5

การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการแปรสภาพทางเคมี

นางสาววรรณพร ศิริโรจน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529

ISBN 974-566-714-5

011954

I 17208243

QUALITY IMPROVEMENT OF TAPIOCA STARCH BY CHEMICAL MODIFICATION

Miss Vannaporn Sirirojana

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Food Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1986

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการแปรสภาพทางเคมี
โดย	นางสาววรรณพร ศิริโรจน์
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....

(รองศาสตราจารย์ สรชัย พิศาลบุตร)

รักษาการในตำแหน่งรองคณบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนรักษาการในตำแหน่งคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ)

..... กรรมการ

(ดร.สายพิณ มณีพันธ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การปรับปรุงคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังโดยการแปรสภาพทางเคมี
ชื่อนิสิต	นางสาววรรณพร ศิริโรจน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา	2528

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและ pH ที่มีต่อปฏิกิริยาการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลัง พบว่าการใช้อุณหภูมิ 45 ± 2.0 และ 50 ± 2.0°ซ และระดับ pH 10.0 ถึง 11.5 ทำให้ความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซ ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงเลือกอุณหภูมิ 45 ± 2.0°ซ และ pH 10.0 เพื่อศึกษาผลของปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟต และเวลาของปฏิกิริยาที่มีต่อระดับการ cross-linking ซึ่งเมื่อปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและเวลาของปฏิกิริยาที่ใช้เพิ่มขึ้น ระดับการ cross-linking จะสูงขึ้นด้วย ระดับการ cross-linking นี้ติดตามได้จากเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ พบว่าเสถียรภาพของความหนืดของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเพิ่มขึ้นตามระดับการ cross-linking นอกจากนี้ยังเป็นผลทำให้อุณหภูมิแป้งสุกเพิ่มขึ้นด้วย ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่เหมาะสมที่ทำให้ paste มีความหนืดสูงสุดโดยไม่มีการลดลงของความหนืดระหว่าง heating cycle คือ ร้อยละ 1.4 เวลาของปฏิกิริยาคือ 16 ชั่วโมง

ในการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ พบว่าเมื่อระดับการ cross-linking สูงขึ้น ปริมาณฟอสเฟตตกค้างและความหนืดของสารละลายแป้งที่ระดับ pH 3.0 ถึง 5.0 ที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาทีจะเพิ่มขึ้น ความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งลดลง และลักษณะการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ที่ระดับความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8 ใกล้เคียงกับแป้งถั่วเขียวมากขึ้น

ในการศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเป็นสารทำให้เกิดความคงตัวในซ้อสมะเขือเทศ พบว่าแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 ทำให้ซ้อสมะเขือเทศมีความหนืดและคุณภาพทางประสาทสัมผัสเหมาะสมที่สุด และยังสามารถรักษาความคงตัวในซ้อสมะเขือเทศไว้ได้อย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน ในการศึกษาการใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพทดแทนบางส่วนของแป้งถั่วเขียวในการผลิตวุ้นเส้น พบว่าสามารถใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ทดแทนแป้งถั่วเขียวได้สูงถึงร้อยละ 50 โดยมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสไม่แตกต่างกับวุ้นเส้นเกรดเอ (แป้งถั่วเขียวผสมแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 90:10) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Quality Improvement of Tapioca Starch by Chemical Modification
Name	Miss Vannaporn Sirirojana
Thesis Advisor	Associated Professor Patcharee Pankun, Ph.D.
Thesis Coadvisor	Miss Vanna Tulyadhan, Ph.D.
Department	Food Technology
Academic Year	1985

ABSTRACT

The effect of temperature and pH on the cross-linking reaction of tapioca starch were studied. It was found that the temperatures at 45 ± 2.0° C and 50 ± 2.0° C and pH between 10.0 to 11.5 did not significantly affect Brabender viscosity at 95° C of the starch paste. Therefore, the cross-linking of aqueous starch suspension at 45 ± 2.0° C and pH 10.0 was carried out to examine the effect of sodium trimetaphosphate concentration and reaction time on the degree of cross-linking. Increasing sodium trimetaphosphate concentration and reaction time increased the degree of cross-linking which can be determined by measuring the viscosity stability of the starch paste during heating cycle. It was found that as the degree of cross-linking increased, the viscosity of the starch paste became progressively more stable and pasting temperature increased. The maximum viscosity of the starch paste and its stability were achieved by the cross-linking using 1.4% sodium trimetaphosphate for 16 hours.

The paste properties of the cross-linked tapioca starch were also investigated. It was found that as the extent of cross-linking progressed, the residual phosphate and Brabender viscosity at 50 ^{o} C for 30 minutes in the pH range of 3.0 to 5.0 increased but the swelling power decreased. It was also observed that Brabender viscosity pattern of the cross-linked tapioca starch paste at 8% concentration was more similar to that of mung bean starch.

In the study of using the cross-linked tapioca starch as stabilizer in tomato ketchup, the results showed that the starch modified with 2% sodium trimetaphosphate at 1% used level provided the best quality in both viscosity and organoleptic properties and could maintain these qualities at room temperature for at least 6 months. For beanthread application, the substitution of mung bean starch with 50% cross-linked starch modified with 2% sodium trimetaphosphate showed no difference in organoleptic evaluation compared with grade A beanthread (the ratio of mung bean starch : tapioca starch is 90:10).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ปานกุล และ อาจารย์ ดร.วรรณา ตุลยธัญ ที่กรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือทางด้านวิชาการตลอดระยะเวลาของการปฏิบัติงานเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ดร.สายพิณ มณีพันธ์ คุณวารุณี วารัญญานนท์ คุณอุดม กาญจนปกรณ์ชัย คุณพัชรี โสธนาสมบูรณ์ และเจ้าหน้าที่ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคุณลม้ายมาศ ขาวไชยมหา กองการข้าว สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมและความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ คุณกัญญารัตน์ ยุทธนาสันติเมธี บริษัท ไทยวา จำกัด ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการผลิตวุ้นเส้น ขอขอบพระคุณบริษัท วินเนอร์กรุ๊ป เอ็นเตอร์ไพรซ์ จำกัด ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสารเคมีที่ใช้ในการแปรสภาพแป้งมันสำปะหลัง ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหารและภาควิชาเคมีเทคนิค ที่กรุณาอนุญาตให้ใช้สถานที่ดำเนินการทดลอง

ท้ายสุด ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ขอขอบคุณ คุณเจน และคุณกนลัส วองอิสริยะกุล เพื่อน ๆ พี่ ๆ และน้อง ๆ ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือทั้งกำลังกายและกำลังใจ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยความเรียบร้อย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

รายการตาราง ..... ญ

รายการภาพ ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 3

3 การทดลอง 26

4 ผลการทดลอง 43

5 วิจารณ์ผลการทดลอง 91

6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 102

เอกสารอ้างอิง 105

ภาคผนวก ก 111

ภาคผนวก ข 120

ภาคผนวก ค 125

ประวัติ 136

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ลักษณะการ gelatinization ของแป้ง native	4
2.2	ชนิดและสมบัติของแป้งแปรสภาพทางเคมีชนิดต่างๆ	10
2.3	สารเคมีที่ใช้ทำการ cross-linking ของแป้งเพื่อใช้ในอาหาร	12
4.1	ปริมาณเฉลี่ยของเม็ดแป้งแตกของแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตต่างๆ	46
4.2	อุณหภูมิแป้งสุกและความหนืดที่อุณหภูมิต่างๆของแป้งมันสำปะหลัง	48
4.3	ปริมาณเฉลี่ยขององค์ประกอบต่างๆของแป้งมันสำปะหลัง	49
4.4	ค่าเฉลี่ยความหนืดที่อุณหภูมิ 95°ซของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ เมื่อใช้อุณหภูมิและ pH ของปฏิกิริยาการ cross-linking ต่างกัน	53
4.5	ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ เมื่อใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตและเวลาของปฏิกิริยาการ cross-linking ต่างกัน	59
4.6	ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของความหนืดระหว่าง heating cycle ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพ เมื่อใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตต่างกัน	62
4.7	ปริมาณเฉลี่ยของฟอสฟอรัสตกค้างในแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้โซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณต่างกัน	63
4.8	ค่าเฉลี่ยของความหนืดที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาทีของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ต่างๆ ที่ระดับ pH ต่างกัน	70
4.9	ความหนืดของซ้อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ต่างๆ ในปริมาณการใช้ระดับต่างๆกัน	75
4.10	คะแนนเฉลี่ยของการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซ้อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพในปริมาณต่างกัน	77

ตารางที่ หน้า

4.11 ค่าเฉลี่ยของความหนืดของซ้อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพเมื่อเริ่มเก็บรักษาและทุก ๆ 1 เดือน 78

4.12 คะแนนเฉลี่ยของการแยกชั้น ความข้น และลักษณะเนื้อสัมผัสของซ้อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 เมื่อเริ่มเก็บและทุก ๆ 1 เดือน..... 80

4.13 ค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวุ้นเส้นแต่ละเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ..... 82

4.14 ค่าเฉลี่ยของการคืนตัวของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ และผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน..... 83

4.15 ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำในวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ และผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ กัน..... 84

