# แป้งมันสำปะหลังดัดแปร : การแทนที่และการเชื่อมขวาง

นางสาวอนงค์ เจษฎาญานเมธา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2534

ISBN 974-578-832-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

017427
I17313661

# MODIFIED TAPIOCA STARCH : SUBSTITUTION AND CROSS-LINKING

MISS ANONG JEDSADAYANMETHA

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

1991

ISBN 974-578-832-5

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | แป้งมันสำปะหลังดัดแปร : การแทนที่และการเชื่อมขวาง |
| โดย | นางสาวอนงค์ เจษฎาญาณเมธา |
| ภาควิชา | เทคโนโลยีทางอาหาร |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม |
| อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยชัญ |

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

---

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

( ศาสตราจารย์ ดร.กาวร วัชราภัย )

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพงศ์ นวังคสัตถุศาสน์ )

..... กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม )

..... กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา ตุลยชัญ )

..... กรรมการ

( นางสาวสุภารัตน์ เรืองมณีไพฑูรย์ )

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พลสมุทกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนงค์ เจษฎาญาณเมธา : แป้งมันสำปะหลังดัดแปร : การแทนที่และการเชื่อมขวาง (MODIFIED TAPIOCA STARCH : SUBSTITUTION AND CROSS-LINKING) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.กัลยา เลาหสงคราม, ผศ.ดร.วรรณา ตุลยชัญ, 101 หน้า, ISBN 974-578-832-5.

งานวิจัยนี้ได้ดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยปฏิกิริยาแทนที่โดยใช้โพรพิลีนออกไซด์ร่วมกับปฏิกิริยาเชื่อมขวางโดยใช้โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต เพื่อให้ได้แป้งดัดแปรที่มีสมบัติเหมาะสมต่อการใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดแก่ผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องผ่านความร้อนสูง ในขั้นแรกศึกษาการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังด้วยปฏิกิริยาแทนที่ ที่ความเข้มข้นของน้ำแป้งร้อยละ 40 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) pH 11.00±0.10 พบว่าอุณหภูมิ (40°,50°C) ปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต (ร้อยละ 0.25,2.70 โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) และผลร่วมระหว่างอุณหภูมิกับปริมาณโซเดียมคาร์บอเนต ทำให้มีปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลในแป้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และแป้งที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 50°C ในภาวะที่ใช้โซเดียมคาร์บอเนตปริมาณต่างกันมีปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาจึงดัดแปรแป้งมันสำปะหลังที่อุณหภูมิ 50±2°C โดยมีโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 0.25 พบว่าปริมาณโพรพิลีนออกไซด์ (ร้อยละ 5,7.5,10 โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) เวลา (6,12,24 ชั่วโมง) และผลร่วมระหว่างปริมาณโพรพิลีนออกไซด์กับเวลา ทำให้ปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลในแป้งดัดแปรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แป้งที่ได้จึงมีระดับการแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลต่างกัน อุณหภูมิสุกของแป้งต่ำกว่าแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ความหนืดใน heating-cooling cycle เมื่อวัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph จะสูงขึ้น กำลังการพองตัวที่ 65°และ 75°C เพิ่มขึ้น แต่ที่ 85°และ 95°C ลดลง ความคงตัวของแป้งเปียกในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°- 7°C ดีขึ้น

ในขั้นต่อมาได้เลือกแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่มีระดับการแทนที่ต่างกัน 2 ระดับ (D.S. 0.047, 0.075) ซึ่งแป้งเปียกมีความคงตัวดีแม้เก็บที่อุณหภูมิ 5°- 7°C นาน 21 วัน สำหรับศึกษาการดัดแปรด้วยปฏิกิริยาเชื่อมขวางที่อุณหภูมิ 50°C pH 11.00±0.10 พบว่า ปริมาณฟอสเฟตในแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตขึ้นอยู่กับระดับการแทนที่ และเวลาในการเกิดปฏิกิริยา (1,1.5,2,3และ4 ชั่วโมง) เมื่อเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเชื่อมขวางเพิ่มขึ้น จะทำให้แป้งที่ได้มีอุณหภูมิสุกสูงขึ้น เม็ดแป้งสามารถทนต่อความร้อนและแรงกระทำดีขึ้น แต่ความหนืดใน heating-cooling cycle ลดลง กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆก็ลดลง เลือกแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตที่เม็ดแป้งสามารถควบคุมการดูดน้ำและพองตัวได้ดี ความหนืดในช่วง heating ต่ำแต่ในช่วง cooling ให้ความหนืดที่สูง เพื่อใช้เป็นสารให้ความข้นหนืดแก่ตัวอย่างอาหารประเภท simulated canned food โดยศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดธรรมชาติ ซึ่งพบว่า การกระจายความร้อนภายในตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลังธรรมชาติและแป้งที่ดัดแปรจากแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่มีระดับการแทนที่ 0.047 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เร็วกว่าตัวอย่างที่ใช้แป้งอื่น นอกจากนี้ตัวอย่างที่ใช้แป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนืดในระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ปี น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้แป้งมันสำปะหลังและแป้งข้าวโพดธรรมชาติ

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร

ปีการศึกษา 2533

ลายมือชื่อนิสิต อนงค์ เจษฎาญาณเมธา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ANONG JEDSADAYANMETHA : MODIFIED TAPIOCA STARCH : SUBSTITUTION AND CROSS-LINKING. THESIS ADVISOR : ASSIST.PROF.KALAYA LAOHASONGKRAM,Ph.D., ASSIST.PROF.VANNA TULYATHAN,Ph.D., 101 pp., ISBN 974-578-832-5.

The objective of this research was to tailor native tapioca starch by substitution reaction with propylene oxide and then by cross-linking reaction with sodium trimetaphosphate, for use as a thickening agent in low acid canned food. Tapioca starch (40% by dry starch basis, dsb.) was first modified with substitution reaction at pH 11.00±0.10. It was found that temperature (40°,50°C), amount of sodium carbonate (0.25,2.70, %dsb.) and the interaction had significantly effect ($p \leq 0.05$) on hydroxypropyl content of the modified starch. At 50°C amount of sodium carbonate had not significantly effect ($p \geq 0.05$) on average hydroxypropyl content. When starch was substituted at 50°C, with 0.25% $Na_2CO_3$, it found that amount of propylene oxide (5,7.5,10, %dsb.), reaction time (6,12,24 hrs.) and the interaction significantly increased ($p \leq 0.05$) hydroxypropyl content of the substituted starch. The hydroxypropyl starches had lower pasting temperatures and higher viscosity in heating-cooling cycle than native tapioca starch. Swelling power at 65°and 75°C were increased but decreased at 85°and 95°C. The substituted starches showed good paste stability when storage at 5°-7°C.

Two hydroxypropyl starches (D.S. 0.047,0.075), which showed high paste stability when storage at low temperature were chosen to modify with cross-linking reaction. It was found that phosphate content in the modified starch depended on D.S. and reaction time (1,1.5,2,3,4 hrs.). The hydroxypropyl cross-linked starches had higher pasting temperature and were more resistance to heat and shear force than the uncross-linked starch. Hydroxypropyl cross-linked starches which had low hot paste viscosity and high cold paste viscosity, native tapioca and corn starch were selected as thickening agents in a simulated low acid canned food. The result showed that native tapioca starch and hydroxypropyl cross-linked (D.S.0.047 starch cross-linked 3 hrs.) had more rapid heat penetration than the others. The products which used hydroxypropyl cross-linked starch showed less viscosity change during storage at room temperature for 1 year than those using tapioca and corn starch.

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร ลายมือชื่อนิสิต อนงค์ เจริญสัญญาเมธา

สาขาวิชา เทคโนโลยีการอาหาร ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



# กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อทางด้านต่างๆจากหลายฝ่าย ซึ่งข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและ

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรณา ตุลยชัญ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาแนะนำ ทั้งแนวความคิดและความรู้อันเป็นประโยชน์ ซึ่งมีส่วนสำคัญยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบคุณบริษัท ไทยวา จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์แป้งมันสำปะหลังสำหรับการดำเนินงานวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณหัวหน้าภาคฯ และคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่อนุมัติการใช้ห้องปฏิบัติการและอุปกรณ์ต่างๆ

ขอขอบคุณนิสิตปริญญาโทและเจ้าหน้าที่ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่ช่วยเหลือและให้ความสะดวกต่องานวิจัยด้วยดี

ขอขอบคุณท่านที่ไม่ประสงค์ออกนาม ซึ่งได้ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัย และเจ้าหน้าที่ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

รายการตาราง ..... ช

รายการรูป ..... ญ

บทที่

1. บทนำ ..... 1

2. วารสารปริทัศน์ ..... 3

3. การทดลอง ..... 17

4. ผลการทดลองและวิจารณ์ ..... 25

5. สรุปและข้อเสนอแนะ ..... 73

เอกสารอ้างอิง ..... 76

ภาคผนวก ก ..... 85

ภาคผนวก ข ..... 90

ประวัติผู้เขียน ..... 102

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการตาราง


ตารางที่ หน้า

4.1 ปริมาณของเม็ดแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติที่ไม่มีรอยแตกปรากฏบนผิวในพื้นที่ 1 ภาพ..... 27

4.2 ปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลและระดับการแทนที่ในตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิล.. 36

4.3 อุณหภูมิสุกของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5 วัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph..... 41

4.4 ความหนืดในช่วง heating ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5..... 43

4.5 ความหนืดในช่วง cooling ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5..... 44

4.6 ผลต่างของความหนืดระหว่างตำแหน่งต่างๆใน heating-cooling cycle ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ.... 45

4.7 ความหนืดของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 (โดยน้ำหนักแป้งแห้ง) อุณหภูมิของแป้ง 25±2 °C วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer..... 51

4.8 ลักษณะปรากฏของแป้งเปียกของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลเปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 ในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°- 7 °C..... 53

4.9 ปริมาณฟอสเฟตในตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟต..... 56

4.10 ระดับการแทนที่และระดับการเชื่อมขวางของหมู่ฟอสเฟตในตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟต..... 57

4.11 อุณหภูมิสุกของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตเปรียบเทียบกับแป้งไฮดรอกซีโพรพิล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5 วัดด้วยเครื่อง Brabender Visco-Amylograph..... 61

4.12 เปรียบเทียบอัตราการเพิ่มและผลต่างของความหนืดในช่วง cooling ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟต..... 63

4.13 เปรียบเทียบอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อของ simulated canned food ที่ใช้แป้งต่างๆ ความเข้มข้นร้อยละ 6 เป็นสารให้ความข้นหนืด..... 70

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการรูป


| รูปที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | Brabender Visco-Amylogram ของแป้งข้าวโพดและแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรจากแป้งข้าวโพด ที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 pH 6.5 | 8 |
| 2.2 | Brabender Visco-Amylogram ของแป้งข้าวโพดและแป้งอะซิเตตที่ดัดแปรจากแป้งข้าวโพด | 9 |
| 3.1 | ขั้นตอนการดัดแปรแป้งด้วยปฏิกิริยาแทนที่โดยใช้โพรพิลีนออกไซด์หรือปฏิกิริยาเชื่อมขวางโดยใช้โซเดียมไตรเมตาฟอสเฟต | 20 |
| 4.1 | เม็ดแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติดูด้วย | 26 |
| 4.2 | กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆและ Brabender Visco-Amylogram ของแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ | 29 |
| 4.3 | ปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลในตัวอย่างแป้งที่ได้จากการดัดแปรที่อุณหภูมิต่างๆ ในภาวะที่มีปริมาณโซเดียมต่างกัน | 32 |
| 4.4 | ปริมาณหมู่ไฮดรอกซีโพรพิลในตัวอย่างแป้งที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ปริมาณต่างๆ เป็นเวลาต่างกัน | 35 |
| 4.5 | Brabender Visco-Amylogram ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 5 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5 | 38 |
| 4.6 | Brabender Visco-Amylogram ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 7.5 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5 | 39 |
| 4.7 | Brabender Visco-Amylogram ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 10 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5 | 40 |

4.8 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 5 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ 47

4.9 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 7.5 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ..... 48

4.10 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่ดัดแปรด้วยโพรพิลีนออกไซด์ร้อยละ 10 เป็นเวลาต่างๆกัน เปรียบเทียบกับแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ..... 49

4.11 ความหนืดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลและแป้งมันสำปะหลังธรรมชาติ หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5°- 7°C เป็นระยะเวลาต่างๆ วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer..... 52

4.12 Brabender Visco-Amylogram ของแป้งตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ดัดแปรจากแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่มีระดับการแทนที่ 0.047 เป็นเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งไฮดรอกซีโพรพิล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5.... 59

4.13 Brabender Visco-Amylogram ของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ดัดแปรจากแป้งไฮดรอกซีโพรพิลที่มีระดับการแทนที่ 0.075 เป็นเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งไฮดรอกซีโพรพิล ที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 pH 6.5..... 60

4.14 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ดัดแปรจากแป้งที่มีระดับการแทนที่ 0.047 เป็นเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งไฮดรอกซีโพรพิล..... 65

4.15 กำลังการพองตัวที่อุณหภูมิต่างๆของตัวอย่างแป้งไฮดรอกซีโพรพิลไดสตาร์ชฟอสเฟตที่ดัดแปรจากแป้งที่มีระดับการแทนที่ 0.075 เป็นเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับแป้งไฮดรอกซีโพรพิล..... 66

4.16 การกระจายความร้อนภายใน simulated canned food ที่ใช้แป้งต่างๆเป็นสารให้ความข้นหนืด..... 68

4.17 ความหนืดของ simulated canned food ที่ใช้แป้งต่างๆ เป็นสารให้ความข้น หนืด หลังการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาต่างๆ วัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer..... 71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย