I4782158

สำนักหอสมุด
สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ

คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

การพัฒนาตำรับฟิล์มเคลือบกล้วยไข่จากไคโตซาน เพื่อยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยว

โดย

นางสาวรุ่งนภา ภูอาบอ่อน
นางสาวสุฐิยาภรณ์ อยู่สุข
นางสาวอาภาศรี สงวนวงษ์

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 28 เม.ย. 2551
เลขทะเบียน ๕๑๗๐๐๗๕
เลขเรียกหนังสือ W4 ร623ก 2551

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต
มหาวิทยาลัยนเรศวร
กุมภาพันธ์ 2551

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาสูตรตำรับการเตรียมฟิล์มจากไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่ ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการเคลือบผิวกล้วยไข่ โดยเลือกใช้ไคโตซานเป็นสารเคลือบ เนื่องจากเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติและไม่เป็นพิษต่อร่างกายและสภาพแวดล้อม ราคาถูก สามารถหาซื้อได้ง่าย นอกจากนี้ไคโตซานยังมีคุณสมบัติเป็นที่เยื่อเลือกผ่าน จึงทำให้ผลไม้ไม่เกิดการเน่าใน โดยทางคณะผู้จัดทำเลือกทำการศึกษาชนิดของไคโตซานมวลโมเลกุลต่ำ(Low molecular weight chitosan)และไคโตซานมวลโมเลกุลปานกลาง (Medium molecular weight chitosan)ร่วมกับการศึกษาถึงผลของการเติม PEG 400 และ/หรือ Tween 80 ซึ่งเป็นสารช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม เมื่อประเมินและเลือกสูตรตำรับของฟิล์มได้แล้ว จึงนำมาศึกษาต่อโดยการนำเคลือบผลกล้วยไข่ ซึ่งวิธีเคลือบกล้วยที่เลือกมาทำการทดลองคือวิธีชุบเคลือบ กับวิธีพ่นเคลือบ เพื่อประเมินการยืดติดของฟิล์มของผิวกล้วย,การตกกระ,สี และน้ำหนักกล้วยที่สูญเสียไป จากการทดลองพบว่าสูตรตำรับของฟิล์มจากไคโตซานที่เหมาะสม สามารถยืดอายุการเก็บกล้วยไข่ได้ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ดังนั้นควรมีการศึกษาพัฒนาการเคลือบกล้วยโดยใช้ไคโตซานต่อ เพื่อให้ได้สูตรตำรับและวิธีที่เหมาะสมกับการเคลือบกล้วยไข่ ยิ่งขึ้น โดยคณะผู้จัดทำคาดว่ารายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อเกษตรกรและผู้สนใจไม่มากก็น้อย

หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใดทางคณะผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

14 กุมภาพันธ์ 2551

ชื่อเรื่อง การพัฒนาตำรับฟิล์มเคลือบกล้วยไข่จากไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยว

คณะผู้ดำเนินการวิจัย นางสาวรุ่งนภา ภูอาบอ่อน
นางสาวสุฐิยาภรณ์อยู่สุข
นางสาวอาภาศรี สงวนวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย วิทยาอารีย์กุล

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย ตั้งสำราญจิต

ภาควิชา เทคโนโลยีเภสัชกรรม

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาพัฒนาตำรับฟิล์มเคลือบกล้วยไข่จากไคโตซานเพื่อยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยว โดยใช้ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำและไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง ซึ่งมีโพลีเอทิลลีนไกลคอล (Polyethylene glycol; PEG) และโพลิซอร์เบท (Polysorbate 80; Tween 80) เป็นสารเพิ่มความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม ทำการศึกษาโดยวิธีการเตรียมแผ่นฟิล์มเปล่าแล้วประเมินคุณสมบัติทั่วไปของแผ่นฟิล์มเปล่า, ความสามารถในการดูดซับน้ำ, การซึมผ่านของไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์ม, ความสามารถในการยืดของแผ่นฟิล์ม พบว่าไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำให้ฟิล์มที่กรอบ ไม่เป็นแผ่น ในขณะที่ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลางให้ฟิล์มที่มีลักษณะดีกว่าและเมื่อประเมินฟิล์มของไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง ไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก จะมีการดูดซับน้ำมากกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก การเติม PEG หรือ Tween 80 ไม่ทำให้การดูดซับน้ำต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาคุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำผ่านแผ่นฟิล์ม พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักมีการซึมผ่านของไอน้ำมากกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และเมื่อเพิ่ม PEG หรือ/และ Tween 80 ลงไป พบว่าการซึมผ่านของไอน้ำจะเพิ่มขึ้น ส่วนความสามารถในการยืดของแผ่นฟิล์ม พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก จะมีความยืดหยุ่นมากกว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก และเมื่อมีการเพิ่ม PEG สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทดสอบการเคลือบกล้วยไข่จากสูตรตำรับฟิล์มที่พัฒนาขึ้นโดยใช้วิธีการชุบเคลือบและการพ่นเคลือบพบว่าการชุบเคลือบมีการกระจายตัวของฟิล์มบนเปลือกกล้วยดีกว่าการพ่นเคลือบ โดยกล้วยที่ชุบเคลือบด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก เคลือบได้เรียบสม่ำเสมอกว่าไคโตซานที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนักและส่งผลยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่ได้ดีกว่า โดยพิจารณาจากน้ำหนักของผลกล้วยที่สูญเสียระหว่างการเก็บ, การเปลี่ยนแปลงสี และการตกกระของกล้วย ผลโดยรวมสรุปได้ว่าตำรับไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ที่มีการเติม PEG ร่วมกับ Tween 80 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการชุบเคลือบให้ผลยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีและการตกกระน้อยที่สุด น้ำหนักของผลกล้วยที่สูญเสียระหว่างการเก็บปานกลาง

Title: Development of banana film coating formulations from chitosan for extended postharvesting shelf-life

By: Rungnapa Bhuarbon

Sutiyaporn Yoosuk

Arpasri Sanguanwong

Advisor: Associate Professor Dr.Sakchai Wittaya-areekul

Co-advisor: Assistance Professor Dr.Anothai Tangsumranjit

Department: Pharmaceutical technology

Academic Year: 2007

Abstract

The purpose of this research was to develop banana film coating formulations using chitosan to prolong postharvesting shelf-life. Low molecular weight and medium molecular weight chitosan were utilized for preparing film formulations using polyethylene glycol (PEG) and polysorbate 80 (tween 80) as film plasticizers. The free films were prepared and evaluated for their overall physical appearance, water adsorption, water vapor penetration, and stretching ability. The results showed that low molecular weight chitosan produced non-uniform and brittle free films, while medium molecular weight chitosan produced relatively better overall properties. The results from medium molecular weight free film evaluations showed that water adsorption of film prepared from 2% w/v chitosan was higher than 1% w/v chitosan and did not significantly change with the addition of PEG or tween 80. The water vapor penetration revealed that vapor penetration was higher in 1% w/v chitosan than 2% chitosan and increasing with the addition of PEG and/or tween 80. The stretching test showed that 1% w/v chitosan produced film with higher stretching ability than 2% w/v and improved with the addition of PEG and/or tween 80.

Application of the film formulations were tested using dip coating and spray coating methods. The results revealed that dip coating method produced a much better spreading ability with 2% w/v chitosan provided smoother film coat than 1% w/v chitosan. This resulted in longer postharvesting shelf-life considered from weight loss, color change and senescent spotting evaluation methods. In conclusion, formulation containing 2% w/v chitosan, 0.25% PEG and 0.25% tween 80 using dip coating method provided the best overall features with lowest color change and senescent spotting, while generated medium weight loss during storage.

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย วิทยาอารีย์กุล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิจัยและ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย ตั้งสำราญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ผศ. ดร. อรรถวิทย์ สมศิริ สำหรับวิธีการวัดความหนืด

ของขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ สำหรับเครื่องวัดความยืดหยุ่น (Instron)

ขอของคุณอาจารย์คณะเกษตรที่ให้ความรู้เกี่ยวกับการดูแลกล้วยไข่หลังจากการเก็บเกี่ยวและการประเมินกล้วยไข่ และการเลือกซื้อกล้วยไข่สำหรับการทดลอง

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ทุกคนที่ให้คำชี้แนะและความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ และให้ความอนุเคราะห์ในการเบิกสารเคมีที่ใช้ในโครงงานวิจัย

ขอขอบคุณ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย

คณะผู้ดำเนินงานวิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย และการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง	1
วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
ระเบียบวิธีวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การปริทัศน์วรรณกรรม	4
กล้วยไข่	4
ไคโตซาน (Chitosan)	9
Polyethylene Glycols	10
Polysorbate 80	10
บทที่ 3 วิธีการที่ใช้ในการศึกษา	12
สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมการศึกษา	12
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	12
วิธีการดำเนินการทดลอง	12
การเตรียมสารละลายกรด acetic acid ความเข้มข้น 1 % w/v	12
การเตรียมสารละลายของ low/medium molecular weight chitosan	12
การเตรียมฟิล์มจากสารละลายไคโตซาน	14
การประเมินคุณสมบัติของสารละลายไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน	14
การประเมินความใสและสีของสารละลาย	14
การประเมินแรงตึงผิวของสารละลาย	14
การประเมินความหนืดของสารละลาย	14
การประเมินความหนาแน่นของสารละลาย	14
การประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน	15
การประเมินความใสและสีของแผ่นฟิล์ม	15
การประเมินความกรอบของแผ่นฟิล์ม	15

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 การสังเคราะห์ chitosan	9
2-2 สูตรโครงสร้างของ Polyethylene Glycols	10
3-1 การพ่นเคลือบที่อุณหภูมิห้อง	16
3-2 การชุบเคลือบที่อุณหภูมิห้อง	16
3-3 การนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง	16
3-4 เกณฑ์การประเมินสีของกล้วยไข่	18
4-1 แสดงลักษณะของสารละลาย low molecular weight chitosan	20
4-2 แสดงลักษณะของสารละลาย medium molecular weight chitosan	21
4-3 ลักษณะแผ่นฟิล์ม low molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	22
4-4 ลักษณะแผ่นฟิล์ม low molecular weight chitosan 1% w/v ที่มีการเติม 0.5% PEG 400 และ1% w/v ที่มีการเติม 0.5% Tween 80	22
4-5 ลักษณะแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	23
4-6 ความหนาของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือ Tween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	25
4-7 การดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือTween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	25
4-8 ความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือ Tween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	26
4-9 การซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	27
4-10 การซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	27

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3-1 สูตรตำรับ low/medium molecular weight chitosan	13
4-1 แสดงผลการประเมินความใส สี ความหนาแน่น แรงตึงผิว และความหนืด ของสารละลายไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan)	19
4-2 แสดงผลการประเมินความใส สี ความหนาแน่น แรงตึงผิว และความหนืดของสารละลาย ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	20
4-3 แสดงผลการประเมินความใส สีและความกรอบของแผ่นฟิล์ม ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan)	21
4-4 แสดงผลการประเมินความใส สีและความกรอบของแผ่นฟิล์ม ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	23
4-5 แสดงผลหนา การดูดซับน้ำ และความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม ชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	24
4-6 แสดงอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซาน ชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	28

สารบัญ

	หน้า
การประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน	15
การประเมินความหนาของแผ่นฟิล์ม	15
การประเมินการซึมผ่านของไอน้ำ	15
ประเมินการดูดซับน้ำ	15
ประเมินความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม	15
ศึกษาวิธีการเคลือบฟิล์มลงบนกล้วยไข่	16
การประเมินความสามารถในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว	17
การประเมินการสูญเสียน้ำหนัก	17
ประเมินการติดของฟิล์มบนผลกล้วยไข่	17
ประเมินสีของกล้วยไข่ที่เปลี่ยนแปลงไป	17
ประเมินการตกกระของกล้วยไข่	18
บทที่ 4 รายงานผล และ อภิปรายผลการศึกษา	19
ผลการประเมินคุณสมบัติของสารละลายและแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน	19
ผลการประเมินลักษณะสารละลายที่อุณหภูมิห้อง (25 ^{o}C)	19
ผลการประเมินความใส สี และความกรอบของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิห้อง (25 ^{o}C)	21
ผลความหนา การดูดซับน้ำ ความยืดหยุ่น และการซึมผ่านไอน้ำ	24
ของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular chitosan)	
การประเมินความสามารถในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว	29
ผลการประเมินการเคลือบติดของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนัก	29
โมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	
ผลการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย	30
ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	
ผลการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย	31
ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	
ผลการประเมินการตกกระของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย	32
ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)	
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	33
สรุปผลการศึกษา	33
ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37
การใช้เครื่อง Du Nouy Tensiometer	38
ตารางบันทึกผลการทดลอง	40

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
4-11 การซึมผ่านไอน้ำแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG-400 และ /หรือTween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	28
4-12 การประเมินการติดของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบ	29
4-13 การประเมินการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ในวันที่ 6 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน	30
4-14 การประเมินสีของกล้วยไข่ในวันที่ 4 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก	31
4-15 การประเมินการตกกระของกล้วยไข่ในวันที่ 6 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบ medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน	32

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตสินค้าทางการเกษตรมากมายทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อส่งออก โดยมีรายได้จากการส่งออกสินค้าทางการเกษตรเป็นมูลค่านับหมื่นล้านบาท ปัจจุบันผลิตผลทางการเกษตรของไทยมีการสูญเสียเกิดขึ้นได้จากหลายขั้นตอน ตลอดจนถึงขั้นตอนการเก็บรักษาผลิตผลทางการเกษตรภายหลังการเก็บเกี่ยว วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดการสูญเสียและการรักษาคุณภาพของสินค้าทางการเกษตรเหล่านั้น ทั้งนี้เทคโนโลยีต่างๆ จำเป็นที่จะต้องศึกษาอย่างเป็นระบบและอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลิตผลที่มีคุณภาพดีและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ตลอดจนสามารถส่งผลิตผลไปแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้ ทางเลือกหนึ่งของการผลิตและบรรจุสินค้าผัก ผลไม้สด ก็คือการใช้สารเคมีถนอมรักษา หรือช่วยชะลอการสุก รวมทั้งช่วยคงคุณภาพของผัก ผลไม้สดหลังการเก็บเกี่ยวด้วย การให้สารเคมีเข้าไปรบกวนการทำงานของเอทธิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสุกในพืช สารเอทธิลีนถูกนำไปใช้กับสินค้ากล้วย (1,2) เพื่อทำให้สามารถจำหน่ายกล้วยในขณะที่มีกลิ่นรส สุกงอมกำลังดี โดยเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวกล้วยและทำการขนส่งไปยังปลายทางในขณะที่ผลกล้วยมีสีเขียว หรือยังไม่สุก เพื่อความสะดวกในการขนส่ง หลังจากนั้นจะนำกล้วยไปเก็บในห้องที่มีเอทธิลีนอยู่ เมื่อเอทธิลีนระเหยออกสู่บรรยากาศสัมผัสกับผลกล้วยดิบ เอทธิลีนก็จะไปกระตุ้นให้กล้วยเกิดกระบวนการสุกในช่วงเวลาที่เหมาะสม พร้อมที่จะจำหน่าย อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดที่เป็นการเก็บผลผลิตที่ยังไม่สุกเต็มที่เพื่อที่จะเก็บได้นานขึ้นแล้วจึงเร่งให้สุกเมื่อต้องการ แต่สำหรับผลไม้หลายชนิดรวมทั้งกล้วยที่สุกแล้ว จะเกิดการเน่าเสียได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อเป็นการส่งเสริมการส่งออกของผลิตผลทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงควรมีวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวใหม่ๆ เข้าช่วยเสริมให้พืชผักผลไม้หลายชนิดอยู่ในสภาพสด และมีอายุการเก็บที่นานขึ้น

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดี สามารถปลูกและเจริญเติบโตดีในทุกภาคของประเทศไทย (3) กล้วยไข่ [Musa (AA group) 'Kluai Khai' กลุ่มย่อย Sucrier] ชื่ออื่น กล้วยกระ ชื่อสามัญ Pisang Mas กล้วยไข่ปลูกกันมากเป็นการค้าที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ เพชรบุรี และปลูกทั่วๆไป ในสวนหลังบ้านในทุกภาคของประเทศไทย เพราะเป็นกล้วยที่มีรสชาติดี ผลรับประทานสด และเป็นเครื่องเคียงของข้าวเม่าคลุก และกระยาสารท นอกจากนี้ยังใช้ทำกล้วยเชื่อม ข้าวเม่าทอด และกล้วยบวชชี ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นสินค้าออกที่ส่งไปยังประเทศ สิงค์โปร์ ญี่ปุ่น และฮ่องกง (4) กล้วยไข่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดกำแพงเพชรนำรายได้มาสู่จังหวัดเป็นมูลค่าปีละไม่น้อยกว่า 300 ล้านบาทและกลายมาเป็นพืชสัญลักษณ์ของจังหวัดและสร้างชื่อเสียงให้กับจังหวัดกำแพงเพชร (5) กล้วยไข่ที่ปลูกในจังหวัดกำแพงเพชรได้รับการยอมรับจากผู้ที่เคยบริโภคว่ามีรสหวานเนื้อในนุ่มตลอดทั้งผล เนื่องจากแกนในของกล้วยไม่กระด้าง ทำให้เกิดความกลมกลืนกับรสชาติที่หวานของกล้วยไข่ขณะรับประทาน จึงเป็นที่นิยมบริโภคผลไม้ตามฤดูกาลโดยทั่วไป แต่กล้วยไข่มีปัญหาคุณภาพผิวตกกระ (senescent spotting) จึงทำให้ราคาตก คุณภาพของผลิตภัณฑ์ลดลง ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและนอกประเทศ

การตกกระของกล้วยไข่เป็นความผิดปกติทางด้านสรีระวิทยา (physiological disorder) โดยพบว่าสาเหตุที่เกิดการตกกระมาจากสารพวกฟีนอลในเปลือกผลและกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดคือ phenylalanine ammonium lyase (PAL) and polyphenol oxidase (PPO; catechol oxidase) (6,7) จากปัญหาด้านคุณภาพของกล้วยที่มีลักษณะไม่เป็นที่พึงต้องการของผู้บริโภคจึงได้พัฒนาแก้ไขการ ควบคุมไม่ให้กล้วยไข่ตกกระสามารถทำได้โดยการบรรจุกล้วยไข่ที่สุกในถุงที่มีส่วนประกอบหลักเป็นพลาสติกโพลีเอทธิลีน (8) ผลการทดลองพบว่าการเติมสาร 1-เมธิลไซโครโปรพีนลงในพลาสติกโพลิเอทธิลินสารมารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยได้นานกว่าการใช้พลาสติกโพลิเอทธิลีนเพียงอย่างเดียวและมีการทดลองห่อหุ้มกล้วยไข่ที่อยู่บนถาดโฟมด้วยพลาสติกฟิล์มพีวีซีและพีอีที (9) การเคลือบผิวผลกล้วยไข่ด้วยสารเคลือบผิว (10)

สารเคลือบผิวที่บริโภคได้จะมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ซึ่งจะได้มาจากพืช เช่น แป้งชนิดต่างๆ จากธัญพืช พืชบริโภคราก และลำต้นใต้ดิน เป็นต้น นอกจากนั้นน้ำมันพืชบางชนิดก็สามารถนำมาใช้เคลือบผิวผลิตผลได้ เช่น น้ำมันปาล์มโอเลอีนกับน้ำ และเนยจืดกับน้ำช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ สารเคลือบผิวที่บริโภคได้จากสัตว์ เช่น เจลาติน และไคโตซาน เป็นต้น (11) โดยสารธรรมชาติที่น่าจะมีการนำมาพัฒนาและประยุกต์ใช้ก็คือไคโตซาน ไคโตซาน มีประจุบวกเป็นสายโพลิแซคคาไรด์ซึ่งสามารถผลิตได้จากเปลือกกุ้งและแกนในของปลาหมึก โดยไคโตซานมีมากในธรรมชาติและราคาถูก ปลอดภัยในการบริโภคโดยไม่ต้องล้างออก ไคโตซานสามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติควบคุม ป้องกันการระเหยของน้ำ และสารอื่นๆ สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลายประการเช่น เป็นแผ่นฟิล์มปิดรักษาแผล (12) และเป็นฟิล์มเคลือบเม็ดยาชนิดควบคุมการปลดปล่อย (13,14) จากความสามารถในการก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์ม และความสามารถในการทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่านของไอน้ำ อากาศ และสารต่างๆ จึงสามารถนำแผ่นฟิล์มจากไคโตซานมาพัฒนาเป็นแผ่นฟิล์มสำหรับเคลือบผลไม้ที่สามารถช่วยยืดอายุของผลไม้ทำให้เก็บได้นานยิ่งขึ้น โดยที่ไม่เกิดปัญหาการเน่าใน อันหมายถึงการที่ผลไม่ดูดีเพียงภายนอกแต่ภายในเกิดการเน่าเสียแล้ว ดังนั้นจึงมีการนำไคโตซานมาเคลือบผลไม้หลายชนิด เช่น พืชตระกูลส้ม (15) สตรอว์เบอรี่ (16) มะเขือเทศ (17) ลิ้นจี่ (18) ลำไย (19) และอื่นๆ เนื่องจากไม่มีพิษ และปลอดภัย เนื่องจากเป็นสารธรรมชาติซึ่งไม่มีผลข้างเคียงกับทั้งสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้ถึงแม้มีการรับประทานฟิล์มที่เคลือบเข้าไป อย่างไรก็ตามไคโตซานมีข้อเสียคือ ความสามารถในการละลายน้อยในน้ำแต่จะละลายได้ดีในสภาวะกรด เช่น กรดอะซิติก กรดแลคติก และกรดซิตริก ดั้งนั้นการนำไคโตซานที่ละลายในกรดมาทำการเคลือบผิวของผลไม้จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ผิวของผลไม้เร็วขึ้นและผลไม้จะมีรสและมีกลิ่นที่อาจทำให้ผลไม้เสียรสชาติไปจากเดิม ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไขความสามารถในการละลายของไคโตซานให้สามารถละลายน้ำได้จะทำให้การเคลือบผิวของผลไม้เป็นไปได้ง่าย ปลอดภัย โดยในการศึกษานี้โดยทำการเตรียมอนุพันธ์ของไคโตซานที่มีประจุเป็นกลาง (20,21) ที่มีประจุเป็นลบ (22) และที่มีประจุเป็นบวก (23) บนโครงสร้างหลักของไคโตซานทำให้ได้อนุพันธ์ของไคโตซานที่มีผลดีจากไคโตซานและมีการละลายน้ำได้ดีเหมาะสมในการเคลือบฟิล์มลงบนกล้วยเพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีลักษณะเรียบสวย ไม่เป็นอันตรายเมื่อรับประทานและมีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บกล้วยได้ดี

วัตถุประสงค์ของโครงงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเตรียมฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน
2. เพื่อประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน

3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซานในการยืดอายุการเก็บกล้วยไข่

ขอบเขตการวิจัย

เป็นการศึกษาชนิดทดลองเพื่อพัฒนาสารเคลือบผิวกล้วยไข่ที่สามารถยืดอายุการเก็บภายหลังการเก็บเกี่ยว

ระเบียบวิธีวิจัย

รูปแบบวิธีวิจัย รูปแบบการวิจัยชนิดทดลอง

1. ศึกษาการเตรียมฟิล์มจากไคโตซาน

- เลือกความเข้มข้นที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์ม โดยเลือกสารละลายไคโตซานที่มีความหนืดเหมาะสม เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มใส และเรียบสม่ำเสมอ

- เลือกกรรมวิธีในการเตรียมแผ่นฟิล์ม โดยการเทสารละลายไคโตซานลงในเพลท และอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

- การเติมสารเพิ่มความยืดหยุ่น เพื่อให้ได้แผ่นฟิล์มที่มีความยืดหยุ่นดี สามารถเกาะติดบนผิวเปลือกกล้วยไข่ได้ดี

2. ประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มจากไคโตซาน

- ประเมินการซึมผ่านของไอน้ำ โดยการปิดขวดบรรจุซิลิกาเจลด้วยแผ่นฟิล์มแล้วเก็บในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75 เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลง

- ประเมินการดูดซับน้ำ โดยการตัดแผ่นฟิล์มขนาด 1 ตารางนิ้ว ชั่งน้ำหนักโดยละเอียด แล้วนำไปใส่ลงในน้ำกลั่นจนแผ่นฟิล์มดูดซับน้ำเต็มที่ ชั่งน้ำหนักหาปริมาณน้ำที่ดูดซับในแผ่นฟิล์ม

- ประเมินความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มด้วยเครื่องวัดความยืดหยุ่น Instron

3. ศึกษาประสิทธิภาพของแผ่นฟิล์มไคโตซานในการยืดอายุการเก็บกล้วยไข่

- ทดลองการเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบ

- ทดลองการเคลือบด้วยวิธีการพ่นเคลือบ

4. ศึกษาความสามารถในการยืดอายุการเก็บกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว

คัดเลือกกล้วยไข่ให้มาจากแหล่งเดียวกัน มีลักษณะภายนอก เช่น สี ขนาดใกล้เคียงกัน ล้างกล้วยด้วย $MgSO_4$ แล้วนำไปผึ่งให้แห้งก่อนนำมาทำการเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบจากนั้นนำไปประเมินคุณภาพหลังจากการเคลือบทุก 2 วันเป็นเวลาติดต่อกันนาน 8 วัน ดังนี้

- ประเมินการติดของฟิล์มบนผลกล้วยไข่ - ประเมินสีของกล้วยไข่ที่เปลี่ยนแปลงไป
- ประเมินการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ - ประเมินการตกกระของกล้วยไข่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้ผลิตภัณฑ์สำหรับเคลือบกล้วยไข่ที่สามารถยืดอายุการเก็บภายหลังการเก็บเกี่ยว

บทที่ 2
การปริทัศน์วรรณกรรม

กล้วยไข่

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตสินค้าทางการเกษตรมากมายทั้งเพื่อบริโภคภายในประเทศและเพื่อส่งออก โดยมีรายได้จากการส่งออกสินค้าทางการเกษตรเป็นมูลค่านับหมื่นล้านบาท ด้วยเหตุนี้รัฐบาลไทยจึงมีนโยบายในการปรับปรุงสินค้าทางการเกษตรให้มีคุณภาพได้มาตรฐานตามความต้องการของตลาดโลก ทั้งนี้เพื่อให้ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารและเป็นครัวของโลก ปัจจุบันผลิตผลทางการเกษตรของไทยมีการสูญเสียเกิดขึ้นได้จากหลายขั้นตอน ดังนั้นวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวจึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการลดการสูญเสียและการรักษาคุณภาพของสินค้าทางการเกษตรเหล่านั้น ทั้งนี้เทคโนโลยีต่างๆ จำเป็นที่จะต้องศึกษาอย่างเป็นระบบและอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ผลิตผลที่มีคุณภาพดีและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม ตลอดจนสามารถส่งผลิตผลไปแข่งขันในตลาดต่างประเทศได้ (6)

กล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่คนไทยรู้จักกันดีเพราะนอกจากจะสามารถรับประทานได้แล้ว ใบกล้วยหรือใบตองยังมีประโยชน์ในการใช้สอยหลายอย่าง นอกจากนี้กล้วยยังเป็นพืชที่มีต้นทุนในการปลูกต่ำ ดูแลรักษาง่าย และให้ผลผลิตเร็ว และสามารถปลูกและเจริญเติบโตดีในทุกภาคของประเทศไทย (3) กล้วยไข่ [Musa (AA group) 'Kluai Khai' กลุ่มย่อย Sucrier] ชื่ออื่น กล้วยกระ ชื่อสามัญ Pisang Mas กล้วยไข่ปลูกกันมากเป็นการค้าที่จังหวัดกำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ เพชรบุรี และปลูกทั่วๆไป ในสวนหลังบ้านในทุกภาคของประเทศไทย เพราะเป็นกล้วยที่มีรสชาติดี และใช้ในเทศกาลสารทไทย ผลรับประทานสด และเป็นเครื่องเคียงของข้าวเม่าคลุก และกระยาสารท นอกจากนี้ยังใช้ทำกล้วยเชื่อม ข้าวเม่าทอด และกล้วยบวชชี ปัจจุบันกล้วยไข่เป็นสินค้าออกที่ส่งไปยังประเทศ สิงค์โปร์ ญี่ปุ่น และฮ่องกง (4) กล้วยไข่เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดกำแพงเพชรนำรายได้มาสู่จังหวัดเป็นมูลค่าปีละไม่น้อยกว่า 300 ล้านบาทและกลายมาเป็นพืชสัญลักษณ์ของจังหวัดและสร้างชื่อเสียงให้กับจังหวัดกำแพงเพชร กล้วยไข่ที่ปลูกในจังหวัดกำแพงเพชรได้รับการยอมรับจากผู้ที่เคยบริโภคว่า มีรสหวานเนื้อในนุ่มตลอดทั้งผล เนื่องจากแกนในของกล้วยไม่กระด้าง ทำให้เกิดความกลมกลืนกับรสชาติที่หวานของกล้วยไข่ขณะรับประทาน จึงเป็นที่นิยมบริโภคผลไม้ตามฤดูกาลโดยทั่วไป (5)

ปัจจุบันพบว่ากล้วยที่ประเทศไทยส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศเกือบทั้งหมดเป็นกล้วยไข่ ประเทศที่ตลาดรับซื้อได้แก่ ฮ่องกง สิงคโปร์ ญี่ปุ่น ไต้หวัน บรูไน ฝรั่งเศส และออสเตรเลีย ซึ่งในปี พ.ศ.2539 ประเทศไทยส่งออกกล้วยไข่เป็นจำนวน 1,981 ตันคิดเป็นมูลค่า 12.7 ล้านบาท แต่เมื่อปี พ.ศ.2541 พบว่าปริมาณการส่งออกลดลงเหลือเพียง 1,025 ตัน คิดเป็นมูลค่า 9.6 ล้านบาท และมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณการส่งออกลดลงอีก ทั้งนี้ เนื่องจากประสบปัญหาคุณภาพไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศ ปัญหาด้านคุณภาพที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของกล้วยไข่ไม่ว่าจะเป็นตลาดภายในหรือตลาดส่งออกคือเรื่องผิวตกกระ (senescent spotting) โดยที่เปลือกผลจะเกิดจุดสีน้ำตาล และจะขยายขนาด เพิ่มจำนวนและความหนาแน่นขึ้นเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะที่ไม่พึงต้องการของผู้บริโภค ผิวตกกระมักเกิดขึ้นในระยะสุดท้ายของการสุก โดยเฉพาะกล้วยไข่ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมต่อการบริโภคอาการตกกระจะเห็นได้ตั้งแต่ผิวผิวกล้วยไข่สุกเปลี่ยนสี

ผิว คือผิวผลกล้วยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแต่บริเวณขั้วผลยังเป็นสีเขียวอยู่ ในระยะเริ่มแรกจุดตกกระจะมีขนาดเล็กสีน้ำตาลกระจายไปยังส่วนต่างๆของเปลือกทั่วทั้งผล และเห็นได้ชัดเมื่อกล้วยไข่สุกมากขึ้น จุดตกกระจะขยายขนาดเชื่อมติดกันเกิดเป็นแผลสีน้ำตาลเข้มและดำในที่สุดวัยของผลกล้วยที่ต่างกันจะไม่มีความแตกต่างของผิวตกกระเมื่อกล้วยเข้าสู่ระยะสุดท้ายของการสุก แต่ผลกล้วยที่มีความแก่ของผลน้อยกว่าจะมีการพัฒนาของผิวตกกระช้ากว่าผลกล้วยที่มีความแก่ของผลมาก แสดงให้เห็นว่าผิวตกกระจะพัฒนาได้ต้องผ่านขบวนการสุกก่อน ทำให้ดูเหมือนกว่าผลกล้วยไข่สุกที่เกิดตกกระเป็นโรคแอนแทรคโนส (anthracnose) การตกกระของกล้วยไข่เป็นความผิดปกติทางด้านสรีระวิทยา (physiological disorder) โดยในระยะเริ่มแรกจุดตกกระจะมีขนาดเล็กสีน้ำตาลกระจายไปยังส่วนต่างๆ ของเปลือกทั่วทั้งผล และจะขยายขนาด เพิ่มจำนวนและความหนาแน่นขึ้นเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น จุดตกกระจะขยายขนาดเชื่อมติดกันเกิดเป็นแผลสีน้ำตาลเข้มและดำในที่สุด โดยพบว่าสาเหตุที่กิดการตกกระมาจากสารพวกฟีนอลในเปลือกผล และกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด คือ phenylalanine ammonium lyase (PAL) and polyphenol oxidase (PPO; catechol oxidase) (6) จากปัญหาด้านคุณภาพของกล้วยที่มีลักษณะไม่เป็นที่พึงต้องการของผู้บริโภคจึงได้พัฒนาแก้ไขการควบคุมไม่ให้กล้วยไข่ตกกระสามารถทำได้โดยการบรรจุกล้วยไข่ที่สุกในถุงที่มีส่วนประกอบหลักเป็นพลาสติกโพลีเอทธิลีน (9) ผลการทดลองพบว่าการเติมสาร 1-เมธิลไซโครโปรพีนลงในพลาสติกโพลิเอทธิลินสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยได้นานกว่าการใช้พลาสติกโพลิเอทธิลีนเพียงอย่างเดียว และมีการทดลองห่อหุ้มกล้วยไข่ที่อยู่บนถาดโฟมด้วยพลาสติกฟิล์มพีวีซีและพีอีที (24) การเคลือบผิวผลกล้วยไข่ด้วยสารเคลือบผิว (10) การใช้สารเคลือบผิวเป็นการยืดอายุการเก็บรักษากล้วยด้วยกลไกใช้แผ่นฟิล์มเคลือบที่มีคุณสมบัติเป็นเยื่อเลือกผ่านเช่นเดียวกับวิธีการใส่ถุงพลาสติกโพลีเอทธิลีน ซึ่งเป็นการป้องกันไม่ให้ แก๊ส ไอระเหย และสารถูกละลาย เข้าออกจากอาหาร จึงยืดอายุการเก็บรักษา แต่การเคลือบด้วยสารเคลือบจะมีข้อดีเหนือกว่าการใส่ถุงพลาสติกโพลิเอทธิลีนคือลดขั้นตอนการขึ้นรูปเป็นถุง และขั้นตอนการบรรจุกล้วยลงในถุง โดยที่วิธีการเคลือบด้วยสารเคลือบสามารถทำได้โดยการสเปรย์เคลือบหรือการชุบเคลือบ ซึ่งสะดวก และสามารถทำได้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

อนุกรมวิธานกล้วยไข่ (24)

Class	Monocotyledoneae
Order	Zingberales
Family	Musaceae
Genus	Musa
Section	Eumusa
Species	Kluai Khai
ชื่อวิทยาศาสตร์	Musa (AA group) " Kluai Khai "

ลักษณะทั่วไป (4)

ต้น ลำต้นสูง 2. 5 - 3 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 - 20 เซนติเมตร กาบลำต้นด้านนอกสีเขียวปนเหลือง มีประสีน้ำตาลอ่อน ด้านในสีชมพูอมแดง

ใบ ก้านใบสีเขียวอมเหลือง มีร่องกว้าง โคนก้านมีครีบสีชมพู

ดอก ก้านช่อดอก มีขนอ่อน ปลีรูปไข่ ม้วนงอขึ้น ปลายแหลม ด้านนอกสีแดงอมม่วง ด้านในที่โคนกลีบสีซีด

ผล เครือหนึ่งมี 6 - 7 หวี หวีหนึ่งมีประมาณ 14 ผล ผลค่อนข้างเล็ก ก้านผลสั้น เปลือกผลบางเมื่อสุก มีสีเหลืองสดใส บางครั้งมีจุดดำเล็ก ๆ ประปราย เนื้อสีครีม อมส้ม รสหวาน

แหล่งปลูกที่เหมาะสม (24)

สภาพพื้นที่

- พื้นที่ดอน หรือพื้นที่ราบ ไม่มีน้ำท่วมขัง
- ความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 1,200 เมตร
- มีแหล่งน้ำธรรมชาติ หรืออยู่ในเขตชลประทาน
- การคมนาคมสะดวก

ลักษณะดิน

- ดินร่วน, ดินร่วนเหนียว หรือดินร่วนปนทราย - มีความอุดมสมบูรณ์สูง ระบายน้ำดี - ระดับน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 75 เซนติเมตร - ค่าความเป็นกรดด่างของดินระหว่าง 5.0-7.0

สภาพภูมิอากาศ

- อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต ระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส
- ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี
- ไม่มีลมแรงพัดผ่านเป็นประจำ
- มีแสงแดดจัด

แหล่งน้ำ

- มีน้ำใช้เพียงพอตลอดฤดูปลูก
- เป็นแหล่งน้ำสะอาด ค่าความเป็นกรดด่างของน้ำระหว่าง 5.0-9.0

พันธุ์ (4)

กล้วยไข่มี 2 สายพันธุ์ คือ กล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร และกล้วยไข่พระตระบอง พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้าคือ กล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร

1. กล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร

ลักษณะกาบใบเป็นสีน้ำตาลหรือช็อกโกแลต ร่องก้านใบเปิดและขอบก้านใบขยายออก ใบมีสีเหลืองอ่อน ไม่มีนวล ก้านเครือมีขนขนาดเล็ก ผิวเปลือกผลบาง ผลเล็ก เนื้อมีสีเหลือง รสชาติหวาน

2.กล้วยไข่พระตะบอง

ลักษณะกาบใบเป็นสีน้ำตาลปนดำ สีของใบเข้มกว่าสายพันธุ์กำแพงเพชร รสชาติจะออกหวานอมเปรี้ยว และผลมีขนาดใหญ่กว่ากล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร

การปลูก (24)

การเตรียมดิน

- วิเคราะห์ดิน เพื่อประเมินค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดิน และความเป็นกรดด่างของดิน ปรับสภาพดินตามคำแนะนำก่อนปลูก
- ไถพรวน ตากดินทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน เพื่อลดการระบาดของศัตรูพืช คราดเก็บเศษวัชพืชออกจากแปลง

ฤดูปลูก

- ช่วงเวลาการปลูก ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ประมาณเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน

วิธีการปลูก

- ปลูกด้วยหน่อใบแคบที่มีความสมบูรณ์ดี

- เตรียมหลุมปลูกขนาด 50x50x50 เซนติเมตร

- รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกอัตรา 5 กิโลกรัมต่อหลุม คลุกเคล้ากับหน้าดินรองก้นหลุมปลูกถ้ามีการไว้หน่อ (Ratoon) เพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตต่อไปอีก 1-2 รุ่น ควรรองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟต อัตรา 100-200 กรัม/หลุม

- ระยะปลูก (1.5-1.75) x2 เมตร เป็นการปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตเพียงครั้งเดียว แล้วรื้อปลูกใหม่ 2x2 เมตรเป็นการปลูกสำหรับไว้ตอหรือหน่อ (Ratoon) เพื่อที่จะเก็บเกี่ยวผลผลิตของหน่อ (Ratoon) อีก 1-2 รุ่น

- การปลูก วางหน่อพันธุ์ที่หลุมปลูกให้ลึก 25-30 เซนติเมตร โดยจัดวางหน่อพันธุ์ให้ด้านที่ติดกับต้นแม่อยู่ในทิศทางเดียวกัน กลบดินลงหลุมปลูกและกดดินบริเวณโคนต้นให้แน่น แล้วรดน้ำให้ชุ่ม

การดูแลรักษา (24)

การปฏิบัติดูแลรักษา

การพรวนดิน ภายหลังปลูกกล้วยไข่ประมาณ 1 เดือนควรรีบทำการพลิกดินให้ทั่วทั้งแปลงปลูก เพื่อให้ดินเก็บความชื้นจากน้ำฝนไว้ให้มากที่สุด และเป็นการกำจัดวัชพืชไปด้วย ขณะที่รากกล้วยยังขยายไปไม่มากนัก

การกำจัดวัชพืช

ควรกำจัดวัชพืชปีละ 3 ครั้ง ครั้งแรกพร้อม ๆ กับการพลิกดิน ส่วนครั้งที่ 2 และ 3 ให้พิจารณาจากปริมาณวัชพืช แต่จะทำก่อนที่ต้นกล้วยตกเครือ

การให้ปุ๋ย

ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 1 ครั้ง เช่น ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักก่อนปลูกอัตรา 3-5 กิโลกรัมต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมี 4 ครั้ง ครั้งที่ 1 และ 2 เป็นระยะที่กล้วยมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 หรือ 15-15-15 อัตรา 125-250 กรัมต่อต้นต่อครั้ง หลังจากปลูก 1 และ 3 เดือน การให้ปุ๋ยเคมีครั้งที่ 3 และ 4 จะให้ปุ๋ยเคมีภายหลังจากปลูก 5 และ 7 เดือน ซึ่งเป็นระยะที่กล้วยใกล้จะให้ผลผลิต จะให้ปุ๋ยเคมีสูตร 12-12-24, 13-13-21 หรือ 14-14-21 อัตรา 125-250 กรัมต่อต้นต่อครั้ง วิธีการใส่ปุ๋ยเคมีโรยห่างจากต้นประมาณ 30 เซนติเมตร หรือใส่ลงในหลุมลึกประมาณ 10 เซนติเมตร 4 ด้าน แล้วพรวนดินกลบ

การให้น้ำ

ในฤดูฝน เมื่อฝนทิ้งช่วง เมื่อสังเกตหน้าดินแห้งและเริ่มแตก ควรรีบให้น้ำในฤดูแล้ง เริ่มให้น้ำตั้งแต่หมดฝน ประมาณปลายเดือนมกราคม-พฤษภาคม วิธีการให้น้ำใช้วิธีปล่อยให้น้ำไหลเข้าไปในแปลงย่อยเป็นแปลง ๆ เมื่อดินมีความชุ่มชื้นดีแล้ว จึงให้แปลงอื่นต่อไป

การพูนโคน

โดยการโกยดินเข้าสุมโคนกล้วย ช่วยลดปัญหาการโค่นล้มของต้นกล้วยเมื่อมีลมแรง โดยเฉพาะต้นตอที่เกิดขึ้นระยะหลังโคนจะลอยขึ้นทำให้กล้วยโค่นล้มลงได้ง่าย

การแต่งหน่อ

เครื่องมือที่ใช้ในการแต่งหน่อ คือ มีดยาวปลายขอ ชาวบ้านเรียกว่า มีดขอ การแต่งหน่อทุกครั้งโดยเฉือนเฉียงตัดขวางลำต้นเอียงทำมุม45 องศากับลำต้นโดยครั้งแรก เฉือนให้รอบเฉือนด้านล่างอยู่สูงจากโคน

ต้นประมาณ 4-5 นิ้ว หลังจากนั้นอีกประมาณ20-30 วัน จึงเฉือนหน่อครั้งที่2 ให้รอบเฉือนครั้งใหม่อยู่ทิศทางตรงข้าม กับรอยเฉือนครั้งก่อน และให้รอยเฉือน มุมล่างสุดครั้งใหม่อยู่สูงจากรอยเฉือนมุมบนครั้งก่อน 4-5 นิ้ว ทำการแต่งหน่อเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่า จะถึงเวลาที่เหมาะสม ก็จะปล่อยหน่อให้เจริญเติบโตเป็นกล้วยตอต่อไป หรืออาจขุดหน่อไว้สำหรับปลูกใหม่หรือขายก็ตาม

การตัดแต่งและการไว้ใบ

การไว้ใบกล้วยไข่ในระยะต่าง ๆ มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโต การปฏิบัติดูแลรักษาปัญหาโรคและแมลง ตลอดจนผลผลิต และคุณภาพผลในช่วงแรกระยะการเจริญเติบโต ควรไว้จำนวน 12 ใบ ถ้ามากกว่านี้จะมีปัญหาทำให้การปฏิบัติดูแลรักษาทำได้ยากลำบาก โรคแมลงจะมากขึ้นเกิดการ แย่งแสงแดด ลำต้น จะสูง บอบบางไม่แข็งแรง เกิดการหักล้มได้ง่าย ในทางตรงข้ามถ้าจำนวนใบ มีน้อยเกินไปจะทำให้การเจริญเติบโต ไม่ดี ลำต้นไม่สมบูรณ์ ดินสูญเสียความชื้นได้เร็ว ปัญหาวัชพืชจะมากขึ้นภายหลังกล้วยตกเครือ แล้วควรตัดแต่งใบออก เหลือไว้เพียงต้นละ 9 ใบ ก็พอ ถ้าเหลือใบไว้มากจะทำให้ต้นกล้วยรับน้ำหนักมาก จะทำให้เกิดการหักล้มได้ง่าย

ระยะกล้วยมีน้ำหนักเครือ มากขึ้น และถ้าหากตัดแต่งใบออกมากเกินไป เหลือจำนวนใบไว้น้อย จะทำให้บริเวณคอเครือและผลกล้วยถูกแสงแดดเผา เป็นเหตุให้กล้วยหักพับบริเวณ คอเครือก่อนเก็บเกี่ยว และผลเสียหายไม่สามารถนำไปขายได้

การค้ำเครือ

เมื่อกล้วยตกเครือจะมีน้ำหนักมาก จึงควรมีการป้องกันลำต้นหักล้ม ซึ่งกระทำได้โดยการปักหลักผูกยึดติดกับลำต้น การปักหลักต้องปักลงไปในดินให้แน่นทิศทางตรงข้ามกับเครือกล้วยให้แนบชิดกับลำต้นกล้วยมาก ที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผูกยึดลำต้นกล้วยให้ตรึงกับไม้หลักสัก 3 ช่วง ดังนี้ คือบริเวณช่วงโคนต้น กลางต้น และคอเครือโดยใช้ปอกล้วยหรือปอฟางก็ได้ ถ้าใช้ไม้รวกสำหรับค้ำเครือควรจะนำไปแช่น้ำ 15-20 วัน เสียก่อนแล้วนำมาตากแดดให้แห้งจึงค่อยนำไปใช้

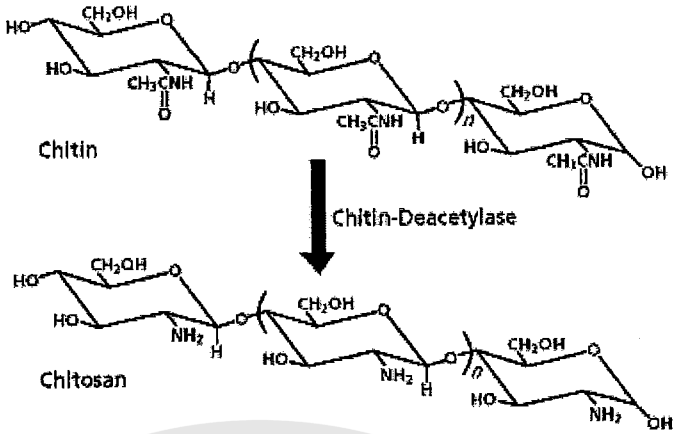
การตัดปลี

กล้วยไข่ที่มีการเจริญเติบโตและสมบูรณ์ หลังจากปลูก 7-8 เดือน ก็จะแทงปลีแต่ถ้าการเจริญเติบโต และความสมบูรณ์ไม่ดี การแทงปลีก็จะช้าออกไปอีก ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มแทงปลีจนถึงปลีคล้อยตัวลง มาสุดจะ ใช้เวลาประมาณ 7 วัน หลังจากนั้นปลีจะบาน ระยะเวลาตั้งแต่ปลีเริ่มบานหวีแรกจนสุด หวีสุดท้ายจะใช้เวลาอีกประมาณ 7 วัน รวมระยะเวลาตั้งแต่ออกปลี จนสามารถตัดปลีทิ้งประมาณ 15 วัน ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของต้นกล้วยและช่วงฤดูที่กล้วยตกปลี

การเก็บเกี่ยว (24)

ปกติหลังจากตัดปลีแล้วประมาณ 45 วัน เป็นเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว ถ้าปล่อยไว้นานกว่านี้ผลกล้วยอาจแตก และสุกคาต้น หรือที่ชาวสวนเรียกว่ากล้วยสุกลม รสชาติไม่อร่อย สีของผิวกระด้างไม่นวลสวยเหมือนที่นำไปบ่มกล้วยไข่ที่ตกเครือในช่วงฤดูหนาว ซึ่งผลจะแก่ช้ามีผลทำให้อายุการเก็บเกี่ยวต้องยาวนาน ออกไปถึง 50-55 วัน หลังตัดปลี

ไคโตซาน (Chitosan)



รูปที่ 2-1 การสังเคราะห์ไคโตซาน

ไคโตซาน [(1⟶4)-2-amino-2-deoxy-b-D-glucan] เป็นสารประกอบจำพวกคาร์โบไฮเดรต ประเภทโพลิแซกคาร์ไรด์ (polysaccharide) สกัดได้จากเปลือกกุ้งขนาดกลาง ขนาดเล็ก กุ้งก้ามกราม หรือปูแกนปลาหมึก เป็นอนุพันธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงของไคตินโดยปฏิกริยา deacetylation สามารถละลายได้ในสารละลายที่มี pH < 6.5 ละลายในสารละลายกรดอินทรีย์เจือจาง เช่น acetic acid, formic acid, lactic acid, malic acid, succinic acid, tartaric acid และ citric acid จะได้ โพลิเมอร์ที่มีประจุบวก นอกจากนี้ยังสามารถละลายได้บ้างในกรดอนินทรีย์เจือจางยกเว้น phosphoric และ sulfuric acid (25-28)

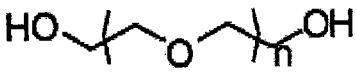
ไคโตซานมีมากในธรรมชาติ ราคาถูก ย่อยสลายได้ในสิ่งมีชีวิต (biodegradable) เข้ากับสิ่งมีชีวิต (biocompatible) ไม่เป็นพิษ (nontoxic) ไคโตซานสามารถก่อตัวเป็นแผ่นฟิล์มที่มีคุณสมบัติควบคุมป้องกันการระเหยของน้ำ(25-28)และสารอื่นๆ สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้หลายประการเช่น เป็นแผ่นฟิล์มปิดรักษาแผล (12) ฟิล์มเคลือบเม็ดยาชนิดควบคุมการปลดปล่อย (17,18) เคลือบผลไม้หลายชนิด เช่น พีช ตระกูลส้ม (15) สตรอว์เบอร์รี่ (16) มะเขือเทศ (17) ลิ้นจี่ (18) ลำไย (19) นอกจากนี้ ไคโตซานมีสมบัติในการต่อต้านจุลลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด (29)

ชนิดของไคโตซาน แบ่งตามน้ำหนักโมเลกุล

1. ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan) น้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่า 250 กิโลดาลตัน)
2. ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan) น้ำหนักโมเลกุล 250 ถึง 500 กิโลดาลตัน)
3. ไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลสูง (high molecular weight chitosan) น้ำหนักโมเลกุลมากกว่า500 กิโลดาลตัน

ไคโตซานมีข้อเสียคือ ความสามารถในการละลายน้อยในน้ำแต่จะละลายได้ดีในสภาวะกรด การนำไคโตซานที่ละลายในกรดมาทำการเคลือบผิวของผลไม้จะทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่ผิวของผลไม้เร็วขึ้นและผลไม้จะมีรสและมีกลิ่นที่อาจทำให้ผลไม้เสียรสชาติไปจากเดิม ดังนั้นการปรับปรุงแก้ไขความสามารถในการละลายของไคโตซาน ให้สามารถละลายน้ำได้จะทำให้การเคลือบผิวของผลไม้เป็นไปได้ง่าย ปลอดภัย

Polyethylene Glycols (30)



รูปที่ 2-2 สูตรโครงสร้างของ Polyethylene Glycols

เป็นสารกลุ่ม Glycol ether ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง ethylene oxide กับ NaOH ในอุณหภูมิ 120 – 135 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 4 atm. สามารถละลายในน้ำ และ organic solvents มีทั้งอยู่ในรูป waxy solid และของเหลว (liquid) โดย Polyethylene Glycols 200,300,400 และ 600 จะอยู่ในรูปของเหลว ใส หนืด ที่อุณหภูมิห้อง และ Polyethylene Glycols 900,1000,1450 และ 8000 จะอยู่ในรูป waxy solid สีขาว เนื่องจาก Polyethylene Glycols มีคุณสมบัติ vapor pressure, solubility, solvent power, hygroscopicity, viscosity และ lubricants จึงมีการนำไปใช้ เป็น plasticizers, lubricants, conditioners

Polysorbate 80 (30)

ในทางการค้ามีชื่อว่า คือ Tween 80 จัดสารลดแรงตึงผิวและสารก่ออิมัลชั่นที่ไม่มีประจุ (noniomics) มีการใช้ในทางอาหาร โดยได้มาจาก polyoxylated sorbitol และ oleic acid ซึ่ง Polysorbate 80 เป็นสารที่มีความหนืด ละลายน้ำเป็นของเหลวสีเหลือง มี hydrophilic groups ในส่วนประกอบของ polyethers หรือที่รู้จักกันในชื่อ polyoxyethylene groups

ชื่ออื่น Polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate

(x)-sorbitan mono-9-octadecenoate poly (oxy-1,2-ethanediyl)

Tween 80

POE (20) sorbitan monooleate

IUPAC name: polyoxyethylene (20) sorbitan monooleate

มวลโมเลกุล: 1310 g/mol

ความหนาแน่น: 1.06-1.09 g/mL

ความหนืด: 300-500 centistokes (ที่25°C)

ความสามารถในการละลายและตัวทำละลาย: ละลายได้ดีในน้ำและเอทานอล

Polysorbates มีหลาย series ทำให้ได้สารที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป โดยมีค่า HLB ต่างๆ กัน ในทางการค้ามีชื่อว่า Tween (Atlas Powder Company) เช่น

Tween 80: Polysorbate 80 Polyoxyethylene (20) Sorbitan monooleate (yellow liquid) HLB 15.0

Tween 60: Polysorbate 60: Polyoxyethylene (20) Sorbitan monosterate (yellow liquid) HLB 14.9

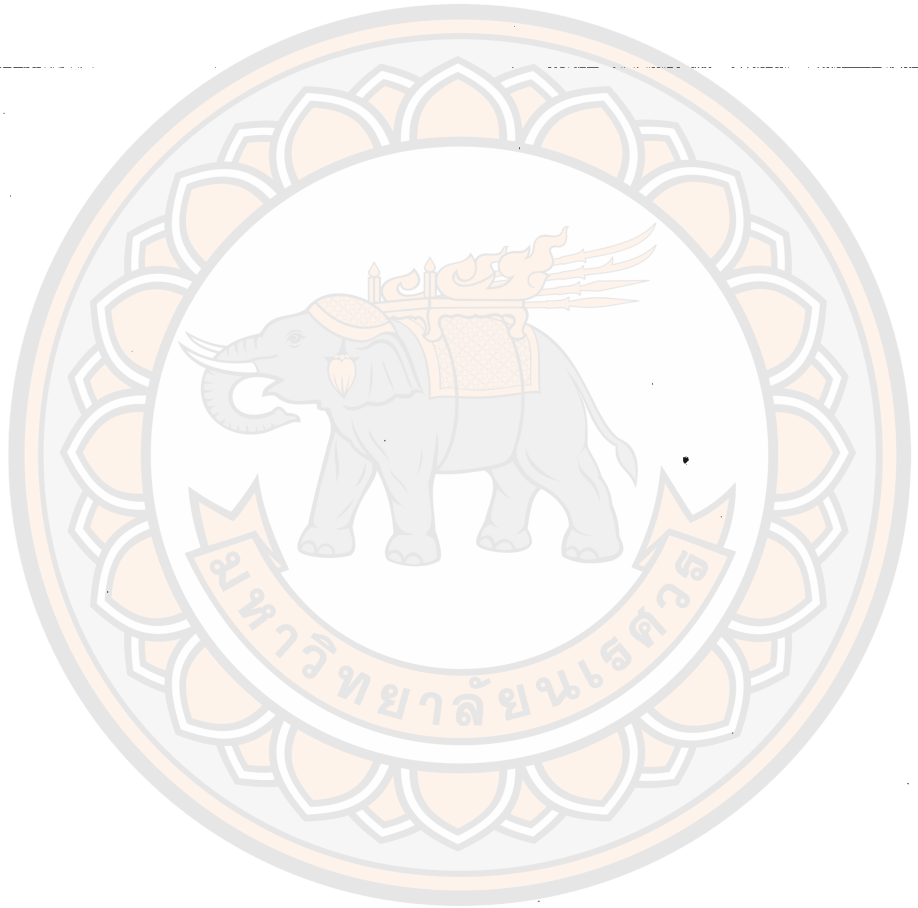
Tween 40: Polysorbate 40: Polyoxyethylene (20) Sorbitan monopalmitate (yellow liquid) HLB 15.6

Tween 20: Polysorbate 60: Polyoxyethylene (20) Sorbitan monolaurate (yellow liquid) HLB 16.7

หมายเลข 20 หมายถึงจำนวน oxyethylene ในสูตรโมเลกุล

Polysorbate คงตัวดีแม้ในอิเล็กโทรไลต์ที่มีความเข้มข้นสูงๆ และ pH ในช่วงกว้าง นิยมใช้ร่วมกับ sorbitan ester โดยเมื่อนำมาผสมกันจะทำให้ได้ชนิดของอิมัลชันตามต้องการ สารทำอิมัลชันอาจใช้เดี่ยวๆ หรือใช้ร่วมกันก็ได้ นิยมเติมสารทำอิมัลชันมากกว่า 1 ชนิด จะทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากกว่าการใช้สารทำ

อิมัลชันเดี่ยวๆ ตัวอย่างเช่น การใช้ Span ร่วมกับ Tween จะนิยมใช้คู่ที่มีความยาวของ hydrocarbon chain ที่เหมือนกัน เช่น Span 20 ร่วมกับ Tween 20 จะทำให้เกิด complex interfacial film และแข็งแรงรอบๆ หยดของวัฏภาคภายใน จึงป้องกันการรวมหยดของวัฏภาคภายในได้ดีขึ้น จะทำให้อิมัลชันมีความคงตัวมากขึ้น



บทที่ 3
วิธีการที่ใช้ในการศึกษา

สารเคมีที่ใช้ในการเตรียมการศึกษา

1. Low molecular weight chitosan (MW < 250 kDa), a deacetylation degree of 96% . Aqua Premier Co.,Ltd.Chonburi,Thailand
2. Medium molecular weight chitosan (MW 250-500 kDa), a deacetylation degree of 96% . Aqua Premier Co.,Ltd.Chonburi,Thailand
3. Polysorbate (Tween 80), Lot 601858 บริษัท ศรีจันทร์สหโอสถ จำกัด Thailand
4. Acetic acid glacial (analycal grade, Lot 03090032 .Lab scan Asia Co.,Ltd., Thailand
5. Polyethylene glycol (PEG400)
6. น้ำกลั่น
7. Magnesium sulfate ($MgSO_4$) หจก. โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย จ.เชียงใหม่

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

1. บีกเกอร์ ขนาด 50, 100, 250, 600 และ 1000 มิลลิลิตร
2. กระบอกตวง ขนาด 10, 25 และ 50 มิลลิลิตร
3. ช้อนเขา
4. Petri disk
5. Magnetic stirrer
6. Magnetic bar
7. Hot air oven
8. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
9. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
10. Pycnometer
11. Dunouy tensiometer
12. เครื่องวัดความยืดหยุ่น Instron
13. เครื่องวัดความหนืด brookfield Model DV-III

วิธีการดำเนินการทดลอง

1.การเตรียมสารละลายกรด acetic acid ความเข้มข้น 1 % w/v

1. เตรียมน้ำกลั่นปริมาตร 990 ml ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 ml
2. ตวงกรด acetic acid ความเข้มข้น 100 % w/v มา 10 ml
3. เติมกรด acetic acid เทลงน้ำกลั่นที่เตรียมไว้ แล้วใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

2.การเตรียมสารละลายของ low/medium molecular weight chitosan

สูตรตำรับที่ต้องเตรียมทั้งหมด 15 สูตร ดังนี้

ตารางที่ 3-1 สูตรตำรับ low/medium molecular weight chitosan

ส่วนประกอบ % w/v		
Chitosan	PEG 400	Tween 80
1.00	-	-
1.00	0.50	-
1.00	1.00	-
1.00	-	0.50
1.00	-	1.00
1.00	0.25	0.25
1.00	0.50	0.50
2.00	-	-
2.00	0.50	-
2.00	1.0	-
2.00	-	0.50
2.00	-	1.00
2.00	0.25	0.25
2.00	0.50	0.50
3.00	-	-

หมายเหตุ : แสดงอัตราส่วนแสดงการเติม PEG 400 และ Tween 80

PEG-400

ที่ 0.25 (%w/v) PEG 400 จะเติม PEG 400 หนัก 0.5 กรัม

ที่ 0.5 (%w/v) PEG 400 จะเติม PEG 400 หนัก 1.0 กรัม

ที่ 1.0 (%w/v) PEG 400 จะเติม PEG 400 หนัก 2.0 กรัม

Tween80

ที่ 0.25 (%w/v) Tween 80 จะเติม Tween 80 หนัก 0.5 กรัม

ที่ 0.5 (%w/v) Tween 80 จะเติม Tween 80 หนัก 1.0 กรัม

ที่ 1.0 (%w/v) Tween 80จะเติม Tween 80 หนัก 2.0 กรัม

การเตรียม low/medium molecular weight chitosan 1, 2 และ 3 % w/v

1. เตรียม acetic acid ความเข้มข้น 1 % w/v 200 ml ใส่ในบีกเกอร์ 600 ml ใส่ magnetic bar ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลาย acetic acid ความเข้มข้น 1% w/v วางบีกเกอร์ลงบนเครื่อง magnetic stirrer
2. ชั่ง low หรือ medium molecular weight chitosan บนกระดาษชั่งในปริมาณ 2 ,4, 6 กรัม เพื่อเตรียมสารละลายที่ความเข้ม 1, 2 และ 3 % w/v ตามลำดับ
3. เปิดเครื่อง นำบีกเกอร์ไปตั้งบนเครื่อง magnetic stirrer

   - ค่อยๆโปรยไคโตซานใส่ลงในบีกเกอร์จนหมด เพื่อให้ไคโตซานกระจายตัวและไม่ให้จับตัวเป็นก้อน
   - ปิดปากบีกเกอร์ด้วย paraffin sealing film และปั่นทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง (สำหรับ low molecular weight chitosan) และปั่นไว้ 24 ชั่วโมง (สำหรับ medium molecular weight chitosan) พองตัวเต็มที่
   - ในการเตรียมสารละลายที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v จะนำออกมาเติม PEG 400 และ/หรือ Tween 80 ในสูตรที่ต้องเติม แล้วนำกลับไป ปั่นทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง ให้เข้ากัน แต่ที่ความเข้มข้น 3% w/v จะไม่มีการเติมทั้ง PEG 400 และ Tween 80
   - ปิดเครื่อง magnatic stirrer ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง เพื่อให้ฟองที่เกิดจากการปั่นหมดไป

3.การเตรียมฟิล์มจากสารละลายไคโตซาน

1. เทสารละลายไคโตซานที่ได้จากการเตรียมข้างต้น ในแต่ละสูตรมาเทลงในเพลต ๆ ละ 20.0 กรัม
2. นำไปอบในตู้อบ hot air oven ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนแผ่นฟิล์มแห้งสนิท
3. นำฟิล์มมาลอกออกทีละแผ่น
4. ประเมินลักษณะเบื้องต้นของแผ่นฟิล์ม

4. การประเมินคุณสมบัติของสารละลายไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน

4.1 การประเมินความใสและสีของสารละลาย โดยการสังเกตลักษณะสารละลายที่อุณหภูมิห้อง

4.2 การประเมินแรงตึงผิวของสารละลาย โดยใช้เครื่องวัดแรงตึงผิว Dunouy tensiometer

4.3 การประเมินความหนืดของสารละลาย

เครื่อง brookfield Model DV-III โดยใช้ spindle ULA ที่ RPM 100 รอบ/นาที ในการวัดความหนืด Low molecular weight chitosan

เครื่อง brookfield Model DV-III โดยใช้ spindle LA2 ที่ RPM 100รอบ/นาที ในการวัดความหนืด medium molecular weight chitosan

4.4 การประเมินความหนาแน่นของสารละลาย โดยใช้ pycnometer

1. ชั่งน้ำหนักขวด pycnometer (W_0)
2. ดูปริมาตรของ pycnometer ที่บรรจุได้ในแต่ละอัน (V)
3. เทสารละลายใส่ pycnometer จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W_1)
4. คำนวณน้ำหนักสารละสาย (W_L) โดย $W_L = W_1 - W_2$
5. คำนวณความหนาแน่น (D) โดย $D = W_L / V$

5. การประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน

5.1 การประเมินความใสและสีของแผ่นฟิล์ม โดยการสังเกตลักษณะของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิห้อง

5.2 การประเมินความกรอบของแผ่นฟิล์ม

ทดลองพับแผ่นฟิล์ม 180 องศา แล้วสังเกตลักษณะของแผ่นฟิล์ม * แตก = ไม่มีความยืดหยุ่น * ไม่แตก = มีความยืดหยุ่นดีมาก

5.3 การประเมินความหนาของแผ่นฟิล์ม

ใช้เครื่องวัดความหนา (micrometer caliper) ทดลองวัดความหนา n = 3 แล้วทำการวัดความหนาของแผ่นฟิล์ม 10 จุด ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.4 การประเมินการซึมผ่านของไอน้ำ (n = 3)

1. อบซิลิกาเจลที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. บรรจุซิลิกาเจล 20 กรัม (W_0) ลงในขวดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว
3. ตัดแผ่นฟิล์มเป็นวงกลมซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 นิ้ว มาปิดปากขวดที่บรรจุซิลิกาเจล
4. ชั่งน้ำหนักขวด + ซิลิกาเจล + ฟิล์ม ซึ่งจะเป็นน้ำหนักเริ่มต้น (W_1)
5. นำไปใส่ dessicator เก็บในความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 75
6. ชั่งน้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงที่เวลา 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 40, 48 ชั่วโมง (W_2)
7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซิลิกาเจล โดย

สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซิลิกาเจล

$$\% \text{ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของซิลิกา} = \frac{\text{น้ำหนักที่เวลาชั่วโมงต่างๆ } (W_2) - \text{น้ำหนักที่เวลา 0 ชั่วโมง } (W_1)}{\text{น้ำหนักซิลิกาเริ่มต้น } (W_0)} \times 100$$

5.5 ประเมินการดูดซับน้ำ (n = 3)

1. ตัดตะแกรงลวดขนาดประมาณ 3x3 นิ้ว เพื่อไว้วางแผ่นฟิล์มที่ทดสอบ
2. ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 1 ตารางนิ้ว แล้วชั่งน้ำหนักแผ่นฟิล์ม (W_0)
3. ชั่งน้ำหนักรวมของแผ่นฟิล์มและตะแกรงลวด ซึ่งเป็นน้ำหนักรวมก่อนดูดซับน้ำ (W_1)
4. นำแผ่นฟิล์มไปใส่ลงในน้ำกลั่นที่มีปริมาตรประมาณ 70 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณที่ทำให้แผ่นฟิล์มทั้งแผ่นจมน้ำได้
5. ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เพื่อให้แผ่นฟิล์มจะสามารถดูดซับน้ำได้เต็มที่
6. ชั่งน้ำหนักรวมของแผ่นฟิล์มและตะแกรงลวดหลังจากแผ่นฟิล์มดูดซับน้ำ ซึ่งเป็นน้ำหนักรวมหลังดูดซับน้ำ (W_2)
7. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม โดย

สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม

$$\% \text{ น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม} = \frac{\text{น้ำหนักรวมก่อนดูดซับน้ำ } (W_2) - \text{น้ำหนักรวมหลังดูดซับน้ำ } (W_1)}{\text{น้ำหนักฟิล์มเปล่าเริ่มต้น } (W_0)} \times 100$$

5.6 ประเมินความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม ด้วยเครื่องวัดความยืดหยุ่น Instron (n = 3)

1. ตัดแผ่นฟิล์มขนาด 3.5 x 1 ตารางเซ็นติเมตร

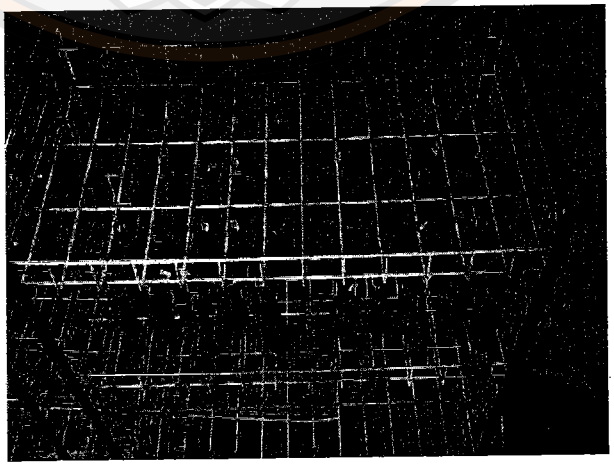
2. ขีดเส้นขอบแผ่นฟิล์มทั้งสองด้านด้านละ 1 เซ็นติเมตร เพื่อเป็นที่หนีบคลิบของเครื่อง
3. ทำการวัดความยืดหยุ่นโดยกำหนด แรงกระทำที่ 5 นิวตัน แล้วดูระยะที่แผ่นฟิล์มสามารถยืด

6.ศึกษาวิธีการเคลือบฟิล์มลงบนกล้วยไข่

1. แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ 1.กลุ่มควบคุมซึ่งจะแบ่งออกเป็นจุ่มน้ำและไม่จุ่มน้ำ 2. กลุ่มทดลองที่นำไปเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบ
2. กลุ่มที่ทำการชุบเคลือบจะนำไปชุบเคลือบด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆผลละ 10 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3-1
3. กลุ่มที่ทำการพ่นเคลือบจะนำไปพ่นด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่างๆโดยใช้หัวฉีด ฉีดให้ทั่วผลกล้วยผลละ 20 มิลลิลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3-2
4. นำกล้วยจากทั้งสองกลุ่มการทดลองไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 3-3

รูปที่ 3-1 การพ่นเคลือบที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 3-2 การชุบเคลือบที่อุณหภูมิห้อง



รูปที่ 3-3 การนำไปผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

7. การประเมินความสามารถในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว

ประเมินทั้งหมด 4 ลักษณะ และบันทึกผลการทดลองทุก 2 วันเป็นเวลาติดต่อกันนาน 8 วัน ดังนี้

7.1 การประเมินการสูญเสียน้ำหนัก

1. เมื่อกล้วยไข่ที่เคลือบแห้งแล้ว จึงชั่งน้ำหนักกล้วยไข่ (W_1)
2. ชั่งหนักหนักกล้วยไข่ทุก 2 วัน (W_2) จนครบ 8 วัน
3. คำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของกล้วยไข่ ดังนี้

สูตรการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่สูญเสียของกล้วยไข่

$$\% \text{ น้ำหนักที่สูญเสียของกล้วยไข่} = \frac{\text{น้ำหนักกล้วยหลังจากเคลือบ } (W_1) - \text{น้ำหนักกล้วยที่วันต่างๆ } (W_2)}{\text{น้ำหนักกล้วยหลังจากเคลือบ } (W_1)} \times 100$$

7.2 ประเมินการติดของฟิล์มบนผลกล้วยไข่

เมื่อกล้วยที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานแห้งแล้วนำมาประเมินลักษณะการติดของฟิล์มด้วยตาเปล่า เพื่อดูลักษณะของฟิล์มที่ติดบนผลกล้วยไข่ ความมันวาว รวมทั้งผลของความเข้มข้นสารละลายไคโตซานที่มีความหนืดเหมาะสมในการยึดเกาะกับผิวของกล้วยไข่ ซึ่งจะส่งผลต่อการยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยว มีเกณฑ์การประเมินการเคลือบติดของฟิล์ม ดังนี้

Scale 0 ผิวด้าน ไม่มีการติดของฟิล์ม

Scale 1 ผิวเป็นมันเพียงเล็กน้อย การติดของฟิล์มเพียงเล็กน้อย ไม่สม่ำเสมอ

Scale 2 ผิวเป็นมันเพียงเล็กน้อย การติดของฟิล์มเพิ่มมากขึ้นแต่ไม่สม่ำเสมอ

Scale 3 ผิวเป็นมันปานกลาง การติดของฟิล์มค่อนข้างสม่ำเสมอ

Scale 4 ผิวเป็นมันเกือบทั้งผล การติดของฟิล์มสม่ำเสมอ

Scale 5 ผิวมันเงาทั้งผล การติดของฟิล์มสม่ำเสมอ

7.3 ประเมินสีของกล้วยไข่ที่เปลี่ยนแปลงไป

เมื่อกล้วยที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานแห้งแล้วนำมาประเมินสีของกล้วยไข่ที่เปลี่ยนแปลงไปในวันแรกถือเป็น day 0 และติดตามการเปลี่ยนแปลงทุก 2 วันจนถึงวันที่ 8 เพื่อดูผลของสารละลายไคโตซานในสูตรตำรับต่างๆที่มีต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินสีดังแสดงในรูปที่ 4 และ scale ในการประเมิน ดังนี้

Scale 1 เปลือกเขียว ผลแข็ง ไม่มีการสุก

Scale 2 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองนิดๆ

Scale 3 เริ่มเปลี่ยนสีจากเขียวออกเหลืองมากขึ้นแต่ยังมีสีเขียวมากกว่าสีเหลือง

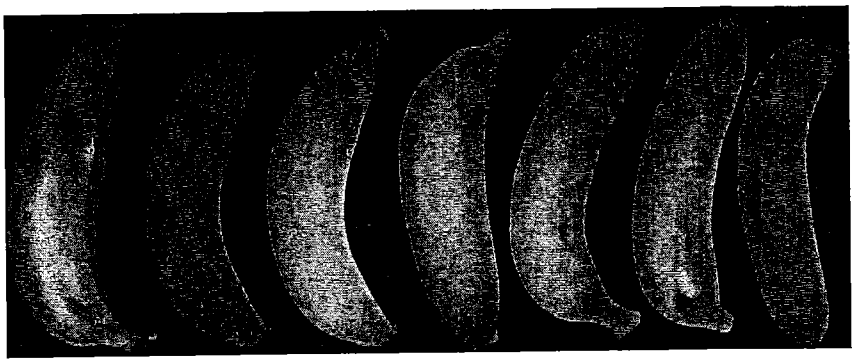
Scale 4 เริ่มเปลี่ยนสีเขียวออกเหลืองและมีสีเหลืองมากกว่าสีเขียว

Scale 5 เปลือกเป็นสีเหลือง แต่ปลายยังเป็นสีเขียว

Scale 6 ทั้งผลมีสีเหลือง (ผลสุก)

Scale 7 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม)

Scale 8 ผิวสีเหลืองและเริ่มมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป)
เนื้อเริ่มอ่อนตัวและมีกลิ่นแรง



รูปที่ 3-4 เกณฑ์การประเมินสีของกล้วยไข่

7.4 ประเมินการตกกระของกล้วยไข่

การตกกระของกล้วยไข่เป็นความผิดปกติทางด้านสรีระวิทยา (physiological disorder) สาเหตุการตกกระมาจากสารพวกฟีนอลในเปลือกผล และกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด คือ phenylalanine ammonium lyase (PAL) และ polyphenol oxidase (PPO; catechol oxidase)

กล้วยที่เคลือบด้วยสารละลายไคโตซานเมื่อแห้งแล้วนำมาประเมินการตกกระของกล้วยไข่ที่เกิดขึ้น โดยในวันแรกถือเป็น day 0 และติดตามการเปลี่ยนแปลงทุก 2 วันจนถึงวันที่ 8 เพื่อดูผลของสารละลายไคโตซานในสูตรตำรับต่างๆที่มีต่อการตกกระของกล้วยไข่ ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินตกกระของกล้วยไข่ ดังนี้

Scale 0 ไม่มีการตกกระเลย

Scale 1 เริ่มมีการตกกระเป็นจุดเล็กๆ

Scale 2 เริ่มมีการตกกระเป็นจุดเล็กๆจำนวนมากขึ้น

Scale 3 จุดตกกระเริ่มมีขนาดจุดเล็กๆมารวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น

Scale 4 จุดตกกระเริ่มมีขนาดจุดที่ใหญ่ขึ้นเป็นบริเวณน้อยกว่าครึ่งของผล

Scale 5 จุดตกกระมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นและกระจายเป็นบริเวณมากกว่าครึ่งผล

Scale 6 เริ่มเป็นปื้นสีดำเล็กน้อย

Scale 7 ปื้นสีดำมีขนาดใหญ่ขึ้น

Scale 8 ปื้นสีดำขนาดใหญ่กระจายทั่วผล

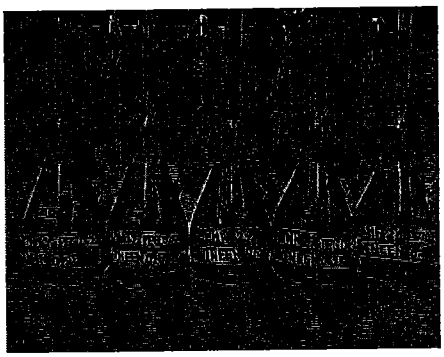
บทที่ 4
รายงานผล และ อภิปรายผลการศึกษา

1. ผลการประเมินคุณสมบัติของสารละลายและแผ่นฟิล์มจากไคโตซานและอนุพันธ์ของไคโตซาน

1.1 ผลการประเมินลักษณะสารละลายที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4-1 แสดงผลการประเมินความใส สี ความหนาแน่น แรงตึงผิว และความหนืดของสารละลายไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan)

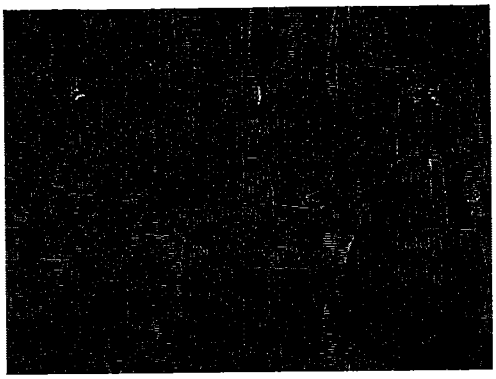
ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของสารละลาย				
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความใส	ความเข้มสีเหลือง	ความหนาแน่น (g/ml)	แรงตึงผิว (mN/m)	ความหนืด (cP)
1.00	-	-	ใส	+	1.0011	44.13±4.13	5.33±0.74
1.00	0.50	-	ใส	+	1.0018	51.31±3.52	3.35±0.03
1.00	1.00	-	ใส	++	1.0025	52.92±1.48	3.35±0.03
1.00	-	0.50	ใส	+	1.0018	41.26±0.35	3.46±0.07
1.00	-	1.00	ใส	+	1.0015	40.75±0.11	4.21±0.05
1.00	0.25	0.25	ใส	+	1.0015	41.91±0.22	4.24±0.00
1.00	0.50	0.50	ใส	+++	1.0017	42.07±0.06	4.17±0.09
2.00	-	-	ใส	++	1.0060	46.44±3.97	4.65±0.38
2.00	0.50	-	ใส	++	1.0069	46.87±7.22	6.76±0.15
2.00	1.0	-	ใส	++++	1.0061	45.54±1.86	6.91±0.28
2.00	-	0.50	ใส	++	1.0042	42.20±0.06	6.74±0.18
2.00	-	1.00	ใส	++	1.0059	41.65±0.00	8.53±0.28
2.00	0.25	0.25	ใส	++	0.9985	42.29±0.22	8.45±0.12
2.00	0.50	0.50	ใส	++++	1.0060	42.07±0.39	8.42±0.36
3.00	-	-	ใส	+++	1.0097	47.41±4.56	750.9±4.9



รูปที่ 4-1 แสดงลักษณะของสารละลาย low molecular weight chitosan

ตารางที่ 4-2 แสดงผลการประเมินความใส สี ความหนาแน่น แรงตึงผิว และความหนืดของสารละลายไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)

ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของสารละลาย				
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความใส	ความเข้มสีเหลือง	ความหนาแน่น (g/ml)	แรงตึงผิว (mN/m)	ความหนืด (cP)
1.00	-	-	ขุ่น+	+	1.0036	43.99±0.39	34.1±1.8
1.00	0.50	-	ขุ่น+	+	1.0023	43.00±2.90	23.5±1.8
1.00	1.00	-	ขุ่น+	+	1.0075	43.96±1.83	35.2±0.0
1.00	-	0.50	ใส	+	1.0019	40.53±0.56	30.9±6.7
1.00	-	1.00	ขุ่น+	+	0.9962	41.27±0.35	32.0±3.2
1.00	0.25	0.25	ขุ่น+	+	0.9946	39.73±0.48	27.7±1.8
1.00	0.50	0.50	ใส	+	0.9965	40.53±0.20	30.9±1.8
2.00	-	-	ขุ่น+	++	1.0085	44.35±0.17	149.3±1.8
2.00	0.50	-	ขุ่น+	++	1.0054	45.41±2.57	176.0±3.2
2.00	1.0	-	ขุ่น+++	++	1.0067	47.40±0.87	182.4±0.0
2.00	-	0.50	ขุ่น++	++	1.0066	40.21±0.44	157.9±4.9
2.00	-	1.00	ขุ่น+	++	0.9986	42.16±0.22	139.7±3.7
2.00	0.25	0.25	ขุ่น+	++	1.0029	39.60±0.39	157.9±1.8
2.00	0.50	0.50	ขุ่น+	++	1.0080	41.33±0.73	182.4±3.2
3.00	-	-	ขุ่น+	+++	1.0084	47.02±0.58	750.9±4.9



รูปที่ 4-2 แสดงลักษณะของสารละลาย medium molecular weight chitosan

จากตารางที่ 4-1,4-2 และรูปที่ 4-1,4-2 แสดงให้เห็นว่าสารละลาย low molecular weight chitosan มีลักษณะใส สารละลาย medium molecular weight chitosan มีลักษณะ ใสและขุ่น มีความเข้มของสีของสารละลาย low molecular weight chitosan และ low molecular weight chitosan จะเพิ่มตามความเข้มข้นของไคโตซานโดยที่ความเข้มข้น 3 % w/v จะความเข้มของสีมากกว่า 2% w/v และ1% w/v ตามลำดับ ความหนาแน่นของสารละลาย low molecular weight chitosan และ medium molecular weight chitosan ในแต่ละสูตรตำรับมีค่าใกล้เคียงกัน มีค่า ประมาณ 1 g/ml ค่าแรงตึงผิวของสารละลาย low molecular weight chitosan และ medium molecular weight chitosan ประมาณ 40-50 mN/m ค่าความหนืดของสารละลาย low molecular weight chitosan และ medium molecular weight chitosan จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มเข้นของไคโตซานโดยที่ความเข้มข้นไคโตซาน 3 %w/v จะมีความหนืดสูงกว่าที่ 2 % w/v และ1 % w/v (ค่าความหนืดมีค่าอยู่ระหว่าง 23.5±1.8 ถึง 750.9±4.9 cP)

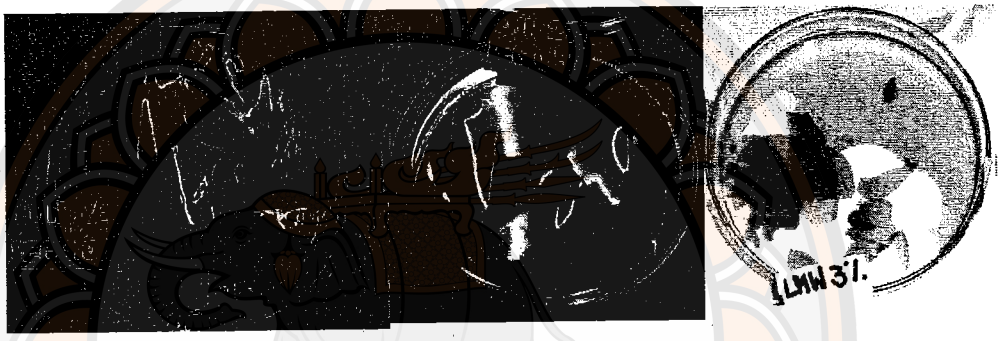
1.2. ผลการประเมินความใส สี และความกรอบของแผ่นฟิล์มที่อุณหภูมิห้อง (25 ^{o}C)

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการประเมินความใส สีและความกรอบของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan)

ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของแผ่นฟิล์ม			
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความใส	ความเข้มสีเหลือง	ความกรอบ	หมายเหตุ
1.00	-	-	ใส	-	กรอบ+++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
1.00	0.50	-	ใส	-	กรอบ+++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
1.00	1.00	-	-	+	กรอบ++++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
1.00	-	0.50	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	มีของเหลวเยิ้ม
1.00	-	1.00	ขุ่น+	+	กรอบ++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
1.00	0.25	0.25	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	-
1.00	0.50	0.50	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	มีของเหลวเยิ้ม แผ่นฟิล์มติดกัน
2.00	-	-	ใส	-	กรอบ+++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
2.00	0.50	-	ใส	++	กรอบ++++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
2.00	1.0	-	ขุ่น+	++	กรอบ++++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
2.00	-	0.50	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการประเมินความใส สีและความกรอบของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลต่ำ (low molecular weight chitosan) (ต่อ)

ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของแผ่นฟิล์ม			
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความใส	ความเข้มสีเหลือง	ความกรอบ	หมายเหตุ
2.00	-	1.00	ขุ่น+	++	กรอบ++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
2.00	0.25	0.25	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	-
2.00	0.50	0.50	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	-
3.00	-	-	ใส	-	กรอบ+++	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้



รูปที่ 4-3 ลักษณะแผ่นฟิล์ม mow molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

รูปที่ 4-4 ลักษณะแผ่นฟิล์ม low molecular weight chitosan 1 % w/v ที่มีการเติม 0.5 % PEG 400 และ 1 % w/v ที่มีการเติม 0.5 % w/v Tween 80

ตารางที่ 4-4 แสดงผลการประเมินความใส สีและความกรอบของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)

ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของแผ่นฟิล์ม			
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความใส	ความเข้มสีเหลือง	ความกรอบ	หมายเหตุ
1.00	-	-	-	-	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
1.00	0.50	-	ใส	+	ไม่กรอบ	มีของเหลวเยิ้ม แผ่นฟิล์มติดกัน
1.00	1.00	-	ใส	+	ไม่กรอบ	มีของเหลวเยิ้ม แผ่นฟิล์มติดกัน
1.00	-	0.50	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
1.00	-	1.00	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
1.00	0.25	0.25	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	-
1.00	0.50	0.50	ใส	+	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
2.00	-	-	-	-	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้
2.00	0.50	-	ใส	++	ไม่กรอบ	-
2.00	1.0	-	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	-
2.00	-	0.50	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
2.00	-	1.00	ขุ่น	++	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
2.00	0.25	0.25	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	-
2.00	0.50	0.50	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	สีไม่สม่ำเสมอ มีของเหลวเยิ้ม
3.00	-	-	ใส	+++	ไม่กรอบ	-

รูปที่ 4-5 ลักษณะแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

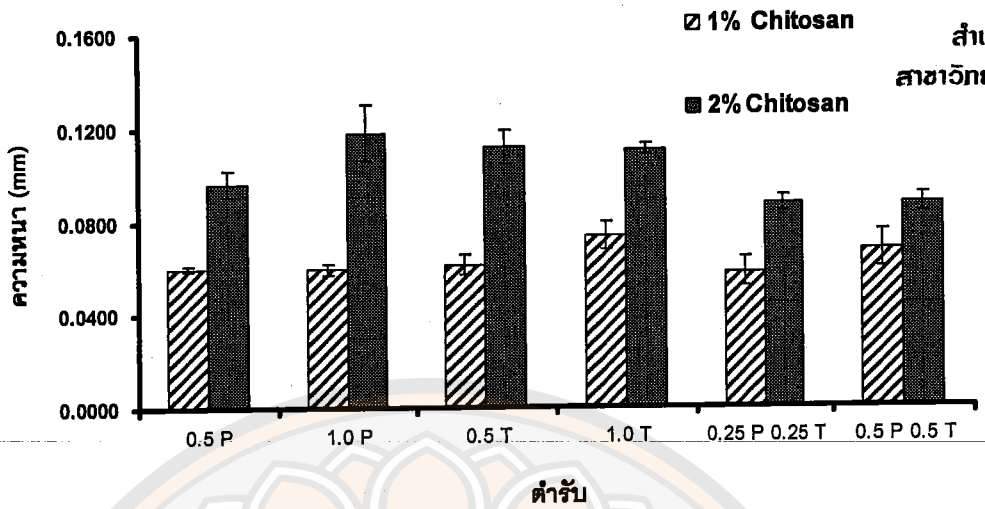
จากตารางที่ 4-3 , 4-4 และรูปที่ 4-3,4-4,4- 5 แสดงให้เห็นว่า low molecular weight chitosan ให้ฟิล์มที่กรอบ ไม่เป็นแผ่น ในขณะที่ medium molecular weight chitosan ให้ฟิล์มที่มีลักษณะดีและมีสีเหลืองอ่อนกว่า จึงได้นำฟิล์มจาก medium molecular weight chitosan ไปทำการทดสอบเพื่อประเมินคุณสมบัติของแผ่นฟิล์มต่อไป

1.3 ผลความหนา การดูดซับน้ำ ความยืดหยุ่น และการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)

ตารางที่ 4-5 แสดงผลหนา การดูดซับน้ำ และความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)

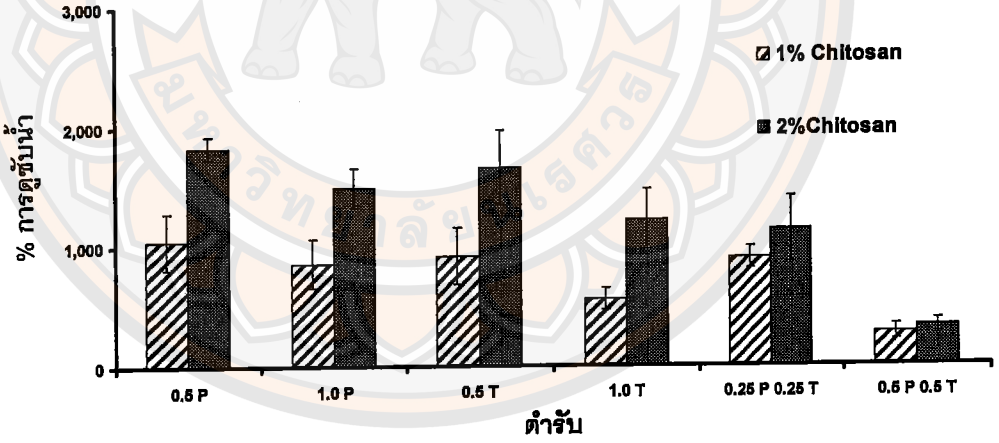
ส่วนประกอบ %w/v			ลักษณะของแผ่นฟิล์ม		
Chitosan	PEG 400	Tween 80	ความหนา (mm)	การดูดซับน้ำ% น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม	ระยะที่แผ่นฟิล์มสามารถยืด (mm)
1	-	-	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม
2	-	-	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม	ไม่ลอกออกเป็นฟิล์ม
3	-	-	0.1275±0.0059	6202.046±515.7274	0.6902±0.0605
1	0.5	-	0.002±0.0012	1048.741±237.4376	0.7801±0.0538
2	0.5	-	0.0962±0.0056	1826.884±93.14879	0.3659±0.0037
1	1.0	-	0.0596±0.0025	859.5423±204.2277	1.1237±0.1086
2	1.0	-	0.1179±0.0122	1491.352±166.9039	0.6738±0.1546
1	-	0.5	0.0614±0.0043	921.2147±239.8837	0.7600±0.0664
2	-	0.5	0.1119±0.0072	1659.85±309.4005	0.5671±0.0242
1	-	1.0	0.0807±0.0060	555.9114±95.21631	0.6441±0.0402
2	-	1.0	0.1108±0.0023	1223.906±249.5729	0.7515±0.0912
1	0.25	0.25	0.0582±0.0065	903.6464±91.08876	0.961±0.1195
2	0.25	0.25	0.0881±0.0031	1138.035±271.7735	0.5537±0.0888
1	0.50	0.50	0.0679±0.0080	272.0539±65.0799	0.9132±0.1526
2	0.50	0.50	0.0875±0.0040	324.7725±56.67906	0.6082±0.0832

W4
ร623ก
2551
25
28 มี.ค. 2551
ก17007ร
สำนักหอสมุด
สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ



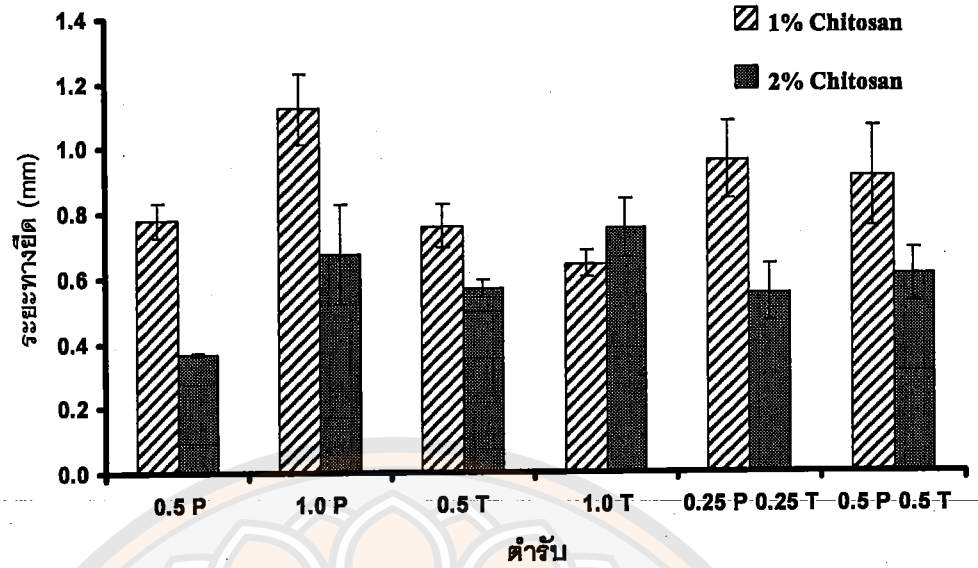
รูปที่ 4-6 ความหนาของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 %w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือ Tween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 2 % w/v (มีความหนาของฟิล์มอยู่ในช่วง 0.0875±0.0040 ถึง 0.1179±0.0122) จะมีความหนามากกว่าที่ความเข้มข้น 1 % w/v (มีความหนาของฟิล์มอยู่ในช่วง 0.002±0.0012 ถึง 0.0807±0.0060) อย่างมีนัยสำคัญ



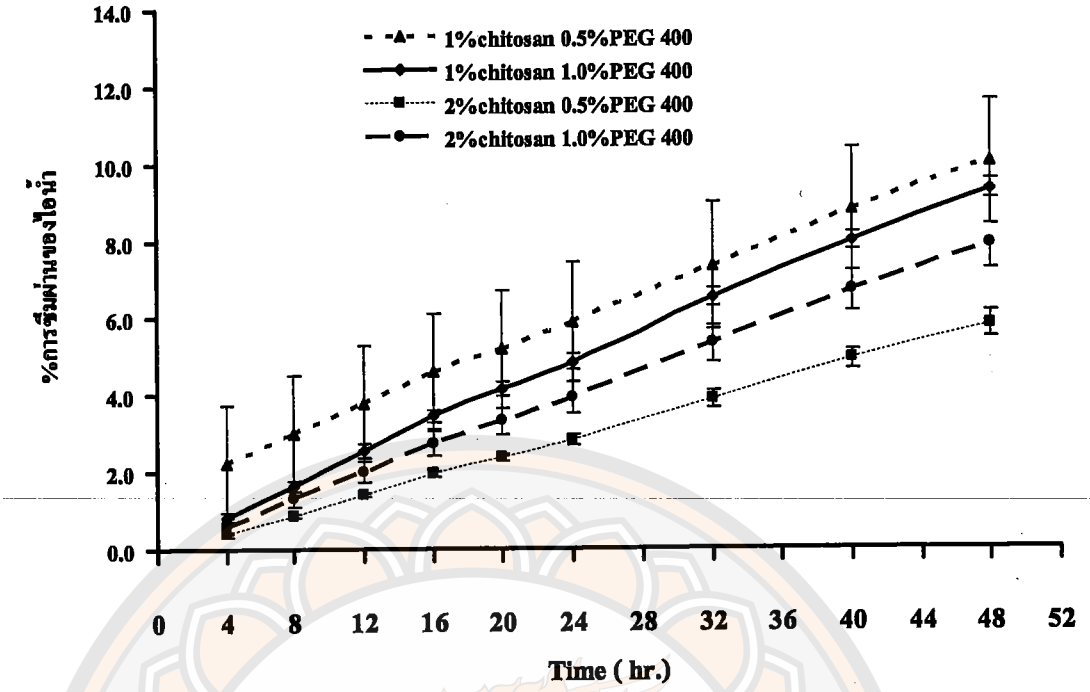
รูปที่ 4-7 การดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือ Tween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 2%w/v (มี % การดูดซับน้ำ อยู่ระหว่าง 324.7725±56.67906 ถึง 1826.884±93.14879) จะมีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำมากกว่าที่ความเข้มข้น 1 %w/v (มีเปอร์เซ็นต์การดูดซับน้ำ อยู่ระหว่าง 272.0539±65.0799 ถึง 1048.741±237.4376) อย่างมีนัยสำคัญ และการเติม PEG-400 หรือ Tween 80 ไม่ทำให้การดูดซับน้ำต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

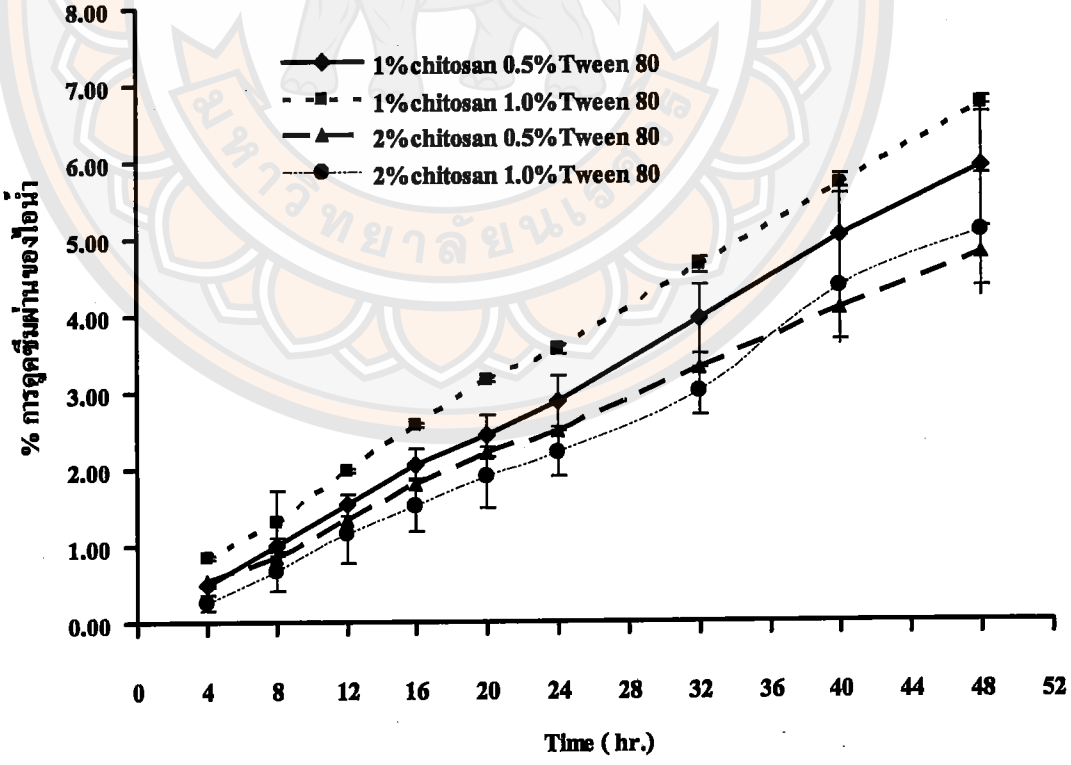


รูปที่ 4-8 ความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 (P) และ /หรือ Tween 80 (T) ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

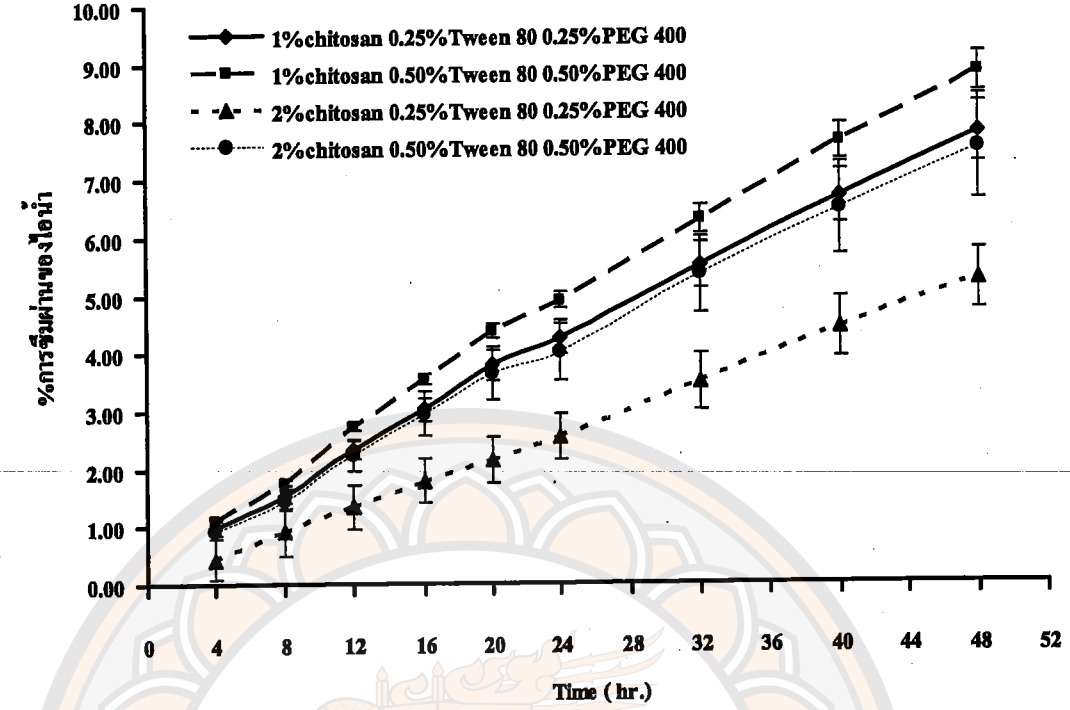
จากรูปที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 2 % w/v (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน อยู่ในช่วง 0.3659±0.0037 ถึง 0.7515±0.0912 mm.) มีความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มน้อยกว่าที่ความเข้มข้น 1 % w/v (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน อยู่ในช่วง 0.6441±0.0402 ถึง 1.1237±0.1086 mm.) อย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าความเข้มข้นของ PEG 400 มีผลต่อความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติม PEG 400 ในอัตราส่วน 0.5 % w/v กับ 1% w/v พบว่า ที่ 1 % w/v PEG 400 (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน 1.1237±0.1086, 0.6738±0.1546 mm. ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ตามลำดับ) มีการยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มมากกว่าที่ 0.5 % w/v PEG 400 (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน 0.7801±0.0538, 0.3659±0.0037 mm. ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ความเข้มข้นของ Tween 80 ยังมีผลต่อความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม โดยเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติม Tween 80 ในอัตราส่วน 0.5 % w/v กับ 1% w/v พบว่า ที่ 1 % w/v Tween 80 (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน 0.6441±0.0402, 0.7515±0.0912 mm. ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 ตามลำดับ) มีการยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์มมากกว่าที่ 0.5 % w/v Tween 80 (มีระยะทางยืดของแผ่นฟิล์มเมื่อให้แรงดึง 5 นิวตัน 0.7600±0.0664, 0.5671±0.0242 mm. ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 4-9 การซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก



รูปที่ 4-10 การซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์ม medium Molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก



รูปที่ 4-11 การซึมผ่านไอน้ำแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG-400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4-6 แสดงอัตราการซึมผ่านไอน้ำของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)

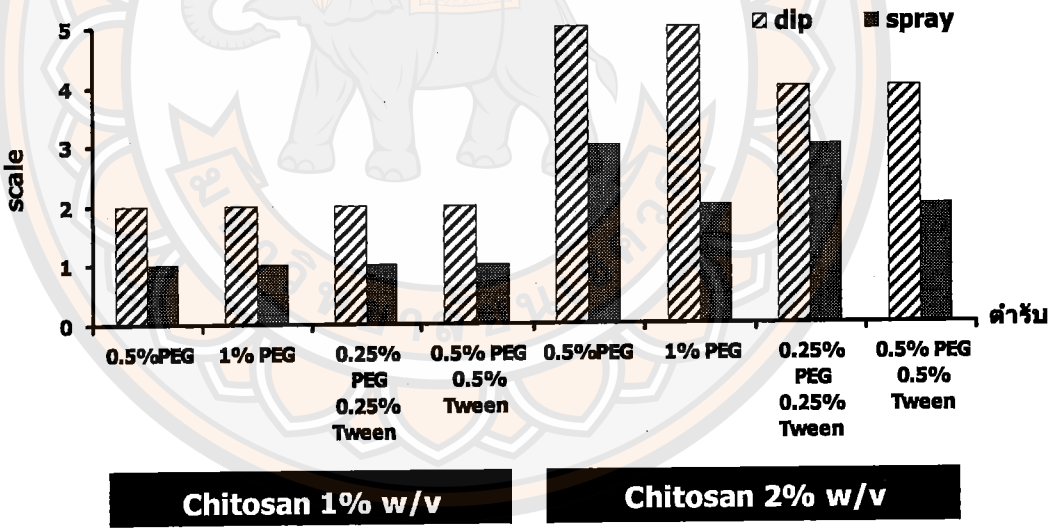
ตำรับ	ส่วนประกอบ	K (rate) ±SD	R^2 ± SD
1	1%chitosan 0.5%PEG-400	0.1768±0.0031	0.9989±0.0002
2	1%Chitosan 1.0%PEG-400	0.1938±0.0026	0.9982±0.0005
3	1%Chitosan 0.5%Tween 80	0.1237±0.0172	0.9988±0.0001
4	1%Chitosan 1.0% Tween 80	0.1339±0.0024	0.9985±0.0004
5	1%Chitosan 0.25% PEG-400 0.25% Tween 80	0.1562±0.0123	0.9973±0.0008
6	1%Chitosan 0.50%PEG-400 0.50% Tween 80	0.1766±0.0077	0.9956±0.0006
7	2%chitosan 0.5%PEG-400	0.1236±0.0084	0.9995±0.0000
8	2%Chitosan 1.0%PEG-400	0.1657±0.0098	0.9993±0.0002
9	2%Chitosan 0.5%Tween 80	0.0976±0.0130	0.9985±0.0003
10	2%Chitosan 1.0% Tween 80	0.1108±0.0127	0.9934±0.0069
11	2%Chitosan 0.25% PEG-400 0.25% Tween 80	0.1094±0.0046	0.9988±0.0005
12	2%Chitosan 0.50%PEG-400 0.50% Tween 80	0.1516±0.0189	0.9969±0.0007

จากรูปที่ 4-9 ถึง รูปที่ 4-11 และตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ความเข้มข้น 1 % w/v (อัตราการซึมผ่านไอน้ำจะอยู่ในช่วง 0.1237±0.0172 ถึง 0.1938±0.0026) จะมีการซึมผ่านไอน้ำมากกว่าที่ความเข้มข้น 2 % w/v และพบว่าความเข้มข้นการเติม PEG 400 มีผลต่อการซึมผ่านของไอน้ำของแผ่นฟิล์ม เมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติม PEG 400 อัตราส่วน 0.5 % w/v กับ 1 % w/v

พบว่า ที่ 0.5% w/v PEG 400 (มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 0.1768±0.0031, 0.1236±0.0084 ที่ความเข้มข้น 1 % w/vและ 2 % w/v chitosan ตามลำดับ) มีการซึมผ่านของไอน้ำน้อยกว่าที่ 1% w/v PEG 400 (มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 0.1938±0.0026, 0.1657±0.0098 ที่ความเข้มข้น 1 % w/vและ 2 % w/v chitosan ตามลำดับ) นอกจากนี้พบว่าความเข้มข้นของการเติม Tween 80 มีผลต่อการซึมผ่านไอเมื่อเปรียบเทียบสูตรที่มีการเติม Tween 80 ในอัตราส่วน 0.5% w/v กับ 1% w/v พบว่า ที่ 0.5% w/v Tween 80 (มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ0.1237±0.0172, 0.0976±0.0130 ที่ความเข้มข้น 1 % w/vและ 2 % w/v chitosan ตามลำดับ) มีการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยกว่าที่ 1 % w/v Tween 80(มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 0.1339±0.0024, 0.1108±0.0127 ที่ความเข้มข้น 1 % w/v และ 2 % w/v chitosan ตามลำดับ) และเมื่อมีการเติมทั้ง PEG 400 และ Tween 80 ร่วมกันในอัตราส่วน 0.25 % w/v กับ 0.5 % w/v พบว่า ที่ 0.25% w/v PEG 400 และ Tween 80 (มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 0.1562±0.0123, 0.1094±0.0046 ที่ความเข้มข้น 1 % w/vและ2 % w/v chitosan ตามลำดับ) มีการซึมผ่านของไอน้ำได้น้อยกว่าที่ 0.5 % w/v PEG 400 และ Tween 80 มีอัตราการซึมผ่านไอน้ำเท่ากับ 0.1766±0.0077, 0.1516±0.0189 ที่ความเข้มข้น 1 % w/vและ 2 % w/v chitosan ตามลำดับ) โดยพบว่าผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากมีค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.9934 ถึง 0.9995

2. การประเมินความสามารถในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว

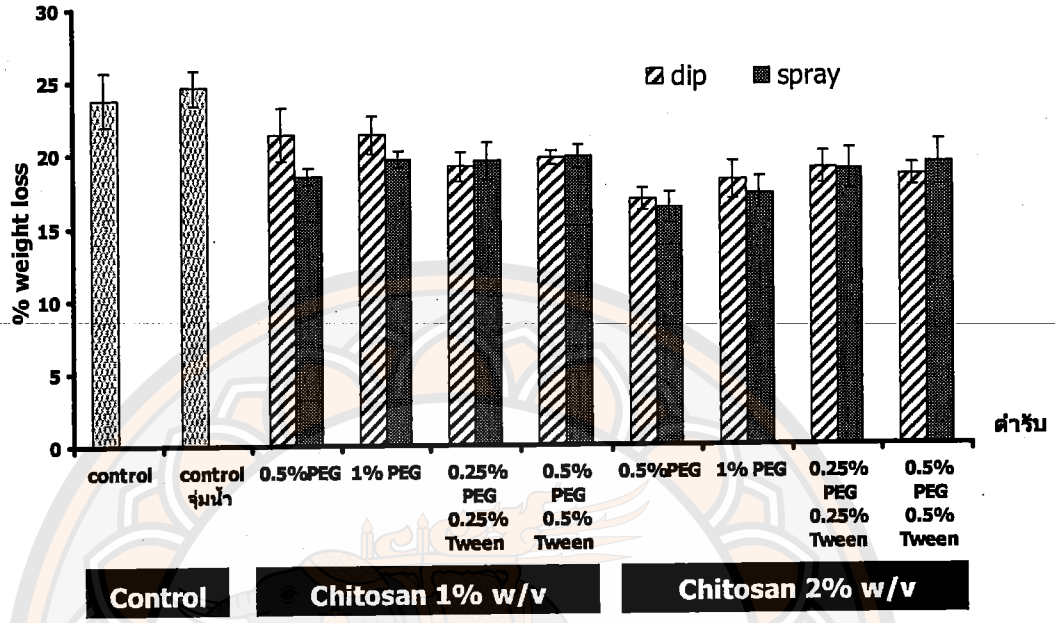
2.1 ผลการประเมินการเคลือบติดของแผ่นฟิล์มไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)



รูปที่ 4-12 การประเมินการติดของแผ่นฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบ

จากรูปที่ 4-12 แสดงให้เห็นว่าการเคลือบกล้วยไข่จากสูตรตำรับฟิล์มที่พัฒนาขึ้นโดยใช้วิธีการชุบเคลือบและการพ่นเคลือบพบว่าการชุบเคลือบมีการกระจายตัวของฟิล์ม(สเกล 2-5) บนเปลือกกล้วยดีกว่าการพ่นเคลือบ(สเกล 1-3) โดยกล้วยที่ชุบเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 2% w/v (สเกล 2-5) เคลือบได้เรียบสม่ำเสมอกว่าที่ความเข้มข้น 1% w/v (สเกล 1-2)

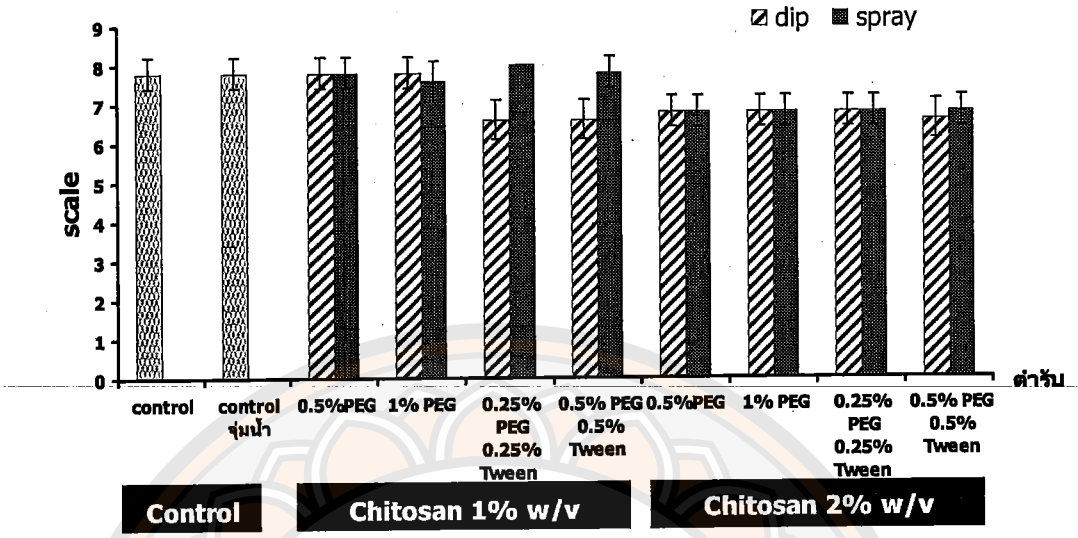
2.2 ผลการประเมินการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)



รูปที่ 4-13 การประเมินการสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ในวันที่ 6 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4-13 - แสดงให้เห็นว่าการเคลือบกล้วยไข่ด้วยสูตรตำรับฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่มีความเข้มข้น 2 % w/v มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของผลกล้วยไข่ (16.2707-19.3259 เปอร์เซ็นต์) น้อยกว่าสูตรตำรับฟิล์มไคโตซานที่มีเข้มข้น 1% w/v (18.4966-24.1561 เปอร์เซ็นต์)

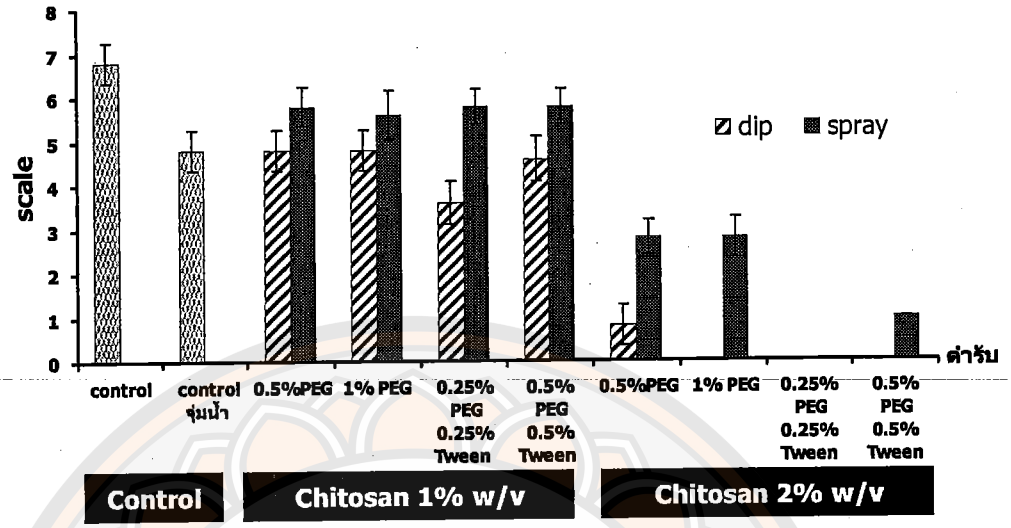
2.3 ผลการประเมินการเปลี่ยนแปลงสีของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)



รูปที่ 4-14 การประเมินสีของกล้วยไข่ในวันที่ 4 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกันโดยน้ำหนัก

จากรูปที่ 4-14 แสดงให้เห็นว่าการเคลือบกล้วยไข่ด้วยสูตรตำรับฟิล์ม medium molecular weight chitosan ที่มีความเข้มข้น 2 % w/v มีการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกกล้วยน้อยกว่าสูตรตำรับฟิล์มไคโตซานที่มีเข้มข้น 1 % w/v ส่วนวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบนั้นพบว่าไม่มีความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงสีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.4 ผลการประเมินการตกกระของผลกล้วยไข่ที่เคลือบด้วยไคโตซานชนิดน้ำหนักโมเลกุลปานกลาง (medium molecular weight chitosan)



รูปที่ 4-15 การประเมินการตกกระของกล้วยไข่ในวันที่ 6 ซึ่งเคลือบด้วยวิธีการชุบเคลือบและพ่นเคลือบ medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 % w/v ที่มีการเติม PEG 400 และ /หรือ Tween 80 ในความเข้มข้นที่แตกต่างกัน

จากรูปที่ 4-15 แสดงให้เห็นว่าการเคลือบกล้วยไข่จากสูตรตำรับฟิล์มที่พัฒนาขึ้นโดยใช้วิธีการชุบเคลือบและการพ่นเคลือบพบว่าการชุบเคลือบทำให้กล้วยไข่เกิดการตกกระน้อยกว่าการพ่นเคลือบ โดยกล้วยที่ชุบเคลือบด้วย medium molecular weight chitosan ที่ความเข้มข้น 2 % w/v ทำให้กล้วยไข่เกิดการตกกระน้อยกว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 % w/v และในสูตรตำรับไคโตซานความเข้มข้น 2 % w/v ที่มีการเติมทั้ง PEG-400 และ Tween 80 ร่วมกันที่ความเข้มข้น 0.25 % w/v พบว่าไม่มีการตกกระเกิดขึ้นเลยในวันที่ 6 ของการทดลอง

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

ตำรับไคโตซานความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ที่มีการเติม PEG 400 ร่วมกับ Tween 80 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.25 โดยน้ำหนัก ด้วยวิธีการชุบเคลือบให้ผลยืดอายุการเก็บหลังการเก็บเกี่ยวได้ดีที่สุด โดยมีการเปลี่ยนแปลงสีและการตกกระน้อยที่สุด น้ำหนักของผลกล้วยที่สูญเสียระหว่างการเก็บปานกลาง

ข้อเสนอแนะ

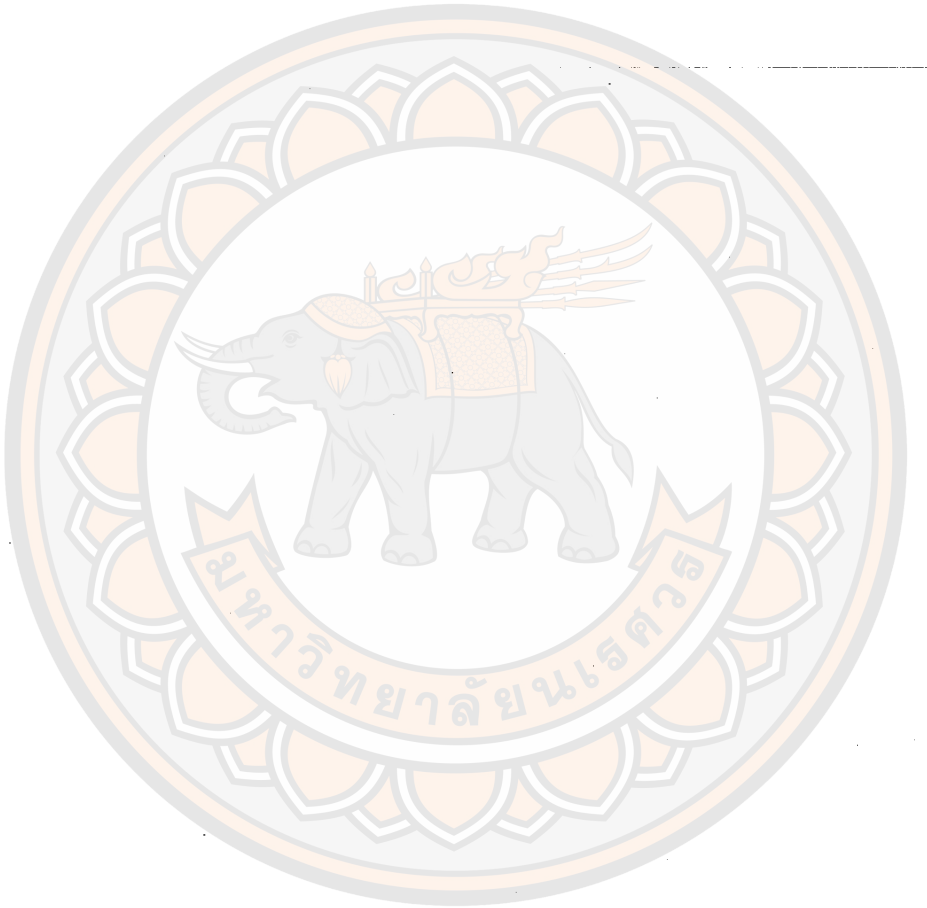
1. แนะนำในทำการทดลองในช่วงฤดูกล้วยไข่ เนื่องทำให้มีตัวอย่างกล้วยเพียงพอ
2. แนะนำให้ติดต่อกับเกษตรเจ้าของสวนกล้วยไข่เพื่อจะได้ควบคุมคุณภาพกล้วย
3. จากการทดลองนี้สามารถนำไปพัฒนาเพื่อยืดอายุกล้วยหลังจากการเก็บเกี่ยว เช่น ปรับระยะเวลาให้การชุบเคลือบกล้วยให้ยาวนานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Winquist F, Lundström I, Bergkvist H. Ethylene production from fruits measured by a simple field-effect structure and compared with a gas chromatographic method. Anal Chim Acta 1990; 231: 93-100.
2. Palomer X, Roig-Villanova I, Grima-Calvo D, Vendrell M. Effects of nitrous oxide (N2O) treatment on the postharvest ripening of banana fruit. Postharvest Biol Technol 2005; 36 (2): 167-75.
3. พานิชย์ ยศปัญญา. กล้วยในเมืองไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มติชน. 2541. หน้า118.
4. เบญจมาศ ศิลาย้อย. กล้วย. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545. หน้า 62-3,254.
5. กำแพงเพชร ผักและผลไม้ กล้วยไข่ [homepage on the Internet]. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวัฒนธรรมแห่งชาติ; date unknown [revised 2006 Nov 13; cited 2007 May 11]. Available from: http://www.kanchanapisek.or.th/kp8/kpp/kpp501.html.
6. สายชล เกตุษา. งานวิจัยเรื่อง: การศึกษากลไกและการควบคุมการตกกระของกล้วยไข่สุก. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2538.
7. Choehoma R, Ketsa S, Doorn WG. Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging. Postharvest Biol Technol 2004; 31:167–75.
8. Jiang Y, Li Y. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of longan fruit. Food Chem 2001; 73 (2): 139-43.
9. Del Nobile MA, Licciardello F, Scrocco C, Muratore G, Zappa M. Design of plastic packages for minimally processed fruits. J Food Process Eng 2007; 79 (1): 217-24.
10. Setha S, Kanlayanarat S, Gemma H. Effect of various molecular weights of chitosan coating on the ripening of Cavendish banana. Proceedings of the APEC symposium on postharvest handling systems Bangkok, Thailand, September 1-3, 2003. p. 395.
11. ดนัย บุณยเกียรติ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ผลของอิมัลชันเคลือบผิวที่บริโภคได้ต่อคุณภาพของผลกล้วยไข่และมะม่วงพันธุ์มหาชนก. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร มกราคม-มิถุนายน 2546; ปีที่ 34: ฉบับที่ 1-3 (พิเศษ): 292-4.
12. Wittaya-areekul, S., and Prahsarn, C. Development and *In Vitro* Evaluation of Chitosan-Polysaccharides Composite Wound Dressings, Int J Pharm 2006; 313 (1-2): 123-8.
13. Macleod GS, Collett JS, Fell JT. The potential use of mixed films of pectin, chitosan and HPMC for bimodal drug release. J Control Release 1999; 58 (3): 303-10.
14. Ofori-Kwakye K, Fell JT, Sharma HL, Smith A. Gamma scintigraphic evaluation of film-coated tablets intended for colonic or biphasic release. Int J Pharm 2004; 270 (1-2): 307-13.

15. Chien PJ, Sheu F, Lin HR. Coating citrus (*Murcott tangor*) fruit with low molecular weight chitosan increases postharvest quality and shelf life. Food Chem 2007; 100: 1160-4.
16. Hernández-Muñoz P, Almenar E, Ocio MJ, Gavara R. Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria ananassa*). Postharvest Biol Technol 2006; 39 (3): 247-53.
17. Liu J, Tian S, Meng X, Xu Y. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. Postharvest Biol Technol 2007; 44 (3): 300-6.
18. Jiang Y, Li J, Jiang W. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. Lebenson Wiss Technol 2005; 38 (7): 757-61.
19. Jiang Y, Joyce DC, Macnish AJ. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. Postharvest Biol Technol 1999; 16 (2): 187-93.
20. Zhang C, Ping Q, Zhang H, Shen J. Synthesis and characterization of water-soluble O-succinyl-chitosan. European Polymer Journal 2003; 39 (8): 1629-34.
21. Je J, Kim S. Water-soluble chitosan derivatives as a BACE1 inhibitor. Bioorg Med Chem 2005; 13 (23): 6551-5.
22. Holme KR, Perlin AS. Chitosan N-sulfate. A water-soluble polyelectrolyte. Carbohydr Res 1997; 302 (1-2): 7-12.
23. Xie Y, Liu X, Chen Q. Synthesis and characterization of water-soluble chitosan derivate and its antibacterial activity. Carbohydrate Polymer 2007; 69 (1): 142-7.
24. ฐานความรู้ด้านพืช กรมวิชาการเกษตร DOA plant knowledge base[homepage on the Internet]. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร; date unknown [date unknown;cited 2006 Jan 15]. Available from: http://www.doa.go.th/pl_data/02_LOCAL/oard2/ba_kai/menu.html.
25. Agnihotri SA, Mallikarjuna NN, Aminabhavi TM. Recent advances on chitosan-based micro- and nanoparticles in drug delivery. J Control Release 2004;100:5 –28.
26. Thanou M, Verhoef JC, Junginger HE. Oral drug absorption enhancement by chitosan and its Derivatives. Adv drug Deliv Rev 2001;52:117-26.
27. ไคติน-ไคโตซาน[monograph on the internet]. ประภัสสร สุรวัฒนาวรรณ. [ม.ป.ท.; กลุ่มวิจัยอุสาหกรรมเทคโลโนยีชีวภาพ]; 2545 [date unknown: cite 2007 Jan 10]; [3 screens]. Available from: http://www.gpo.or.th/rdi/htmls/chitin.html.
28. ปรัชญา พัชรวรกุลชัย, รัตน ทรงเมฆ, วราพร พิมสาร. การตั้งตำรับและพัฒนาแผ่นแปะผิวหน้าที่ผสมสารสกัดจากมะขาม[ปริญญานิพนธ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร; 2546.
29. Bautista BS, Lauzardo HAN, Valle zquez-del VMG, Hernandez LM, Barka EA, Bosquez ME, et al. Chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Prot 2006;25:108–18.

30. Gennaro AR and chairman of the Editorial Board. Remiington's Pharmaceutical Sciences . 18 th ed. Easton(PV): Mack publishing; 1990.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้เครื่อง Du Nouy Tensiometer

การเตรียมเครื่อง Du Nouy Tensiometer ก่อนใช้

1. วางเครื่องมือลงบนพื้นที่แข็งและราบ
2. ปรับเครื่องมือให้อยู่ในแนวระดับ โดยปรับที่ regulating screw ให้ลูกน้ำอยู่ตรงกลาง
3. ปรับ scale ให้อยู่ที่ตำแหน่ง 0 โดยปรับที่ handwheel
4. ปรับ balance beam ให้อยู่บริเวณพื้นที่สีขาว โดยปรับที่ handwheel
5. ให้แขวนวงแหวนที่ปลายของ balance beam โดยจับที่ปลายก้านของวงแหวนอย่างระมัดระวัง วงแหวนที่ใช้ต้องอยู่ในสภาพดี คือ เป็นวงกลมและอยู่ในแนวระนาบ ห้ามใช้มือจับวงแหวน ระวังไม่ให้กดหรือบีบวงแหวนจนบิดเบี้ยว ซึ่งจะทำให้ค่าที่ได้ผิดไป
6. ห้ามใช้มือปรับที่ก้านของ balance beam หากจำเป็นให้ปรับที่ปลายก้านของ balance beam ได้

การวัดแรงตึงผิวของของเหลว

1. วาง glass vessel ซึ่งบรรจุของเหลวที่จะวัดบน table พยายามจัดให้ ring อยู่ตรงกลาง คือระยะจาก ring ไปยัง vessel wall เท่ากันทุกด้าน
2. จุ่ม ring ลงในของเหลวที่ต้องการวัด โดยกดที่ปลายก้าน balance beam เบาๆ
3. คอยจนกระทั่งผิวของของเหลวไม่เกิดคลื่น
4. ทำการวัดแรงตึงผิวโดยหมุน micrometer เพื่อเลื่อน table ลงอย่างช้าๆในขณะเดียวกันก็ให้แรงเข้าไปโดยหมุน handwheel อย่างช้าๆ จะเกิดแรงดึงขั้นกระทำต่อ ring ทั้งนี้ต้องให้ balance beam อยู่ในบริเวณสีขาวเสมอ
5. สังเกตแรงดึงขั้นที่กระทำต่อ ring จนของเหลวที่อยู่ใน ring นั้นขาด อ่านค่าแล้วนำมาคำนวณเพื่อหาแรงตึงผิว จากสูตร

$$F = 0.7250 + \left\{ \frac{0.01452xP}{C^2(D-d)} + 0.04534 - \frac{0.1679xr}{R} \right\}^{1/2}$$

C	=	เส้นรอบวงของวงแหวน
D	=	ความหนาแน่นของของเหลวชั้นล่าง
d	=	ความหนาแน่นของอากาศหรือของเหลวชั้นบน
R	=	รัศมีของวงแหวน (9.545 mm)
r	=	รัศมีของเส้นลวดที่ใช้ทำวงแหวน
R/r	=	51.6

เมื่อคำนวณหาค่า F (correction factor) ได้แล้วนำมาคำนวณหาค่าแรงตึงผิวจากสูตร

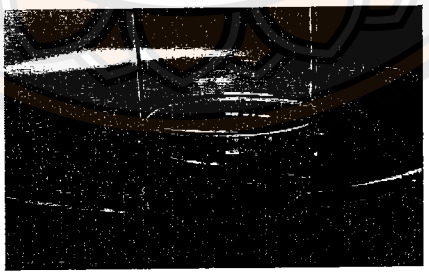
G = P x F

G = แรงตึงผิวหรือแรงตึงระหว่างผิว

P = แรงตึงผิวหรือแรงตึงระหว่างผิวที่ปรากฏจากเครื่องมือ

F = correction factor เพื่อปรับปรุงค่าจากเครื่องมือให้ถูกต้อง

รูป Du Nouy Tensiometer



รูปแรงดึงขั้นกระทำต่อ ring

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกผลการทดลอง

1. ลักษณะของสารละลาย และแผ่นฟิล์มไคโตซาน
2. ค่าความหนืดของสารละลาย
3. แรงตึงผิวของสารละลาย
4. การดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม
5. ซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม
6. การเคลือบติดของแผ่นฟิล์มกับกล้วยไข่
7. สีของกล้วยไข่เหลังจากเคลือบไคโตซาน
8. การตกกระของกล้วยไข่เหลังจากเคลือบไคโตซาน

ตารางผลประเมินลักษณะของ chitosan

ตำรับ	เวลาที่ใช้ในการปั่น	เวลาที่ใช้ในการอบ	ชนิดของไคโตซาน	ความเข้มข้นของไคโตซาน	PEG 400	TWEEN 80	ลักษณะของสารละลาย			
	(hr)	(hr)		(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	ความหนาแน่น (g/ml)	ความหนืด (cP)	ความใส	ความเข้มสีเหลือง
1	1.5	51.5	Low MW	1	-	-	1.0011	5.33	ใส	+
2	1.5	51.5	Low MW	2	-	-	1.0060	4.65	ใส	++
3	3.0	45	Low MW	3	-	-	1.0097	8.53	ใส	+++
4	1.0	45	Low MW	1	0.5	-	1.0018	3.35	ใส	+
5	1.0	45	Low MW	2	0.5	-	1.0069	6.76	ใส	++
6	2	45	Low MW	1	1.0	-	1.0025	3.35	ใส	++
7	2	45	Low MW	2	1.0	-	1.0061	6.91	ใส	++++
8	1.0	45	Low MW	1	-	0.5	1.0018	3.46	ใส	+
9	1.0	45	Low MW	2	-	0.5	1.0042	6.74	ใส	++
10	1.0	45	Low MW	1	-	1.0	1.0015	3.41	ใส	+
11	1.0	45	Low MW	2	-	1.0	1.0059	6.96	ใส	++
12	1.5	34.5	Low MW	1	0.25	0.25	1.0015	3.39	ใส	+
13	1.5	34.5	Low MW	2	0.25	0.25	0.9985	6.89	ใส	++
14	2.0	34.5	Low MW	1	0.5	0.5	1.0017	3.35	ใส	+++
15	2.0	34.5	Low MW	2	0.5	0.5	1.0060	6.83	ใส	++++

ตารางผลประเมินลักษณะของ chitosan

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความเข้มข้นของไคโตซาน	PEG 400	TWEEN 80	ลักษณะของฟิล์มที่ได้				
		(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	น้ำหนักเฉลี่ย(g)	ความใส	สีเหลืองส้ม	ความกรอบ	ความหนา(mm)
1	Low MW	1	-	-	ฟิล์มใสกรอบ แตกไม่เป็นแผ่น วัดความหนาไม่ได้				
2	Low MW	2	-	-	ฟิล์มใสกรอบ แตกไม่เป็นแผ่น วัดความหนาไม่ได้				
3	Low MW	3	-	-	ฟิล์มใสกรอบ แตกไม่เป็นแผ่น วัดความหนาไม่ได้				
4	Low MW	1	0.5	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้				
5	Low MW	2	0.5	-	20.02	ใส	++	++++	0.0955
6	Low MW	1	1.0	-	ฟิล์มขุ่นกรอบ แตกไม่เป็นแผ่น วัดความหนาไม่ได้				
7	Low MW	2	1.0	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้				
8	Low MW	1	-	0.5	20.03	ขุ่น	+	ไม่กรอบ	0.0582
9	Low MW	2	-	0.5	20.04	ขุ่น	++	ไม่กรอบ	0.0817
10	Low MW	1	-	1.0	20.03	ขุ่น	+	++	
11	Low MW	2	-	1.0	20.01	ขุ่น	++	++	
12	Low MW	1	0.25	0.25	20.02	ขุ่น	+	ไม่กรอบ	0.5220
13	Low MW	2	0.25	0.25	20.04	ขุ่น	++	ไม่กรอบ	0.1064
14	Low MW	1	0.5	0.5	20.06	ขุ่น	+	ไม่กรอบ	0.0862
15	Low MW	2	0.5	0.5	20.02	ขุ่น	++	ไม่กรอบ	0.1203

ตารางผลประเมินลักษณะของ chitosan

ตำรับ	เวลาที่ใช้ในการปั่น		เวลาที่ใช้ในการอบ		ชนิดไคโตซาน	ความเข้มข้นของไคโตซาน	PEG	TWEEN 80	ความหนาแน่น	ลักษณะของสารละลาย		
	(hr)	min	(hr)	min		(%w/v)	(%w/v)	(%w/v)	g/ml	ความหนืด (cP)	ความใส	ความเข้มสีเหลืองขาว
22	23	0	47	15	Medium MW	1	-	-	1.0036	34.1	ขุ่น+	+
23	23	0	47	15	Medium MW	2	-	-	1.0085	149.3	ขุ่น+	++
24	23	0	47	15	Medium MW	3	-	-	1.0084	750.9	ขุ่น+	+++
25	23	0	46	0	Medium MW	1	0.5	-	1.0023	23.5	ขุ่น+	+
26	23	0	46	0	Medium MW	2	0.5	-	1.0054	176	ขุ่น+	++
27	23	0	46	0	Medium MW	1	1.0	-	1.0075	35.2	ขุ่น+	+
28	23	0	44	0	Medium MW	2	1.0	-	1.0067	182.4	ขุ่น+++	++
31	23	0	46	0	Medium MW	1	-	0.5	1.0019	30.9	ใส	+
32	23	0	44	0	Medium MW	2	-	0.5	1.0066	157.9	ขุ่น++	++
33	23	0	44	30	Medium MW	1	-	1.0	0.9962	32	ขุ่น+	+
34	23	0	44	30	Medium MW	2	-	1.0	0.9986	139.7	ขุ่น+	++
37	23	0	44	30	Medium MW	1	0.25	0.25	0.9946	27.7	ขุ่น+	+
38	23	0	44	30	Medium MW	2	0.25	0.25	1.0029	157.9	ขุ่น+	++
39	23	0	71	0	Medium MW	1	0.5	0.5	0.9965	30.9	ใส	+
40	23	0	71	0	Medium MW	2	0.5	0.5	1.0080	182.4	ขุ่น+	++

ตารางผลประเมินลักษณะของ chitosan

ตำรับ	ชนิดไคโตซาน	ความเข้มข้นของไคโตซาน (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	TWEEN 80 (%w/v)	ลักษณะของฟิล์มที่ได้					หมายเหตุ
					น้ำหนักเฉลี่ย(g)	ความใส	ความเข้มของสีเหลืองอ่อน	ความกรอบ	ความหนา(mm)	
22	Medium MW	1	-	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้					ลอกเป็นฟิมล์ไม่ได้
23	Medium MW	2	-	-	ลอกเป็นฟิล์มไม่ได้					ลอกเป็นฟิมล์ไม่ได้
24	Medium MW	3	-	-	20.03	ใส	+++	ไม่กรอบ	0.1275	-
25	Medium MW	1	0.5	-	20.00	ใส	+	ไม่กรอบ	0.0602	oil leak ตั้งทิ้งไว้จะขุ่น แผ่นฟิมล์ติกัน(+)
26	Medium MW	2	0.5	-	20.02	ใส	++	ไม่กรอบ	0.0962	-
27	Medium MW	1	1.0	-	20.01	ใส	+	ไม่กรอบ	0.0596	oil leak ตั้งทิ้งไว้จะขุ่น แผ่นฟิมล์ติกัน(++)
28	Medium MW	2	1.0	-	20.01	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	0.1179	-
31	Medium MW	1	-	0.5	20.01	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	0.0614	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น
32	Medium MW	2	-	0.5	20.01	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	0.1119	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น
33	Medium MW	1	-	1.0	20.02	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	0.1236	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น
34	Medium MW	2	-	1.0	20.02	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	0.1108	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น
37	Medium MW	1	0.25	0.25	20.01	ขุ่น+	+	ไม่กรอบ	0.0789	-
38	Medium MW	2	0.25	0.25	20.02	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	0.1131	-
39	Medium MW	1	0.5	0.5	20.03	ใส	+	ไม่กรอบ	0.1104	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น
40	Medium MW	2	0.5	0.5	20.03	ขุ่น+	++	ไม่กรอบ	0.0875	สีไม่สม่ำเสมอ มีoil leak เมื่อเอามือลูบฟิลม์จะใสขึ้น

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

เครื่อง brookfieid Model DV-III spindle ULA

speed increment : 10.00 speed Ramp Interval 00.10

Set speed : 10.00 Data in at speed change

wait for Speed : 250.00 Data in at speed change:

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			Stress			Rate	ค่าเฉลี่ย		
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot 1,2,3	% Torque	Viscosity	Stress
1	Low MW	1	-	-	1	10	0.9	0.9	0.7	5.76	5.76	4.48	0.7	0.70	0.55	12.2	0.83	5.33	0.65
					2	20	1.2	1.2	1.1	3.84	3.84	3.52	0.94	0.94	0.86	24.5	1.17	3.73	0.91
					3	30	1.6	1.6	1.5	3.41	3.41	3.2	1.25	1.25	1.17	36.7	1.57	3.34	1.22
					4	40	2.1	2.1	2.0	3.36	3.36	3.2	1.64	1.64	1.57	48.9	2.07	3.31	1.62
					5	50	2.4	2.4	2.2	3.07	3.07	2.82	1.88	1.88	1.72	61.2	2.33	2.99	1.83
					6	60	2.8	3.0	2.8	2.99	3.2	2.99	2.19	2.35	2.19	73.4	2.87	3.06	2.24
					7	70	3.4	3.4	3.2	3.11	3.11	2.93	2.66	3.66	1.50	85.6	3.33	3.05	2.61
					8	80	3.8	3.9	3.6	3.04	3.12	2.88	2.97	3.05	2.82	97.8	3.77	3.01	2.95
					9	90	4.3	4.3	4.1	3.06	3.06	2.92	3.37	3.37	3.21	110.1	4.23	3.01	3.32
					10	100	4.7	4.8	4.6	3.01	3.07	2.94	3.68	3.76	3.60	122.3	4.70	3.01	3.68
					11	110	5.3	5.3	5.1	3.08	3.08	2.97	4.15	4.15	3.99	134.5	5.23	3.04	4.10
					12	120	5.7	5.7	5.5	3.04	3.04	2.93	4.46	4.46	4.30	146.8	5.63	3.00	4.41
					13	130	6.2	6.3	6	3.05	3.1	2.95	4.85	4.93	4.70	159.0	6.17	3.03	4.83
					14	140	6.7	6.8	6.5	3.06	3.11	2.97	5.24	5.32	5.09	171.2	6.67	3.05	5.22

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			Stress			Rate	ค่าเฉลี่ย		
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot 1,2,3	% Torque	Viscosity	Stress
1	Low MW	1	-	-	15	150	7.1	7.3	6.9	3.03	3.11	2.94	5.56	5.71	5.40	183.5	7.10	3.03	5.56
					16	160	7.6	7.8	7.4	3.04	3.12	2.96	5.95	6.11	5.79	195.7	7.60	3.04	5.95
					17	170	8.1	8.2	7.9	3.05	3.09	2.97	6.34	6.42	6.18	207.9	8.07	3.04	6.31
					18	180	8.6	8.8	8.3	3.06	3.13	2.95	6.73	6.89	6.50	220.1	8.57	3.05	6.71
					19	190	9.1	9.3	8.8	3.07	3.13	2.96	7.12	7.28	6.89	232.4	9.07	3.05	7.10
					20	200	9.6	9.8	9.2	3.07	3.14	2.94	7.51	7.67	7.2	244.6	9.53	3.05	7.46
2	Low MW	2	-	-	1	10	0.9	0.7	0.9	5.76	4.48	5.76	0.70	0.55	0.70	12.2	0.83	5.33	0.65
					2	20	1.7	1.5	1.6	5.44	4.80	5.12	1.33	1.17	1.25	24.5	1.60	5.12	1.25
					3	30	2.3	2.0	2.5	4.91	4.27	5.33	1.80	1.57	1.96	36.7	2.27	4.84	1.78
					4	40	2.9	2.7	3.1	4.64	4.32	4.96	2.27	2.11	2.43	48.9	2.90	4.64	2.27
					5	50	3.7	3.2	3.9	4.74	4.10	4.99	2.90	2.50	3.05	61.2	3.60	4.61	2.82
					6	60	4.4	3.9	4.7	4.69	4.16	5.01	3.44	3.05	3.68	73.4	4.33	4.62	3.39
					7	70	5.2	4.7	5.5	4.75	4.30	5.03	4.07	3.68	4.30	85.6	5.13	4.69	4.02
					8	80	6.1	5.2	6.2	4.88	4.16	4.96	4.77	4.07	4.85	97.8	5.83	4.67	4.56
					9	90	6.9	6.0	6.9	4.91	4.27	4.91	5.40	4.70	4.50	110.1	6.60	4.70	4.87
					10	100	7.5	6.6	7.7	4.80	4.22	4.93	5.87	5.17	6.03	122.3	7.27	4.65	5.69
					11	110	8.2	7.4	8.7	4.77	4.31	5.06	6.42	5.79	6.81	134.5	8.10	4.71	6.34

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			Stress			Rate	ค่าเฉลี่ย		
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot 1,2,3	%Torque	Viscosity	Stress
2	Low MW	2	-	-	12	120	9.1	8.0	9.3	4.85	4.27	4.96	7.12	6.26	7.28	146.8	8.80	4.69	6.89
					13	130	9.8	8.7	10.2	4.82	4.28	5.02	7.67	6.81	7.98	159.0	9.57	4.71	7.49
					14	140	10.5	9.4	11.1	4.80	4.30	5.07	8.22	7.36	8.69	171.2	10.33	4.72	8.09
					15	150	11.3	10.0	11.8	4.82	4.27	5.03	8.84	7.83	9.24	183.5	11.03	4.71	8.64
					16	160	12.1	10.8	12.6	4.84	4.32	5.04	9.47	8.45	9.86	195.7	11.83	4.73	9.26
					17	170	12.8	11.4	13.3	4.82	4.29	5.01	10.00	8.92	10.40	207.9	12.50	4.71	9.77
					18	180	13.6	12.2	14.2	4.84	4.34	5.05	10.60	9.55	11.10	220.1	13.33	4.74	10.42
					19	190	14.4	12.9	15.0	4.85	4.35	5.05	11.30	10.10	11.70	232.4	14.10	4.75	11.03
					20	200	15.1	13.5	15.8	4.83	4.32	5.06	11.80	10.60	12.40	244.6	14.80	4.74	11.60
3	Low MW	3	-	-	1	10	1.3	1.5	1.6	8.32	9.60	10.20	1.02	1.17	1.25	12.2	1.47	9.37	1.15
					2	20	2.7	2.8	3.0	8.64	8.96	9.60	2.11	2.19	2.35	24.5	2.83	9.07	2.22
					3	30	3.9	4.1	4.4	8.32	8.75	9.39	3.05	3.21	3.44	36.7	4.14	8.82	3.23
					4	40	5.1	5.4	5.7	8.16	8.64	9.12	3.99	4.23	4.46	48.9	5.40	8.64	4.23
					5	50	6.3	6.7	6.9	8.06	8.58	8.83	4.93	5.24	5.40	61.2	6.63	8.49	5.19
					6	60	7.6	8.0	8.3	8.11	8.53	8.85	5.95	6.26	6.50	73.4	7.97	8.50	6.24
					7	70	8.9	9.9	9.8	8.14	8.50	8.96	6.97	7.28	7.67	85.6	9.53	8.53	7.31
					8	80	10.2	10.6	11.2	8.16	8.48	8.96	7.98	8.30	8.77	97.8	10.67	8.53	8.35

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			Stress			Rate	ค่าเฉลี่ย		
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	lot 1,2,3	%Torque	Viscosity	Stress
3	Low MW	3	-	-	9	90	11.4	11.8	12.7	8.11	8.39	9.03	8.92	9.24	9.94	110.1	11.97	8.51	9.37
					10	100	12.8	13.2	14.0	8.19	8.45	8.96	10.00	10.30	11.00	122.3	13.33	8.53	10.43
					11	110	14.0	14.7	15.6	8.15	8.55	9.08	11.00	11.50	12.20	134.5	14.77	8.59	11.57
					12	120	15.3	15.9	16.8	8.16	8.48	8.96	12.00	12.40	13.10	146.8	16.00	8.53	12.50
					13	130	16.6	17.3	18.3	8.17	8.52	9.01	13.00	13.50	14.30	159.0	17.40	8.57	13.60
					14	140	17.9	18.7	19.8	8.18	8.55	9.05	14.00	14.60	15.50	171.2	18.80	8.59	14.70
					15	150	19.2	20.0	21.1	8.19	8.53	9.00	15.00	15.70	16.50	183.5	20.10	8.57	15.73
					16	160	20.5	21.3	22.6	8.20	8.52	9.04	16.00	16.70	17.70	195.7	21.47	8.59	16.80
					17	170	21.7	22.7	24.0	8.17	8.55	9.04	17.00	17.80	18.80	207.9	22.80	8.59	17.87
					18	180	23.1	24.0	25.5	8.21	8.53	9.07	18.10	18.80	20.00	220.1	24.20	8.60	18.97
					19	190	24.4	25.4	27.0	8.22	8.56	9.09	19.10	19.90	21.10	232.4	25.60	8.62	20.03
					20	200	25.7	26.7	28.4	8.22	8.54	9.09	20.10	20.90	22.20	244.6	26.93	8.62	21.07

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

เครื่อง brookfieid Model DV-III spindle LA2

speed increment : 10.00 speed Ramp Interval 00.10

Set speed : 10.00 Data in at speed change

wait for Speed : 200.00 Data in at speed change:

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			ค่าเฉลี่ย	
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	% Torque	Viscosity
1	Medium MW	1	-	-	1	10	0.2	0.2	0.3	64	64	96	0.23	74.67
					2	20	0.3	0.0	0.5	48	0.00	80.00	0.27	42.67
					3	30	0.4	0.1	0.5	42.7	10.7	53.3	0.33	35.57
					4	40	0.4	0.4	0.7	32	32	56	0.50	40.00
					5	50	0.6	0.4	0.7	38.4	25.6	44.8	0.57	36.27
					6	60	0.8	0.6	0.7	42.7	32	37.3	0.70	37.33
					7	70	0.7	0.5	0.8	32	22.9	36.6	0.67	30.50
					8	80	0.8	0.9	0.9	32	36	36	0.87	34.67
					9	90	0.9	0.8	1.1	32	28.4	39.1	0.93	33.17
					10	100	1.1	1.0	1.1	35.2	32	35.2	1.07	34.13
					11	110	1.3	1.1	1.2	37.80	32	34.9	1.20	34.90
					12	120	1.2	1.3	1.4	32	34.7	37.3	1.30	34.67
					13	130	1.3	1.4	1.5	32	34.5	36.9	1.40	34.47
					14	140	1.7	1.4	1.6	38.90	32.00	36.6	1.57	35.83

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความเข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			ค่าเฉลี่ย	
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	% Torque	Viscosity
1	Medium MW	1	-	-	15	150	1.6	1.6	1.7	34.1	34.1	36.3	1.63	34.83
					16	160	1.8	1.7	1.8	36	34	36	1.77	35.33
					17	170	1.8	1.9	2	33.9	35.8	37.6	1.90	35.77
					18	180	2	1.9	2.3	35.6	33.8	40.90	2.07	36.77
					19	190	2.4	1.9	2.4	40.40	32	40.40	2.23	37.60
					20	200	2.1	2.1	2.4	33.6	33.6	38.4	2.20	35.20
2	Medium MW	2	-	-	1	10	0.7	0.7	0.9	224.0	224.0	288.0	0.77	245.33
					2	20	0.8	1.2	0.9	128.0	192.0	144.0	0.97	154.67
					3	30	1.3	1.6	1.5	138.7	170.7	160.0	1.47	156.47
					4	40	2.0	2.0	1.9	160.0	160.0	152.0	1.97	157.33
					5	50	2.3	2.4	2.3	147.2	153.6	147.2	2.33	149.33
					6	60	2.8	2.7	2.8	149.3	144.0	149.3	2.77	147.53
					7	70	3..3	3.4	3.2	150.9	155.4	146.3	3.30	150.87
					8	80	3.9	3.6	3.7	156.0	144.0	148.0	3.73	149.33
					9	90	4.3	4.3	4.1	152.9	152.9	145.8	4.23	150.53
					10	100	4.7	4.6	4.7	150.4	147.2	150.4	4.67	149.33
					11	110	5.2	5.2	5.1	151.3	151.3	148.4	5.17	150.33

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

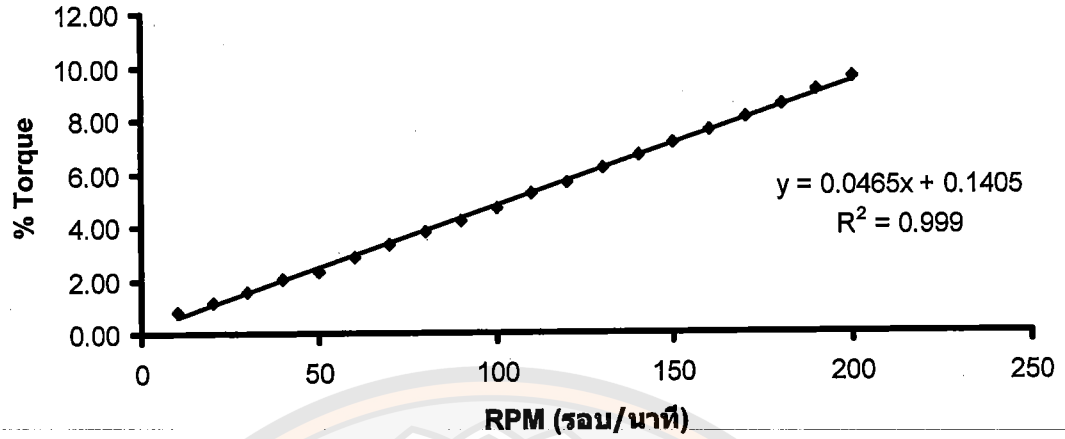
ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			ค่าเฉลี่ย	
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	% Torque	Viscosity
2	Medium MW	2	-	-	12	120	5.8	5.5	5.6	154.7	146.7	149.3	5.63	150.23
					13	130	6.1	6.0	6.0	150.2	147.7	147.7	6.03	148.53
					14	140	6.6	6.5	6.5	150.9	148.6	148.6	6.53	149.37
					15	150	7.1	6.8	6.9	151.5	145.1	147.2	6.93	147.93
					16	160	7.6	7.3	7.3	152.0	146.0	146.0	7.40	148.00
					17	170	7.9	7.7	7.8	148.7	144.9	146.8	7.80	146.80
					18	180	8.3	8.3	8.2	147.6	147.6	145.8	8.27	147.00
					19	190	8.8	8.9	8.7	148.2	149.9	146.5	8.80	148.20
					20	200	9.2	9.2	9.1	147.2	147.2	145.6	9.17	146.67
3	Medium MW	3	-	-	1	10	2.8	2.9	2.7	896.0	928.0	864.0	2.80	896.00
					2	20	5.6	5.3	5.3	896.0	848.0	848.0	5.40	864.00
					3	30	8.1	7.7	7.8	864.0	821.3	832.0	7.87	839.10
					4	40	10.4	10.3	10.1	832.0	824.0	808.0	10.27	821.33
					5	50	12.7	12.4	12.6	812.8	793.6	806.4	12.57	804.27
					6	60	15.0	14.8	14.4	800.0	789.3	794.7	14.73	794.67
					7	70	17.1	17.0	17.1	781.7	777.1	781.7	17.07	780.17
					8	80	19.1	19.3	19.3	764.0	772.0	772.0	19.23	769.33

ตารางบันทึกผลการทดลองค่าความหนืด

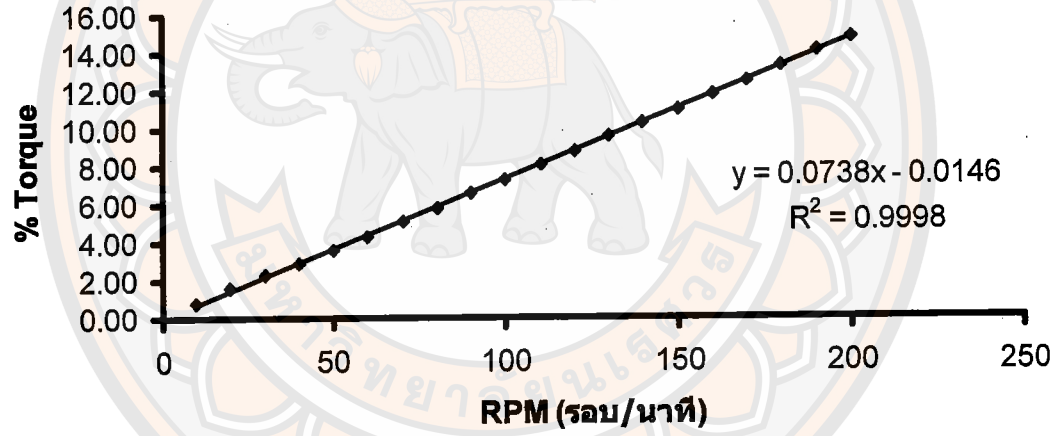
ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน %w/v	PEG 400	Tween 80	รอบที่	RPM	% Torque			Viscosity			ค่าเฉลี่ย	
							lot1	lot2	lot3	lot1	lot2	lot3	% Torque	Viscosity
3	Medium MW	3	-	-	9	90	21.2	21.4	21.5	753.8	760.9	764.4	21.37	759.70
					10	100	23.3	23.5	23.6	745.6	752.0	755.2	23.47	750.93
					11	110	25.5	25.5	25.8	741.8	741.8	750.5	25.60	744.70
					12	120	27.4	27.7	27.7	730.7	738.7	738.7	27.60	736.03
					13	130	29.4	29.7	29.9	723.7	731.1	736.0	29.67	730.27
					14	140	31.4	31.6	31.9	717.7	722.3	729.1	31.63	723.03
					15	150	33.3	33.6	33.8	710.4	716.8	721.1	33.57	716.10
					16	160	35.1	35.6	35.7	702.0	712.0	714.0	35.47	709.33
					17	170	37.0	37.4	37.7	696.5	704.0	709.0	37.37	703.17
					18	180	38.9	39.3	39.6	691.6	698.7	704.0	39.27	698.10
					19	190	40.8	41.2	41.5	687.2	693.9	698.9	41.17	693.33
					20	200	42.6	43.1	43.3	681.6	689.6	692.8	43.00	688.00

Stress = 0 Rate = 0

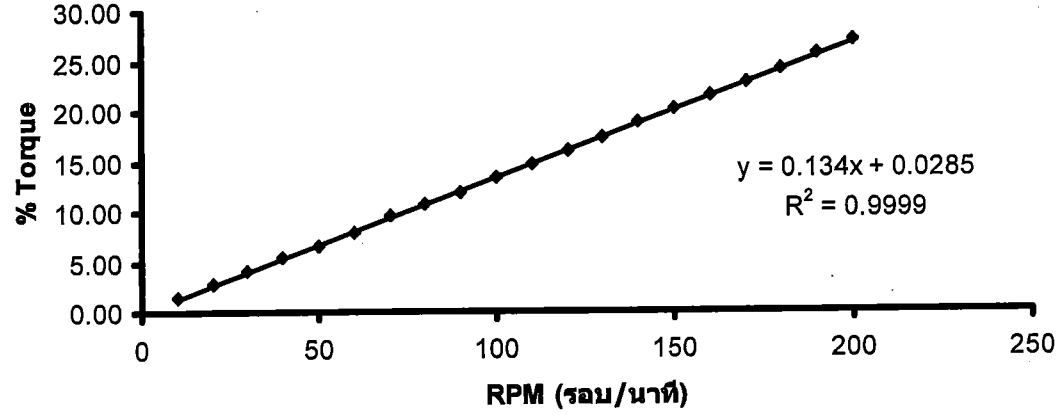
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Low molecular weight chitosan 1% ระหว่าง RPM กับ % Torque



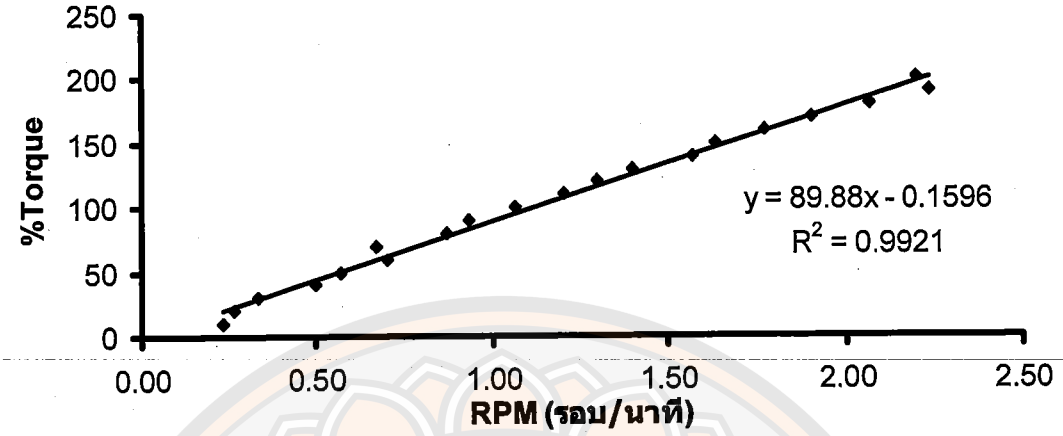
กราฟแสดงความสัมพันธ์ Low molecular weight chitosan 2% ระหว่าง RPM กับ % Torque



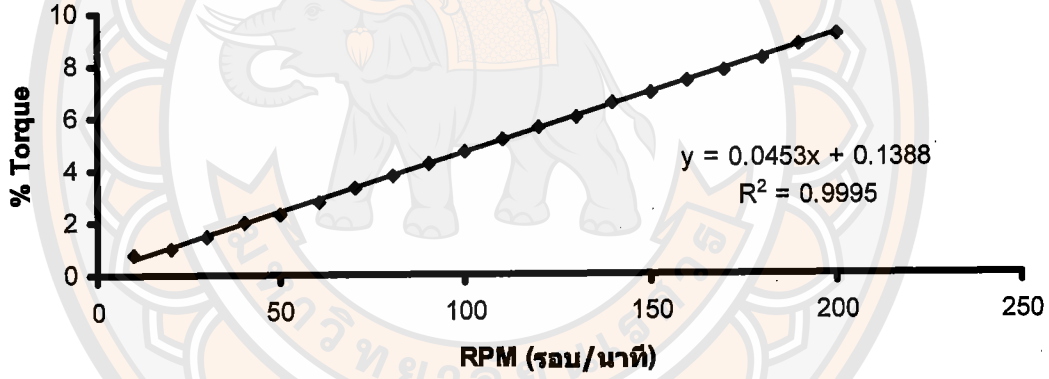
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Low molecular weight chitosan 3% ระหว่าง RPM กับ % Torque



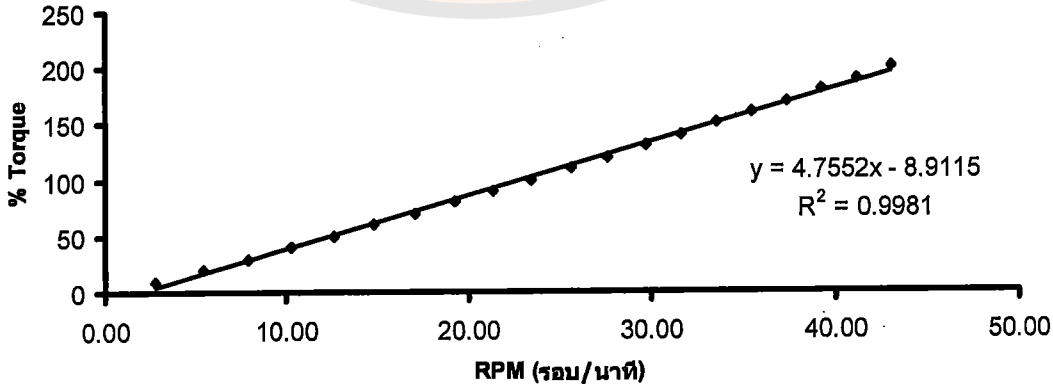
กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Medium molecular weight chitosan 1%w/v ระหว่าง RPM กับ %Torque



กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ Medium molecular weight chitosan 2%w/v ระหว่าง RPM กับ % Torque



กราฟแสดงความสัมพันธ์ Midium molecular weight chitosan 3% w/v ระหว่าง RPM กับ % Torque



การประเมินแรงตึงผิวของ Low molecular weight chitosan

สูตรที่	Chitosan %w/v	PEG 400 %w/v	Tween 80 %w/v	lot	แรงตึงผิว g (mN/m)		SD
						เฉลี่ย	
1	1	-	-	1	48.88705	44.1263	4.1331
				2	41.45714		
				3	42.03463		
2	2	-	-	1	47.24318	46.4420	3.9715
				2	49.95178		
				3	42.13090		
3	3	-	-	1	47.91983	47.4093	4.5632
				2	42.61236		
				3	51.69584		
4	1	0.5		1	47.24318	51.3111	3.5242
				2	53.44209		
				3	53.24796		
5	2	0.5	-	1	55.19053	46.8694	7.2224
				2	43.19035		
				3	42.22718		
6	1	1.0	-	1	54.21891	52.9250	1.4820
				2	51.30808		
				3	53.24796		
7	2	1.0	-	1	44.05779	45.5378	1.8630
				2	44.92579		
				3	47.62979		
8	1	-	0.5	1	40.97610	41.2647	0.3469
				2	41.16850		
				3	41.64961		
9	2	-	0.5	1	42.13090	42.1951	0.0556
				2	42.22718		
				3	42.22718		
10	1	-	1.0	1	40.68755	40.7517	0.1111
				2	40.68755		
				3	40.87991		

การประเมินแรงตึงผิวของ Low molecular weight chitosan

สูตรที่	Chitosan %w/v	PEG 400 %w/v	Tween 80 %w/v	lot	แรงตึงผิว g (mN/m)		SD
						เฉลี่ย	
11	2	-	1.0	1	41.64961	41.6496	0.0000
				2	41.64961		
				3	41.64961		
12	1	0.25	0.25	1	41.64961	41.9063	0.2223
				2	42.03463		
				3	42.03463		
13	2	0.25	0.25	1	42.03463	42.2914	0.2224
				2	42.41976		
				3	42.41976		
14	1	0.5	0.50	1	42.13090	42.0667	0.0556
				2	42.03463		
				3	42.03463		
15	2	0.5	0.50	1	41.64961	42.0668	0.3891
				2	42.41976		
				3	42.13090		

การประเมินแรงตึงผิวของ Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	Chitosan %w/v	PEG 400 %w/v	Tween 80 %w/v	lot	แรงตึงผิว g (mN/m)		SD
						เฉลี่ย	
1	1	-	-	1	43.5758	43.9936	0.3896
				2	44.3471		
				3	44.0578		
2	2	-	-	1	44.2506	44.3471	0.1670
				2	44.2506		
				3	44.5399		
3	3	-	-	1	46.9533	47.0178	0.5824
				2	47.6298		
				3	46.4703		
4	1	0.5		1	39.8223	42.9997	2.9003
				2	45.5048		
				3	43.6722		
5	2	0.5	-	1	42.5161	45.4099	2.5723
				2	46.2771		
				3	47.4365		
6	1	1.0	-	1	42.4198	43.9622	1.8322
				2	45.9874		
				3	43.4794		
7	2	1.0	-	1	46.8567	47.4044	0.8664
				2	46.9533		
				3	48.4034		
8	1	-	0.5	1	40.2068	40.5274	0.5552
				2	41.1685		
				3	40.2068		
9	2	-	0.5	1	40.3029	40.2068	0.4405
				2	40.5914		
				3	39.7262		
10	1	-	1.0	1	40.9761	41.2647	0.3469
				2	41.6496		
				3	41.1685		

การประเมินแรงตึงผิวของ Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	Chitosan %w/v	PEG 400 %w/v	Tween 80 %w/v	lot	แรงตึงผิว g (mN/m)		SD
						เฉลี่ย	
11	2	-	1.0	1	42.0346	42.1630	0.2224
				2	42.4198		
				3	42.0346		
12	1	0.25	0.25	1	39.7262	39.7262	0.4805
				2	40.2068		
				3	39.2458		
13	2	0.25	0.25	1	40.0145	39.5981	0.3884
				2	39.5340		
				3	39.2458		
14	1	0.5	0.50	1	40.5914	40.5273	0.2002
				2	40.6876		
				3	40.3029		
15	2	0.5	0.50	1	41.1685	41.3290	0.7349
				2	40.6876		
				3	42.1309		

ผลการประเมินความยืดหยุ่นของฟิล์ม

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน%w/v	PEG 400	Tween 80	Max.Disp (mm)
24	Medium MW	3	-	-	0.6498
			-	-	0.6611
			-	-	0.7597
เฉลี่ย					0.6902
Sdv.					0.0605
25	Medium MW	1	0.5		0.7714
			0.5	-	0.7311
			0.5	-	0.8377
เฉลี่ย					0.7801
Sdv.					0.0538
26	Medium MW	2	0.5	-	0.3539
			0.5	-	0.4008
			0.5	-	0.3430
เฉลี่ย					0.3659
Sdv.					0.0037
27	Medium MW	1	1.0	-	1.0650
			1.0	-	1.2490
			1.0	-	1.0570
เฉลี่ย					1.1237
Sdv.					0.1086
28	Medium MW	2	1.0	-	0.4978
			1.0	-	0.7880
			1.0	-	0.7355
เฉลี่ย					0.6738
Sdv.					0.1546
29	Medium MW	1	-	0.5	0.8145
			-	0.5	0.7794
			-	0.5	0.6861
เฉลี่ย					0.7600
Sdv.					0.0664
30	Medium MW	2	-	0.5	0.5642
			-	0.5	0.5927
			-	0.5	0.5445
เฉลี่ย					0.5671
Sdv.					0.0242

ผลการประเมินความยืดหยุ่นของฟิล์ม

ตำรับ	ชนิดของไคโตซาน	ความข้มข้นของไคโตซาน%w/v	PEG 400	Tween 80	Max.Disp (mm)
31	Medium MW	1	-	1.0	0.6734
			-	1.0	0.6606
			-	1.0	0.5983
เฉลี่ย					0.6441
Sdv.					0.0402
32	Medium MW	2	-	1.0	0.7337
			-	1.0	0.6706
			-	1.0	0.8503
เฉลี่ย					0.7515
Sdv.					0.0912
33	Medium MW	1	0.25	0.25	1.0990
			0.25	0.25	0.8920
			0.25	0.25	0.8920
เฉลี่ย					0.9610
Sdv.					0.1195
34	Medium MW	2	0.25	0.25	0.5111
			0.25	0.25	0.4942
			0.25	0.25	0.6558
เฉลี่ย					0.5537
Sdv.					0.0888
35	Medium MW	1	0.5	0.50	0.8455
			0.5	0.50	1.0880
			0.5	0.50	0.8062
เฉลี่ย					0.9132
Sdv.					0.1526
36	**Medium MW**	**2**	**0.5**	**0.50**	**0.6933**
			0.5	**0.50**	**0.5270**
			0.5	**0.50**	**0.6042**
เฉลี่ย					0.6082
Sdv.					0.0832

ตารางประเมินการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	lot	สูตร			น้ำหนัก			น้ำหนักรวมหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่งโมง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม
		chitosan (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	Tween 80 (%w/v)	film (g)	ตะแกรง (g)	รวม (g)	(g)	(%)
1	1	3%	-	-	0.0792	0.5200	0.5992	5.9440	6748.4848
	2	3%	-	-	0.1037	0.5222	0.6259	6.5615	5723.8187
	3	3%	-	-	0.0798	0.5526	0.6324	5.5272	6133.8346
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							6202.0460
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							515.7274
2	1	1%	0.50%	-	0.0305	0.4519	0.4824	0.7197	778.0328
	2	1%	0.50%	-	0.0370	0.5294	0.5664	0.9906	1146.4865
	3	1%	0.50%	-	0.0493	0.4679	0.5172	1.1195	1221.7039
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							1048.7410
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							237.4376
3	1	1%	1%	-	0.0396	0.5187	0.5582	0.8590	759.5960
	2	1%	1%	-	0.0563	0.5099	0.5662	1.1824	1094.4938
	3	1%	1%	-	0.0432	0.4742	0.5175	0.8305	724.5370
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							859.5423
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							204.2277
4	1	1%	-	0.50%	0.0403	0.4704	0.5107	0.9923	1195.0372
	2	1%	-	0.50%	0.0370	0.4914	0.5284	0.8052	748.1081
	3	1%	-	0.50%	0.0361	0.5362	0.5723	0.8685	820.4986
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							921.2146
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							239.8837
5	1	1%	-	1%	0.0385	0.4547	0.4933	0.6720	464.1558
	2	1%	-	1%	0.0518	0.4757	0.5790	0.9179	654.2471
	3	1%	-	1%	0.0598	0.5628	0.6225	0.9510	549.3311
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							555.9114
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							95.2163

ตารางประเมินการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	lot	สูตร			น้ำหนัก			น้ำหนักรวมหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่งโมง	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม
		chitosan (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	Tween 80 (%w/v)	film (g)	ตะแกรง (g)	รวม (g)	(g)	(%)
6	1	1%	0.25%	0.25%	0.0412	0.4657	0.5068	0.9181	998.3010
	2	1%	0.25%	0.25%	0.0429	0.4999	0.5430	0.9274	896.0373
	3	1%	0.25%	0.25%	0.0253	0.4834	0.5087	0.7153	816.6008
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							903.6464
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							91.0888
7	1	1%	0.5%	0.5%	0.0547	0.4964	0.5511	0.6738	224.3144
	2	1%	0.5%	0.5%	0.0511	0.4773	0.5284	0.7053	346.1840
	3	1%	0.5%	0.5%	0.0392	0.4916	0.5308	0.6271	245.6633
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							272.0539
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							65.0799
8	1	2%	0.5%	-	0.0546	0.0516	0.5703	1.5730	1836.4469
	2	2%	0.5%	-	0.0723	0.4870	0.5592	1.8095	1729.3223
	3	2%	0.5%	-	0.0551	0.4993	0.5546	1.6097	1914.8820
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							1826.8837
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							93.1488
9	1	2%	1%	-	0.0542	0.4908	0.5450	1.3366	1460.5166
	2	2%	1%	-	0.0755	0.4354	0.5109	1.7729	1671.5232
	3	2%	1%	-	0.0764	0.5170	0.5934	1.6187	1342.0157
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							1491.3518
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							166.9039
10	1	2%	-	0.5%	0.0783	0.4650	0.5433	4.0083	4425.2874
	2	2%	-	0.5%	0.0796	0.5142	0.5938	4.1438	4459.7990
	3	2%	-	0.5%	0.0648	0.5351	0.5999	3.9012	5094.5988
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							4659.8950
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							376.8597

ตารางประเมินการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	lot	สูตร			น้ำหนัก			น้ำหนักรวมหลังจากแช่น้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง (g)	น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม (%)
		chitosan (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	Tween 80 (%w/v)	film (g)	ตะแกรง (g)	รวม (g)		
11	1	2%	-	1%	0.0807	0.4387	0.5193	1.6258	1371.1276
	2	2%	-	1%	0.0663	0.4471	0.5133	1.1337	935.7466
	3	2%	-	1%	0.0987	0.4848	0.5834	1.9305	1364.8430
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							1223.9057
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							249.5729
12	1	2%	0.25%	0.25%	0.0330	0.5429	0.5760	0.8481	824.5455
	2	2%	0.25%	0.25%	0.0885	0.4463	0.5349	1.6698	1282.3729
	3	2%	0.25%	0.25%	0.0320	0.3166	0.4176	0.8359	1307.1875
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							1138.0353
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							271.7735
13	1	2%	0.5%	0.5%	0.0719	0.4966	0.5685	0.8485	389.4298
	2	2%	0.5%	0.5%	0.0404	0.5199	0.5603	0.6749	283.6634
	3	2%	0.5%	0.5%	0.0735	0.5476	0.6211	0.8425	301.2245
		เฉลี่ย % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							324.7725
		SD % น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นฟิล์ม							56.6791

ตารางประเมินการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	lot	สูตร			ลักษณะ
		chitosan (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	Tween 80 (%w/v)	
1	1	3%	-	-	ฟิล์มสีขาวใส ดูดซับน้ำพองตัวมาก อิ่มน้ำ ยุ่ย ไม่ม้วนงอ
	2	3%	-	-	"
	3	3%	-	-	"
2	1	1%	0.50%	-	ฟิล์มสีเหลือง พองตัวเล็กน้อย ม้วนเป็นหลอด
	2	1%	0.50%	-	ฟิล์มสีเหลือง ขอบฟิล์มม้วนเข้าหาจุดศูนย์กลางเป็นรูปถ้วย
	3	1%	0.50%	-	ฟิล์มสีเหลือง พองตัวเล็กน้อย ม้วนเป็นหลอดแต่ไม่ตลอดแผ่น
3	1	1%	1%	-	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวเล็กน้อย ม้วนเข้าหาจุดศูนย์กลางเป็นรูปถ้วย
	2	1%	1%	-	"
	3	1%	1%	-	"
4	1	1%	-	0.50%	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวปานกลาง ม้วนจากขอบเข้าหาศูนย์กลางเป็นรูปถ้วย
	2	1%	-	0.50%	"
	3	1%	-	0.50%	ฟิล์สีขาวใส พองตัวปานกลาง ม้วนจากขอบเป็นรูปสามเหลี่ยม
5	1	1%	-	1%	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวมาก ม้วนเป็นหลอด
	2	1%	-	1%	"
	3	1%	-	1%	"
6	1	1%	0.25%	0.25%	ฟิล์มสีเหลือง พองตัวปานกลาง ม้วนไม่สมบูรณ์
	2	1%	0.25%	0.25%	ฟิล์มสีเหลืองใส พองตัวปานกลาง ม้วนไม่สมบูรณ์
	3	1%	0.25%	0.25%	ฟิล์มสีเหลืองใส พองตัวปานกลาง ม้วนเป็นหลอด
7	1	1%	0.5%	0.5%	ฟิล์มสีเหลืองขุ่น ไม่พองตัว เป็นแผ่นบิดเบี้ยว
	2	1%	0.5%	0.5%	"
	3	1%	0.5%	0.5%	"
8	1	2%	0.5%	-	ฟิล์สีเหลืองใส พองตัวปานกลาง ม้วนอย่างไร้ทิศทาง
	2	2%	0.5%	-	"
	3	2%	0.5%	-	"
9	1	2%	1%	-	ฟิล์มสีเหลือง ม้วนเป็นหลอด พองตัว
	2	2%	1%	-	"
	3	2%	1%	-	"

ตารางประเมินการดูดซับน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan

สูตรที่	lot	สูตร			ลักษณะ
		chitosan (%w/v)	PEG 400 (%w/v)	Tween 80 (%w/v)	
10	1	2%	-	0.5%	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวมาก ม้วนเป็นแผ่น ยุ่ย
	2	2%	-	0.5%	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวมาก ม้วนเป็นหลอด
	3	2%	-	0.5%	ฟิล์มสีขาวใส พองตัวมาก ม้วนเข้าหากัน
11	1	2%	-	1%	ฟิล์มสีเหลืองใส พองตัวปานกลาง ม้วนเป็นหลอด
	2	2%	-	1%	"
	3	2%	-	1%	"
12	1	2%	0.25%	0.25%	ฟิล์มสีเหลืองใส พองตัวปานกลาง ม้วนเข้าหากัน
	2	2%	0.25%	0.25%	"
	3	2%	0.25%	0.25%	"
13	1	2%	0.5%	0.5%	ฟิล์มสีเหลืองเข้ม พองตัวเล็กน้อย ม้วนเป็นหลอด
	2	2%	0.5%	0.5%	ฟิล์มสีเหลืองขุ่น ไม่พองตัว
	3	2%	0.5%	0.5%	ฟิล์มสีเหลืองเข้ม พองตัวเล็กน้อย ม้วนเป็นหลอด

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
1	1	3%	-	-	118.3586	20.0679	0.2340	138.6605	138.7316	138.7734	138.8441	138.9030	138.9682	139.0129	139.1296	139.2507	139.3582
	2	3%	-	-	111.1636	20.0208	0.1874	131.3718	131.4671	131.5019	131.5736	131.6303	131.6992	131.7403	131.8605	131.9774	132.0768
	3	3%	-	-	111.2782	20.0218	0.2539	131.5539	131.6346	131.6757	131.7478	131.8071	131.8730	131.9107	132.0211	132.1412	132.2452
	เฉลี่ย n1								0.3543	0.5626	0.9149	1.2084	1.5333	1.7560	2.3376	2.9410	3.4767
	เฉลี่ย n2								0.4760	0.6498	1.0080	1.2912	1.6353	1.8406	2.4410	3.0249	3.5213
	เฉลี่ย n3								0.4031	0.6083	0.9684	1.2646	1.5938	1.7821	2.3335	2.9333	3.4527
	ค่าเฉลี่ย								0.4111	0.6069	0.9638	1.2547	1.5875	1.7929	2.3707	2.9664	3.4836
2	SD								0.0613	0.0436	0.0467	0.0423	0.0513	0.0433	0.0609	0.0508	0.0348
	1	1%	0.50%	-	111.8429	20.0970	0.107	132.0469	132.6428	132.7935	132.9463	133.1124	133.2303	133.3633	133.6647	133.9745	134.2132
	2	1%	0.50%	-	111.2485	20.0229	0.092	131.3636	132.0171	132.1670	132.3332	132.4928	132.6132	132.7552	133.0660	133.3333	133.5829
	3	1%	0.50%	-	113.6482	20.1185	0.113	133.8795	133.9856	134.1372	134.2978	134.4561	134.5696	134.7037	134.9819	135.2756	135.5239
	เฉลี่ย n1								2.9651	3.7150	4.4753	5.3018	5.8884	6.5502	8.0500	9.5915	10.7792
	เฉลี่ย n2								3.2638	4.0124	4.8425	5.6395	6.2409	6.9500	8.5023	9.8372	11.0838
	เฉลี่ย n3								0.5274	1.2809	2.0792	2.8660	3.4302	4.0967	5.4795	6.9394	8.1736
	ค่าเฉลี่ย								2.2521	3.0028	3.7990	4.6024	5.1865	5.8657	7.3439	8.7894	10.0122
	SD								1.5011	1.4986	1.5007	1.5132	1.5312	1.5449	1.6304	1.6068	1.5996

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
3	1	1%	1%	-	111.8013	20.0934	0.126	132.0206	132.1574	132.3258	132.5074	132.6908	132.8213	132.9620	133.2953	133.5877	133.8445
	2	1%	1%	-	111.5787	20.0549	0.102	131.7355	131.8977	132.0603	132.2351	132.4176	132.5540	132.6990	133.0340	133.3241	133.6003
	3	1%	1%	-	111.1249	20.0482	0.088	131.2606	131.4530	131.6217	131.8099	131.9911	132.1305	132.2765	132.6166	132.9163	133.1774
	เฉลี่ย n1								0.6808	1.5189	2.4227	3.3354	3.9849	4.6851	6.3439	7.7991	9.0771
	เฉลี่ย n2								0.8088	1.6196	2.4912	3.4012	4.0813	4.8043	6.4747	7.9213	9.2985
	เฉลี่ย n3								0.9597	1.8012	2.7399	3.6437	4.3390	5.0673	6.7637	8.2586	9.5610
	ค่าเฉลี่ย								0.8164	1.6465	2.5512	3.4601	4.1351	4.8522	6.5274	7.9930	9.3122
	SD								0.1396	0.1430	0.1669	0.1624	0.1831	0.1955	0.2148	0.2380	0.2422
4	1	1%	-	0.50%	111.1007	20.0541	0.151	131.3057	131.3981	131.4902	131.5831	131.6745	131.7387	131.8181	132.0006	132.1942	132.3483
	2	1%	-	0.50%	111.3989	20.0030	0.142	131.5443	131.6446	131.7512	131.8520	131.9555	132.0304	132.1171	132.3459	132.5425	132.7079
	3	1%	-	0.50%	112.0812	20.1053	0.116	132.3023	132.4016	132.5192	132.6357	132.7548	132.8460	132.9497	133.1762	133.4388	133.6650
	เฉลี่ย n1								0.4608	0.9200	1.3833	1.8390	2.1592	2.5551	3.4651	4.4305	5.1989
	เฉลี่ย n2								0.5014	1.0343	1.5383	2.0557	2.4301	2.8636	4.0074	4.9903	5.8171
	เฉลี่ย n3								0.4939	1.0788	1.6583	2.2507	2.7043	3.2200	4.3466	5.6527	6.7778
	ค่าเฉลี่ย								0.4854	1.0111	1.5266	2.0485	2.4312	2.8796	3.9397	5.0245	5.9313
	SD								0.0216	0.0819	0.1379	0.2059	0.2726	0.3328	0.4446	0.6118	0.7956

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์มMedium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
5	1	1%	-	1%	111.1362	20.0270	0.0779	131.2411	131.4132	131.5098	131.6413	131.7590	131.8848	131.9680	132.1919	132.4080	132.6077
	2	1%	-	1%	111.7367	20.0368	0.1007	131.8742	132.0357	132.1260	132.2621	132.3854	132.5016	132.5774	132.7808	132.9914	133.2003
	3	1%	-	1%	110.5051	20.0311	0.0912	130.6274	130.7959	130.8891	131.0244	131.1389	131.2573	131.3358	131.5580	131.7655	131.9695
	เฉลี่ย n1								0.8593	1.3417	1.9983	2.5860	3.2142	3.6296	4.7476	5.8266	6.8238
	เฉลี่ย n2								0.8060	1.2567	1.9359	2.5513	3.1312	3.5095	4.5247	5.5757	6.6183
	เฉลี่ย n3								0.8412	1.3065	1.9819	2.5535	3.1446	3.5365	4.6458	5.6817	6.7001
	ค่าเฉลี่ย								0.8355	1.3016	1.9721	2.5636	3.1633	3.5585	4.6393	5.6947	6.7141
	SD								0.0271	0.0427	0.0323	0.0194	0.0445	0.0630	0.1116	0.1260	0.1034
6	1	1%	0.25%	0.25%	111.0820	20.0259	0.0936	131.2015	131.3843	131.5070	131.6830	131.8386	132.0057	132.1113	132.3828	132.6331	132.8692
	2	1%	0.25%	0.25%	111.1806	20.0231	0.0846	131.2883	131.5111	131.6203	131.7706	131.9054	132.0544	132.1447	132.3951	132.6327	132.8428
	3	1%	0.25%	0.25%	111.5565	20.0900	0.1259	131.7724	131.9576	132.0582	132.2019	132.3351	132.4777	132.5675	132.7997	133.0248	133.2396
	เฉลี่ย n1								0.9128	1.5255	2.4044	3.1814	4.0158	4.5431	5.8989	7.1487	8.3277
	เฉลี่ย n2								1.1127	1.6581	2.4087	3.0819	3.8261	4.2771	5.5276	6.7142	7.7635
	เฉลี่ย n3								0.9219	1.4226	2.1379	2.8009	3.5107	3.9577	5.1135	6.2339	7.3031
	ค่าเฉลี่ย								0.9825	1.5354	2.3170	3.0214	3.7842	4.2593	5.5133	6.6990	7.7981
	SD								0.1129	0.1181	0.1551	0.1973	0.2551	0.2931	0.3929	0.4576	0.5132

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
7	1	1%	0.5%	0.50%	112.0897	20.0033	0.1083	132.2013	132.4193	132.5514	132.7470	132.9172	133.0806	133.1830	133.4625	133.7371	133.9802
	2	1%	0.5%	0.50%	111.9780	20.0800	0.0915	132.1495	132.3751	132.5124	132.7064	132.8798	133.0491	133.1595	133.4615	133.7411	133.9820
	3	1%	0.5%	0.50%	110.8715	20.0510	0.1183	131.0408	131.2613	131.3851	131.5708	131.7334	131.8946	131.9956	132.2516	132.5080	132.7420
	เฉลี่ย n1								1.0898	1.7502	2.7280	3.5789	4.3958	4.9077	6.3050	7.6777	8.8930
	เฉลี่ย n2								1.1235	1.8073	2.7734	3.6370	4.4801	5.0299	6.5339	7.9263	9.1260
	เฉลี่ย n3								1.0997	1.7171	2.6433	3.4542	4.2581	4.7619	6.0386	7.3173	8.4844
	ค่าเฉลี่ย								1.1043	1.7582	2.7149	3.5567	4.3780	4.8998	6.2925	7.6405	8.8345
	SD								0.0173	0.0456	0.0661	0.0934	0.1120	0.1342	0.2479	0.3062	0.3248
8	1	2%	0.5%	-	112.0908	20.0169	0.162	132.2694	132.3548	132.4544	132.5664	132.6760	132.7597	132.8586	133.0895	133.2930	133.4880
	2	2%	0.5%	-	110.5173	20.0000	0.186	130.7033	130.7657	130.8685	130.9811	131.0927	131.1797	131.2775	131.4843	131.7032	131.8854
	3	2%	0.5%	-	111.3428	20.1530	0.215	131.7110	131.8003	131.8891	131.9858	132.0903	132.1660	132.2525	132.4400	132.6383	132.8062
	เฉลี่ย n1								0.4266	0.9242	1.4837	2.0313	2.4494	2.9435	4.0970	5.1137	6.0879
	เฉลี่ย n2								0.3120	0.8260	1.3890	1.9470	2.3820	2.8710	3.9050	4.9995	5.9105
	เฉลี่ย n3								0.4431	0.8837	1.3636	1.8821	2.2577	2.6869	3.6173	4.6013	5.4344
	ค่าเฉลี่ย								0.3939	0.8780	1.4121	1.9535	2.3631	2.8338	3.8731	4.9048	5.8109
	SD								0.0714	0.0494	0.0633	0.0748	0.0972	0.1323	0.2414	0.2690	0.3379

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
9	1	2%	1%	-	112.1492	20.0048	0.224	132.3777	132.4890	132.6187	132.7499	132.8883	132.9898	133.1037	133.3701	133.6469	133.8760
	2	2%	1%	-	111.1982	20.0743	0.17	131.4426	131.6098	131.7550	131.9056	132.0698	132.1900	132.3241	132.6184	132.9087	133.1674
	3	2%	1%	-	112.0353	20.0220	0.208	132.2657	132.3535	132.4944	132.6383	132.7823	132.8957	133.0179	133.2945	133.5549	133.7824
	เฉลี่ย n1								0.5564	1.2047	1.8606	2.5524	3.0598	3.6291	4.9608	6.3445	7.4897
	เฉลี่ย n2								0.8329	1.5562	2.3064	3.1244	3.7232	4.3912	5.8572	7.3034	8.5921
	เฉลี่ย n3								0.4385	1.1422	1.8610	2.5802	3.1465	3.7569	5.1383	6.4389	7.5752
	ค่าเฉลี่ย								0.6093	1.3011	2.0093	2.7523	3.3098	3.9257	5.3188	6.6956	7.8857
	SD								0.2024	0.2232	0.2573	0.3225	0.3606	0.4081	0.4747	0.5285	0.6133
10	1	2%	-	0.5%	111.7839	20.0021	0.1910	131.9770	132.0839	132.1415	132.2219	132.3003	132.3689	132.4110	132.5545	132.6854	132.8078
	2	2%	-	0.5%	111.2976	20.0291	0.1707	131.4974	131.6021	131.6655	131.7608	131.8606	131.9536	132.0118	132.1803	132.3523	132.5132
	3	2%	-	0.5%	112.1735	20.0332	0.1549	132.3616	132.4772	132.5425	132.6494	132.7480	132.8410	132.9035	133.0805	133.2465	133.4019
	เฉลี่ย n1								0.5344	0.8224	1.2244	1.6163	1.9593	2.1698	2.8872	3.5416	4.1536
	เฉลี่ย n2								0.5227	0.8393	1.3151	1.8134	2.2777	2.5683	3.4095	4.2683	5.0716
	เฉลี่ย n3								0.5770	0.9030	1.4366	1.9288	2.3930	2.7050	3.5885	4.4172	5.1929
	ค่าเฉลี่ย								0.5447	0.8549	1.3254	1.7862	2.2100	2.4810	3.2951	4.0757	4.8060
	SD								0.0286	0.0425	0.1065	0.1580	0.2246	0.2781	0.3644	0.4685	0.5683

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
11	1	2%	-	1%	112.105	20.1924	0.2518	132.5492	132.5763	132.6276	132.7005	132.7791	132.8445	132.9251	133.0920	133.2923	133.4275
	2	2%	-	1%	112.1755	20.1545	0.174	132.5035	132.5689	132.6510	132.7389	132.8338	132.9025	132.9830	133.1688	133.3792	133.5280
	3	2%	-	1%	112.4333	20.0175	0.202	132.6524	132.7154	132.8293	132.9556	133.0119	133.1019	133.1211	133.2484	133.6660	133.8172
	เฉลี่ย n1								0.1342	0.3883	0.7493	1.1385	1.4624	1.8616	2.6881	3.6801	4.3497
	เฉลี่ย n2								0.3245	0.7318	1.1680	1.6388	1.9797	2.3791	3.3010	4.3449	5.0832
	เฉลี่ย n3								0.3147	0.8837	1.5147	1.7959	2.2455	2.3415	2.9774	5.0636	5.8189
	ค่าเฉลี่ย								0.2578	0.6679	1.1440	1.5244	1.8959	2.1941	2.9888	4.3629	5.0839
	SD								0.1072	0.2538	0.3833	0.3433	0.3982	0.2885	0.3066	0.6919	0.7346
12	1	2%	0.25%	0.25%	111.6916	20.0225	0.216	131.9304	132.0041	132.0887	132.1743	132.2649	132.3340	132.4160	132.6110	132.8064	132.9862
	2	2%	0.25%	0.25%	111.1368	20.0433	0.21	131.3902	131.4176	131.5033	131.5922	131.6848	131.7529	131.8281	131.9966	132.1777	132.3404
	3	2%	0.25%	0.25%	111.6598	20.1616	0.185	132.0060	132.1708	132.2801	132.3625	132.4537	132.5257	132.6034	132.8135	133.0088	133.1690
	เฉลี่ย n1								0.3681	0.7906	1.2181	1.6706	2.0157	2.4253	3.3992	4.3751	5.2731
	เฉลี่ย n2								0.1367	0.5643	1.0078	1.4698	1.8096	2.1848	3.0254	3.9290	4.7407
	เฉลี่ย n3								0.8174	1.3595	1.7682	2.2206	2.5777	2.9631	4.0051	4.9738	5.7684
	ค่าเฉลี่ย								0.4407	0.9048	1.3314	1.7870	2.1343	2.5244	3.4766	4.4260	5.2607
	SD								0.3461	0.4097	0.3926	0.3887	0.3975	0.3985	0.4944	0.5243	0.5139

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

การประเมินการซึมผ่านน้ำของแผ่นฟิล์ม Medium molecular weight chitosan % w/v

สูตร	lot	C	P	T	น้ำหนัก (g)				นน.ชม.ที่ (g)								
		(%w/v)			ขวด	ซิลิกา	ฟิล์ม	รวม	4	8	12	16	20	24	32	40	48
13	1	2%	0.5%	0.5%	112.0148	20.0357	0.1404	132.1909	132.3781	132.4756	132.6247	132.7530	132.8902	132.9729	133.1935	133.4113	133.6076
	2	2%	0.5%	0.5%	111.7591	20.0085	0.1612	131.9288	132.0976	132.1881	132.3250	132.4617	132.5874	132.6714	132.9147	133.1197	133.3216
	3	2%	0.5%	0.5%	111.8436	20.0169	0.1714	132.0319	132.2324	132.3586	132.5385	132.7067	132.8632	132.9629	133.2531	133.5105	133.7489
	เฉลี่ย n1								0.9343	1.4210	2.1651	2.8055	3.4903	3.9030	5.0041	6.0911	7.0709
	เฉลี่ย n2								0.8436	1.2959	1.9802	2.6634	3.2916	3.7114	4.9274	5.9520	6.9610
	เฉลี่ย n3								1.0017	1.6321	2.5309	3.3712	4.1530	4.6511	6.1008	7.3868	8.5778
	ค่าเฉลี่ย								0.9265	1.4497	2.2254	2.9467	3.6450	4.0885	5.3441	6.4766	7.5366
	SD								0.0793	0.1699	0.2803	0.3744	0.4510	0.4965	0.6565	0.7913	0.9034

C = chitosan P = PEG 400 T = Tween 80

ตารางบันทึกผลการประเมินการเคลือบติดของ

medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	%w/v			dip					Spray				
	chitosan	PEG 400	Tween 80	n1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5
control	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
control จุ่มน้ำ	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0.5	-	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
2	2	0.5	-	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3
3	1	1	-	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
4	2	1	-	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3
5	1	0.25	0.25	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
6	2	0.25	0.25	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3
7	1	0.5	0.5	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
8	2	0.5	0.5	4	4	4	4	4	2	2	2	2	2

ตารางบันทึกผลการประเมินสีของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	day	สี													
		Dip							Spray						
		n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
chitosan 1 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	5	4	5	5	5	4.8	0.4	4	5	5	5	5	4.8	0.4
	2	6	5	6	6	6	5.8	0.4	5	6	6	6	6	5.8	0.4
	4	8	7	8	8	8	7.8	0.4	7	8	8	8	8	7.8	0.4
	6	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 2 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	5	5	5	5	4	4.8	0.4	5	5	4	4	5	4.6	0.5
	2	6	6	6	6	5	5.8	0.4	6	6	5	5	6	5.6	0.5
	4	7	7	7	7	6	6.8	0.4	7	7	7	6	7	6.8	0.4
	6	8	8	8	8	7	7.8	0.4	8	8	8	7	8	7.8	0.4
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 1%w/v + 1 %w/v PEG-400	0	5	4	5	5	5	4.8	0.4	5	4	5	5	4	4.6	0.5
	2	6	5	6	6	6	5.8	0.4	6	5	6	6	5	5.6	0.5
	4	8	7	8	8	8	7.8	0.4	8	7	8	8	7	7.6	0.5
	6	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 2 %w/v + 1 %w/v PEG-400	0	5	5	5	5	4	4.8	0.4	5	5	4	5	5	4.8	0.4
	2	6	6	6	6	5	5.8	0.4	6	6	5	6	6	5.8	0.4
	4	7	7	7	7	6	6.8	0.4	7	7	6	7	7	6.8	0.4
	6	8	8	8	8	7	7.8	0.4	8	8	7	8	8	7.8	0.4
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 1 %w/v + 0.25 %w/v PEG-400 + 0.25 %w/v Tween-80	0	5	5	4	4	5	4.6	0.5	5	4	5	5	5	4.8	0.4
	2	6	6	5	5	6	5.6	0.5	6	6	6	6	6	6.0	0.0
	4	7	7	6	6	7	6.6	0.5	8	8	8	8	8	8.0	0.0
	6	8	8	7	7	8	7.6	0.5	8	8	8	8	8	8.0	0.0
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 2 %w/v + 0.25 %w/v PEG-400 + 0.25 %w/v Tween-80	0	4	5	5	5	5	4.8	0.4	4	5	5	5	5	4.8	0.4
	2	5	6	6	6	6	5.8	0.4	5	6	6	6	6	5.8	0.4
	4	6	7	7	7	7	6.8	0.4	6	7	7	7	7	6.8	0.4
	6	7	8	8	8	8	7.8	0.4	7	8	8	8	8	7.8	0.4
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0

ตารางบันทึกผลการประเมินสีของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	day	สี													
		Dip							Spray						
		n1	N2	N3	N4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
chitosan 1%w/v	0	5	5	4	4	5	4.6	0.5	5	4	5	5	5	4.8	0.4
+	2	6	6	5	5	6	5.6	0.5	6	5	6	6	6	5.8	0.4
0.5 %w/v PEG-400	4	7	7	6	6	7	6.6	0.5	8	7	8	8	8	7.8	0.4
+	6	8	8	7	7	8	7.6	0.5	8	8	8	8	8	8.0	0.0
0.5 %w/v Tween-80	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
chitosan 2 %w/v	0	4	5	5	5	4	4.6	0.5	4	5	5	5	5	4.8	0.4
+	2	5	6	6	6	5	5.6	0.5	5	6	6	6	6	5.8	0.4
0.5 %w/v PEG-400	4	6	7	7	7	6	6.6	0.5	6	7	7	7	7	6.8	0.4
+	6	7	8	8	8	7	7.6	0.5	7	8	8	8	8	7.8	0.4
0.5 %w/v Tween-80	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0

ตารางบันทึกผลการประเมินสีของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	day	สี													
		ไม่จุ่มน้ำ							จุ่มน้ำ						
		n1	n2	N3	N4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
control	0	5	5	4	5	5	4.8	0.4	5	4	5	5	5	4.8	0.4
	2	6	6	5	6	6	5.8	0.4	6	5	6	6	6	5.8	0.4
	4	8	8	7	8	8	7.8	0.4	8	7	8	8	8	7.8	0.4
	6	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0
	8	8	8	8	8	8	8.0	0.0	8	8	8	8	8	8.0	0.0

ตารางบันทึกผลการประเมินการตกกระของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	Day	การตกกระ													
		Dip							Spray						
		n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
chitosan 1 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	3	2	3	3	3	2.8	0.4	1	2	2	2	2	1.8	0.4
	6	5	4	5	5	5	4.8	0.4	5	6	6	6	6	5.8	0.4
	8	8	7	8	8	8	7.8	0.4	6	7	7	7	7	6.8	0.4
chitosan 2 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1	1	1	0	1	0.8	0.4
	6	1	1	1	1	0	0.8	0.4	3	3	3	2	3	2.8	0.4
	8	6	6	6	6	5	5.8	0.4	6	6	5	5	6	5.6	0.5
chitosan 1%w/v + 1 %w/v PEG-400	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	3	2	3	3	3	2.8	0.4	2	1	2	2	1	1.6	0.5
	6	5	4	5	5	5	4.8	0.4	6	5	6	6	5	5.6	0.5
	8	8	7	8	8	8	7.8	0.4	7	6	7	7	6	6.6	0.5
chitosan 2 %w/v + 1 %w/v PEG-400	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1	1	0	1	1	0.8	0.4
	6	0	0	0	0	0	0.0	0.0	3	3	2	3	3	2.8	0.4
	8	6	6	6	6	5	5.8	0.4	7	7	6	7	7	6.8	0.4
chitosan 1 %w/v + 0.25 %w/v PEG-400 + 0.25 %w/v Tween-80	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	2	2	1	1	2	1.6	0.5	2	1	2	2	2	1.8	0.4
	6	4	4	3	3	4	3.6	0.5	6	5	6	6	6	5.8	0.4
	8	7	7	6	6	7	6.6	0.5	7	6	7	7	7	6.8	0.4

ตารางบันทึกผลการประเมินการตกกระของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	day	การตกกระ													
		Dip							Spray						
		n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
chitosan 2 %w/v	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
+	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
0.25 %w/v PEG-400	4	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
+	6	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
0.25 %w/v Tween-80	8	5	6	6	6	6	5.8	0.4	5	6	6	6	6	5.8	0.4
chitosan 1%w/v	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
+	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
0.5 %w/v PEG-400	4	3	3	2	2	3	2.6	0.5	2	1	2	2	2	1.8	0.4
+	6	5	5	4	4	5	4.6	0.5	6	5	6	6	6	5.8	0.4
0.5 %w/v Tween-80	8	7	7	6	6	7	6.6	0.5	7	6	7	7	7	6.8	0.4
chitosan 2 %w/v	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
+	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
0.5 %w/v PEG-400	4	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
+	6	0	0	0	0	0	0.0	0.0	1	1	1	1	1	1.0	0.0
0.5 %w/v Tween-80	8	5	6	6	6	5	5.6	0.5	5	6	6	6	6	5.8	0.4

ตารางบันทึกผลการประเมินการตกกระของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip และ spray

สูตร	day	การตกกระ													
		ไม่จุ่มน้ำ							control จุ่มน้ำ						
		n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	SD
control	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	2	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0.0	0.0
	4	3	3	2	3	3	2.8	0.4	3	2	3	3	3	2.8	0.4
	6	7	7	6	7	7	6.8	0.4	5	4	5	5	5	4.8	0.4
	8	8	8	7	8	8	7.8	0.4	8	7	8	8	8	7.8	0.4

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip

สูตร	day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		N1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	
Control	0	47.1571	45.9421	49.3209	38.6263	46.2004	-	-	-	-	-	-	-
	2	42.4734	40.8031	44.9215	35.1515	41.8276	9.9321	11.1858	8.9200	8.9959	9.4649	9.6997	0.9248
	4	38.8507	37.3920	41.6646	32.5632	38.6214	17.6143	18.6106	15.5234	15.6968	16.4046	16.7700	1.3172
	6	35.1712	33.9701	38.5063	30.0050	35.4298	25.4170	26.0589	21.9270	22.3198	23.3128	23.8071	1.8475
	8	32.7188	31.5604	36.1535	28.1286	33.0590	30.6174	31.3040	26.6974	27.1776	28.4443	28.8482	2.0458
control จุ่มน้ำ	0	42.9970	47.1536	40.1865	39.4942	36.8813	-	-	-	-	-	-	-
	2	38.6563	42.5384	36.0263	35.5841	32.9422	10.0954	9.7876	10.3522	9.9004	10.6805	10.1632	0.3599
	4	35.5715	39.4368	33.0300	32.7940	30.2056	17.2698	16.3652	17.8082	16.9650	18.1005	17.3018	0.6867
	6	32.3502	36.4022	29.9408	29.9532	27.3934	24.7617	22.8008	25.4954	24.1580	25.7255	24.5883	1.1754
	8	30.0569	34.1234	27.7134	27.8569	25.4438	30.0954	27.6335	31.0380	29.4658	31.0117	29.8489	1.4037
chitosan 1 %w/v + 0.5 %w/v PEG 400	0	46.2701	45.7230	50.1944	41.7636	37.1239	-	-	-	-	-	-	-
	2	42.7371	41.8774	46.3986	38.2733	33.4764	7.6356	8.4106	7.5622	8.3573	9.8252	8.3582	0.9098
	4	39.8416	38.9257	43.4787	35.6073	30.8520	13.8934	14.8663	13.3794	14.7408	16.8945	14.7549	1.3439
	6	36.8132	35.9720	40.4029	32.8228	28.0785	20.4385	21.3262	19.5072	21.4081	24.3654	21.4091	1.8239
	8	34.7044	33.9774	38.1756	30.9682	26.2039	24.9961	25.6886	23.9445	25.8488	29.4150	25.9786	2.0623

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip

สูตร	Day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		n1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	
	0	38.2498	41.2999	45.6663	42.7328	42.6616	-	-	-	-	-	-	-
chitosan 2 %w/v	2	35.5666	38.5932	42.9080	39.8344	39.7039	7.0149	6.5538	6.0401	6.7826	6.9329	6.6649	0.3908
+	4	33.5361	36.4189	40.6720	37.5445	37.3882	12.3235	11.8184	10.9365	12.1413	12.3610	11.9161	0.5882
0.5 %w/v PEG 400	6	31.6238	34.3955	38.5686	35.3708	35.1948	17.3230	16.7177	15.5425	17.2280	17.5024	16.8627	0.7935
	8	30.0385	32.7299	36.8882	33.6300	33.4238	21.4676	20.7507	19.2223	21.3017	21.6537	20.8792	0.9857
	0	40.8182	45.2346	47.7435	40.4171	41.4347	-	-	-	-	-	-	-
chitosan 1%w/v	2	37.3732	41.4299	44.2372	36.9751	37.9775	8.4399	8.4110	7.3440	8.5162	8.3437	8.2110	0.4886
+	4	34.4875	38.3482	41.3176	34.2270	35.1848	15.5095	15.2237	13.4592	15.3155	15.0837	14.9183	0.8302
1 %w/v PEG 400	6	31.6199	35.5591	38.6119	31.5312	32.4569	22.5348	21.3896	19.1264	21.9855	21.6673	21.3407	1.3090
	8	29.7240	33.5006	36.6903	29.5684	30.5342	27.1795	25.9403	23.1512	26.8419	26.3077	25.8841	1.6005
	0	43.5617	41.8309	39.0863	37.5309	45.4466	-	-	-	-	-	-	-
chitosan 2 %w/v	2	40.5817	38.4396	36.1861	34.6436	42.5749	6.8409	8.1072	7.4200	7.6931	6.3188	7.2760	0.7055
+	4	38.2271	35.9914	33.9669	32.4170	40.2804	12.2461	13.9598	13.0977	13.6258	11.3676	12.8594	1.0555
1 %w/v PEG 400	6	35.9710	33.7396	31.8036	30.3381	38.0170	17.4252	19.3429	18.6324	19.1650	16.3480	18.1827	1.2702
	8	34.1265	31.9573	30.1543	28.7235	36.2347	21.6594	23.6036	22.8520	23.4671	20.2697	22.3704	1.4030

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี dip

สูตร	day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		n1	n2	n3	N4	n5	N1	n2	N3	n4	n5	เฉลี่ย	
chitosan 1 %w/v	0	42.744	59.3288	48.8766	47.9078	39.9469	-	-	-	-	-	-	-
+	2	39.6333	55.0541	45.3994	43.9416	36.8585	7.2775	7.2051	7.1142	8.2788	7.7313	7.5214	0.4855
0.25 %w/v PEG 400	4	37.137	51.6392	42.6132	40.9776	34.3388	13.1176	12.9610	12.8147	14.4657	14.0389	13.4796	0.7293
+	6	34.7002	48.3791	40.0711	38.1171	31.9802	18.8185	18.4560	18.0158	20.4365	19.9432	19.1340	1.0199
0.25 %w/v Tween80	8	32.7909	45.7653	38.1325	35.8715	30.0549	23.2854	22.8616	21.9821	25.1239	24.7629	23.6032	1.3168
chitosan 2 %w/v	0	47.9052	40.0119	36.2299	48.2152	45.0617	-	-	-	-	-	-	-
+	2	44.4509	37.0553	33.1387	44.7855	41.5382	7.2107	7.3893	8.5322	7.1133	7.8193	7.6130	0.5807
0.25 %w/v PEG400	4	41.6736	34.7115	30.8163	42.0007	38.7831	13.0082	13.2471	14.9424	12.8891	13.9333	13.6040	0.8505
+	6	39.057	32.5967	28.697	39.5294	36.3626	18.4702	18.5325	20.7919	18.0147	19.3049	19.0228	1.0922
0.25 %w/v Tween80	8	37.0695	30.9149	27.0172	37.5225	34.4682	22.6190	22.7357	25.4284	22.1770	23.5089	23.2938	1.2862
chitosan 1%w/v	0	45.1766	45.254	44.7782	47.0366	41.3452	-	-	-	-	-	-	-
+	2	41.7251	41.4567	41.2654	43.5762	38.1811	7.6400	8.3911	7.8449	7.3568	7.6529	7.7771	0.3848
0.5 %w/v PEG 400	4	38.9943	38.6563	38.4673	40.7378	35.6947	13.6847	14.5793	14.0937	13.3913	13.6666	13.8831	0.4629
+	6	36.2514	36.0087	35.8077	38.0346	33.3474	19.7562	20.4298	20.0332	19.1383	19.3440	19.7403	0.5198
0.5 %w/v Tween 80	8	34.3022	34.0576	33.8623	35.9555	31.409	24.0709	24.7412	24.3777	23.5585	24.0323	24.1561	0.4391
chitosan 2 %w/v	0	43.2979	49.1935	41.7929	44.2447	47.5057	-	-	-	-	-	-	-
+	2	39.9845	45.2567	38.4574	40.9438	44.2075	7.6526	8.0027	7.9810	7.4606	6.9427	7.6079	0.4362
0.5 %w/v PEG 400	4	37.3874	42.6383	35.9694	38.5043	41.518	13.6508	13.3253	13.9342	12.9742	12.6042	13.2977	0.5282
+	6	34.8408	40.1843	33.7973	36.3199	39.055	19.5324	18.3138	19.1315	17.9113	17.7888	18.5355	0.7657
0.5 %w/v Tween 80	8	32.9191	38.3462	32.1224	34.6898	37.124	23.9707	22.0503	23.1391	21.5956	21.8536	22.5218	1.0009

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี Spray

สูตร	day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		n1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	
chitosan 1 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	41.1812	42.5802	41.6274	40.9974	42.4868	-	-	-	-	-	-	-
	2	38.1148	39.4573	38.698	38.0793	39.188	7.4461	7.3342	7.0372	7.1178	7.7643	7.3399	0.2883
	4	35.8288	37.1939	36.3234	35.8127	36.6616	12.9972	12.6498	12.7416	12.6464	13.7106	12.9491	0.4490
	6	33.5773	34.911	33.9905	33.5719	34.181	18.4645	18.0112	18.3458	18.1121	19.5491	18.4966	0.6154
	8	31.8783	33.275	32.2495	31.8938	32.2881	22.5902	21.8533	22.5282	22.2053	24.0044	22.6363	0.8192
chitosan 2 %w/v + 0.5 %w/v PEG-400	0	48.0649	35.3284	50.0719	45.2162	44.9093	-	-	-	-	-	-	-
	2	44.773	32.85	46.8203	42.5594	42.1632	6.8489	7.0153	6.4939	5.8758	6.1148	6.4697	0.4798
	4	42.1616	31.0526	44.3676	40.5071	39.9682	12.2819	12.1030	11.3922	10.4146	11.0024	11.4388	0.7736
	6	39.5890	29.3608	42.021	38.5065	37.7645	17.6343	16.8918	16.0787	14.8392	15.9094	16.2707	1.0562
	8	37.5405	28.0735	40.1848	36.9458	36.0865	21.8962	20.5356	19.7458	18.2908	19.6458	20.0228	1.3221
chitosan 1%w/v + 1 %w/v PEG-400	0	43.7779	47.7352	38.0782	50.3684	45.8653	-	-	-	-	-	-	-
	2	40.3286	44.2294	35.0495	46.5141	42.2736	7.8791	7.3443	7.9539	7.6522	7.8310	7.7321	0.2436
	4	37.714	41.5016	32.7362	43.5141	39.4829	13.8515	13.0587	14.0290	13.6083	13.9155	13.6926	0.3863
	6	35.0807	38.8178	30.3687	40.4541	36.8621	19.8666	18.6810	20.2465	19.6836	19.6297	19.6215	0.5786
	8	33.0927	36.8521	28.5788	38.2468	34.8598	24.4077	22.7989	24.9471	24.0659	23.9953	24.0430	0.7907

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี Spray

สูตร	day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		N1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	
	0	37.0783	43.3796	42.8861	41.7089	43.9424	-	-	-	-	-	-	-
chitosan 2 %w/v	2	34.1317	40.4044	39.983	39.0107	41.1572	7.9470	6.8585	6.7693	6.4691	6.3383	6.8764	0.6351
+	4	31.9631	38.0795	37.7073	36.8527	38.8632	13.7957	12.2180	12.0757	11.6431	11.5588	12.2582	0.9036
1 %w/v PEG 400	6	29.9805	35.946	35.4472	34.8447	36.7343	19.1427	17.1362	17.3457	16.4574	16.4035	17.2971	1.1111
	8	28.3963	34.2927	33.7328	33.192	35.0385	23.4153	20.9474	21.3433	20.4199	20.2627	21.2777	1.2697
chitosan 1 %w/v	0	45.608	33.7474	42.9003	35.087	43.2596	-	-	-	-	-	-	-
+	2	41.9466	30.5122	39.5121	32.1261	40.0622	8.0280	9.5865	7.8978	8.4387	7.3912	8.2685	0.8263
0.25 %w/v PEG 400	4	39.2538	28.4711	37.1175	29.9417	37.6542	13.9322	15.6347	13.4796	14.6644	12.9576	14.1337	1.0472
+	6	36.7083	26.5608	34.9385	27.9706	35.4381	19.5135	21.2953	18.5588	20.2822	18.0804	19.5460	1.2967
0.25 %w/v Tween 80	8	34.7856	25.137	33.1679	26.4544	33.73	23.7292	25.5143	22.6861	24.6034	22.0289	23.7124	1.4079
chitosan 2 %w/v	0	42.2732	43.8902	50.4288	44.4374	50.228	-	-	-	-	-	-	-
+	2	38.5676	40.7817	46.5858	41.085	46.1348	8.7658	7.0824	7.6206	7.5441	8.1492	7.8325	0.6446
0.25 %w/v PEG 400	4	35.9384	38.4963	43.7882	38.6245	43.2525	14.9854	12.2895	13.1683	13.0811	13.8877	13.4824	1.0131
+	6	33.3873	36.3078	41.1437	36.2537	40.4388	21.0202	17.2758	18.4123	18.4162	19.4895	18.9228	1.4098
0.25 %w/v Tween 80	8	31.4464	34.6071	39.0379	34.435	38.1907	25.6115	21.1507	22.5881	22.5090	23.9653	23.1649	1.6916

ตารางบันทึกผลการประเมิน % weight loss ของกล้วยไข่ที่เคลือบด้วย medium molecular weight chitosan โดยวิธี Spray

สูตร	day	น้ำหนัก (g)					% weight loss						SD
		n1	n2	n3	n4	n5	n1	n2	n3	n4	n5	เฉลี่ย	
chitosan 1%w/v	0	42.3053	45.6571	36.697	41.6732	43.1839	-	-	-	-	-	-	-
+	2	38.99	41.7665	33.4695	37.4534	39.8792	7.8366	8.5213	8.7950	10.1259	7.6526	8.5863	0.9813
0.5 %w/v PEG 400	4	36.6257	39.0202	31.2616	35.7127	37.4008	13.4253	14.5364	14.8116	14.3030	13.3918	14.0936	0.6509
+	6	34.2992	36.31	29.1893	33.2888	34.9488	18.9246	20.4724	20.4586	20.1194	19.0698	19.8090	0.7561
0.5 %w/v Tween 80	8	32.5545	34.3009	27.6542	31.4333	32.99	23.0486	24.8728	24.6418	24.5719	23.6058	24.1482	0.7829
chitosan 2 %w/v	0	44.6397	40.1227	38.8671	44.344	36.1273	-	-	-	-	-	-	-
+	2	41.2794	37.0016	35.2384	41.285	33.2148	7.5276	7.7789	9.3362	6.8983	8.0618	7.9206	0.9005
0.5 %w/v PEG 400	4	38.6469	34.6104	32.734	38.888	31.0181	13.4248	13.7386	15.7797	12.3038	14.1422	13.8778	1.2638
+	6	36.2359	32.4343	30.4573	36.6812	29.0017	18.8258	19.1622	21.6373	17.2804	19.7236	19.3259	1.5781
0.5 %w/v Tween 80	8	34.3938	30.6585	28.6733	34.921	27.3917	22.9524	23.5881	26.2273	21.2498	24.1801	23.6395	1.8148