การคัดเลือกมิวแทนต์ของ Pachysolen tanophilus ที่หมักไซโลส โดยการชักนำด้วยแสงอัลทราไวโอเลต

นายอาทิตย์ ปุษยะนาวิน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาพฤกษศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-349-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17339601

SELECTION OF XYLOSE-FERMENTING MUTANTS Pachysolen tannophilus BY UV-INDUCTION

Mr. Athit Pussayanawin

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirments
for the Degree of Master of Science

Department of Botany
Graduate school
Chulalongkorn University

1996
ISBN 974-634-349-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดเลือกมิวแทนต์ Pachysolen tannophilus ที่หมักไซโลส โดยการชักนำด้วยแสงอัลทราไวโอเลต
โดย	นายอาทิตย์ ปุษยะนาวิน
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์ สาขาพันธุศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ มุกดา คูหิรัญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

---------- คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ มุกดา คูหิรัญ)

---------- กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

อาทิตย์ ปุษยะนาวิน : การคัดเลือกมิวแทนต์ Pachysolen tannophilus ที่หมักไซโลสโดยการชักนำด้วยแสงอัลทราไวโอเลต (SELECTION OF XYLOSE-FERMENTING MUTANTS OF Pachysolen tannophilus BY UV-INDUCTION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ , 104 หน้า. ISBN 974-634-349-1

การฉายแสงอัลทราไวโอเลตใช้หลอด UV ขนาด 15 W ความเข้มแสง 8400 mW ที่ช่วงคลื่น 253.7 nM จำนวน 2 หลอดกับเซลล์ P. tannophilus NRRL Y-2460 ที่ใช้เป็น wild type (W) ด้วยวิธีการให้อาหารดูดซับเซลล์ติดบนผิวหน้าแล้วจึงนำไปฉายแสง พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เป็น 33 วินาที สร้างสายพันธุ์มิวแทนได้ 55 สายพันธุ์ ผลของแสง UV โคโลนีมิวแทนต์ต่างไปจาก W 35 สายพันธุ์(63.6%) จากความสามารถในการเจริญบนอาหารคัดเลือกที่ใช้เป็นตำหนิจำแนกมิวแทนต์ได้ 4 ประเภทคือ พวกที่มีความสามารถในการเจริญแบบเดียวกันกับ W 9 สายพันธุ์(16.4%) พวกที่ไม่มีการตอบสนองตอกรดอะมิโนเมทไธโอนีนและไลซีน 16 สายพันธุ์(29.1%) พวกที่มีการตอบสนองต่อกรดอะมิโนแยกเป็น พวกที่มีการตอบสนองต่อเมทไธโอนีน 5 สายพันธุ์(9.1%) พวกที่มีการตอบสนองต่อไลซีน 13 สายพันธุ์(23.6%) พวกที่มีการตอบสนองทั้งเมทไธโอนีนและไลซีน 12 สายพันธุ์(21.8%) และพวกสุดท้ายคือพวกที่ดื้อยาปฏิชีวนะไนสเตติน 2 สายพันธุ์(3.6%)

ความสามารถในการหมักไซโลสวัดจากความยาวฟองกาซในหลอดเก็บกาซของมิวแทนต์ 55 สายพันธุ์เหลือ 2 สายพันธุ์ ในการคัดเลือกครั้งที่ 3 ได้แก่ 5.3Dและ2.6B สูงกว่า W 2.4และ2.1เท่าตามลำดับ เมื่อนำไปผลิตเอทธานอลจากไซโลสเทียบกับไนเตรตมิวแทนต์(N) พบว่า N,5.3D,2.6Bและ W มีอัตราการผลิตสูงสุดเป็น 0.467,0.413,0.353 และ 0.333 ก./ก. เทียบค่าทางทฤษฎี(0.51 ก./ก.) ได้ 91.57,80.98,69.22 และ 65.29% ตามลำดับ ในสภาวะจำกัดอากาศ 32 °C รวม 10 วัน

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์สายพันธุ์ที่มี activity สูง ได้แก่ 2.6B กับ 5.3D ไม่พบสิ่งผิดปกติที่ต่างไปจากW ส่วนมิวแทนต์N พบการสร้างเส้นใยและกระจุกเซลล์ประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็กเท่าๆกัน 7-29 เซลล์ ซึ่งอาจจะเป็นตัวสร้างเอนไซม์ศักยภาพสูงในการผลิตเอทธานอลเหนือกว่ามิวแทนต์อื่นๆ ในสายพันธุ์ activity ต่ำ 7 สายพันธุ์ พบ 3 สายพันธุ์มีการสร้างเส้นใย,5 สายพันธุ์สร้างแอสโคฟอร์แตกสาขาและกระจุกแอสโคฟอร์,2 สายพันธุ์ไม่สร้างแอสคัสหรือแอสโคฟอร์ ลักษณะที่ผิดปกติเหล่านี้เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับสายพันธุ์ที่เป็นแฮพพลอยด์และสายพันธุ์ยีสต์ที่ primitive กว่า รวมทั้งความสามารถในการผลิตเอทธานอลที่ลดลง

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พืชอุตสาหกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

บทคัดย่อและบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C525517 : MAJOR GENETICS
KEY WORD: Pachysolen tannophilus / XYLOSE-FERMENTING YEAST / UV-INDUCTION

ARTHIT PUSSAYANAWIN : SELECTION OF XYLOSE-FERMENTING MUTANTS OF Pachysolen tannophilus BY UV-INDUCTION. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. HUNSA PUNNAPAYAK, Ph.D. 104 pp. ISBN 974-634-349-1

The wild type strain of Pachysolen tannophilus NRRL Y-2460 (W) was irradiated by UV from 8400 mW at 253.7 nM 2X15W UV-lights. Cells were adsorbed to agar surface before irradiation. The optimal time to induce mutation by UV was 33S producing 55 mutant strains. Thirty five colonies of mutants (63.6%) were found different from W. Four groups of auxotrophs were screened from ability to grow on selective media. Nine strains (16.4%) were similar to W. Sixteen stains (29.1%) had no responsibility to methionine and lysine. Five strains (9.1%) responded to only methionine, 13 strains (23.6%) responded to only lysine and 12 strains (21.8%) responded to methionine as well as lysine. Only two strains (3.6%) had drug resistant to nystatin.

Their abilities to ferment xylose were evaluated by the length of gases produced in durham tubes, which screened 55 mutant strains to 2 strains 5.3D and 2.6B, with mores gases 2.4 and 2.1 times than W, respectively. The ethanol production from xylose of W, 2.6B and 5.3D compared with nitrate mutant (N) got highest rates at 0.333,0.353,0.413 and 0.467 g/g corresponding to 65.29,69.22,80.98 and 91.57% respectively as compared to the theoretical yeilds (0.51 g/g) in limited aeration 32 °C for 10 days.

The morphology of mutants with high activity strains 2.6B and 5.3D were not different from W. Instead N, produced pseudomycelium and cell clusters. The cluster consisted of 7-29 cells similarin shapes perhaps responsible for synthesizing higher ethanol productivity enzymes than the others. As for seven low activity strains, three produced pseudomycelium, five produced cluster and branched ascophores, and two strains had no asci or ascophores formations were similar to haploid or more primitive strains with reduction of ethanol productivity.

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พันธุศาสตร์ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะไม่มีวันสำเร็จสมบูรณ์ลงได้ถ้าไม่ได้รับความเอื้อเฟื้อช่วยเหลือจากท่านทั้งหลายผู้มีพระคุณต่อข้าพเจ้าเป็นอย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.หรรษา ปุณณะพยัคฆ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความดูแลเอาใจใส่ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องทั้งปวงอันพึงมีต่อขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ต้นจนจบ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.มุกดา คูหิรัญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ให้ความอุปการะ สนับสนุน แนะนำวิธีการใหม่อันเหมาะสมต่อการทดลอง พร้อมทั้งห่วงใยดูแล และอุทิศเวลาให้คำปรึกษาแนะนำศิษย์มาโดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นันทนา อังกินันทน์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ที่ช่วยตรวจท่านแก้ไขวิทยานิพนธ์ ให้มีความถูกต้องและมีคุณค่ามากยิ่งขึ้น กราบขอบพระคุณ คุณประชานันท์ นันท์ธนะวานิช เจ้าหน้าที่บรรณารักษ์ห้องสมุดภาควิชาพฤกษศาสตร์ ผู้เมตตาอนุเคราะห์ แนะนำหนังสือและเอกสารอันเหมาะสมต่อการค้นคว้าข้อมูลต่างๆ กราบขอบพระคุณ คุณสมพงษ์ สิงห์นิล เจ้าหน้าที่ธุรการ ผู้ให้ความเอื้อเฟื้อเป็นธุระด้านอุปกรณ์การทดลองและการเขียนวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ขอขอบคุณ พี่วิทยา ธัญญาโภชน์ ผู้คอยดูแลแก้ไขซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดเสียหาย ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย และ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ช่วยสนับสนุนด้านทุนการศึกษาประจำปีการศึกษา 2536 และ 2537 ขอขอบคุณ อาจารย์พรเทพ ถนนแก้ว ผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และน้อง ๆ แผนก ทุก ๆ คน ที่ช่วยในงานบางสิ่งบางอย่าง พร้อมทั้งคอยให้กำลังใจมาโดยตลอด กราบแทบเท้า คุณแม่สุชาดา ปุษยะนาวิน มารดาผู้ให้กำเนิด ความสุข ให้ชีวิตและทุกสิ่งทุกอย่างอันเต็มเปี่ยมด้วยความเมตตาที่แม่พึงมีต่อลูก กราบบูชา คุณพ่อณรงค์ ปุษยะนาวิน ผู้ล่วงลับที่แม้จะไม่ได้อยู่ดูความสำเร็จของลูกแต่ก็เป็นผู้ให้ชีวิตและการศึกษาเพื่ออนาคตลูกมาจนถึงวันนี้ กราบบูชาพระคุณหลวงพ่อ พระราชพรหมยานผู้ที่ข้าพเจ้าเคารพบูชาอย่างสูงสุด ผู้ให้แสงธรรมและความสว่างแห่งทางดำเนินในชีวิต และ จะไม่มีวันนี้เกิดขึ้นได้เลย ถ้าไม่ได้พระคุณจากสถาบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอันเกริกไกร จากพระนามาภิไธยแห่งองค์ พระมหาปิยราชเจ้า พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 ผู้ทรงพระมหากรุณาธิคุณล้นเกล้าล้นกระหม่อมแก่ข้าพระพุทธเจ้าและพสกนิกรชาวไทยอันจะจารึกอยู่ในใจของ ข้าพระพุทธเจ้าตลอดเท่ากาลนาน

อาทิตย์ ปุษยะนาวิน

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบาญตาราง .....ช
สารบาญกราฟ .....ฌ
สารบาญรูป .....ญ

บทที่

1. บทนำ 1
2. การตรวจเอกสาร 5
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....20
4. ผลการทดลอง 27
5. อภิปรายและสรุปผลการทดลอง 77

รายการอ้างอิง 93
ภาคผนวก 98
ประวัติผู้เขียน 104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบาญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 องค์ประกอบของน้ำตาลในเนื้อไม้และวัสดุการเกษตร 2

4.1.1 จำนวนโคโลนี ที่เหลือรอดหลังการถูกฉายแสงอัลทราไวโอเลตโดยใช้เวลาแตกต่าง ที่ระยะ 45 ซม. ในครั้งที่ 1 28

4.1.2 จำนวนโคโลนี ที่เหลือรอดหลังการถูกฉายแสงอัลทราไวโอเลตโดยใช้เวลาแตกต่าง ที่ระยะ 45 ซม. ในครั้งที่ 2 29

4.2 ลักษณะทางฟีโนไทป์ของเชื้อสายพันธุ์ wild type [W] และมิวแทนต์ของมัน ที่เลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ ซึ่งใช้เป็นตำหนิ 34

4.3.1 ความสามารถในการหมักน้ำตาลไซโลส ของ wild type [W] และมิวแทนต์ของมัน โดยการวัดความยาวฟองกาซที่เชื้อสร้างขึ้นในหลอดเก็บกาซจากการคัดเลือกครั้งที่ 1 50

4.3.2 ความสามารถในการหมักน้ำตาลไซโลส ของ wild type [W] และมิวแทนต์ของมัน รวมทั้ง NO_3-NO_3 mutant [N] โดยการวัดความยาวฟองกาซที่เชื้อสร้างขึ้นในหลอด เก็บกาซจากการคัดเลือกครั้งที่ 2 51

4.3.3 ความสามารถในการหมักน้ำตาลไซโลส ของ wild type [W] และมิวแทนต์ของมัน รวมทั้ง NO_3-NO_3 mutant [N] โดยการวัดความยาวฟองกาซที่เชื้อสร้างขึ้นในหลอด เก็บกาซจากการคัดเลือกครั้งที่ 3 52

4.4.1 การผลิตเอทธานอล จากการหมักน้ำตาลไซโลส ในสภาวะจำกัดอากาศ ทั้ง 10 วัน ของเชื้อสายพันธุ์ wild type และมิวแทนต์ที่คัดเลือกไว้ 56

4.4.2 อัตราการผลิตเอทธานอลเฉลี่ย อัตราการผลิตเอทธานอลสูงสุดและร้อยละ อัตราการผลิตสูงสุด เทียบค่าทางทฤษฎี ในการหมักน้ำตาลไซโลสทั้ง 10 วัน ของสายพันธุ์ wild type , NO_3-NO_3 mutant , 2.6 B และ 5.3 D 58

4.5 จำนวนและขนาดแอสโคฟอร์ หรือสิ่งที่เซลล์สร้างขึ้นจากการศึกษาภายใต้ กล้องจุลทรรศน์จำนวน 50 microscopic filds ของ สายพันธุ์ wild type [W] , NO_3-NO_3 mutant [N] , 2.6 B , 5.3 D , 1A , 2.4 B, 2.6 C , 3.1 A , 3.2 C , 3.3 B , และ 4.1 C 65

สารบาญกราฟ

กราฟที่ หน้า

4.1 ผลการฉายแสงอัลทราไวโอเลต ต่ออัตราการรอดชีวิตของเซลล์
P. tannophilus NRRL Y-2460 30
4.4.1 อัตราการผลิตเอทธานอลและการใช้น้ำตาลไซโลสของ wild type 59
4.4.2 อัตราการผลิตเอทธานอลและการใช้น้ำตาลไซโลสของ NO_3-NO_3 mutant 60
4.4.3 อัตราการผลิตเอทธานอลและการใช้น้ำตาลไซโลสของ สายพันธุ์ 2.6 B 61
4.4.4 อัตราการผลิตเอทธานอลและการใช้น้ำตาลไซโลสของ สายพันธุ์ 5.3 D 62

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบาญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 วิถีเมตาบอลิซึมของไซโลสของ *P. tannophilus* ภายใต้สภาวะไร้อากาศ ซึ่งเสนอโดย Dieter Debus และคณะ 16

2.2 วิถีเมตาบอลิซึมของไซโลสของ *P. tannophilus* ซึ่งเสนอโดย Gong และ Tsao 17

4.1.1 การเจริญของเชื้อหลังถูกฉายแสงอัลทราไวโอเลตที่ระยะห่าง 45 ซม. ช่วงเวลาแตกต่างกัน

ก. Plate ที่ใช้เป็น control ไม่ถูกฉายแสง [O วินาที] 31

ข. Plate ที่ถูกใช้ฉายแสงนาน 25 วินาที 31

ค. Plate ที่ถูกใช้ฉายแสงนาน 30 วินาที 32

ง. Plate ที่ถูกใช้ฉายแสงนาน 35 วินาที 32

จ. Plate ที่ถูกใช้ฉายแสงนาน 40 วินาที 32

4.2.1 การเจริญของ wild type หลังทำ replica plating ลงบนอาหารแข็งสูตรต่าง ๆ 40

4.2.2 โคโลนีของ *P. tannophilus* หลังถูกฉายแสงใน Plates ที่คัดเลือกไว้

ก. Plate ที่ 1 สายพันธุ์ 1A-1F 40

4.2.3 โคโลนีของ *P. tannophilus* หลังถูกฉายแสงใน Plates ที่คัดเลือกไว้

ก. Plate ที่ 2.1 สายพันธุ์ 2.1A-2.1C 41

ข. Plate ที่ 2.2 สายพันธุ์ 2.2A-2.2D 41

ค. Plate ที่ 2.3 สายพันธุ์ 2.3A-2.3B 41

ง. Plate ที่ 2.4 สายพันธุ์ 2.4A-2.4B 41

จ. Plate ที่ 2.5 สายพันธุ์ 2.5A-2.5C 41

4.2.4 โคโลนีของ *P. tannophilus* หลังถูกฉายแสงใน Plates ที่คัดเลือกไว้

ก. Plate ที่ 2.6 สายพันธุ์ 2.6A-2.6C 42

ข. Plate ที่ 3.1-3.4 สายพันธุ์ 3.1A-3.1E , 3.2A-3.2D , 3.3A-3.3C และ 3.4A-3.4C 42

ค. Plate ที่ 4.1-4.2 สายพันธุ์ 4.1A-4.1E และ 4..2A-4.2B 42

ง. Plate ที่ 5.1-5.3 สายพันธุ์ 5.1A-5.1C , 5.2A-5.2C , และ 5.3A-5.3D 42

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.2.5 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ค. Replica Plate ที่ 1, 2.1 และ 2.2 ลงบนอาหารคัดเลือก 43

4.2.6 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ค. Replica Plate ที่ 2.3, 2.4 และ 2.5 ลงบนอาหารคัดเลือก 44

4.2.7 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ค. Replica Plate ที่ 2.6, 3.1 และ 3.2 ลงบนอาหารคัดเลือก 45

4.2.8 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ค. Replica Plate ที่ 3.3, 3.4 และ 4.1 ลงบนอาหารคัดเลือก 46

4.2.9 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ข. Replica Plate ที่ 4.2 และ 5.1 ลงบนอาหารคัดเลือก 47

4.2.10 Replica Plate ลงบนอาหารคัดเลือกสูตรต่างๆ

ก.-ข. Replica Plate ที่ 5.2 และ 5.3 ลงบนอาหารคัดเลือก 48

4.3.1 ฟองกาซใสแต่ละหลอดเก็บกาซ ที่เชื้อแต่ละสายพันธุ์สร้างขึ้นจากการใช้น้ำตาลไซโลสเป็นแหล่งคาร์บอน ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการหมักไซโลสครั้งที่ 3

ก.-ค. สายพันธุ์ wild type, NO_3-NO_3 mutant และ 2.6 B 53

4.3.2 ฟองกาซใสแต่ละหลอดเก็บกาซ ที่เชื้อแต่ละสายพันธุ์สร้างขึ้นจากการใช้น้ำตาลไซโลสเป็นแหล่งคาร์บอน ในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการหมักไซโลสครั้งที่ 3

ก.-ค. สายพันธุ์ 3.1 D, 4.2 B และ 5.3 D 54

4.5

ก. เซลล์กลมและรีของ wild type 67

ข. แอสโคฟอร์รูปวงช้าง บริเวณส่วนหัวซึ่งเป็นเซลล์ที่สร้างแอสคัสบริเวณก้านชูแอสคัสทรงกระบอกผนังหนาทึบแสง และส่วนปลายที่สร้างแอสคัสผนังบางก่อนแตกและหลังแตกจะเป็นรูปตัว U หรือ V 67

สารบาญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.6

ก. แอสคัสที่พบใน NO_3-NO_3 mutant 68

ข. ลักษณะคล้ายเส้นใย เป็นสายยาวเป็นข้อ ๆ ผนังบางของ NO_3-NO_3 mutant 68

ค.-ง. กระจุกเซลล์ ที่พบเฉพาะ NO_3-NO_3 mutant 69

4.7

ก. สายพันธุ์ 2.6 B สังเกตเซลล์ที่กำลังสร้างแอสคัส.....70

ข. แอสโคฟอร์ที่แอสคัสแตกแล้วของสายพันธุ์ 2.6 B จะเห็นว่าไม่แตกต่าง
จาก wild type 70

4.8

ก.-ข. สายพันธุ์ 5.3 D ไม่แตกต่างจาก wild type แต่พบแอสโคฟอร์โค้งงอมากกว่า 71

4.9

ก. สายพันธุ์ที่ 1A สังเกตแอสโคฟอร์แตกสาขา 72

ข. กระจุกแอสโคฟอร์ของสายพันธุ์ 1A 72

4.10

ก. สายพันธุ์ที่ 2.3C เซลล์เป็นเหลี่ยมสั้นไม่พบแอสคัส 73

ข. สายพันธุ์ที่ 2.4B budding cells เป็นเหลี่ยมสั้นไม่พบแอสคัส.....73

4.11

ก. แอสโคฟอร์แตกสาขาและกระจกแอสโคฟอร์ สายพันธุ์ 2.6C 74

ข. ลักษณะเส้นใย ที่สร้างขึ้นในสายพันธุ์ 2.6C 74

4.12

ก. แอสโคฟอร์แตกสาขาของสายพันธุ์ 3.1A 75

ข. กระจุกแอสโคฟอร์ของสายพันธ์ 3.3B 75

4.13

ก. ลักษณะคล้ายแอสโคฟอร์แตกสาขาหรือเส้นใยของสายพันธุ์ 4.1C.....76

ข. ลักษณะคล้ายเส้นใยของสายพันธุ์ 4.1C 76