ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน โดย
Gibberella fujikuroi UN-62 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

นางสาวรัตนา พิรกิตติวรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ
หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541
ISBN 974-331-988-3
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPITIMAL CONDITIONS AT 30 DEGREE CELSIUS FOR GIBBERELLIN PRODUCTION BY Gibberella fujikuroi UN-62

Miss Rattana Pirakittiworakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Biotechnology
Programme of Biotechnology
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974-331-988-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน โดย Gibberella fujikuroi UN-62 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
โดย	นางสาวรัตนา พิรกิตติวรกุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ริมพณิชยกิจ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

รัตนา พิรกิตติวรกุล : ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน โดย Gibberella fujikuroi UN-62 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (OPITIMAL CONDITIONS AT 30 DEGREE CELSIUS FOR GIBBERELLIN PRODUCTION BY Gibberella fujikuroi UN-62) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. นลิน นิลอุบล และ อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง, 114 หน้า. ISBN 974-331-988-3.

การศึกษาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน (GA_3) โดยรา Gibberella fujikuroi UN-62 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ส่วนประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิตจิบเบอเรลลิน ในอาหาร 1 ลิตร ประกอบด้วย แหล่งคาร์บอน คือ น้ำตาลซูโครส 120 กรัม และน้ำมันถั่วเหลือง 2.0 มิลลิลิตร แหล่งไนโตรเจน คือ แอมโมเนียมซัลเฟต 1.42 กรัม และกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วแต่ไม่ผ่านการย่อย ปริมาณ 5.90 กรัม หรือเทียบเท่ากับปริมาณไนโตรเจน 0.30 และ 0.47 กรัม ตามลำดับ โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 5.0 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต 1.0 กรัม อะลูมิเนียมออกไซด์ 0.10 กรัม และค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อ เท่ากับ 7 เมื่อเลี้ยงเชื้อโดยใช้สูตรอาหารดังกล่าวในระดับขวดเขย่า ควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส อัตราการเขย่า 300 รอบต่อนาที ได้ปริมาณผลผลิต GA_3 เท่ากับ 1090 และ 1132 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 7 และ 10 ของการเพาะเลี้ยง ตามลำดับ และเมื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิต GA_3 ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร โดยใช้สูตรอาหารเดียวกัน สามารถผลิต GA_3 ได้เท่ากับ 674 และ 1232 มิลลิกรัมต่อลิตร ในวันที่ 7 และ 10 ของการเพาะเลี้ยง ตามลำดับ

ภาควิชา .....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C827205 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: GIBBERELLIN / OPTIMIZATION / Gibberella fujikuroi
RATTANA PIRAKITTIWORAKUL : OPITIMAL CONDITIONS AT 30 DEGREE CELSIUS FOR GIBBERELLIN PRODUCTION BY Gibberella fujikuroi UN-62. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. PAIROH PINPHANICHAKARN, Ph. D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. NALINE NILUBOL, Ph. D. AND VASANA TOLIENG. 114 pp. ISBN 974-331-988-3.

The condition for gibberellin (GA_3) production by Gibberella fujikuroi UN-62 at 30 °C was optimized. The suitable medium composition contained per liter : 120 g of sucrose and 2 ml of soybean oil as carbon sources, 1.42 g of ammonium sulfate and 5.90 g of defatted soybean meal equivalent to 0.30 and 0.47 g of nitrogen, respectively, as the nitrogen sources, 5.0 g of potassium dihydrogen phosphate, 1.0 g of magnesium sulfate, and 0.10 g of aluminium oxide with the initial pH of 7.0. By using this medium, cultivation of G. fujikuroi UN-62 in shaken flask at 30 °C and 300 rpm yielded 1090 and 1132 mg of GA_3 per liter of the medium on day 7 and day 10 of cultivation, respectively. When cultivation was performed in a 5 liter-fermentor with agitation speed of 600 rpm at 30 °C using the same medium, 674 and 1232 mg of GA_3 were produced per liter of the medium on day 7 and day 10, respectively.

ภาควิชา..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาระดับปริญญามหาบัณฑิต และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความสมบูรณ์ โดยได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ไพเราะ ปิ่นพานิชการ ที่คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา กำลังใจ แรงผลักดันและให้ความดูแลช่วยเหลือศิษย์อย่างดียิ่งตลอดการวิจัย รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จสมบูรณ์ ศิษย์ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสุดไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล และ อาจารย์วาสนา โตเลี้ยง ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึษาร่วม ให้คำปรึกษา คำแนะนำ คำสั่งสอน ข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร ริมพณิชยกิจ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ ที่กรุณารับเป็นคณะกรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คณะผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมี ตลอดจนสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ นักวิจัย ช่างเทคนิค คุณณรงค์ หอมจันทร์ ที่คอยซ่อมเครื่องอุปกรณ์และเครื่องมือให้โดยตลอด ขอบคุณเจ้าหน้าที่ของสถาบันฯทุกท่าน และน้องๆ เพื่อนๆ พี่ๆ ที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณทรงศักดิ์ พันธุ์วัฒนะสิงห์ ที่ช่วยแนะนำและสร้างสไลด์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ๆทุกคน โดยเฉพาะ พี่ชายชานนท์ สันติธาดาพิทักษ์ หลานๆ ทุกคน และคุณศุภฤกษ์ บวรภิญโญ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังกาย กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ในระหว่างการศึกษาด้วยดีตลอดมา

ความดีของการศึกษาและคุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขออุทิศแด่บูรพาจารย์ผู้มีพระคุณ และพี่ชายชาตรี สันติธาดาพิทักษ์ ผู้ล่วงลับ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูป	ฐ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ณ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 การค้นพบจิบเบอเรลลิน	1
1.2 โครงสร้างและชนิดของจิบเบอเรลลิน	3
1.3 กรดจิบเบอเรลลิก	5
1.4 วิถีการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน	6
1.5 แหล่งที่พบจิบเบอเรลลิน	14
1.6 ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตจิบเบอเรลลิน	17
1.7 มูลเหตุจูงใจในการทำวิจัย	23
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	25
บทที่	
2 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย	26
2.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	26
2.2 เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย	29
2.3 วิธีเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย	29
2.4 การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในงานวิจัย	29
2.5 การเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตกรดจิบเบอเรลลิก	30
2.6 วิธีการวิเคราะห์	31

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
3	ผลการทดลอง	35
	3.1 การศึกษารูปแบบการเจริญและประสิทธิภาพการผลิต GA_3 โดยสายพันธุ์กลายของเชื้อ *G. fujikuroi*	35
	3.2 การหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดจิบเบอเรลลิก โดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UN-62 ในระดับขวดเขย่า	45
	3.2.1 ลักษณะการเจริญของ*G. fujikuroi* สายพันธุ์UN-62 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อ	45
	3.2.2 การหาชนิดและปริมาณของแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับการผลิตกรดจิบเบอเรลลิก	47
	3.2.3 การหาปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3	55
	3.2.4 การหาปริมาณซูโครสที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3	59
	3.2.5 การหาปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองที่เหมาะสมต่อการผลิต GA_3	62
	3.2.6 การหาปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3	65
	3.2.7 การหาปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟตที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3	68
	3.2.8 การหาปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3	71
	3.2.9 ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมต่อการผลิต GA_3	74
	3.2.10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต GA_3 ในอาหารสูตรเดิมและอาหารสูตรใหม่ที่ได้จากการศึกษานี้ ในระดับขวดเขย่า	77
	3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต GA_3ในสูตรอาหารเดิมและสูตรอาหารใหม่ที่ได้จากการศึกษานี้ ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร	79

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
4	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	84
รายการอ้างอิง		90
ภาคผนวก		96
ก	สูตรอาหารที่ใช้ในงานวิจัย	97
ข	การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย	101
ค	กราฟมาตรฐาน	105
ง	โครมาโทแกรมและการคำนวณปริมาณไนโตรเจน	109
ประวัติผู้เขียน		114

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1-1	แบคทีเรีย แอกทิโนมัยซีสและยีสต์ที่สามารถผลิต จิบเบอเรลลิน	15
1-2	ราที่สามารถผลิตจิบเบอเรลลินได้	16
1-3	สายพันธุ์ของ *G. fujikuroi* และอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงราแต่ละสายพันธุ์	21
3-1	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UNN-653 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	36
3-2	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UV-354 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	38
3-3	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์UN-62 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	40
3-4	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือและปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ U2N-12 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	42
3-5	น้ำหนักเซลล์แห้งของเชื้อ *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UN-62 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาการเพาะเลี้ยงต่าง ๆ	46
3-6	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณสารละลายกากถั่วเหลืองที่สกัดไขมันออกแล้วและย่อยด้วยกรดกำมะถันให้มีปริมาณไนโตรเจน 0.64, 1.14, 1.64, และ 2.14 กรัมต่อลิตร	48

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-7	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* สายพันธุ์ UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณสารละลายกากเมล็ดฝ้ายที่ย่อยด้วยกรดกำมะถัน ให้มีปริมาณไนโตรเจน 0.64, 1.14, 1.64, และ 2.14 กรัมต่อลิตร.....	50
3-8	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* สายพันธุ์ UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วเป็น 1.24, 2.49, 3.73, 4.97,5.90, 6.22 และ 7.46 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาหมัก 7 วัน.....	52
3-9	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตเป็น 0, 0.47, 0.95, 1.42, 1.89, 2.36, 2.84 และ 3.31 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาหมัก 7 วัน	57
3-10	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณซูโครส 80, 100, 120, และ 140 กรัมต่อลิตร.....	60
3-11	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองปริมาตร 0, 1, 2, 3, 5, 7, และ 9 มิลลิลิตรต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร.....	63
3-12	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตเป็น 0, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0 และ 9.0 กรัมต่อลิตร.....	66

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
3-13	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 กรัมต่อลิตร	69
3-14	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับสำหรับผลิต GA_3 ที่แปรผันปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์เท่ากับ 0, 0.10, 0.20, และ 0.30 กรัมต่อลิตร	72
3-15	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสำหรับผลิต GA_3 แปรผันค่าความกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 6.0, 6.5, 7.0, และ 7.5	75
3-16	องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมสำหรับการผลิต GA_3 ที่ได้จากการศึกษาในระดับขวดเขย่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	78
3-17	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิต GA_3 ในสูตรอาหารเดิมและสูตรอาหารใหม่ที่ได้จากการศึกษานี้	78
3-18	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายและปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตรเดิม ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร	80
3-19	ค่าความเป็นกรดด่าง น้ำหนักเซลล์แห้ง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายและปริมาณ GA_3 ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตรใหม่ ในระดับถังหมักขนาด 5 ลิตร	82
ข-1	การเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดจิบเบอเรลลิก ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เมื่อวิเคราะห์ด้วย HPLC	104

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	สูตรโครงสร้างของกรดฟิวซาริก	2
1-2	โครงสร้างของ เอ็นท์-จิบเบอเรลเลน	3
1-3	โครงสร้างของจิบเบอเรลลิน 2 กลุ่ม	4
1-4	สูตรโครงสร้างของกรดจิบเบอเรลลิก	5
1-5	ขั้นตอนการสร้างกรดเมวาโลนิก	7
1-6	วิถีการสังเคราะห์ GGPP	9
1-7	วิถีการสังเคราะห์เทอร์พีนอยด์	10
1-8	วิถีการสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน-12-แอลดีไฮด์	12
1-9	วิถีการสังเคราะห์ GA หลังจากเกิด GA_{12}-แอลดีไฮด์ โดยรา *G. fujikuroi*	13
3-1	ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UNN-653	37
3-2	ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ผลิตโดย*G. fujikuroi* UV-354	39
3-3	ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้ง และปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62	41
3-4	ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้งและปริมาณกรดจิบเบอเรลลิกที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* U2N-12	43
3-5	เปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตGA_3 ของ *G. fujikuroi* สายพันธุ์กลาย	44
3-6	รูปแบบการเจริญของเชื้อ *G. fujikuroi* UN-62 ในอาหารสำหรับเตรียมหัวเชื้อที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	46
3-7	ผลของการแปรผันปริมาณสารละลายของกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วที่ย่อยด้วยกรดกำมะถันที่มีปริมาณไนโตรเจน 0.64, 1.14, 1.64, และ 2.14 กรัมต่อลิตร	49

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-8	ผลของการแปรผันปริมาณสารละลายของกากเมล็ดฝ้ายที่ย่อยด้วยกรดกำมะถันที่มีปริมาณไนโตรเจน 0.64, 1.14, 1.64, และ 2.14 กรัมต่อลิตร.....	51
3-9	ผลของการแปรผันปริมาณกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้วให้มีปริมาณไนโตรเจน 1.24, 2.49, 3.73, 4.97, 5.90, 6.22 และ 7.46 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาหมัก 7 วัน.....	53
3-10	เปรียบเทียบผลของแหล่งไนโตรเจนอินทรีย์ 3 ชนิด ต่อประสิทธิภาพการผลิตกรดจิบเบอเรลลิก.....	54
3-11	ผลของการแปรผันปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟตร่วมกับกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้ว ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจน 0.47 กรัมต่อลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3	58
3-12	ผลของการแปรผันปริมาณซูโครส 80, 100, 120, และ 140 กรัมต่อลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3.....	61
3-13	ผลของการแปรผันปริมาณน้ำมันถั่วเหลืองปริมาตร 0, 1, 2, 3, 5, 7 และ 9 มิลลิลิตรต่อปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร...	64
3-14	ผลของปริมาณโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3	67
3-15	ผลของการแปรผันปริมาณแมกนีเซียมซัลเฟต ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3	70
3-16	ผลของการแปรผันปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ เท่ากับ 0, 0.10, 0.20 และ 0.30 กรัมต่อลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3.....	73
3-17	ผลของการแปรผันค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 6.0, 6.5, 7.0, และ7.5 ในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิต GA_3.....	76
3-18	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในอาหาร และปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 ในอาหารสูตรเดิม.....	81

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3-19	ปริมาณน้ำตาลที่เหลือ น้ำหนักเซลล์แห้ง ค่าความเป็นกรดด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในอาหาร และปริมาณกรดจิบเบอเรลลิก ที่ผลิตโดย *G. fujikuroi* UN-62 ในอาหารที่ได้จากการศึกษานี้	83
ค-1	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 0 - 1.0 กรัมต่อลิตร	105
ค-2	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลรีดิวซ์ในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครส 0 - 0.5 กรัมต่อลิตร	106
ค-3	กราฟมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคสในช่วงความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคส 0 - 0.25 กรัมต่อลิตร	107
ค-4	กราฟมาตรฐานของกรดจิบเบอเรลลิกในช่วงความเข้มข้น 0-1000 มิลลิกรัมต่อลิตร	108

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GA_3	=	กรดจิบเบอเรลลิก
มก.	=	มิลลิกรัม
มล.	=	มิลลิลิตร
HPLC	=	ไฮเพอร์ฟอร์แมนซ์ลิควิดโครมาโทกราฟี
vvm	=	ปริมาตรอากาศต่อปริมาตรอาหารต่อนาที
%	=	เปอร์เซ็นต์