริก
- สารละลาย 91% เมธานอลที่มี 9%(w/v) กรดไฮโดรคลอริก
- สารละลาย 89% เมธานอลที่มี 11%(w/v) กรดไฮโดรคลอริก
- สารละลาย 87% เมธานอลที่มี 13%(w/v) กรดไฮโดรคลอริก

ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ 2.5.2.3 ผลการทดลองแสดง ในตารางที่ 3-8 และรูปที่ 3-10

ตารางที่ 3-8 ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกเริ่มต้น ที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับ และที่ชะได้จาก ขั้นตอนการชะ เปอร์เซ็นต์การดูดซับ เปอร์เซ็นต์การชะ และเปอร์เซ็นต์ผลผลิต กลับคืน เมื่อแปรสัดส่วนของส่วนประกอบในสารละลายตัวชะ

สารละลายตัวชะ	95%MeOH +5%HCl	93%MeOH +7%HCl	91%MeOH +9%HCl	89%MeOH +11%HCl	87%MeOH +13%HCl
ปริมาณ GA ₃ เริ่มต้น (มก.)	29.61	30.17	33.35	29.98	34.48
ปริมาณ GA ₃ ที่ถูกดูด ซับหลังจากขั้นตอนการ ดูดซับ (มก.)	19.09	19.63	18.02	16.72	21.24
เปอร์เซ็นต์การดูดซับ กรดจิบเบอเรลลิก	64.45	65.06	54.02	55.79	61.61
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จาก การชะครั้งที่ 1 (มก.)	3.28	5.56	7.30	6.72	4.79
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จาก การชะครั้งที่ 2 (มก.)	0	1.21	0.92	0.62	0.74
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จาก การชะครั้งที่ 3 (มก.)	0	0	0	0	0
ปริมาณ GA ₃ ทั้งหมดที่ ได้จากการชะ (มก.)	3.28	6.77	8.22	7.34	5.53
เปอร์เซ็นต์การชะกรด จิบเบอเรลลิก	17.19	34.47	45.62	43.90	23.01
เปอร์เซ็นต์ผลผลิตกลับ คืน	11.08	22.44	24.65	24.48	16.04

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก คัดเทียบจากปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับ



รูปที่ 3-10 เปอร์เซนต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก และเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืน
จากการแปรสารละลายตัวชะที่ใช้ในขั้นตอนการชะ โดยที่
a คือสารละลาย 95%เมธานอลที่มี 5%กรดไฮโดรคลอริก
b คือสารละลาย 93%เมธานอลที่มี 7%กรดไฮโดรคลอริก
c คือสารละลาย 91%เมธานอลที่มี 9%กรดไฮโดรคลอริก
d คือสารละลาย 89%เมธานอลที่มี 11%กรดไฮโดรคลอริก และ
e คือสารละลาย 87%เมธานอลที่มี 13%กรดไฮโดรคลอริก

จากผลการทดลอง เมื่อแปรสัดส่วนของส่วนประกอบในสารละลายตัวชะ พบว่าสารละลาย 91%เมธานอลที่มี 9%(w/v)กรดไฮโดรคลอริก เป็นตัวชะที่ให้ค่าเปอร์เซนต์การชะกรดจิบเบอเรลลิกและเปอร์เซนต์ผลิตผลกลับคืนสูงที่สุด คือเท่ากับ 45.62 และ 24.65 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปเราจะใช้สารละลาย 91%เมธานอลที่มี 9%(w/v)กรดไฮโดรคลอริก เป็นตัวชะในขั้นตอนการชะกรดจิบเบอเรลลิกจากเรซิน

3.1.2.3 การศึกษาปัจจัยอุณหภูมิต่อการดูดซับและการชะ

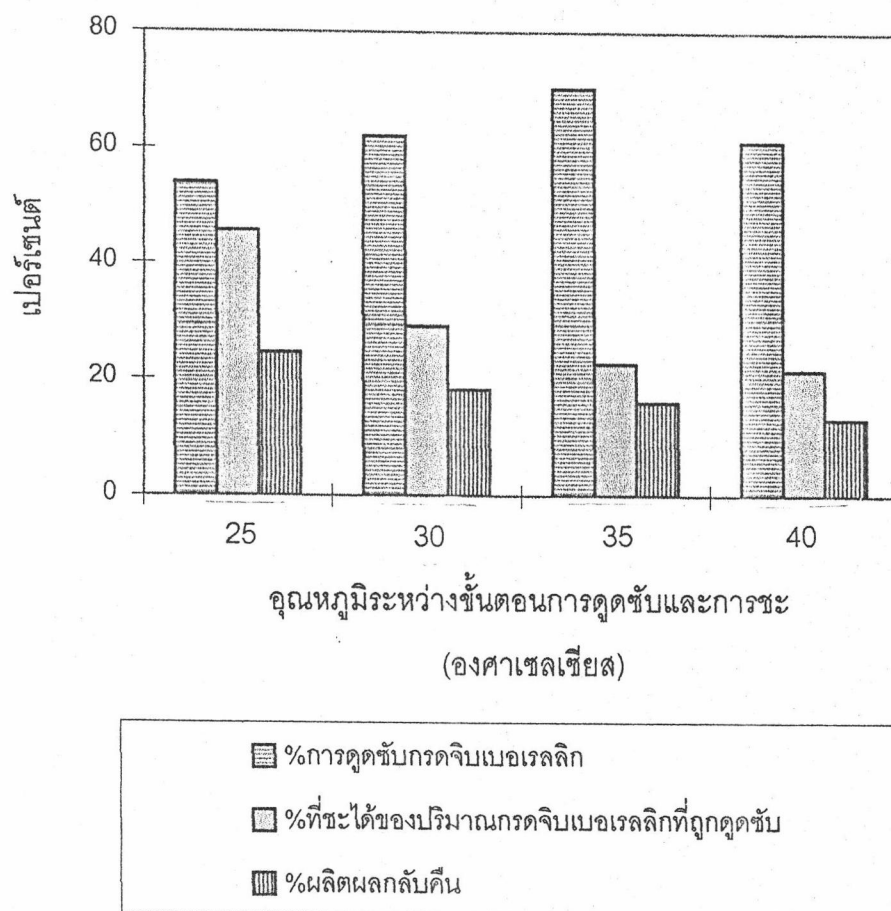
การที่กรดจิบเบอเรลลิกเข้าเกาะบนเรซินในขั้นตอนการดูดซับและตัวชะสามารถชะกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับบนเรซินออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องเกิดในภาวะที่เหมาะสม อุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งเป็นภาวะของระบบ ในการทดลองนี้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการดูดซับและการชะ ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ 2.5.2.2 โดยกำหนดให้อุณหภูมิระหว่างขั้นตอนทั้งสองมีค่าต่างๆ ได้แก่ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เพื่อทดลองหาและกำหนดอุณหภูมิในระหว่างขั้นตอนการดูดซับและการชะที่เหมาะสมต่อไป โดยปรับค่า pH เริ่มต้นของน้ำหมักให้เป็น 8.0 ก่อนทำการดูดซับ และใช้สารละลาย 91% เมธานอลที่มี 9% (w/v) กรดไฮโดรคลอริก เป็นตัวชะในขั้นตอนการชะ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-9 และรูปที่ 3-11 โครมาโตแกรมของกรดจิบเบอเรลลิกที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ในขั้นตอนการดูดซับและการชะที่อุณหภูมิ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียสแสดงในภาคผนวกรูปที่ ค-4 ค-5 ค-6 และ ค-7 ตามลำดับ

จากผลการทดลอง เมื่อพิจารณาจากปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนการดูดซับและการชะ และเปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก ที่อุณหภูมิ 25 °ซ หรือเท่ากับ 8.22 มิลลิกรัม และ 45.62% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าทั้งสองที่อุณหภูมิ 30 35 และ 40 °ซ แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิกกลับพบว่าที่อุณหภูมิ 35 °ซ มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิกสูงสุดเท่ากับ 70.39% แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่ากรดจิบเบอเรลลิกถูกทำลายด้วยความร้อนได้อย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในรูปสารละลายน้ำ (Cross, 1957) และจากรายงาน Singapore BR No 094123/00D ของ National Business Corporation ได้รายงานไว้เกี่ยวกับเสถียรภาพของกรดจิบเบอเรลลิกในสารละลายที่อุณหภูมิต่างๆไว้ เป็นค่าครึ่งชีวิตของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในน้ำที่อุณหภูมิ 32 36 และ 50 °ซ มีค่าเท่ากับ 36 19 และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ จากการทดลองถึงแม้ว่าที่อุณหภูมิ 35 °ซ จะให้ประสิทธิภาพการดูดซับที่สูงกว่าที่ 25 และ 30 °ซ แต่เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการชะ พบว่าระบบที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 25 °ซ มีค่าเท่ากับ 22.59% ซึ่งสูงกว่าถึงเท่าตัวเมื่อเทียบกับการคุมอุณหภูมิของระบบไว้ที่ 35 °ซ ดังนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่กำหนดใช้ในระหว่างขั้นตอนการดูดซับและการชะเท่ากับ 25 °ซ

