NARESUAN UNIVERSITY
33 ANNIVERSARY

BIOLOGY OF YEAST
AND APPLICATION FOR BIOTECHNOLOGY

ชีววิทยาของยีสต์ และการประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ

พงศนาถ ผ่องเจริญ

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House
www.nupress.grad.nu.ac.th

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
Naresuan University Publishing House

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 อาคารมหาธรรมราชา ชั้น 1 มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5596 8833-8836 E-mail : nuph@nu.ac.th

www.nupress.grad.nu.ac.th สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร **@nupress**

สงวนลิขสิทธิ์ ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่าส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร เท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

พงศนาถ ผ่องเจริญ.
ชีววิทยาของยีสต์และการประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ = Biology of Yeast and Application for Biotechnology.--พิษณุโลก : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566.
308 หน้า.
1. ยีสต์. 2. เทคโนโลยีชีวภาพ. I. ชื่อเรื่อง.
579.562
ISBN 978-616-426-325-3
ISBN (e-book) 978-616-426-326-0

สพน. 132

ราคา **450** บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2566

จัดพิมพ์โดย สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

วางจำหน่ายที่
1. **ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทร. 0 2218 9812
2. **ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**
ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0 2579 0113
3. **ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์**
ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0 2613 3899
4. **สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร**
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารมหาธรรมราชา จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5596 8833-8836

ประธานกองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร. กรองกาญจน์ ชูทิพย์ คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
กองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น • รองศาสตราจารย์สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา • รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดา สมกุล • รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุจันทร์ จำปาไชยศรี • ศาสตราจารย์ ดร. พญ.สุธาทิพย์ พงษ์เจริญ • ศาสตราจารย์ ดร. ภญ.กรกนก อิงคนินันท์ • รองศาสตราจารย์ ดร.นิทรา กิจธีระวุฒิวงษ์ • ศาสตราจารย์ ดร.สุทิสา ถาน้อย • รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติมา ชาญวิชัย • รองศาสตราจารย์ ดร.รุจโรจน์ แก้วอุไร • รองศาสตราจารย์ นาวาโท ดร.วัฒนชัย หมั่นยิ่ง • รองศาสตราจารย์ ดร.วัชรพล พุทธรักษา • รองศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ กิจสนาโยธิน • ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวยงค์ จันทรวิจิตร • ผู้ช่วยศาสตราจารย์จรรยารักษ์ สุวพันธ์ • พัชรี ทัวมใจดี • นวิพรรณ ตันตีพลาผล
ประสานงาน ภัคศีณี เทิดสิทธิกุล
ฝ่ายขาย/การเงิน พิมพาภรณ์ ดวงสาโรจน์ • วสันต์ มาสวัสดิ์
ออกแบบปก สัญญา จันทา
ออกแบบรูปเล่ม ธรรมนูญ กองกูล
พิมพ์ที่ รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3 30-31 ถนนพญาลิไท อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0 5525 8101

pubat สำนักพิมพ์นี้เป็นสมาชิกสมาคมผู้จัดพิมพ์และผู้จำหน่ายหนังสือแห่งประเทศไทย https://pubat.or.th

Green Read พิมพ์บนกระดาษคุณภาพ เพื่อผลงานคุณภาพ กระดาษถนอมสายตากรีนรีด

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าขั้นเรียนติดต่อได้ที่ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
โทร. 0 5596 8836 Email : nuph@nu.ac.th

@nupress สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

คำนำ

ขอบเขตความรู้ด้านชีววิทยาของยีสต์และการประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ ได้มีบทบาทสำคัญมากขึ้นในงานวิจัยหลายด้าน เนื่องจากความโดดเด่นของจุลินทรีย์ยีสต์ที่มีความคล้ายคลึงกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชั้นสูงทั้งทางด้านโครงสร้างเซลล์และลักษณะทางพันธุกรรม ทำให้ยีสต์ถูกใช้เป็นต้นแบบในการศึกษา เช่น งานวิจัยทางด้านพืช อุตสาหกรรม เภสัชกรรม และโรคที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต อย่างไรก็ตาม เอกสารอ้างอิง รายงานการวิจัย และหนังสือที่เกี่ยวข้องโดยส่วนมากเป็นเนื้อหาภาษาต่างประเทศ ทำให้ผู้ที่เริ่มศึกษาเบื้องต้นยังไม่มีความเข้าใจที่ลึกซึ้งเพียงพอ ดังนั้นแล้ว ผู้เขียนจึงได้รวบรวมองค์ความรู้และเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับยีสต์และการประยุกต์ใช้จากหนังสือต่างประเทศ รายงานการวิจัย และองค์ความรู้ของผู้เขียนที่ได้ปฏิบัติงานวิจัยในเรื่องเหล่านี้มาจัดทำเป็นหนังสือภาษาไทยขึ้น ด้วยมุ่งหวังให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐาน และการประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

หนังสือเล่มนี้ได้เรียบเรียงขึ้นมาโดยมีเนื้อหาครอบคลุมในเรื่องโครงสร้างเซลล์ การเจริญเติบโต ระบบการขนส่งสารภายในเซลล์ เมแทบอลิซึม เทคโนโลยีชีวภาพและการประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรม ตลอดจนเทคนิคพื้นฐานที่สำคัญเพื่อปฏิบัติงานวิจัยด้านพันธุวิศวกรรมของยีสต์ องค์ความรู้เหล่านี้มีความสำคัญยิ่งในการทำงานวิจัยขั้นสูง ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า การใช้หนังสือ “ชีววิทยาของยีสต์และการประยุกต์ใช้ทางเทคโนโลยีชีวภาพ” ควบคู่กับการค้นคว้าจากสื่อออนไลน์และบทความวิจัย จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจศึกษาด้านจุลินทรีย์ยีสต์ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่อต่อยอดกับงานวิจัยที่สนใจต่อไปได้

พงศนาถ ผ่องเจริญ

สารบัญ

บทที่ 1 โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ยีสต์ 1

สัณฐานวิทยาทั่วไปของยีสต์ 2

โครงสร้างห่อหุ้มเซลล์ 4

ผนังเซลล์ 4

เยื่อหุ้มเซลล์ 5

ไซโตพลาซึมและไซโทสเกเลตอน 6

นิวเคลียส 7

เอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม และกอลจิแอพพาราตัส 9

แวคิวโอล 11

ไมโทคอนเดรีย 11

เพอร็อกซิโซม 12

บทสรุป 13

บรรณานุกรม 15

บทที่ 2 การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของยีสต์ 17

การสืบพันธุ์รูปแบบต่าง ๆ ของยีสต์ 19

การแตกหน่อ 19

การสร้างเส้นใย 22

การแบ่งเซลล์เป็นสองส่วน 23

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ 25

วัฏจักรเซลล์ยีสต์และการควบคุมการเจริญเติบโต 27

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ 34

ลักษณะทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต 34
ผลกระทบจากความเครียดทางกายภาพต่อการเจริญเติบโต 36
การตายของยีสต์ 51
บทสรุป 56
บรรณานุกรม 58

บทที่ 3 ระบบการขนส่งภายในยีสต์ 61
การคัดแยกและการขนส่งโปรตีนภายในเซลล์ 63
เอนโดพลาสมิกเรติคิวลัม : ออร์แกเนลล์หลักสำหรับการขนส่ง.. 64
การขนส่งและการจำแนกชนิดของโปรตีนภายในเซลล์..... 65
การรวมกันระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์ 66
การขนส่งโปรตีนระหว่างกอลจิแอพพาราตัสและแวคิวโอล 67
เอนโดไซโทซิส และเอกโซไซโทซิส..... 70
การขนส่งภายในนิวเคลียส 71
การขนส่งโดยใช้โปรตีนขนส่งที่เยื่อหุ้มเซลล์ 72
การขนส่งอะตอมประจุบวก 73
โปรตีนขนส่งที่เยื่อหุ้มเซลล์กลุ่ม Channel และ ATPase 74
การขนส่งแคลเซียมไอออน..... 78
การขนส่งสารอาหาร 79
การขนส่งภายในไมโทคอนเดรีย..... 83
การขนส่งสารตั้งต้น..... 84
ระบบการหายใจ 85
การสร้างพลังงาน..... 89
บทสรุป 89
บรรณานุกรม 91

บทที่ 4 วิถีเมแทบอลิซึมของยีสต์..... 95

เมแทบอลิซึมของคาร์บอน (carbon metabolism) 97

การสลายน้ำตาล (sugar catabolism) 97

วิถี hexose monophosphate..... 98

กระบวนการหายใจ 100

การสังเคราะห์น้ำตาลและคาร์โบไฮเดรต 103

การสังเคราะห์น้ำตาล..... 103

การสังเคราะห์พอลิแซ็กคาไรด์โครงสร้าง..... 106

การสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรตสะสม 107

เมแทบอลิซึมของแหล่งพลังงานคาร์บอนที่ไม่ใช่
น้ำตาลหกคาร์บอนอะตอม..... 109

เมแทบอลิซึมของไบโอพอลิเมอร์..... 110

เมแทบอลิซึมของน้ำตาลเพนโทส 114

เมแทบอลิซึมของน้ำตาลแอลกอฮอล์ 117

เมแทบอลิซึมของไฮโดรคาร์บอน..... 120

การสังเคราะห์สเตอรอล..... 121

เมแทบอลิซึมของไนโตรเจน 123

การดูดซึมไนโตรเจน..... 123

การสังเคราะห์กรดอะมิโน..... 127

เมแทบอลิซึมของฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ 130

บทสรุป 133

บรรณานุกรม 135

บทที่ 5 เทคนิคพื้นฐานทางจุลชีววิทยาและชีวเคมีสำหรับงานวิจัยยีสต์ 139

เทคนิคพื้นฐานการเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์ 141
การจำแนกอาหารเลี้ยงเชื้อยีสต์ 141
เทคนิคปราศจากเชื้อ 145
การย้อมสีเซลล์ยีสต์ 147
การนับจำนวนเซลล์ 155
การนับจำนวนเซลล์โดยตรงจากกล้องจุลทรรศน์ 155
การนับจำนวนเซลล์ในจานเพาะเชื้อ 161
การคำนวณเวลาชั่วรุ่น 164
เทคนิคทางชีวเคมีสำหรับงานวิจัยยีสต์ 170
การแยกและวิเคราะห์สารชีวโมเลกุล 171
การวิเคราะห์สารชีวโมเลกุลเชิงคุณภาพ 172
การวิเคราะห์สารชีวโมเลกุลเชิงปริมาณ 173
บทสรุป 177
บรรณานุกรม 179

บทที่ 6 พันธุวิศวกรรมเบื้องต้นสำหรับงานวิจัยยีสต์ 181

พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับดีเอ็นเอ 182
การสกัดดีเอ็นเอ 187
การวิเคราะห์ปริมาณดีเอ็นเอด้วยวิธีการดูดกลืนแสง 191
ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส 192
ดีเอ็นเอพาหะ 200
ดีเอ็นเอพาหะสำหรับยีสต์ *S. cerevisiae* 203

ดีเอ็นเอพาหะสำหรับยีสต์ชนิดอื่น 210
เอนไซม์ตัดจำเพาะ 210
การเชื่อมต่อชิ้นส่วนดีเอ็นเอเข้ากับดีเอ็นเอพาหะ 214
การเคลื่อนย้ายดีเอ็นเอลูกผสมเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน 215
การคัดเลือกและตรวจสอบโคลนที่มีดีเอ็นเอลูกผสม 220
การคัดเลือกโคลนด้วยยาปฏิชีวนะ 220
การคัดเลือกโคลนด้วยวิธีการคัดเลือกโคโลนีสีฟ้า–ขาว 221
บทสรุป 223
บรรณานุกรม 225

บทที่ 7 เทคโนโลยีชีวภาพของยีสต์และการประยุกต์ใช้.... 227

ยีสต์สกัด 229
เบเกอร์ยีสต์ 232
บีตากลูแคน 233
สารสี เอนไซม์ และสารเคมี 236
อนุพันธ์ไอโซพรีน 238
สารสีฟลาโวนอยด์และสทิลเบนอยด์ 240
พอลิแซ็กคาไรด์ 241
สารเสริมชีวนะ 244
ชีวเภสัชภัณฑ์ 247
เชื้อเพลิงชีวภาพ 249
บทสรุป 254
เอกสารอ้างอิง 256

บทที่ 8 งานวิจัยยีสต์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ 261

งานวิจัยยีสต์ด้านการเกษตร 263

ยีสต์ที่ให้ธาตุอาหารและฮอร์โมนแก่พืช 265

ยีสต์ที่สร้างสารชีวภาพต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรค 268

การใช้ยีสต์เป็นสารกำจัดแมลงชีวภาพ สารกำจัดวัชพืช และสารย่อยสลายทางชีวภาพ 270

งานวิจัยยีสต์ด้านเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม 271

งานวิจัยยีสต์ด้านเทคโนโลยีการแพทย์ 274

งานวิจัยยีสต์ด้านอาหารและเอนไซม์ 281

บทสรุป 283

บรรณานุกรม 285

ดัชนี 292

บทที่

1

โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ยีสต์

ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มราที่ถูกค้นพบแล้วมากกว่า 1,500 ชนิด ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมและใช้เป็นรูปแบบจำลองทางด้านวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1930 โดยนักวิทยาศาสตร์ Hershel Roman ถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นของยีสต์สู่วงการวิทยาศาสตร์นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา ท่ามกลางสิ่งมีชีวิตที่เป็นยูแคริโอตทั้งหมด ยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จัดเป็นจุลินทรีย์ที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม เครื่องสำอาง เภสัชกรรม การเกษตร สิ่งแวดล้อม และการแพทย์ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบหลายด้าน เช่น ยีสต์มีการดำรงชีวิตแบบเซลล์เดี่ยว มีความซับซ้อนของโครงสร้างและองค์ประกอบภายในน้อยกว่ายูแคริโอตกลุ่มอื่น สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทราบองค์ประกอบและปริมาณที่แน่นอน (chemically defined หรือ synthetic media) ทำให้นักวิจัยสามารถควบคุมปัจจัยต่าง ๆ ระหว่างการทดลองได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ ยีสต์ได้ถูกนำมาใช้เป็นรูปแบบจำลองสำหรับสิ่งมีชีวิตยูแคริโอตอื่น เนื่องจากลักษณะโครงสร้างพื้นฐานทางชีววิทยาและกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในยีสต์ค่อนข้างคล้ายคลึงกับยูแคริโอตชั้นสูง เช่น กระบวนการสังเคราะห์และควบคุมสารชีวโมเลกุล วัฏจักรเซลล์ การจำลองดีเอ็นเอ การสังเคราะห์โปรตีน หรือการตอบสนองต่อสภาวะความเครียด เป็นต้น

สัณฐานวิทยาทั่วไปของยีสต์

ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายในด้านรูปร่าง ขนาด และสี ลักษณะสัณฐานวิทยาและขนาดของเซลล์ยีสต์ค่อนข้างมีความผันแปร ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีขณะที่ยีสต์กำลังเจริญเติบโต เซลล์ยีสต์สามารถมองเห็นผ่านกล้องจุลทรรศน์แสงธรรมชาติ (light micro-

บทที่

2

การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโตของยีสต์

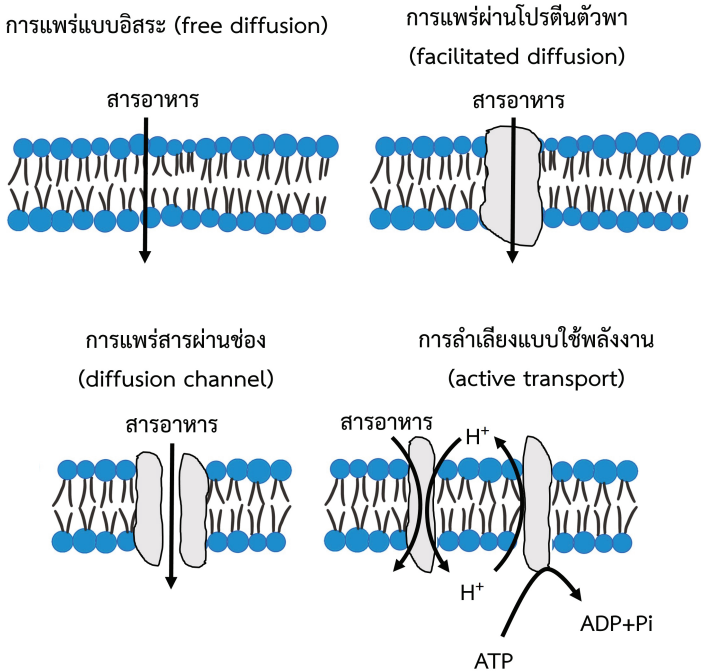
ยีสต์มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศ (sexsual reproduction) และไม่อาศัยเพศ (asexsual reproduction) การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะมีการสร้างแอสโคสปอร์ (ascospore) ซึ่งเกิดจากการจับคู่กันของยีสต์สองตัว เป็นวิธีการสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนยีสต์แฮพลอยด์ (haploid) ด้วยการสร้างสปอร์ภายใต้สภาวะความอดอยาก (starvation) สำหรับการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ ยีสต์ส่วนมากมีการสืบพันธุ์แบบแตกหน่อ (budding) ซึ่งเป็นวิธีที่พบบ่อยที่สุด แต่มียีสต์บางชนิด สามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศได้ด้วยวิธีการแบ่งออกเป็นสอง (fission) หรือใช้วิธีการสร้างเส้นใย (filamentous) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม รูปแบบการสืบพันธุ์แต่ละประเภทมีความจำเพาะเจาะจงขึ้นอยู่กับชนิดของยีสต์ (รูปที่ 2.1) การเจริญเติบโตของยีสต์มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะทางกายภาพ สารเคมี และปัจจัยทางชีวภาพของสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ผลกระทบจากปัจจัยความเครียด เช่น อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม การขาดแคลนน้ำ ความเข้มข้นเอทานอล และสารอนุมูลอิสระ สามารถส่งผลกระทบต่ออัตราการอยู่รอดและเพิ่มโอกาสการเสียชีวิตให้กับยีสต์ แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจัยความเครียดเหล่านี้ เป็นสิ่งที่ยีสต์จะต้องพบเจอเมื่ออยู่ในสภาวะการหมักในระดับอุตสาหกรรม ดังนั้นแล้ว เพื่อให้เข้าใจถึงการเจริญเติบโตและการตอบสนองของเซลล์ภายใต้สภาวะความเครียด จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพ ปัจจัยทางเคมี และชีวภาพที่ส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดและการตายของยีสต์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์จริงระดับอุตสาหกรรมต่อไป

บทที่

3

ระบบการขนส่งภายในยีสต์

การขนส่งสารภายในเซลล์ยีสต์จำเป็นต้องผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เช่น ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ ชั้นผนังเซลล์ของยีสต์มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุนและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยเฉพาะในช่วงที่เซลล์มีการแบ่งตัวหรือเพิ่มจำนวน เยื่อหุ้มเซลล์เปรียบเหมือนเยื่อกั้นระหว่างเซลล์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และใช้เป็นทางผ่านระหว่างสารอาหารหรือสารชีวโมเลกุล กลไกพื้นฐานที่ใช้ในการขนส่งสารเข้าออกระหว่างเซลล์มีสี่รูปแบบ ดังนี้ (รูปที่ 3.1) คือ



รูปที่ 3.1 กลไกการเข้า–ออกของสารที่แตกต่างกันทั้งสี่รูปแบบ ได้แก่ การแพร่แบบอิสระ การแพร่ผ่านโปรตีนตัวพา การแพร่ผ่านช่อง และการลำเลียงแบบใช้พลังงาน (Cooper & Adams, 2022)

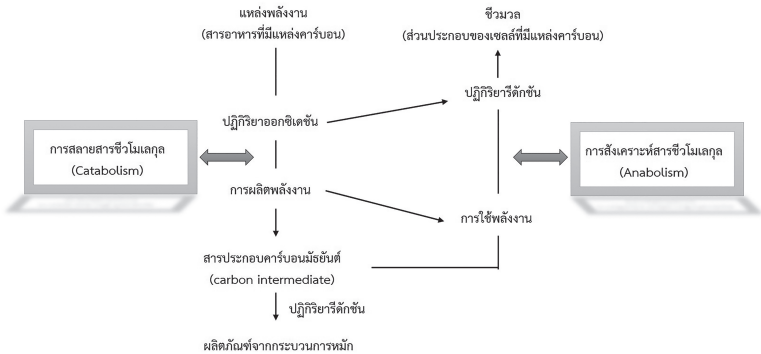
ที่มา : ภาพวาดโดย พงศนาถ ผ่องเจริญ อ้างอิงจาก Walker, 1998

บทที่

4

วิถีเมแทบอลิซึมของยีสต์

เมแทบอลิซึมยีสต์เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีของการดูดซึมและย่อยสลายสารอาหารเพื่อใช้ในการดำรงชีวิต ประกอบไปด้วยสองวิถี ได้แก่ วิถีการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล (anabolic pathway) และวิถีการสลายสารชีวโมเลกุล (catabolic pathway) วิถีการสังเคราะห์เป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานเพื่อสังเคราะห์สารชีวโมเลกุลขึ้นมาใหม่ และนำมาใช้ในการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต ในขณะที่วิถีการสลาย เป็นกระบวนการสร้างพลังงานโดยใช้กลไกการถ่ายโอนอิเล็กตรอน โดยทั้งสองวิถีมีความเกี่ยวข้องกับเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) และโคแฟคเตอร์ สองชนิดคือ ไนโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ ฟอสเฟต (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate; NADP) และ นิโคตินาไมด์ อะดีนีน ไดนิวคลีโอไทด์ (nicotinamide adenine dinucleotide; NAD) กลไกการสังเคราะห์และการสลายสารชีวโมเลกุลมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง และไม่สามารถเกิดขึ้นได้เพียงกลไกใดกลไกหนึ่งเท่านั้น เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของเซลล์ยีสต์ (รูปที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 ความเชื่อมโยงระหว่างวิถีการสลายและการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล การสลายสารชีวโมเลกุลด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ได้มาซึ่งพลังงานที่สามารถนำไปใช้ต่อในปฏิกิริยารีดักชันของวิถีการสังเคราะห์สารชีวโมเลกุล

ที่มา : ภาพวาดโดย พงศนาถ ผ่องเจริญ อ้างอิงจาก Walker, 1998

บทที่

5

เทคนิคพื้นฐานทางจุลชีววิทยา และชีวเคมีสำหรับงานวิจัยยีสต์

S. cerevisiae เป็นยีสต์ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เช่น การผลิตไวน์ เบียร์ หรือขนมปัง เป็นต้น โดยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและกลไกพื้นฐานของเซลล์ยีสต์และสิ่งมีชีวิตอื่นที่ใช้เป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เช่น *Drosophila* หรือ *Neurospora* จากการศึกษาพบว่า ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะโดดเด่นหลายประการมากกว่าแบบจำลองชนิดอื่น เนื่องด้วยสาเหตุดังต่อไปนี้

1. ยีสต์สามารถเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วภายในระยะเวลาอันสั้น
2. ยีสต์เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดี่ยวประเภทยูแคริโอตที่สามารถเจริญเติบโตได้ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ซับซ้อน
3. ยีสต์สามารถทำแผนที่ทางพันธุกรรมได้ โดยติดตามการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมด้วยวิธีการวิเคราะห์การกลายพันธุ์
4. สามารถคัดแยกส่วนประกอบย่อยภายในเซลล์ยีสต์ออกมาได้ จึงมีประโยชน์อย่างมากต่อการศึกษาหน้าที่และการทำงานขององค์ประกอบภายในเซลล์

การศึกษาและทำงานวิจัยเกี่ยวกับยีสต์ จำเป็นต้องมีความรู้พื้นฐานที่ดีทางด้านการเพาะเลี้ยงเซลล์ ตลอดจนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัฏจักรของเซลล์ ชนิดของเซลล์เพาะเลี้ยง ชนิดของอาหาร สภาวะในการเลี้ยงเซลล์ เทคนิคการเลี้ยงเซลล์แบบปลอดเชื้อ และความรู้ความเข้าใจถึงเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงเซลล์ เทคนิคการเพาะเลี้ยงเซลล์ยีสต์ที่ถูกต้อง จำเป็นต้องอาศัยองค์ความรู้ทางจุลชีววิทยาและชีวเคมี เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยขั้นสูง เช่น การศึกษาการตอบสนองของเซลล์ยีสต์ต่อสภาวะความเครียด การศึกษาหน้าที่และการแสดงออกของยีน ความเป็นพิษของสารเคมีต่อการเจริญเติบโตและการตายของเซลล์ และการถ่ายโอนยีนเพื่อให้ได้คุณลักษณะที่ต้องการทางการเกษตร อุตสาหกรรม หรือทางการแพทย์ เป็นต้น

บทที่

6

พันธุวิศวกรรมเบื้องต้น สำหรับงานวิจัยยีสต์

นับตั้งแต่ช่วงกลางปี ค.ศ. 1950 เทคนิคทางอณูชีววิทยาได้เริ่มเข้ามามีบทบาทและนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย ต่อมาในปี ค.ศ. 1996 ข้อมูลทางพันธุกรรมทั้งหมดของยีสต์ *S. cerevisiae* ได้ถูกวิเคราะห์อย่างสมบูรณ์ ทำให้ยีสต์เป็นยูแคริโอตแรกสำหรับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ และสามารถใช้อ้างอิงเปรียบเทียบกับลักษณะทางพันธุกรรมของมนุษย์ สัตว์ และพืชได้เป็นอย่างดี ปัจจุบัน เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมได้เข้าไปมีบทบาทเกี่ยวข้องในหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็น งานวิจัยทางด้านการแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้ จึงทำให้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพันธุวิศวกรรมได้รับการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว การปฏิบัติงานทางด้านพันธุวิศวกรรมโดยใช้ยีสต์เป็นรูปแบบจำลองจึงมีความสำคัญเพิ่มมากขึ้น ความรู้พื้นฐานและเทคนิคปฏิบัติการทางอณูชีววิทยาสำหรับงานวิจัยยีสต์ที่สำคัญ ได้แก่ การสกัดดีเอ็นเอ การเพิ่มจำนวนสารพันธุกรรมด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส และการโคลนนิง เป็นเทคนิคปฏิบัติการที่ทำให้งานวิจัยทางพันธุวิศวกรรมยีสต์สามารถพัฒนาต่อไปได้อย่างไม่สิ้นสุด โดยในบทนี้ ได้กล่าวถึงรายละเอียดพื้นฐานและเทคนิคปฏิบัติการที่จำเป็นสำหรับการทำดีเอ็นเอโคลนนิง

พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับดีเอ็นเอ

ลักษณะของสิ่งมีชีวิตถูกกำหนดและควบคุมโดยสารชีวโมเลกุลขนาดใหญ่ที่เรียกว่า กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ประเภทดีเอ็นเอและอาร์เอ็นเอ กรดนิวคลีอิกทำหน้าที่ควบคุมโครงสร้างและการทำงานของกระบวนการต่าง ๆ ภายในสิ่งมีชีวิตให้เป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำโดยโมเลกุลของดีเอ็นเอที่ถูกถ่ายทอดไปสู่เซลล์ลูกเมื่อมีการแบ่งเซลล์ เรียกว่าสารพันธุกรรม (genetic material) สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่มีสารพันธุกรรมเป็นดีเอ็นเอ ยกเว้นไวรัสบางชนิดเท่านั้นที่มีสารพันธุกรรมเป็นอาร์เอ็นเอ

บทที่

7

เทคโนโลยีชีวภาพของยีสต์ และการประยุกต์ใช้

เทคโนโลยีชีวภาพ (biotechnology) คือการนำองค์ความรู้ทางชีววิทยาไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนา ต่อยอด และสร้างให้เกิดผลิตภัณฑ์เฉพาะด้านในสาขาต่าง ๆ เช่น การแพทย์ พันธุศาสตร์ อณูชีววิทยา จุลชีววิทยา หรือวิศวกรรม เป็นต้น ตั้งแต่อดีตกาลจนถึงปัจจุบัน เทคโนโลยีชีวภาพได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งยุคของเทคโนโลยีชีวภาพได้ดังต่อไปนี้

Blue biotechnology เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้สำหรับการประมงเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมด้านอาหารสัตว์น้ำ ควบคุมคุณภาพอาหารสัตว์น้ำ และควบคุมสัตว์น้ำที่เป็นพิษ

Green biotechnology การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับพืชและผลผลิตทางการเกษตร เช่น เทคนิคพันธุวิศวกรรมพืช การพัฒนาเครื่องหมายโมเลกุลเพื่อระบุความจำเพาะของพืช ปุ๋ยชีวภาพ หรือสารเคมีชีวภาพ เป็นต้น

Red biotechnology เทคโนโลยีชีวภาพทางการแพทย์หรืออาหารเพื่อสุขภาพ เช่น วิศวกรรมชีวการแพทย์ เทคโนโลยีการขนส่งลำเลียงยา การตรวจวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคทางอณูพันธุศาสตร์ หรือเทคโนโลยียีนบำบัด เป็นต้น

White biotechnology เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ด้านอุตสาหกรรมโดยใช้สิ่งมีชีวิตและเอนไซม์ในการผลิตหรือแปรสภาพวัตถุดิบ ไม่ว่าจะเป็นการผลิตสารเคมี วัสดุ หรือพลังงาน รวมทั้งเชื้อเพลิงชีวภาพ เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพด้านพลังงาน การผลิตไบโอเอทานอล ไบโอดีเซล อุตสาหกรรมการผลิตยาปฏิชีวนะ อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม เป็นต้น

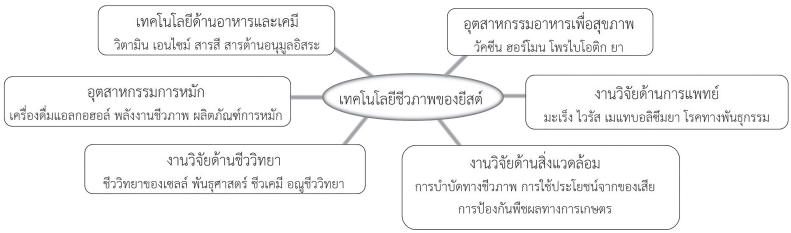
Grey biotechnology เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้เพื่อสิ่งแวดล้อม สามารถแบ่งออกได้เป็นสองสาขา คือ 1) การรักษาความหลากหลายทางชีวภาพ และ 2) การกำจัดสิ่งปนเปื้อน

บทที่

8

งานวิจัยยีสต์ ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มให้ความสนใจและเรียนรู้เกี่ยวกับจุลินทรีย์ตั้งแต่ช่วงต้นศตวรรษที่สิบเก้า โดยสิ่งมีชีวิตในกลุ่มของราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มศึกษาและค้นคว้าวิจัย และในเวลาต่อมา การศึกษาทางด้านจุลินทรีย์ได้ขยายขอบเขตมากยิ่งขึ้น ครอบคลุมไปถึงจุลินทรีย์ในกลุ่มยีสต์ เนื่องจากยีสต์มีคุณลักษณะที่โดดเด่นคือ มีขนาดที่ใหญ่กว่าแบคทีเรียและมีศักยภาพด้านอุตสาหกรรมการหมัก ด้วยเหตุผลดังกล่าว การศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับยีสต์จึงได้เริ่มต้นขึ้น โดยในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1850–1880 นักวิทยาศาสตร์เริ่มมีการจัดจำแนกชนิดของยีสต์และศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของยีสต์ที่ค้นพบ รวมทั้งมีการศึกษาวิจัยด้านชีวเคมี ที่นำไปสู่ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีชีวภาพ งานวิจัยยีสต์ด้านเทคโนโลยีชีวภาพได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนนำไปสู่การพัฒนาระดับอุตสาหกรรมในหลาย ๆ ด้าน (รูปที่ 8.1)



รูปที่ 8.1 การประยุกต์ใช้ยีสต์ในงานทางเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมพลังงาน และงานวิจัยด้านการแพทย์ สิ่งแวดล้อม ชีววิทยา เป็นต้น

ที่มา : ภาพวาดโดย พงศนาถ ผ่องเจริญ

หนังสือแนะนำ

ชีวเภสัชภัณฑ์: การออกแบบและพัฒนา
Biopharmaceuticals: Design & Development

ผู้แต่ง : รศ. ดร. ภก.พัฒนา ศรีพลากิจ

ในปัจจุบันมีชีวเภสัชภัณฑ์หลายชนิดได้รับการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในทางการแพทย์ ซึ่งบางส่วนได้รับการขึ้นทะเบียนยาแล้ว และอีกจำนวนมากยังอยู่ระหว่างขั้นตอนการวิจัยและพัฒนายา ในอนาคตอันใกล้คาดว่าสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของจำนวนชีวเภสัชภัณฑ์ใหม่จะมีมากกว่ายาที่ผลิตโดยวิธีการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งกลุ่มชีวเภสัชภัณฑ์ที่อยู่ในความสนใจในปัจจุบัน ได้แก่ ไซโตไคน์ โกรทแฟคเตอร์ โมโนโคลนอลแอนติบอดี เปปไทด์ ฮอร์โมน โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด และเอนไซม์เพื่อการรักษา

วัสดุชีวภาพ
Biomaterials

ผู้แต่ง : รศ. ดร.สุกัญญา รอส

หนังสือเล่มนี้ อธิบายความหมายของ วัสดุชีวภาพ พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงความเหมือนและความต่างของวัสดุชีวภาพกับ พลาสติกชีวภาพ พอลิเมอร์ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และพลาสติก ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ด้านการแพทย์ทันตกรรมกระดูก และวิศวกรรมเนื้อเยื่อ เพื่อเรียนรู้แหล่งกำเนิดของวัสดุชีวภาพชนิดต่าง ๆ ประวัติความเป็นมาจากอดีตถึงปัจจุบัน การจำแนกประเภทของวัสดุชีวภาพเช่น พอลิเมอร์ โลหะ และเซรามิก รวมทั้งเทคนิคการขึ้นรูปวัสดุโครงเลี้ยงเซลล์ เช่นอิเล็กโทรสปินนิ่ง การพิมพ์แบบสามมิติ ตลอดจนการวิเคราะห์สมบัติ ด้านสัณฐานวิทยาสมบัติเชิงกล และการทดสอบเซลล์

เอนไซม์และการประยุกต์ใช้
ในอุตสาหกรรมอาหาร

ผู้แต่ง : ผศ. ดร.ทิพวรรณ ทองสุข

เอนไซม์ไม่ใช่เรื่องไกลตัวอย่างที่เราคิด แต่เกี่ยวข้องกับอาหารที่เราบริโภคมานาน จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ซึ่งเปลี่ยนลักษณะของอาหารให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่นิยมของผู้บริโภค เช่น เปลี่ยนน้ำผลไม้ให้เป็นไวน์ เปลี่ยนน้ำนมให้เป็นบัตเตอร์มิลค์ หรือโยเกิร์ต หรือเครื่องปรุงรสอย่างน้ำปลา ซีอิ๊ว เอนไซม์เป็นสารช่วยในการผลิตและในการปรับปรุงคุณภาพผลิตภัณฑ์มากมายในอุตสาหกรรมอาหารเอนไซม์ยังใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแง่การเพิ่มมูลค่าและคุณค่าอาหารหนังสือเล่มนี้ครอบคลุมบทบาทของเอนไซม์ในการพัฒนาน้ำมันสกัดวิธีธรรมชาติการเพิ่มผลผลิตและคุณค่าน้ำผลไม้ ผลิตภัณฑ์อาหารกาบาสูง และการผลิตพรีไบโอติก ซึ่งเป็นส่วนผสมอาหารฟังก์ชันจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมเกษตรหนังสือเล่มนี้ เหมาะสำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปช่วยเติมเต็มผู้อ่านด้วยองค์ความรู้ ช่วยสร้างแนวคิดการนำเทคโนโลยีเอนไซม์ประยุกต์ใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารอนาคต

สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

สั่งซื้อหนังสือออนไลน์

จัดส่งถึงบ้านสะดวกรวดเร็ว

สั่งซื้อทันที

กรณีต้องการสั่งซื้อหนังสือปริมาณมาก หรือเข้าชั้นเรียนติดต่อได้ที่
ฝ่ายจัดจำหน่ายสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

nuph@nu.ac.th
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร
0 5596 8833-8836
nu_publishing

NUPH
online store
www.nupress.grad.nu.ac.th