การผลิตและการทำให้บริสุทธิ์บางส่วน ของสารปฏิชีวนะจาก *Bacillus* sp. SR-1

นางสาวรุ่งอรุณ วาดิถี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ. ศ. 2539

ISBN 974-633-153-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PRODUCTION AND PARTIAL PURIFICATION OF ANTIBIOTIC FROM *Bacillus* sp. SR-1

Miss Rungaroon Waditee

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements
for The Degree of Master of Science
Department of Microbiology
Graduated School
Chulalongkorn University
1996

ISBN 974-633-153-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การผลิตและการทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของสารปฏิชีวนะจาก *Bacillus* sp. SR-1
โดย	นางสาวรุ่งอรุณ วาคิถี
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล)

..... กรรมการ

(ดร. ชัญญา พุทธิขันธ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

รุ่งอรุณ วาติถี : การผลิตและการทำให้บริสุทธิ์บางส่วนของสารปฏิชีวนะจาก Bacillus sp. SR-1 (PRODUCTION AND PARTIAL PURIFICATION OF ANTIBIOTIC FROM Bacillus sp. SR-1) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุมาลี พิชญางกูร, 113 หน้า. ISBN 974-633-153-1

ได้คัดแยกแบคทีเรียสายพันธุ์ SR-1 จากตัวอย่างหนังสัตว์ที่มีการติดเชื้อ และสามารถจัดจำแนกได้ใกล้เคียงกับ Bacillus licheniformis สายพันธุ์ SR-1 สามารถสร้างสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ได้ทั้งแบคทีเรีย รา และยีสต์ ได้นำสายพันธุ์ SR-1 มาหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสารปฏิชีวนะในระดับขวดเขย่า โดยการปรับปรุงสูตรอาหารและภาวะในการเลี้ยง พบว่าสายพันธุ์ SR-1 ผลิตสารปฏิชีวนะได้สูงสุดในอาหารสูตรปรับปรุง R-1 ซึ่งมีองค์ประกอบเป็น แบคโตเปปโตน 0.5% สารสกัดจากเนื้อ 0.3% มอลโตส 1.0% สารสกัดจากยีสต์ 0.25% และแมงกานีสคลอไรด์ ความเข้มข้น 0.5 10^{-5} โมลาร์ โดยมีพีเอชเริ่มต้นของอาหารเป็น 7.0 เลี้ยงที่อุณหภูมิ 35°ซ. บนแคร่เขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที ซึ่งจะให้ค่าของสารปฏิชีวนะ 24.36 หน่วย/มก.น้ำหนักเซลแห้ง ในชั่วโมงที่ 60 ของการเลี้ยงเชื้อ

สารปฏิชีวนะที่สร้างขึ้นจากสายพันธุ์ SR-1 เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นภายในเซล ได้ทำการสกัดแยกสารปฏิชีวนะออกจากเซลโดยการแช่แข็งร่วมกับการใช้เอ็นไซม์ไลโซไซม์ และสามารถทำสารปฏิชีวนะให้บริสุทธิ์บางส่วนโดยการไดอะไลซ์ในกลีเซอรอล ผ่านคอลัมน์เซฟ-แพก ซี18 2 ครั้ง และตามด้วยคอลัมน์เซฟาเด็กซ์ซี-25 ตามกระบวนการดังกล่าวทำให้สารปฏิชีวนะมีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น 16 เท่า สารปฏิชีวนะที่บริสุทธิ์ที่ได้สามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก Bacillus cereus ATCC 11778 Bacillus subtilis ATCC 6633 Bacillus megaterium ATCC 14581 Staphylococcus aureus ATCC 25923 และรา Gliocladium sp. Paecilomyces variotii

ได้ตรวจสอบความบริสุทธิ์ของสารปฏิชีวนะที่ได้ โดยการทำโครมาโตกราฟีแบบสมรรถนะสูง ซึ่งปรากฏยอดพีคเด่น 1 พีคที่ Retention time เป็น 2.15 นาที เมื่อได้นำมาตรวจสอบหาน้ำหนักโมเลกุลโดยการทำเจลอิเลคโตรโฟริซิส ได้ค่าน้ำหนักโมเลกุลของสารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 ประมาณ 9700 ดาลตัน และได้ตรวจสอบโครงสร้างเบื้องต้น โดยการทำอินฟราเรดสเปกตรัมจะให้แถบเด่นในช่วงการดึงของโมเลกุลเป็น 3450 1650 และ 1450 ซม.$^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 เป็นสารปฏิชีวนะกลุ่มเพปไทด์

สารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 มีความเสถียรสูงสุดในช่วงพีเอช 7.0-7.5 และที่อุณหภูมิ 30°ซ. ไม่สูญเสียกิจกรรมต่อเบต้าแลกแตมเมส เบต้ากลูโคซิเดส ไลโซไซม์ ปาเปน โปรติเนสเค สูญเสียกิจกรรมบางส่วนต่อเปปซิน และสูญเสียกิจกรรมทั้งหมดต่อทริปซิน

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C626299 : MAJOR INDUSTRIAL MICROBIOLOGY
KEY WORD: ANTIBIOTIC / Bacillus/ PRODUCTION/ PURIFICATION
RUNGAROON WADITEE : PRODUCTION AND PARTIAL PURIFICATION OF ANTIBIOTIC FROM Bacillus sp. SR-1. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SUMALEE PICHYANGKURA, Ph.D. 113 pp. ISBN 974-633-153-1

The bacterial strain; SR-1, was isolated from infected leather, and identified as Bacillus licheniformis. This strain was found the capability to produce an antifungal and antibacterial antibiotics. The cultivated conditions for antibiotic production of SR-1 was optimized in shake flask scale. It was found that SR-1 was produced high amount of antibiotic in modified R-1 medium which consisted of 0.5% Bacto peptone, 0.3% Beef extract, 1.0% Maltose, 0.25% Yeast extract and 0.5×10^{-5} M. $MnCl_2$, initial pH 7.0, temperature 35 ^{o}C on shaking flask at 200 rpm. The cells were harvested after cultivation for 60 hours. Under these conditions, 24.36 unit/mg. cell mass of antibiotic was obtained.

The antibiotic from SR-1 was determined as an intracellular substances. The cells were broken by freeze-thawed followed by lysozyme treatment. Whole cells extract were concentrated in 50% glyceral and then partially purified twice through the SEP-PAK C_{18} and Sephadex G-25, respectively. According to these system, antibiotic from strain SR-1 was 16-folds increase in purification. The purified antibiotic was inhibited both gram-poitive bacteria; Bacillus cereus ATCC 11778, Bacillus subtilis ATCC 6633, Bacillus megaterium ATCC 14581, Staphylococcus aureus ATCC 25923 and some fungi; Gliocladium sp., Paecilomyces variotii.

Purified antibiotic was detected by RP-HPLC which showed single peak at retention time 2.15 minute. This antibiotic was estimated molecular weight about 9700 dalton, by using SDS-PAGE. To determine preliminary structure of purified antibiotic by the Infrared Spectrum, IR spectra appeared adsorption band at 3450, 1650 and 1450 cm^{-1}, respectively. These indicated that antibiotic from strain SR-1 was peptide antibiotic.

Purified antibiotic was mostly stable at temperature 30 ^{o}C and pH 7.0-7.5; resisted to B-glucosidase, B-lactamase, lysozyme, papain and proteinase K, but slightly hydrolysed by pepsin and completely hydrolysed by trypsin.

ภาควิชา จุลชีววิทยา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุมาลี พิชญางกูร ที่ได้กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนให้ตัวอย่างของสายพันธุ์ SR-1 ในงานวิจัยนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นลิน นิลอุบล ประธานกรรมการ ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ข้อคิดในการดำเนินงานวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล ที่ได้ให้คำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย คำแนะนำ ความอนุเคราะห์ในเอกสารอ้างอิงทางวิชาการ และกรุณารับเป็นกรรมการในการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ดร. ชัญญา พุทธิขันธ์ ที่กรุณารับเป็นกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อัญชริดา สวารชร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการวิจัยบางส่วน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาจุลชีววิทยา เจ้าหน้าที่ทุกๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์สารตัวอย่าง

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่คอยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์อย่างเสมอมา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ พี่ และน้อง ที่คอยเป็นกำลังใจให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือทุกๆ สิ่งอย่างหาที่สุดไม่ได้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฌ
คำย่อ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
2 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	22
3 ผลการทดลอง	40
4 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	85
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก ก	102
ภาคผนวก ข	109
ประวัติผู้เขียน	113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างของสารปฏิชีวนะกลุ่มเพปไทด์บางชนิด ที่ได้จากสกุล Bacillus	6
2	แสดงกรดอะมิโนลักษณะจำเพาะ ที่พบในสารปฏิชีวนะกลุ่มเพปไทด์	7
3	แสดงแหล่งคาร์บอนที่มีและไม่มีผลกระทบ ต่อการสร้างสารปฏิชีวนะบางชนิด	16
4	ผลการตรวจสอบปฏิกริยาทางชีวเคมี และรีเอเจนต์ทดสอบชนิดต่างๆ ของสายพันธุ์ SR-1	41
5	แสดงผลการยับยั้งของสายพันธุ์ SR-1 ต่อเชื้อทดสอบแบคทีเรีย รา และยีสต์โดยวิธี Point inoculation	42
6	แสดงผลการยับยั้งการเจริญของสารปฏิชีวนะอย่างหยาบต่อเชื้อทดสอบชนิดต่างๆ	64
7	แสดงความบริสุทธิ์ที่เพิ่มขึ้น ในขั้นตอนการทำสารปฏิชีวนะให้บริสุทธิ์	69
8	แสดงผลการยับยั้งการเจริญของสารปฏิชีวนะที่ผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ต่อเชื้อทดสอบแบคทีเรีย รา และยีสต์	71

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	แสดงการสังเคราะห์สารปฏิชีวนะกลุ่มเพปไทด์แบบ Ribosomal synthesis	9
2	แสดงการสังเคราะห์สารปฏิชีวนะกลุ่มเพปไทด์แบบ Nonribosomal synthesis	11
3	โครงสร้างของ Bacilysin ที่ได้จาก *Bacillus subtilis*	12
4	โครงสร้างของ Chlorotetain ที่ได้จาก *Bacillus subtilis*	12
5	โครงสร้างของ Rhizocticin ที่ได้จาก *Bacillus subtilis*	13
6	โครงสร้างของ Baciphelacin ที่ได้จาก *Bacillus thioaminolyticus*	13
7	โครงสร้างของ Mersacidin ที่ได้จาก *Bacillus* sp. HIL-85	14
8	โครงสร้างของ Bacillomycin D ที่ได้จาก *Bacillus subtilis*	14
9	ภาพแสดงลักษณะเซลและการติดสีแกรมของสายพันธุ์ SR-1 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์	40
10	แสดงการยับยั้งการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 ต่อเชื้อทดสอบ *Bacillus megaterium* ATCC 14581 โดยการทำ Point inoculation บ่มที่ 37 ° ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	44
11	แสดงการยับยั้งการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 ต่อเชื้อทดสอบ *Paecilomyces variotii* โดยการทำ Point inoculation บ่มที่ 30 ° ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	45
12	แสดงการยับยั้งการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 ต่อเชื้อทดสอบ *Candida albicans* โดยการทำ Point inoculation บ่มที่ 30 ° ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง	45
13	กราฟแสดงรูปแบบการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 จากการเลี้ยงในอาหาร NB เป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที	46

รูปที่ หน้า

14 รูปแบบแสดงความสัมพันธ์การเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช และปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ ในอาหารชุดควบคุม(NB) ซึ่งไม่เติมแหล่งคาร์บอน เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 48

15 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารที่มีกลูโคสเป็นแหล่งคาร์บอน (NG) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที. 50

16 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารที่มีมอลโตสเป็นแหล่งคาร์บอน (NM) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที. 52

17 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารที่มีแลกโตสเป็นแหล่งคาร์บอน (NL) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 53

18 กราฟแสดงปริมาณของสารปฏิชีวนะที่สายพันธุ์ SR-1 สร้างขึ้นเมื่อใช้ปริมาณมอลโตส 0-20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งคาร์บอนในอาหารชุดควบคุม (NB) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 54

19 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ ในอาหารที่มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนร่วม (NAS) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 56

20 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ ในอาหารที่มีโปรตีโอสเปปโตนเป็นแหล่งไนโตรเจนร่วม (NPP) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 ± 2 ° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 57

รูปที่ หน้า

21 กราฟแสดงการเจริญของสายพันธุ์ SR-1 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณการสร้างสารปฏิชีวนะ ในอาหารที่มีสารสกัดจากยีสต์เป็นแหล่งไนโตรเจนร่วม (NYE) เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 58

22 กราฟแสดงปริมาณของสารปฏิชีวนะที่สายพันธุ์ SR-1 สร้างขึ้นเมื่อใช้ปริมาณสารสกัดจากยีสต์ 0-20 กรัม/ลิตร เป็นแหล่งไนโตรเจนร่วมเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 59

23 กราฟแสดงผลของธาตุปริมาณน้อย $FeCl_2$ $MnCl_2$ และ $ZnCl_2$ ต่อการสร้างสารปฏิชีวนะของสายพันธุ์ SR-1 เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 61

24 กราฟแสดงผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการสร้างสารปฏิชีวนะ จากการเลี้ยงสายพันธุ์ SR-1 ในอาหารสูตรปรับปรุง R-1 เลี้ยงที่อุณหภูมิ 30±2° ซ. บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที..... 62

25 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิในช่วง 28 - 40 ° ซ. ต่อการสร้างสารปฏิชีวนะของสายพันธุ์ SR-1 ในอาหารสูตรปรับปรุง R-1 พีเอชของอาหารเริ่มต้น 7. 0 บนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที 63

26 โตรมาโตรแกรมของสารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 เมื่อทำโครมาโตรกราฟีแบบอาศัยความแตกต่างของโมเลกุล..... 68

27 โครมาโตรแกรมของสารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 เมื่อทำ RP-HPLC ภาคนำพาเป็นอะซิโตไนไตร์ทและฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้น 50 มิลลิโมลาร์ พีเอช 7. 5 ด้วยอัตราส่วน 15 : 85 อัตราการไหล 0. 3 มล./นาที ตรวจผลโดยแสงอุลตร้าไวโอเลตที่ 230 นาโนเมตร..... 75

28 โซเดียมโดเดซิลโพลีอะคริลาไมด์เจลอิเลคโตรโฟริซิส (SDS-PAGE) ของสารปฏิชีวนะที่ผลิตจากสายพันธุ์ SR-1..... 77

29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ของโปรตีนมาตรฐาน และลอการิทึมของน้ำหนักโมเลกุล โดยการทำโซเดียมโดเดซิลโพลี

รูปที่ หน้า

อะคริลาไมด์เจลอิเลคโตรโฟริซิสที่เจลความเข้มข้น 20 เปอร์เซนต์ 78
30 กราฟแสดงความเสถียรของสารปฏิชีวนะหลังจากผ่าน Gel fitration ต่ออุณหภูมิในช่วง 30-60 ° ซ 79
31 กราฟแสดงความเสถียรของสารปฏิชีวนะหลังจากผ่าน Gel fitration ต่อพีเอชในช่วง 5. 5-8. 0 80
32 กราฟแสดงความเสถียรของสารปฏิชีวนะหลังจากผ่าน Gel fitration ต่อเอ็นไซม์บางชนิด 82
33 โครมาโตรแกรมของสารปฏิชีวนะที่ได้จากสายพันธุ์ SR-1 จากการทำอินฟราเรดสเปกตรัม 84
34 กราฟมาตรฐานบีเอสเอ 110
35 กราฟมาตรฐานกลูโคส 112

คำย่อ

° ซ.	=	องศาเซลเซียส
ชม.	=	ชั่วโมง
ซม.	=	เซนติเมตร
มก.	=	มิลลิกรัม
มม.	=	มิลลิเมตร
มล.	=	มิลลิลิตร
%	=	เปอร์เซนต์
∅	=	เส้นผ่าศูนย์กลาง
OD_{580}	=	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 580 นาโนเมตร