ตารางที่ 3-9 ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก และ เปอร์เซ็นต์กรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับ และการชะต่างๆ เมื่อแปรอุณหภูมิระหว่างทำการแลกเปลี่ยนประจุภาคเท่ากับ 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียสตามลำดับ

อุณหภูมิ	25°ซ	30°ซ	35°ซ	40°ซ
ปริมาณ GA ₃ เริ่มต้น (มก.)	33.35	34.24	24.71	35.26
ปริมาณ GA ₃ ที่ไม่ถูกดูดซับหลังผ่านขั้นตอนการดูดซับ (มก.)	15.34	12.99	7.32	13.71
ปริมาณ GA ₃ ที่ถูกดูดซับหลังผ่านขั้นตอนการดูดซับ (มก.)	18.02	21.25	17.40	21.55
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จากการชะครั้งที่ 1 (มก.)	7.30	5.56	3.93	4.60
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จากการชะครั้งที่ 2 (มก.)	0.92	0.62	0	0
ปริมาณ GA ₃ ที่ได้จากการชะครั้งที่ 3 (มก.)	0	0	0	0
ปริมาณ GA ₃ ทั้งหมดที่ชะได้ (มก.)	8.22	6.18	3.93	4.60
เปอร์เซ็นต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิก	54.02	62.06	70.39	61.12
เปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก	45.62	29.08	22.59	21.35
เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน	24.65	18.05	15.90	13.05

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก คัดเทียบจากปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกดูดซับ



รูปที่ 3-11 เปอร์เซ็นต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิก เปอร์เซ็นต์การชะกรดจิบเบอเรลลิก และ เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรอุณหภูมิในระหว่างขั้นตอนการดูดซับและการชะ เป็น 25 30 35 และ 40 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

3.1.2.4 ค่า selectivity coefficient ของกรดจิบเบอเรลลิก

ค่า selectivity coefficient ($K_{OH^-}^{GA}$) เป็นค่าคงที่ที่บ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการเกาะของกรดจิบเบอเรลลิกที่เรซิน ถ้ามีค่าสูงจะทำให้ประสิทธิภาพการเกาะของกรดจิบเบอเรลลิกที่เรซินดี และถ้าสิ่งปนเปื้อน (X) ในน้ำหมักมีค่า $K_{OH^-}^X$ ใกล้เคียงกับค่าของกรดจิบเบอเรลลิก จะทำให้ประสิทธิภาพการแยกต่ำลง การทดลองหาค่าคงที่นี้ตามวิธีการทดลอง วัดความเข้มข้นของกรดจิบเบอเรลลิก ที่ถูกดูดซับและชะออกจากเรซิน นำมาคำนวณค่า $K_{OH^-}^{GA}$ จากสูตรการคำนวณตามวิธีการทดลองข้อที่ 2.5.2.4 (ทำการทดลอง 4 ครั้ง) ผลการทดลองที่ได้ ค่า ($K_{OH^-}^{GA}$) ที่อุณหภูมิ 25°C อยู่ในช่วง 0.63 - 0.89 และมีค่าเฉลี่ย 0.73 แสดงผลการทดลองในตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 ค่า selectivity coefficient ของกรดจิบเบอเรลลิก

ครั้งที่	R_{GA} (โมลาร์)	C_{GA} (โมลาร์)	C_{OH^-} (โมลาร์)	R_{OH^-} (โมลาร์)	$K_{OH^-}^{GA}$
1	0.342	0.592	↑ 1 ↓	0.65	0.889
2	0.358	0.603		0.78	0.761
3	0.318	0.667		0.75	0.636
4	0.389	0.689		0.89	0.634

หมายเหตุ

- R_{GA} = ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ดูดซับบนเรซิน หน่วยโมลาร์
 R_{OH^-} = ปริมาณไฮดรอกไซด์ไอออนที่ดูดซับบนเรซิน หน่วยโมลาร์
 C_{OH^-}, C_{GA} = ความเข้มข้นไฮดรอกไซด์ไอออน และกรดจิบเบอเรลลิกในสารละลาย หน่วยโมลาร์ ตามลำดับ

3.2 การศึกษาภาวะในระบบคอลัมน์

3.2.1 การวัด breakthrough curve

การวัด breakthrough curve เป็นการวัดปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ถูกลดซับได้มากที่สุดโดยเรซินในคอลัมน์ที่ภาวะหนึ่ง ตามวิธีการทดลองที่ 2.7.1 จากนั้นหมักของเชื้อ *Gibberella fujikuroi* ที่ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกเท่ากับ 440.571 มิลลิกรัมต่อลิตร (ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 8.0) ปริมาตร 200 มล. (หรือคิดเป็นปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก 0.088 กรัม) เพื่อต้องการทราบปริมาณความจุสูงสุดของคอลัมน์ ควบคุมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ 25 องศาเซลเซียสตลอดการทดลอง ใช้อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับเท่ากับ 200 มล./ชม. (คิดเป็นหน่วย space velocity เท่ากับ 8.6 ชม^{-1}) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-11 3-12 และรูปที่ 3-12

จากรูป 3-12 พีค (peak) แรก เป็นกรดจิบเบอเรลลิกส่วนเกินจากขั้นตอนการดูดซับ จะถูกส่งผ่านออกจากคอลัมน์ โดยการใช้เมธานอลล้างในส่วนเกินนี้ออกจนหมด ค่า pH ในช่วงแรกนี้มีค่าระหว่าง 10 - 12.2 และมีค่า pH สุดท้ายของขั้นตอนแรกมีสภาพเป็นด่างเล็กน้อยประมาณ 8 เมื่อใช้เมธานอลล้าง จากนั้นจึงเป็นขั้นตอนการชะเอากรดจิบเบอเรลลิกส่วนที่ถูกลดซับที่เรซินออกมา ซึ่งทำได้โดยใช้สารละลาย 91% เมธานอลที่มี 9% กรดไฮโดรคลอริก ใช้อัตราการไหล 50 มล./ชม. (คิดเป็นหน่วย space velocity เท่ากับ 2.15 ชม^{-1}) จากรูปคือที่พีคที่ 2 (ค่า pH ในช่วงนี้จะมีค่าต่ำมากเพราะสารละลายตัวชะที่ใช้มีสภาพเป็นกรดสูง จึงไม่สามารถบันทึกความเปลี่ยนแปลงของ pH ได้) นำสารละลายที่ชะได้ (eluate) มาสกัดด้วยตัวทำละลายตามวิธีการทดลองในวิธีการทดลองที่ 2.4.2 พบว่าความจุสูงสุดของคอลัมน์จากการทดลองคือ 66.26 เปอร์เซ็นต์ และสามารถชะกรดจิบเบอเรลลิกจากคอลัมน์คิดเป็นปริมาณ 0.019 กรัมหรือคิดเป็นค่าผลิตผลกลับคืนเท่ากับ 33.13 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3-11 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิก และ pH ในแต่ละลำดับส่วน (fraction) ของชั้น
ตอนการดูดซับ จาก breakthrough curve

ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้น GA ₃ ในชั้นตอนการ ดูดซับ (มก./ล.)	pH สารละลาย	ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้นGA ₃ ในชั้นตอนการ ดูดซับ(มก./ล.)	pH สารละลาย
1	0	7.00	24	175.88	8.72
2	0	7.08	25	-	8.63
3	0	11.58	26	-	8.52
4	0	12.11	27	200.35	8.48
5	0	12.16	28	-	8.34
6 ^a	0	12.18	29	-	8.38
7	0	12.14	30	260.16	8.31
8	0	12.12	31	-	8.29
9	0	11.98	32	-	8.23
10	0	11.34	33	293.16	8.20
11	0	10.51	34	-	8.19
12	0	10.12	35	-	8.18
13	0	9.91	36 ^b	306.98	8.16
14	41.26	9.81	37	-	8.14
15	55.75	9.70	38	-	8.12
16	-	9.55	39	342.56	8.10
17	-	9.45	40	-	8.10
18	88.35	9.33	41	-	8.10
19	-	9.18	42	346.74	8.10
20	-	9.08	43	-	8.10
21	142.35	8.99	44	-	8.11
22	-	8.98	45	116.41	8.11
23	-	8.80	46	-	8.09

ตารางที่ 3-11 (ต่อ)

ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้น GA ₃ ในขั้นตอนการ ดูดซับ (มก./ล.)	pH สารละลาย	ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้น GA ₃ ในขั้นตอนการ ดูดซับ(มก./ล.)	pH สารละลาย
47	-	8.07	57	0	8.10
48	72.85	8.06	58	-	8.09
49	-	8.00	59	-	8.09
50	-	8.01	60	0	8.08
51	57.08	8.06	61	-	8.01
52	-	8.05	62	-	8.02
53	-	8.05	63	0	8.01
54	41.26	8.11	64	-	8.02
55	-	8.12	65	-	8.02
56	-	8.12	66	0	8.02

หมายเหตุ

- หมายถึงไม่ได้ทำการวิเคราะห์

a แสดงโครมาโตแกรมที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ในภาคผนวก ค-8

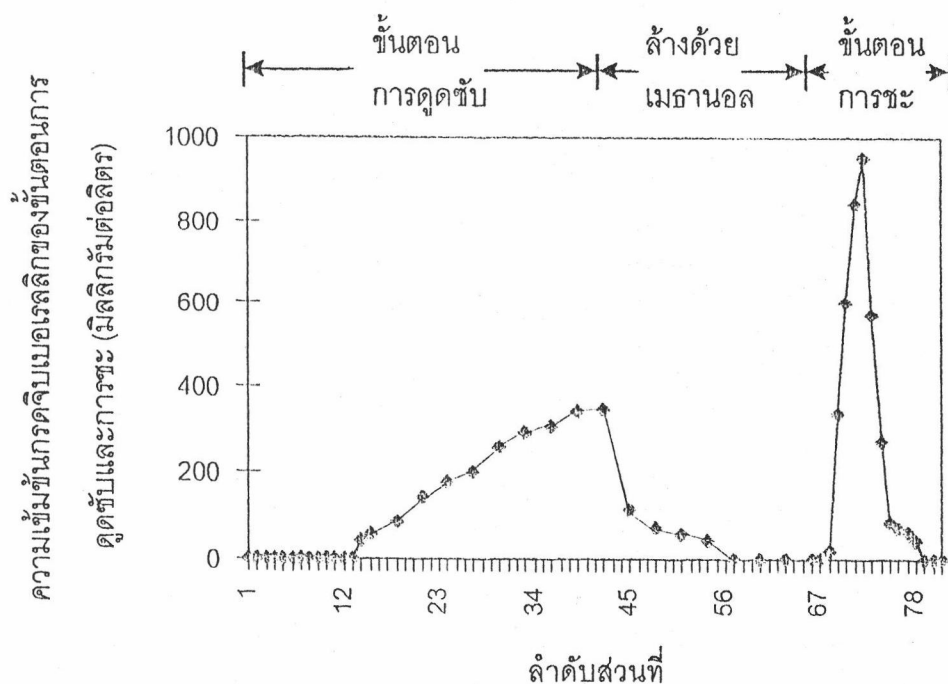
b แสดงโครมาโตแกรมที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ในภาคผนวก ค-9

ตารางที่ 3-12 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิก และ pH ในแต่ละลำดับส่วน (fraction) ของชั้น
ตอนการชะ จาก breakthrough curve

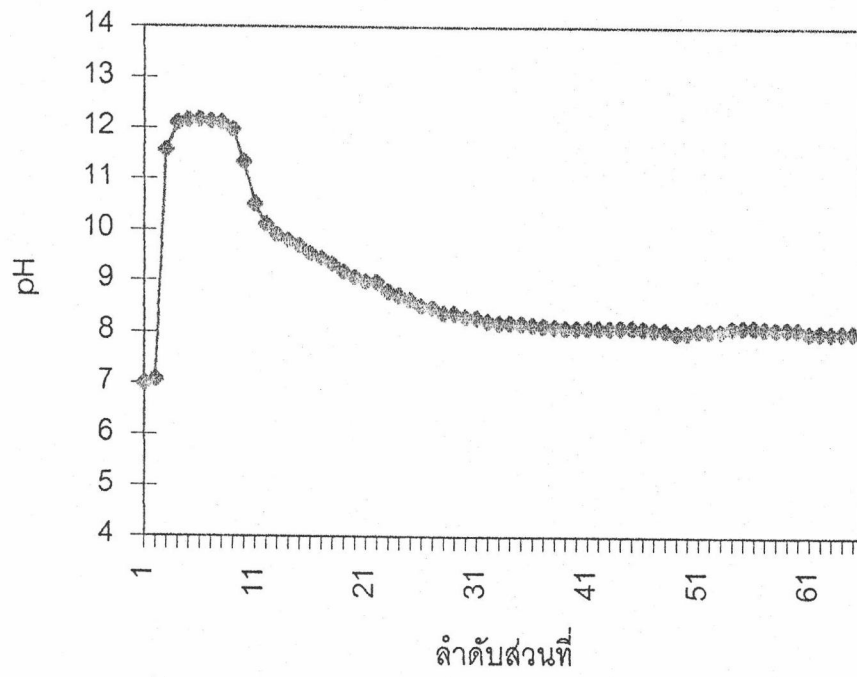
ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้น GA ₃ ที่ชะได้ (มก./ล.)	ปริมาณ GA ₃ (มิลลิกรัม)	ลำดับ ส่วนที่	ความเข้มข้น GA ₃ ที่ชะได้ (มก./ล.)	ปริมาณ GA ₃ (มิลลิกรัม)
67	0	0	75	84.14	0.4207
68	21.16	0.1058	76	73.58	0.3679
69	338.92	1.6946	77	61.92	0.3096
70	600.98	3.0049	78	44.78	0.2238
71	842.92	4.2146	79	0	0
72 ^c	952.22	4.7611	80	0	0
73	573.00	2.8650	81	0	0
74	273.66	1.3683			

หมายเหตุ

^c แสดงโครมาโตแกรมที่วิเคราะห์โดยวิธี HPLC ในภาคผนวก ค-10



รูปที่ 3-12 Breakthrough curve ของกรดจิบเบอเรลลิกจากแต่ละลำดับส่วนของชั้นตอนการ
ดูดซับและการชะ.



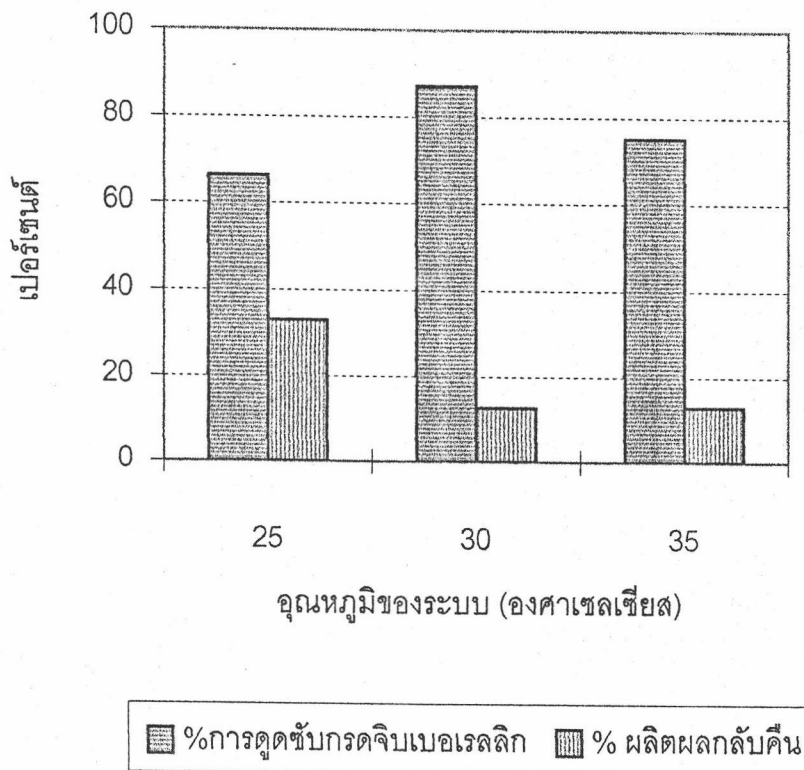
รูปที่ 3-13 pH profile ของ breakthrough curve กรดจิบเบอเรลลิกในขั้นตอนการดูดซับ

3.2.2 การศึกษาปัจจัยของอุณหภูมิในขั้นตอนการดูดซับและการชะ

การทดลองนี้ได้แปรอุณหภูมิของระบบเป็น 25 30 และ 35 °ซ ทำการทดลองตามวิธีการทดลองที่ 2.7.3 พิจารณาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ระบบเพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนประจุภาคในขั้นตอนการดูดซับและการชะกรดจิบเบอเรลลิกออกจากเรซินในขั้นตอนการชะอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 3-13 และรูปที่ 3-14

ตารางที่ 3-13 ความเข้มข้นกรดจิบเบอเรลลิกเริ่มต้นในน้ำหมัก ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ load เข้าคอลัมน์และที่ถูกดูดซับในขั้นตอนการดูดซับ ปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ชะได้ทั้งหมดในขั้นตอนการชะ เปอร์เซ็นต์การดูดซับ และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนเมื่อแปรอุณหภูมิของระบบ

อุณหภูมิ	25°ซ	30°ซ	35°ซ
ความเข้มข้น GA ₃ เริ่มต้นในน้ำหมัก (มก./ล.)	440.57	316.40	403.45
ปริมาณ GA ₃ ในน้ำหมักที่ load เข้าคอลัมน์ (มก.)	88.11	63.28	80.69
ปริมาณ GA ₃ ที่ถูกดูดซับ (มก.)	58.38	55.19	60.65
ปริมาณ GA ₃ ทั้งหมดที่ได้จากการชะ (มก.)	19.34	8.16	8.02
เปอร์เซ็นต์การดูดซับกรดจิบเบอเรลลิก (% GA ₃ Adsorption)	66.26	87.22	75.16
เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน (% Recovery)	33.13	12.90	13.22



รูปที่ 3-14 เปอร์เซ็นต์การดูดซึบกรดจิบเบอเรลลิก และเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืน เมื่อแปรอุณหภูมิของระบบ

จากผลการทดลองพิจารณาในขั้นตอนการดูดซึบพบว่า ระบบที่ควบคุมอุณหภูมิของระบบที่ 30 องศาเซลเซียสมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึบกรดจิบเบอเรลลิกสูงสุดคือ 87.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าระบบที่ควบคุมอุณหภูมิของระบบที่ 35 และ 25 องศาเซลเซียส ที่มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึบกรดจิบเบอเรลลิกเท่ากับ 75.16 และ 66.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับในขั้นตอนการระ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสให้เปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนที่สูงที่สุดคือ 33.13 เปอร์เซ็นต์ สำหรับที่อุณหภูมิ 30 และ 35 องศาเซลเซียส มีค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนใกล้เคียงกันคือ 12.90 และ 13.22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่า ระบบที่ควบคุมอุณหภูมิต่ำมีแนวโน้มว่าจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์ผลิตผลกลับคืนสูงกว่าระบบที่ควบคุมอุณหภูมิสูง แสดงว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการแลกเปลี่ยนประจุภาคของกรดจิบเบอเรลลิกกับเรซิน ซึ่งอุณหภูมิน่าจะเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของกรดจิบเบอเรลลิก เพราะกรดจิบเบอเรลลิกอาจถูกทำลายได้ในระบบที่มีอุณหภูมิไม่เหมาะสม

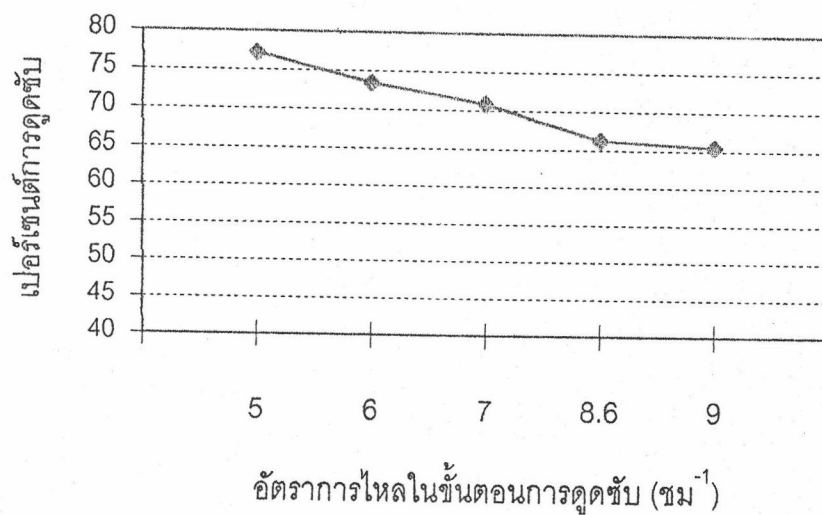
3.2.3 การศึกษาปัจจัยของอัตราการไหล

กระบวนการแยกกรดจิบเบอเรลลิกด้วยคอลัมน์แอนไอออนเรซิน มีรายงานการใช้อัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะแตกต่างกันในสองขั้นตอน ซึ่งการพิจารณาปัจจัยนี้คือ ต้องการให้ขั้นตอนการดูดซับกรดจิบเบอเรลลิกมีเวลาเพียงพอต่อการเข้าเกาะกับเรซินได้ดี (contaction time) และอัตราการไหลของตัวชะเอากรดจิบเบอเรลลิกออกจากเรซินได้มากที่สุด ในการทดลองนี้ทำการแปรอัตราการไหลโดยใช้หน่วย space velocity (SV) หน่วย ชม.^{-1} ตามสูตรการคำนวณวิธีการทดลองที่ 2.6.3

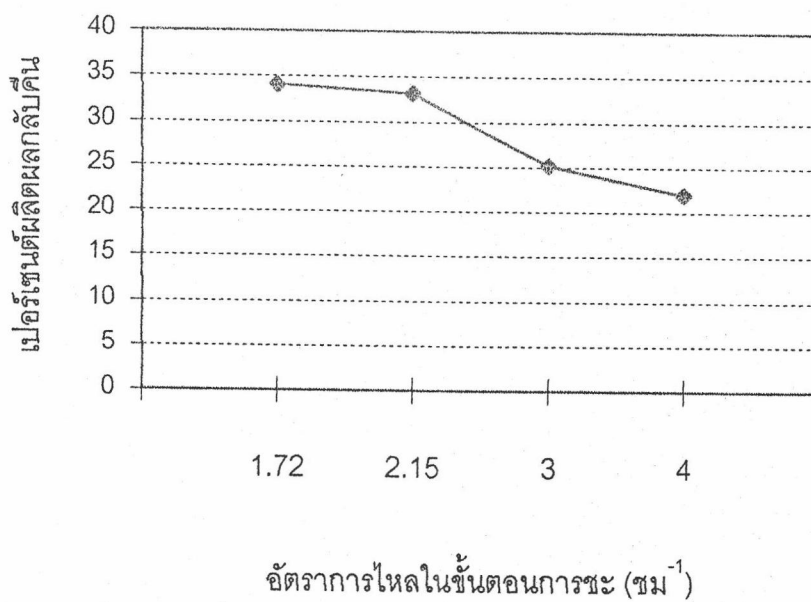
จากผลการทดลองในตารางที่ 3-14 และรูปที่ 3-15 และ 3-16 พบว่าอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับและการชะที่ต่ำลงจะมีผลให้เปอร์เซ็นต์การดูดซับและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนสูงขึ้น อัตราการไหลที่ต่ำลงคือการเพิ่มเวลาให้กับกรดจิบเบอเรลลิกในการเข้าเกาะเรซินได้มากขึ้นในขั้นตอนการดูดซับ และให้เวลากับตัวชะในการเอากรดจิบเบอเรลลิกที่เกาะที่เรซินออกได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3-14 เปอร์เซนต์การดูดซับและเปอร์เซ็นต์ผลผลิตผลกลับคืนจากการแปรอัตราการไหล

ขั้นตอนการดูดซับ		ขั้นตอนการชะ	
อัตราการไหล (ชม.^{-1})	เปอร์เซนต์การดูดซับ	อัตราการไหล (ชม.^{-1})	เปอร์เซนต์ผลผลิตผลกลับคืน
5.0	77.12	1.72	34.05
6.0	73.41	2.15	33.13
7.0	70.86	3.0	25.16
8.6	66.29	4.0	21.98
9.0	65.51		



รูปที่ 3-15 เปอร์เซนต์การดูดซับจากการแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการดูดซับ 5-9 ซม.⁻¹



รูปที่ 3-16 เปอร์เซนต์ผลผลิตกลับคืนจากการแปรอัตราการไหลในขั้นตอนการชะ 1.72-4 ซม.⁻¹