4.16 ค่าเฉลี่ยของปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ และผ่านการต้มเดือดในเวลาต่าง ๆ กัน... 87

4.17 คะแนนเฉลี่ยลักษณะเส้นและสีของวุ้นเส้นที่ทำจากแป้งผสมต่าง ๆ.... 90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการภาพ

หน้า

รูปที่

2.1 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งที่ยังไม่ได้แปรสภาพชนิดต่างๆ..... 5

2.2 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งที่มีการพองตัวแบบต่าง ๆ โดยความเข้มข้นของน้ำแป้งที่ใช้เป็นกรัมของน้ำหนักแป้งแห้งต่อน้ำแป้ง 500 มิลลิลิตร..... 7

2.3 อัตราการเกิด retrogradation ของแป้งชนิดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 9

2.4 ความหนืดวัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ของแป้ง waxy sorghum ที่ทำการ cross-linking ด้วยไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณต่าง ๆ กัน 17

2.5 ความหนืดวัดด้วยเครื่อง Brabender-Visco Amylograph ของแป้งข้าวโพดที่ทำการ cross-linking ด้วยไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณต่าง ๆ กัน..... 18

2.6 ความสามารถในการพองตัวของแป้ง waxy sorghum ที่ทำการ cross-linking ด้วยไตรเมต้าฟอสเฟตปริมาณต่าง ๆ กัน..... 20

2.7 ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น..... 24

3.1 กล้องจุลทรรศน์แบบ DIC..... 27

3.2 เครื่องวัด Brabender-Visco Amylograph..... 28

3.3 เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dryer)..... 29

3.4 เครื่องบด (pin mill)..... 30

3.5 ขั้นตอนการทำ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลัง..... 33

3.6 ขั้นตอนการผลิตซ๊อสมะเขือเทศ..... 37

3.7 ขั้นตอนการผลิตวุ้นเส้น..... 40

4.1 ภาพถ่ายเม็ดแป้งมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตต่าง ๆ โดยกล้องจุลทรรศน์แบบ DIC กำลังขยาย 200 เท่า..... 44

รูปที่ หน้า

4.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืดระหว่าง heating-cooling cycle ของแป้งมันสำปะหลัง..... 47

4.3 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ระดับ pH ต่าง ๆ โดยอุณหภูมิของปฏิกิริยา 45 ± 2.0°ซ..... 51

4.4 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ระดับ pH ต่าง ๆ โดยอุณหภูมิของปฏิกิริยา 50 ± 2.0°ซ..... 52

4.5 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 2 ชั่วโมง..... 54

4.6 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 4 ชั่วโมง..... 55

4.7 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 8 ชั่วโมง..... 56

4.8 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 16 ชั่วโมง..... 57

4.9 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 32 ชั่วโมง..... 58

4.10 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ โดยเวลาของปฏิกิริยา 16 ชั่วโมง 61

4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างในแป้งมันสำปะหลัง-แปรสภาพ และปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตที่ใช้ในการ cross-linking ของแป้งมันสำปะหลังระดับต่าง ๆ..... 64

รูปที่ หน้า

4.12 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 3.0..... 65

4.13 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 3.5..... 66

4.14 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 4.0..... 67

4.15 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตระดับต่าง ๆ ที่ระดับ pH 5.0..... 68

4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดที่อุณหภูมิ 50°ซ นาน 30 นาที ของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตต่างกัน และระดับ pH ต่าง ๆ ... 71

4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการพองตัวของเม็ดแป้งมัน-ปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณ-โซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตต่างกัน และระดับอุณหภูมิต่าง ๆ..... 72

4.18 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 และ 2.0 (ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 5)..... 73

4.19 กราฟแสดงความหนืดของ paste จากแป้งมันสำปะหลังแปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตรเมต้าฟอสเฟตร้อยละ 1.4 และ 2.0 (ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 8)..... 74

4.20 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของซ๊อสมะเขือเทศที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง-แปรสภาพที่มีระดับการ cross-linking ที่ใช้ปริมาณโซเดียมไตร-เมต้าฟอสเฟตร้อยละ 2.0 ในปริมาณการใช้ร้อยละ 1 ในระหว่างการเก็บ..... 79

4.21 การคืนตัวของวุ้นเส้นที่ผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ..... 85

4.22 ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในวุ้นเส้นหลังจากผ่านการลวกในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ..... 86

รูปที่ หน้า

4.23 ปริมาณเนื้อแป้งที่สูญเสียไประหว่างการหุงต้มของวุ้นเส้นที่ผ่านการต้มในน้ำเดือดที่เวลาต่าง ๆ..... 89

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย