การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่

นางสาว นลินี อุดมทวี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีทางชีวภาพ หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-639-077-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18081484

THE MODIFICATION OF TAPIOCA STARCH BY SUBSTITUTION REACTION

Miss Nalinee Udomthawee

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 1997

ISBN 974-639-077-5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่
โดย	นางสาว นลินี อุดมทวี
สาขา	เทคโนโลยีทางชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร ลิมปเสนีย์)

....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

นลินี อุดมทวี: การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่
(The Modification of Tapioca Starch by Substitution Reaction),
อ.ที่ปรึกษา:ผศ.วินิจ ขำวิวรรธน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม:ศ.ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ,
176 หน้า ISBN 974-639-077-5

การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิด เทอเทียรีอะมิโนอัลคิล (tertiary aminoalkyl starch) และ ควอเทอนารีแอมโมเนียม(quaternary ammonium starch) พบว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับดัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลคือ อุณหภูมิ $35^{\circ}C$, NaOH 4.0% (w/w ; NaOH/แป้ง), 2 - (diethylaminoethyl) chloride hydrochloride (DEC.HCl)10.0%(w/w;DEC.HCl/แป้ง), 18 ชั่วโมง, ความเข้มข้นแป้ง 50%(w/v) และความเร็วรอบการกวน 175 รอบต่อนาที ซึ่งที่ภาวะนี้ได้ค่าระดับการแทนที่เท่ากับ 0.0667 และภาวะที่เหมาะสมสำหรับการดัดแปรแป้งชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมคือ อุณหภูมิ $45^{\circ}C$, NaOH 3.5% (w/w;NaOH/แป้ง),3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride(CHPTAC) 7.5% (w/w;CHPTAC/แป้ง), 12 ชั่วโมง, ความเข้มข้นแป้ง 65%(w/v) และความเร็วรอบการกวน 150 รอบต่อนาที ภาวะนี้ให้ค่าระดับการแทนคือ 0.0679

ถังปฏิกรณ์ออกแบบสำหรับดัดแปรแป้งในระดับขยายส่วนกึ่งอุตสาหกรรม เป็นเครื่องปฏิกรณ์แบบกะ สร้างจากเหล็กกล้าไร้สนิม ตัวถังกวนเป็นรูปทรงกระบอก มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 22 เซนติเมตร สูง 32 เซนติเมตร ขนาดความจุประมาณ 10.6 ลิตร ใบพัดกวนที่ใช้มีลักษณะเป็นรูปเกือกม้า สมบัติของแป้งดัดแปรโดยปฏิกิริยาการแทนที่ทั้งสองชนิดให้ ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันมีค่าต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลัง แต่จะให้การละลาย กำลังการพองตัว และความหนืดสูงกว่าแป้งมันสำปะหลัง ที่ภาวะเดียวกันการดัดแปรในถังปฏิกรณ์สามารถเกิดปฏิกิริยาการแทนที่ได้ดีกว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	ลายมือชื่อนิสิต นลินี อุดมทวี
สาขาวิชา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....
ปีการศึกษา 2540	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

C827085 : MAJOR BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: MODIFIED STARCH/ CATIONIC STARCH

NALINEE UDOMTHAWEE: THE MODIFICATION OF TAPIOCA STARCH BY SUBSTITUTION REACTION.,
THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. VINICH KHAMVIWATH,
THESIS CO-ADVISOR : PROF. SOMSAK DUMRONGLERD, Ph.D.,
176 pp. ISBN 974-639-077-5

The modification of tapioca starch by tertiary aminoalkyl starch and quaternary ammonium starch have been investigated. The optimal condition for the tertiary aminoalkyl starch was carried out; the temperature was controlled at 35°C, 4.0%(w/w) of NaOH/starch, 10%(w/w) of 2-(diethylaminoethyl)chloride hydrochloride/starch and 50%(w/v) of tapioca starch were used for the optimal concentration. The mixture was stirred at 175 rpm for 18 hours. Degree of substitution of tertiary aminoalkyl starch was 0.0667. The optimal condition for the quaternary ammonium starch was carried out; the temperature was controlled at 45°C, 3.5%(w/w) of NaOH/starch , 7.5%(w/w)of 3-chloro-2-hydroxyprppyltrimethylammonium chloride/starch and 65% (w/v) of tapioca starch were used for the optimal concentration. The mixture was stirred at 150 rpm for 12 hours. Degree of substitution of quaternary ammonium starch was 0.0679.

The scale-up reactor was designed for starch modification by batchwise process. The inside diameter of cylindrical stainless steel reactor was 22 cm, the height was 32 cm, the capacity was 10.6 L. The horseshoe paddle was used. Tertiary aminoalkyl and quaternary ammonium starches showed lower gelatinization temperature range than native tapioca starch. Tertiary aminoalkyl and quaternary ammonium starches have higher viscosity, swelling power and %solubility than native tapioca starch. The experiments of both modified starches indicated higher degree of substitution than the modified starch obtained from laboratory scale.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.................................... ลายมือชื่อนิสิต....................................
สาขาวิชา หลักสูตรเทคโนโลยีทางชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา....................................
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม....................................

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินิจ ขำวิวรรธน์ และศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ ที่ได้กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆใน การทำงานวิจัยรวมทั้งช่วยตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทิพาพร ลิมปเสนีย์ ที่ได้กรุณาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร ที่ได้กรุณาเป็นกรรมการสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์นี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ภาควิชาชีวเคมี ภาคเคมีเทคนิค และภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกระหว่างการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ สำหรับความอนุเคราะห์ด้านทุนวิจัย

ขอขอบคุณ นิสิตปริญญาโทเทคโนโลยีทางชีวภาพ และชีวเคมีสำหรับ คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้องที่รักทุกท่านที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือ ความเข้าใจ กำลังใจ และกำลังทรัพย์ ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อภาษาไทย..ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..จ

กิตติกรรมประกาศ..ฉ

สารบัญ..ช

สารบัญตาราง..ฌ

สารบัญรูป..ฑ

คำย่อ..ม

บทที่

1. บทนำ..1

มูลเหตุจูงใจ..33

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..35

2. อุปกรณ์และสารเคมี

2.1 อุปกรณ์..36

2.2 สารเคมี..38

3. วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมสารละลาย..39

3.2 ศึกษาสมบัติของแป้ง..40

3.21 การหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldahl..40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ **หน้าที่**

3.2.2 การหาการละลายของแป้ง 42

3.2.3 การหากำลังการพองตัว 42

3.2.4 การหาความหนืด 43

3.2.5 การหาช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน 43

3.2.6 การศึกษาลักษณะของเม็ดแป้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบสะแกน 43

3.3 การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ 44

3.3.1 การเตรียมแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 44

3.3.1.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปร 44

3.3.1.1.1 ผลของอุณหภูมิและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 44

3.3.1.1.2 ผลของDEC.HClและเวลา 46

3.3.2 การเตรียม แป้ง ดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 47

3.3.2.1 ศึกษาภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปร 47

3.3.2.1.1 ผลของอุณหภูมิและโซเดียมไฮดรอกไซด์ 49

3.3.2.1.2 ผลของCHPTACและเวลา 49

3.4 การออกแบบถังปฏิกรณ์ในระดับห้องปฏิบัติการ 49

3.5 ศึกษาภาวะที่มีผลต่อการดัดแปรแป้งโดยปฏิกิริยาการแทนที่ ในถังปฏิกรณ์ 50

3.5.1 ศึกษาผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้ในการดัดแปรแป้ง 50

บทที่ หน้าที่

3.5.1.1 ผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้ในการดัดแปรแป้งชนิด เทอเทียรีอะมิโนอัลคิล.....50

3.5.1.2 ผลของความเข้มข้นแป้งที่ใช้ในการดัดแปรแป้งชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม.....51

3.5.2 ศึกษาผลของความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการดัดแปร.....51

3.5.2.1 ผลของความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการดัดแปรแป้งชนิด เทอเทียรีอะมิโนอัลคิล.....51

3.5.2.2 ผลของความเร็วรอบการกวนที่ใช้ในการดัดแปรแป้งชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม.....51

3.5.3 ศึกษาสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งดัดแปร.....52

4. ผลการทดลอง

4.1 สมบัติของแป้งมันสำปะหลัง.....53

4.1.1 การละลาย.....53

4.1.2 กำลังการพองตัว.....54

4.1.3 ความหนืด.....56

4.1.4 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน.....56

4.1.5 ลักษณะของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง.....57

บทที่ หน้าที่

4.2 การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่..........58

4.2.1 การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิด

เทอเทียรีอะมิโนอัลคิล..........58

4.2.1.1 ผลของอุณหภูมิและโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปฏิกิริยาการแทนที่..........58

4.2.1.2 ผลของDEC.HClและเวลาต่อปฏิกิริยาการแทนที่..........63

4.2.1.3 สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งดัดแปร..........65

- การละลาย..........65

- กำลังการพองตัว..........67

- ความหนืด..........76

- ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน..........76

4.2.2 การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิด

ควอเทอนารีแอมโมเนียม..........79

4.2.2.1 ผลของอุณหภูมิและโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อปฏิกิริยาการแทนที่..........79

4.2.2.2 ผลของCHPTACและเวลาต่อปฏิกิริยาการแทนที่..........83

4.2.2.3 สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งดัดแปร..........85

- การละลาย..........85

- กำลังการพองตัว..........91

- ความหนืด..........91

- ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน..........96

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ หน้าที่

4.3 การออกแบบถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังใน
ระดับขยายส่วนกึ่งอุตสาหกรรม 98
4.3.1 เครื่องปฏิกรณ์ถังกวน 98
4.3.2 ชุดควบคุมความเร็วรอบ 100
4.3.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิ 100
4.4 ภาวะที่มีผลต่อการดัดแปรแป้งในถังปฏิกรณ์ 108
4.4.1 ผลของความเข้มข้นแป้งต่อปฏิกิริยาการแทนที่ 108
- แป้งชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 108
- แป้งชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 110
4.4.2 ผลของความความเร็วรอบการกวนต่อปฏิกิริยาการแทนที่ 111
- แป้งชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 111
- แป้งชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 114
4.4.3 สมบัติทางเคมี เชิงฟิสิกส์ของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล
และควอเทอนารีแอมโมเนียม 114
- การละลาย 115
- กำลังการพองตัว 118
- ความหนืด 120
- ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชัน 120
- ลักษณะของเม็ดแป้ง 125

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่	หน้าที่

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง....................133

6. สรุป....................147

รายการอ้างอิง....................148

ภาคผนวก....................156

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ....................157

ประวัติผู้เขียน....................176

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

1.1 สมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 3

1.2 ผลผลิตและราคามันสำปะหลัง พ.ศ.2529-2538 34

4.1 ค่าความหนืด ของแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิต่างๆ 56

4.2 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล ที่อุณหภูมิและ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างๆกัน 62

4.3 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล ที่ปริมาณ DEC.HCl และเวลาต่างๆกัน 66

4.4 ค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล ที่ปริมาณ DEC.HCl และเวลาต่างๆกัน 77

4.5 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล ที่ปริมาณ DEC.HCl และเวลาต่างๆกัน 78

4.6 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่อุณหภูมิและ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างๆกัน 82

4.7 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่ปริมาณ CHPTAC และเวลาต่างๆกัน 86

4.8 ค่าความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม ที่ปริมาณ CHPTAC และเวลาต่างๆกัน 97

ตารางที่ หน้าที่

4.9 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งดัดแปรชนิด ควอเทอนารีแอมโมเนียม

ที่ปริมาณ CHPTAC และเวลาต่างๆกัน..99

4.10 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล

และควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นแป้งต่างๆกัน 113

4.11 ปริมาณไนโตรเจนและระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล

และควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน 119

4.12 ความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล

และควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน 126

4.13 ช่วงอุณหภูมิเจลาติไนเซชันของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล

และควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน 127

4.14 ระดับการแทนที่ของแป้งดัดแปรที่ภาวะต่างๆกัน...131

4.15 สมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของแป้งมันสำปะหลัง และแป้งดัดแปร...................................132

5.1 ภาวะที่เหมาะสมในการดัดแปรแป้งโดยปฏิกิริยาการแทนที่ 143

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่ หน้าที่

1.1 โครงสร้างของอะไมโลส และอะไมโลเพคติน 4

1.2 กลไกการกลับคืนตัวของแป้ง 5

1.3 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในเม็ดแป้งก่อนและหลังการพองตัว 8

1.4 ความหนืดของเพสต์ของแป้งชนิดต่างๆ 12

1.5 ใบพัดแบบ turbine 28

1.6 ใบพัดแบบ paddle 31

1.7 ใบพัดแบบที่เครื่องกวนมีแรงเฉือนสูง 32

3.1 การดัดแปรแป้งโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 45

3.2 การดัดแปรแป้งโดยปฏิกิริยาการแทนที่ชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 48

4.1 ร้อยละการละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งมันสำปะหลัง 54

4.2 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งมันสำปะหลัง 55

4.3 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกนของแป้งมันสำปะหลัง 57

4.4 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่

อุณหภูมิ และ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างๆกัน 61

4.5 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่

ปริมาณ DEC.HCl และเวลาต่างๆกัน 64

4.6 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่

ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 5.0 ที่เวลาต่างๆกัน 68

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่	หน้าที่

4.7 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 7.5 ที่เวลาต่างๆกัน 69

4.8 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0 ที่เวลาต่างๆกัน 70

4.9 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 12.5 ที่เวลาต่างๆกัน 71

4.10 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 5.0 ที่เวลาต่างๆกัน 72

4.11 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 7.5 ที่เวลาต่างๆกัน 73

4.12 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณ DEC.HCl ร้อยละ 10.0 ที่เวลาต่างๆกัน 74

4.13 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ปริมาณDEC.HClร้อยละ 12.5 ที่เวลาต่างๆกัน 75

4.14 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่อุณหภูมิ และ ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่างๆกัน 81

4.15 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ปริมาณ CHPTAC และเวลาต่างๆกัน 84

รูปที่ หน้าที่

4.16 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 5.0 ที่เวลาต่างๆกัน 87
4.17 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTACร้อยละ 7.5 ที่เวลาต่างๆกัน 88
4.18 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 10.0 ที่เวลาต่างๆกัน 89
4.19 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 12.5 ที่เวลาต่างๆกัน 90
4.20 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 5.0 ที่เวลาต่างๆกัน 92
4.21 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 7.5 ที่เวลาต่างๆกัน 93
4.22 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 10.0 ที่เวลาต่างๆกัน 94
4.23 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่
ปริมาณ CHPTAC ร้อยละ 12.5 ที่เวลาต่างๆกัน 95
4.24 แผนผังถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลัง ในระดับขยายส่วน 102
4.25 ถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังในระดับขยายส่วน 103

รูปที่ หน้าที่

4.26 ถังกวน......104
4.27 ใบพัด......105
4.28 ชุดควบคุมความเร็วรอบ......106
4.29 ชุดควบคุมอุณหภูมิ......107
4.30 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ความเข้มข้นแป้งต่างๆกัน......109
4.31 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเข้มข้นแป้งต่างๆกัน......112
4.32 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน......116
4.33 ปริมาณไนโตรเจนของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน......117
4.34 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน......121
4.35 การละลายที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน......122
4.36 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิลที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน......123

รูปที่ หน้าที่

4.37 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียมที่ความเร็วรอบการกวนต่างๆกัน 124

4.38 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกนกำลังขยาย 500 เท่า ของเม็ดแป้งดัดแปรชนิดเทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 128

4.39 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกนกำลังขยาย 1000 เท่า ของเม็ดแป้งดัดแปรชนิด เทอเทียรีอะมิโนอัลคิล 128

4.40 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกนกำลังขยาย 500 เท่า ของ เม็ดแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 129

4.41 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสะแกนกำลังขยาย 1000 เท่า ของเม็ดแป้งดัดแปรชนิดควอเทอนารีแอมโมเนียม 129

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำย่อ

cP	=	centipoise
CHPTAC	=	3-chloro-2-hydroxypropyltrimethylammonium chloride
°C	=	องศาเซลเซียส
DEC.HCl	=	2-(diethylaminoethyl)chloride hydrochloride
DS	=	Degree of substitution
m^2	=	ตารางเมตร
Ns	=	นิวตัน-วินาที
P	=	Poise
Pa	=	ปาสคาล
Quat.	=	Quaternary ammonium starch
rpm	=	จำนวนรอบต่อนาที
SI	=	System International
St	=	Starch
Tert.	=	Tertiary aminoalkyl starch
%	=	ร้อยละ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย