การแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยวิธีทางเคมีและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด

นางสาว อมรรัตน์ มุขประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-660-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017661

Chemical Modification of Rice Flour and Its Utilization in Tempura Flour

Miss Amornrat Mukprasirt

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-578-660-8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแปรสภาพแป้งข้าวเจ้าโดยวิธีทางเคมีและการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด
ชื่อนิสิต	นางสาวอมรรัตน์ มุขประเสริฐ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. พัชรี ปานกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล และ ดร.สายพิณ มณีพันธ์ และ คุณอุดม กาญจนปกรณ์ชัย ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือทางด้านวิชาการตลอดเวลาของการปฏิบัติงาน

กราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยุทธ ธัญพิทยากุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ และอาจารย์ ดร.สายวรุฬ ชัยวานิชศิริ ที่กรุณาตรวจแก้ไขให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริษัท ธนากร จำกัด และเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการที่ให้ความอนุเคราะห์ และช่วยเหลือเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัยที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนบางส่วนในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่สนับสนุนช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจ ให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ช
สารบัญรูป.....ฎ
บทที่
1. บทนำ.....1
2. วารสารปริทัศน์.....2
3. การทดลอง.....30
4. ผลการทดลอง.....39
5. วิจารณ์ผลการทดลอง.....122
6. สรุปและข้อเสนอแนะ.....143
เอกสารอ้างอิง.....148
ภาคผนวก ก.....153
ภาคผนวก ข.....157
ภาคผนวก ค.....159
ประวัติผู้วิจัย.....160

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งชนิดต่างๆ.....5
ตารางที่ 2 สมบัติของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ (ค่าโดยประมาณ).....8
ตารางที่ 3 ชนิดของแป้งแปรสภาพ กรรมวิธี และข้อจำกัดของผลิตภัณฑ์.....15
ตารางที่ 4 สมบัติของแป้งชุบทอดทางการค้า.....40
ตารางที่ 5 ลักษณะทางกายภาพของแป้งชุบทอดทางการค้า.....42
ตารางที่ 6 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอดทางการค้า.....43
ตารางที่ 7 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าตัวอย่าง 3 ชนิด จากโรงงานผลิตภายในประเทศ.....45
ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของแป้งข้าวเจ้าจากโรงงานผลิตในประเทศ.....47
ตารางที่ 9 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน เปรียบเทียบกับ NATIVE RICE FLOUR.....49
ตารางที่ 10 สมบัติของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง โดยใช้ความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน เปรียบเทียบกับ NATIVE RICE FLOUR.....51
ตารางที่ 11 อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)เฉลี่ย ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....54
ตารางที่ 12 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....55
ตารางที่ 13 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C นาน 20 นาทีของpaste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....56
ตารางที่ 14 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 50°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....57

ตารางที่ 15 เสถียรภาพความหนืดเฉลี่ยระหว่าง heating cycle (breakdown)ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....58

ตารางที่ 16 ความหนืดเฉลี่ยของการคืนตัวทั้งหมด (total setback) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....59

ตารางที่ 17 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....61

ตารางที่ 18 ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....62

ตารางที่ 19 อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)เฉลี่ย ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....67

ตารางที่ 20 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....68

ตารางที่ 21 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C นาน 20 นาที ของpaste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....69

ตารางที่ 22 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 50°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....70

ตารางที่ 23 เสถียรภาพความหนืดเฉลี่ยระหว่าง heating cycle (breakdown)ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง..71

ตารางที่ 24 ความหนืดเฉลี่ยของการคืนตัวทั้งหมด (total setback) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและความเร็วของเครื่องกวนต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....72

ตารางที่ 25 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....74

ตารางที่ 26 ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....75

ตารางที่ 27 วิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาต่อสมบัติทางกายภาพ ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....81

ตารางที่ 28 อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature)เฉลี่ย ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและสภาวะต่างกันโดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....87

ตารางที่ 29 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....90

ตารางที่ 30 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 95°C นาน 20 นาทีของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....91

ตารางที่ 31 ความหนืดเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 50°C ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....92

ตารางที่ 32 เสถียรภาพความหนืดเฉลี่ยระหว่าง heating cycle (breakdown)ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linkingด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....93

ตารางที่ 33 ความหนืดเฉลี่ยของการคืนตัวทั้งหมด (total setback) ของpaste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....94

ตารางที่ 34 วิเคราะห์ความแปรปรวน ผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาต่อปริมาณฟอสฟอรัส และ อะไมโลสของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....101

ตารางที่ 35 ปริมาณฟอสฟอรัสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....102

ตารางที่ 36 ปริมาณอะไมโลสเฉลี่ยในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตในปริมาณและสภาวะต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....105

ตารางที่ 37 สมบัติแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพในสภาวะต่าง ๆ ที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด โดยพิจารณาสมบัติของแป้งชุบทอดเป็นเกณฑ์ประกอบ.....111

ตารางที่ 38 ผลของแป้งเอนกประสงค์และแป้งขนมปังต่อสมบัติของแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสม ในอัตราส่วนต่างกัน.....114

ตารางที่ 39 สมบัติของแป้งชุบทอด ซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสม.....117

ตารางที่ 40 ลักษณะทางกายภาพของแป้งชุบทอด ซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสม.....119

ตารางที่ 41 ลักษณะทางประสาทสัมผัสของแป้งชุบทอดซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสม.....121

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 การจัดตัวของส่วนที่เป็นผลึก (crystalline region) และส่วนที่ไม่เป็นผลึก (amorphous region) ของเม็ดแป้ง 3

รูปที่ 2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของส่วนที่เป็นผลึกและ amorphous zon.....4

รูปที่ 3 ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่าง ๆ.....6

รูปที่ 4 อัตราการเกิดการคืนตัวของแป้งชนิดต่างๆ ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 0.2°C 11

รูปที่ 5 กราฟแสดงความหนืดของแป้งชนิดต่างๆ วัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph โดยใช้น้ำหนักแป้งแห้งในสารละลาย 500 มิลลิลิตร.....11

รูปที่ 6 กราฟแสดง pasting parameters ที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งวัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph.....12

รูปที่ 7 กราฟแสดงความหนืดของแป้ง waxy sorOglum แปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ปริมาณต่างกัน (ปริมาณที่ใช้คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักแป้งแห้ง).....16

รูปที่ 8 ขั้นตอนการแปรสภาพแป้งข้าวเจ้า โดยวิธี cross-linking.....34

รูปที่ 9 กราฟแสดงความหนืดของ paste แป้งชุบทอดทางการค้า ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8 41

รูปที่ 10 กราฟแสดงความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้า 3 ตัวอย่าง จากโรงงานผลิตภายในประเทศ ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8.....46

รูปที่ 11 ความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับ NATIVE RICE FLOUR.....50

รูปที่ 12 ความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับ NATIVE RICE FLOUR.....52

รูปที่ 13 กราฟแสดงความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง ความเร็วของเครื่องกวน 60 และ 110 รอบต่อนาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....60

รูปที่ 14 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 95°C(ก) 95°C นาน 20 นาที (ข) และ 50°C (ค) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง..63

รูปที่ 15 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อเสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle (breakdown) (ก) และความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด(total setback) (ข) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....64

รูปที่ 16 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อปริมาณฟอสฟอรัส (ก) และ อะไมโลส (ข)ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross - linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 50°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....65

รูปที่ 17 กราฟแสดงความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง ความเร็วของเครื่องกวน 60 และ 110 รอบต่อนาที อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....73

รูปที่ 18 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 95°C (ก) 95°C นาน 20 นาที (ข) และ 50°C (ค) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....76

รูปที่ 19 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด (total setback) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....77

รูปที่ 20 อิทธิพลร่วมระหว่างปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและความเร็วของเครื่องกวน ต่อปริมาณอะไมโลสของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross - linking อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 55°C เวลา 1.5 ชั่วโมง.....78

รูปที่ 21 ผลของโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ระดับ (ร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแห้ง) ต่อความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพที่อุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยาระดับต่างกัน.....82

รูปที่ 22.1 ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 2 ระดับ (50 และ 55°C) ต่อความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแป้งแห้ง เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง 83

รูปที่ 22.2 ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 2 ระดับ (50 และ 55°C) ต่อความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 1.7 ของน้ำหนักแป้งแห้ง เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง.....84

รูปที่ 22.3 ผลของอุณหภูมิในการทำปฏิกิริยา 2 ระดับ (50 และ 55°C) ต่อความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต ร้อยละ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง เวลาในการทำปฏิกิริยา 1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง.....85

รูปที่ 23 ผลของเวลาในการทำปฏิกิริยา 3 ระดับ (1.5 3.0 และ 4.5 ชั่วโมง) ต่อความหนืดของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต และ อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาระดับต่างกัน.....86

รูปที่ 24 อิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและเวลาในการทำปฏิกิริยา ต่ออุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพโดยวิธี cross-linking ด้วยโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 1.7 และ 2.0 ของน้ำหนักแป้งแห้ง โดยใช้เครื่องกวนที่มีความเร็ว 110 รอบต่อนาที.....88

รูปที่ 25 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 95°C ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ 95

รูปที่ 26 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 95°C นาน 20 นาที ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....96

รูปที่ 27 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อความหนืดที่อุณหภูมิ 50°C ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....97

รูปที่ 28 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิและเวลา ต่อเสถียรภาพความหนืดระหว่าง heating cycle (breakdown) ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....98
รูปที่ 29 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด (total setback) ของแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....99
รูปที่ 30 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ 103
รูปที่ 31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัส (X) และอุณหภูมิแป้งสุก (Y).....104
รูปที่ 32 อิทธิพลร่วมของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต อุณหภูมิ และเวลาในการทำปฏิกิริยาต่อปริมาณอะไมโลสในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ 106
รูปที่ 33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลส (Y) และ ปริมาณฟอสฟอรัส (X) ในแป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....107
รูปที่ 34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะไมโลส (X) และความหนืดของการคืนตัวทั้งหมด (Y) ของ paste แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ.....108
รูปที่ 35 กราฟแสดงบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความเป็นไปได้ (Feasible Region) ของอัตราส่วนผสมหลักระหว่าง แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพ แป้งสาลีและแป้งข้าวโพด สำหรับผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด...113
รูปที่ 36 กราฟแสดงผลของแป้งสาลีชนิดเอนกประสงค์และแป้งขนมปัง ต่อความหนืดของแป้งชุบทอดที่ใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสม ในอัตราส่วนต่างกัน ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8.....115
รูปที่ 37 กราฟแสดงความหนืดของแป้งชุบทอด ซึ่งใช้แป้งข้าวเจ้าแปรสภาพเป็นส่วนผสมในอัตราส่วนต่างกัน ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8.....118

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย