



246673



การค้นพบ นวัตกรรมโดยนักวิทยาศาสตร์
ด้วยเทคนิคอิเล็กทรอนิกส์ไมโคร

นางอรอนทิพย์ สตินวรัตน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2554



246673

การดัดแปรแป้งพุดรักษาโดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยออกทิลซัลซินิกแอนไฮไดรด์

นางสาวนทีทิพย์ หลีนวรัตน์ วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ)



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี

คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2554

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

(รศ.ดร.วิไล รังสาทอง)

ประธานกรรมการวิทยานิพนธ์

.....

(รศ.ดร.คุณฤทัย อุตภาพ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....

(ดร.สันตนิย์ ปัญจอนนท์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ (ร่วม)

.....

(ผศ.ดร.จวีร์รัตน์ พุดตาลเล็ก)

กรรมการ

.....

(ผศ.ดร.ดวงใจ ถิรธรรมถาวร)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การดัดแปรแป้งพืชรักษาโดยปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันด้วยออกทินิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวนทีทิพย์ หลินวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. คุณฉวี อุดภาพ ดร. สันทณีย์ ปัญจอนนท์
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีชีวเคมี
คณะ	ทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

246673

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการดัดแปรแป้งพืชรักษาด้วยออกทินิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ (octenyl succinic anhydride; OSA) ต่อประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาและสมบัติของแป้งที่ได้ โดยเปรียบเทียบระหว่างแป้งที่ไม่ผ่านการดัดแปร (native starch) และแป้งที่ผ่านการดัดแปรมาก่อนด้วยวิธีความร้อนชื้น (heat-moisture treated starch; HMT starch) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของ OSA จาก 1% เป็น 3% ทำให้ได้แป้งดัดแปรที่มีค่าระดับการแทนที่ (degree of substitution; DS) สูงขึ้น แต่ประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยา (reaction efficiency; RE) ลดลง การดัดแปรแป้งด้วย OSA ที่ความเข้มข้น 3% โดยใช้เวลาที่เหมาะสม (4 ชั่วโมง สำหรับ native starch และ 5 ชั่วโมง สำหรับ HMT starch) พบว่า HMT starch มีประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยาสูงกว่า native starch คือ มีค่า RE เท่ากับ 90.4% (DS = 0.0209) และ 69.3% (DS = 0.0160) ตามลำดับ เม็ดแป้งดัดแปรมีรูปร่างและขนาดไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ลักษณะโครงสร้างผลึกของแป้งดัดแปรยังคงเป็นชนิด B-type (HMT starch มี X-ray diffraction pattern เปลี่ยนไปเล็กน้อย) และมีหมู่ฟังก์ชันใหม่เกิดขึ้นคือ carboxylate RCOO^- ที่พิกัด 1572 cm^{-1} ความหนืดสูงสุดและ setback ของแป้งดัดแปรมีแนวโน้มสูงขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิเริ่มเกิดความหนืดและ Breakdown มีค่าลดลง โดย HMT starch มีความหนืดต่ำกว่า native starch มาก การดัดแปรด้วย OSA ส่งผลให้เม็ดแป้งคงสภาพต่อความร้อนได้ดีขึ้น ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ของ native starch, HMT starch, native starch ดัดแปร และ HMT starch ดัดแปร (3% OSA และเวลาในการทำปฏิกิริยา 2-4 ชั่วโมง) มีค่า 27%, 28%, 75-76%, และ 47-49% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ออกทินิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์/ แป้งพืชรักษา/ การดัดแปรด้วยความร้อนชื้น/
เอสเทอร์ฟิเคชัน

Thesis	Modification of Canna Starch by Esterification with Octenyl Succinic Anhydride
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Nateetip Leenawarat
Thesis Advisors	Assoc. Prof. Dr. Dudsadee Uttapap Dr. Santhanee Pucha-arnon
Program	Master of Science
Field of Study	Biochemical Technology
Division	Biochemical Technology
Faculty	School of Bioresources and Technology
B.E.	2554

Abstract

246673

Effects of octenyl succinylation conditions on reaction efficiency and properties of native and heat-moisture treated (HMT) canna starches were investigated. Increase of octenyl succinic anhydride (OSA) concentration from 1% to 3% resulted in an increase of degree of substitution (DS), but a decrease of reaction efficiency (RE). Esterification of canna starches with 3% OSA using a suitable reaction time for each starch (4 hours for native starch and 5 hours for HMT starch) revealed that the reaction efficiency of the HMT starch was greater than that of the native starch, i.e. RE were 90.4% (DS = 0.0209) and 69.3% (DS = 0.0160) for HMT and native starches, respectively. Granular size and shape of all modified starches were similar to those of the native starch. The crystalline structure of canna starch was characterized as a "B" type and unaffected by esterification, except the HMT starch, which showed a slight change in X-ray diffraction pattern. The OSA starches had a new peak at 1572 cm^{-1} , which is ascribed to the asymmetric stretching vibration of carboxylate $[\text{RCOO}]^-$. Peak viscosity and setback of canna starches tended to increase by octenyl succinylation, whereas pasting temperature and breakdown tended to decrease. HMT starch and its derivatives displayed much lower viscosity than the native starch. The granules of OSA starches showed more stability against heat gelatinization, compared to the native starch. Emulsification capacity of native starch, HMT starch, modified native starch and modified HMT starch (3% OSA/reaction time 2-4 hours) were 27%, 28%, 75-76%, and 47-49%, respectively.

Keywords: Octenyl Succinic Anhydride/ Canna Starch/ Heat-Moisture Treatment/ Esterification

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. คุณฎี อุตภาพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.สันทณีย์ ปัญจอนันท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้แนวคิดและคำแนะนำ ในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งยังช่วยเหลืออนุเคราะห์เอกสารทางวิชาการอันเป็น ประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยในครั้งนี้ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.จุริรัตน์ พุดตานเล็ก รศ.ดร.วิไล รังสาดทอง และ ผศ.ดร. ดวงใจ ถิรธรรมถาวร ที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนช่วย ตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เรียบร้อยสมบูรณ์ ขอขอบคุณสายวิชาเทคโนโลยีชีวภาพที่อนุเคราะห์ ในการใช้เครื่องมือ ขอขอบพระคุณบริษัท National Starch & Chemical (Thailand) Co., Ltd. ที่ อนุเคราะห์ตัวอย่างแป้งในการดำเนินงานวิจัย ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในสายวิชาเทคโนโลยี ชีวเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่มีส่วนช่วยเหลือข้าพเจ้าในการทำวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนในสายวิชาเทคโนโลยีชีวเคมีที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำ และ คอยเป็นกำลังใจในการทำวิจัยเป็นอย่างดี สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนใน ครอบครัวที่คอยเป็นกำลังใจและให้การอุปการะสนับสนุนด้านการทำวิจัยมาโดยตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ฅ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ญ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ปัญหาและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	5
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
2. ทฤษฎีและการตรวจเอกสาร	8
2.1 องค์ประกอบทางเคมีและโครงสร้างของเม็ดแป้ง	8
2.1.1 แป้ง (Starch)	8
2.1.1.1 อะไมโลส (Amylose)	10
2.1.1.2 อะไมโลเพกติน (Amylopectin)	12
2.1.1.3 สารตัวกลาง (Intermediate material)	15
2.1.1.4 ส่วนประกอบอื่นๆ ภายในเม็ดแป้ง	16
2.2 สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง	18
2.2.1 ลักษณะของเม็ดแป้ง	18
2.2.2 ลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้ง	21
2.2.3 การเกิดเจลาติไนเซชัน	22
2.2.4 การเกิดรีโทรเกรเดชัน	24
2.2.5 วิธีการศึกษาการเกิดการคั่นตัวของแป้ง	25
2.2.6 ความหนืด (Viscosity)	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 การดัดแปรแป้ง	28
2.3.1 การดัดแปรทางเคมี (Chemical modification)	28
2.3.1.1 ปฏิกิริยาอีเทอร์ิฟิเคชัน (Etherification)	29
2.3.1.2 ปฏิกิริยาเอสเทอร์ิฟิเคชัน (Esterification)	30
2.3.2 การดัดแปรแป้งโดยใช้ความร้อนร่วมกับความชื้น (Hydrothermal modification)	40
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	41
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	50
3.1 วัตถุดิบ สารเคมีและอุปกรณ์	50
3.1.1 วัตถุดิบ	50
3.1.2 สารเคมี	50
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	50
3.2 วิธีการทดลอง	51
3.2.1 การเตรียมแป้งพุทธรักษาดัดแปรด้วยความร้อนชื้น	51
3.2.2 การเตรียมแป้งพุทธรักษาดัดแปรด้วย OSA	52
3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นโดยวิธี Direct Heating Method	53
3.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณหมู่ออกทินิลซัคซินิกของแป้งพุทธรักษาดัดแปรและระดับการแทนที่	54
3.2.5 การศึกษาสมบัติทางกายภาพ	55
3.2.5.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและขนาดของเม็ดแป้งด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM)	55
3.2.5.2 การวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งโดยเครื่อง X-ray Diffractometer	55
3.2.5.3 การศึกษาหมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างเม็ดแป้ง	56
3.2.6 การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งพุทธรักษาดัดแปร	57
3.2.6.1 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดโดยใช้เครื่อง Rapid visco analyzer	57
3.2.6.2 การศึกษาลักษณะของเจลแป้ง	58
3.2.6.3 การศึกษาสมบัติทางความร้อนในการเกิดเจลตาติไนซ์ของแป้งโดยเครื่อง Differential scanning calorimeter (DSC)	58
3.2.7 ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsification capacity)	59

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	60
4.1 ระดับการแทนที่ของแป้งคัดแปรและประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยา	60
4.2 การเพิ่มระดับการแทนที่และประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยา	63
4.3 ลักษณะของเม็ดแป้งศึกษาโดย scanning electron microscope	66
4.4 ลักษณะโครงสร้างผลึกศึกษาด้วย X-ray powder diffractometer	71
4.5 หมู่ฟังก์ชันภายในโครงสร้างของแป้งคัดแปร	72
4.6 พฤติกรรมความหนืดของแป้งศึกษาโดย RVA	75
4.7 ลักษณะของเจลแป้ง	80
4.8 สมบัติทางความร้อนในการเกิดเจลาคีในเซชันของแป้งศึกษาโดยใช้ เครื่อง Differential scanning calorimetry	85
4.9 ความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ของแป้งคัดแปร	87
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	92
5.1 บทสรุป	92
5.2 ข้อเสนอแนะ	95
เอกสารอ้างอิง	96
ภาคผนวก	113
ประวัติผู้วิจัย	118

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณสมบัติของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน	9
2.2	ปริมาณและสัดส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งแต่ละชนิด	15
2.3	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ	18
2.4	ประสิทธิภาพของการเอนแคปซูเลชันด้วยสารเคลือบชนิดต่างๆ	38
3.1	ลักษณะโครงสร้างผลึกของเม็ดแป้งที่เป็นแบบ A, B และ C	56
4.1	ระดับการแทนที่และประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาของแป้ง OSA1% และ 3% และแป้ง HOSA3% ที่ระยะเวลา 2, 3 และ 4 ชั่วโมง	62
4.2	ระดับการแทนที่และประสิทธิภาพในการทำปฏิกิริยาของแป้ง OSA3% และแป้ง HOSA3% ที่ระยะเวลาดังกล่าว	64
4.3	ค่าพารามิเตอร์ทางด้านความหนืดของแป้งพุทธรักษา	77
4.4	ค่าพารามิเตอร์ทางด้านความร้อนในการเกิดเจลลาติไนเซชันของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการคัดแปรและแป้งที่ผ่านการคัดแปร	87
4.5	ค่าความสามารถในการเป็นอิมัลชันของแป้ง Hi-cap 100 แป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการคัดแปรและแป้งที่ผ่านการคัดแปร	88

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	โครงสร้างทางเคมีของแป้งออกทิลซัคซินเท	2
2.1	โครงสร้างภายในเม็ดแป้งมันฝรั่ง	9
2.2	โครงสร้างของอะไมโลส	10
2.3	ภาพจำลองการจับตัวของอะไมโลสกับสารอินทรีย์	11
2.4	ลักษณะเกลียวของอะไมโลส	12
2.5	โครงสร้างของอะไมโลเพคติน	12
2.6	ลักษณะโครงสร้างอะไมโลเพคตินที่ประกอบด้วยส่วนผลึกและส่วนอสัณฐาน	13
2.7	แบบจำลองโครงสร้างอะไมโลสและอะไมโลเพคตินในแป้งจากธัญพืช	14
2.8	โครมาโตแกรมของแป้งมันสำปะหลังสายพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50	16
2.9	ขนาดและรูปร่างของเม็ดแป้งชนิดต่างๆ เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	19
2.10	ลักษณะการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์หรือไบรีฟรินเจนซ์ของเม็ดแป้งมันสำปะหลัง	20
2.11	ลักษณะการบิดระนาบแสงโพลาไรซ์หรือไบรีฟรินเจนซ์ของเม็ดแป้งถั่วเขียว	20
2.12	การเปลี่ยนแปลงความหนืดของเม็ดแป้งขณะเกิดเจลลิตในเซชัน	23
2.13	กราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง RVA	27
2.14	ปฏิริยาระหว่างแป้งกับสาร โซเดียมไตรฟอสเฟตได้แป้ง ออร์โทฟอสเฟตโมโนเอสเทอร์	32
2.15	การเกิดปฏิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างแป้งกับ OSA	33
3.1	การจัดเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการตัดแปรแป้งพุทธรักษา	53
3.2	การวัดปริมาณการแยกชั้นของอิมัลชัน	59
4.1	ปฏิริยาข้างเคียงระหว่างแป้งกับโซเดียมไฮดรอกไซด์	61
4.2	ปฏิริยาข้างเคียงระหว่างแป้งกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำให้เกิด ปฏิริยาสaponifiเคชัน	65
4.3	ลักษณะของเม็ดแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปรและแป้งตัดแปรด้วย OSA3% ที่ระยะเวลาต่างๆ จาก SEM กำลังขยาย 500 เท่า	67
4.4	ลักษณะของเม็ดแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปรและแป้งตัดแปรด้วย OSA3% ที่ระยะเวลาต่างๆ จาก SEM กำลังขยาย 1500 เท่า	68
4.5	ลักษณะของเม็ดแป้งพุทธรักษาคัดแปรด้วยความร้อนชื้นและแป้ง HOSA3% ตัดแปรที่ระยะเวลาต่างๆ จาก SEM กำลังขยาย 500 เท่า	69

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.6	ลักษณะของเม็ดแป้งพุทธรักษาตัดแปรด้วยความร้อนชื้นและแป้ง HOSA3% ตัดแปรที่ระยะเวลาต่างๆ จาก SEM กำลังขยาย 1500 เท่า	70
4.7	ลักษณะโครงสร้างผลึกของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปร และแป้งที่ผ่านการตัดแปร	72
4.8	ลักษณะของโมเลกุลกลูโคสต่อกันด้วยพันธะไกลโคซิดิกในโมเลกุลของแป้ง	73
4.9	ปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันระหว่างแป้งกับ OSA โดยมีสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา	73
4.10	สเปกตรัมของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปรและแป้งที่ผ่านการตัดแปร	74
4.11	อะมิโลแกรมของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปรและแป้งตัดแปรด้วย OSA1% (A) และ 3% (B)	76
4.12	ลักษณะการเกิดเจลาติไนซ์ของเม็ดแป้งตัดแปรด้วย OSA	79
4.13	อะมิโลแกรมของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปร แป้ง HMT และแป้ง HOSA3%	80
4.14	ลักษณะของเจลแป้ง native และแป้ง OSA1% ที่ระยะเวลาต่างๆ จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า	82
4.15	ลักษณะของเจลแป้ง native และแป้ง OSA3% ที่ระยะเวลาต่างๆ จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า	83
4.16	ลักษณะของเจลแป้ง HMT และแป้ง HOSA3% ที่ระยะเวลาต่างๆ จากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า	84
4.17	Thermogram ของแป้งพุทธรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปรและแป้งที่ผ่านการตัดแปร	86
4.18	ลักษณะของไมเซลล์	89
4.19	ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ของ แป้งตัดแปรกับค่าระดับการแทนที่	90

ประมวลศัพท์และคำย่อ

DS	==	Degree of substitution (ระดับการแทนที่)
DSC	==	Differential scanning calorimeter
g	==	กรัม
HMT starch	==	แป้งพวทรักษาตัดแปรโดยการใช้ความร้อนขึ้น
HOSA1%	==	แป้งพวทรักษาผ่านการตัดแปรโดยการใช้ความร้อนขึ้นตัดแปรด้วยออกทีนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ที่ความเข้มข้น 1%
HOSA3%	==	แป้งพวทรักษาผ่านการตัดแปรโดยการใช้ความร้อนขึ้นตัดแปรด้วยออกทีนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ที่ความเข้มข้น 3%
N	==	นอร์มอล
mg	==	มิลลิกรัม
ml	==	มิลลิลิตร
ml/l	==	มิลลิลิตรต่อลิตร
MS	==	Molar Substitution
native starch	==	แป้งพวทรักษาที่ไม่ผ่านการตัดแปร
OSA	==	Octenyl succinic anhydride
OSA1%	==	แป้งพวทรักษาตัดแปรด้วยออกทีนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ที่ความเข้มข้น 1%
OSA3%	==	แป้งพวทรักษาตัดแปรด้วยออกทีนิลซัคซินิกแอนไฮไดรด์ที่ความเข้มข้น 3%
pH	==	ค่าความเป็นกรด-ด่าง
RE	==	Reaction efficiency (ประสิทธิภาพในการเกิดปฏิกิริยา)
RVA	==	Rapid visco analyzer
RVU	==	Rapid visco unit
SEM	==	Scanning electron microscopy
T _c	==	Conclusion temperature
T _o	==	Onset temperature
T _p	==	Peak temperature
w/w	==	มวล/ปริมาตร
w/v	==	มวล/ปริมาตร