การพัฒนาสารต้านเชื้อราด้วยผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum Gloeosporioides* ในผลไม้

Development of antifungal agent with vinegar foam matt powder for inhibition *Colletotrichum Gloeosporioides* in fruit

ดวงนภา เงินสมบูรณ์ยิ่ง

สุริยาพร อนันต์

อัมพร เกตุสิรินารา

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การพัฒนาสารต้านเชื้อราด้วยผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum Gloeosporioides* ในผลไม้

Development of antifungal agent with vinegar foam matt powder for inhibition *Colletotrichum Gloeosporioides* in fruit

จัดทำโดย

ดวงนภา เงินสมบูรณ์ยิ่ง รหัสนักศึกษา 59080079
สุริยาพร อนันต์ รหัสนักศึกษา 59080124
อัมพร เกตุสิรินารา รหัสนักศึกษา 59080130

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

อรชร เมฆเกิดชู 24/กรกฎาคม/2563

(ดร. อรชร เมฆเกิดชู)
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การพัฒนาสารต้านเชื้อราด้วยผงเสริมน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum Gloeosporioides* ในผลไม้
ชื่อนักศึกษา	ดวงนภา เงินสมบูรณ์ยิ่ง รหัสนักศึกษา 59080079
	สุริยาพร อนันต์ รหัสนักศึกษา 59080124
	อัมพร เกตุสิรินารา รหัสนักศึกษา 59080130
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
พ.ศ.	2563
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. อรชร เมฆเกิดชู

บทคัดย่อ

น้ำส้มสายชูเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักโดยจุลินทรีย์และมีความเป็นกรดสูง จึงถือเป็นสารกันเสียโดยธรรมชาติ อย่างไรก็ตามกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูเป็นกรดสายสั้น ทำให้ไวต่อระเหยและสูญเสียฤทธิ์ได้ง่ายเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูด้วยกระบวนการทำแห้งแบบเพื่อเก็บรักษาฤทธิ์การยับยั้งจุลินทรีย์เมื่อผ่านการอบแห้ง ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในผลไม้ระหว่างการเก็บรักษา โดยศึกษาปัจจัยของชนิดสารเพิ่มความคงตัวและความเข้มข้นของสารก่อโฟมต่อลักษณะทางกายภาพของโฟมและความสามารถในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและเชื้อรา *C.gloeosporioides* จากการทดลองพบว่าสารเพิ่มความคงตัวผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีค่าความคงตัวของโฟมสูงและปริมาณของความเข้มข้นของสารก่อโฟมที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความคงตัวของโฟมดีขึ้น การวิเคราะห์ค่าสีของผงโฟมแมตพบว่าความเข้มข้นของสารก่อโฟมที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) มีค่าเพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) พบว่าสารเพิ่มความคงตัวผงบุกกกลูโคแมนแนน (KGM) ให้ค่า Aw สูงกว่าสารเพิ่มความคงตัวมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) จากการวิเคราะห์ค่า pH และปริมาณกรดอะซิติกนั้น พบว่ามีความสอดคล้องกันจากค่า pH ที่สูงขึ้นมาจากปริมาณกรดอะซิติกที่ลดลง จากการทดสอบการยับยั้งการเติบโตของเชื้อราเป็นระยะเวลา 7 วัน โดยแปรผันความเข้มข้นของผงน้ำส้มสายชูโฟมแมตที่ 1-3%w/v พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารก่อโฟมเมทิลเซลลูโลส (CMC) และปริมาณของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีมากขึ้น เมื่อพัฒนาฟิล์มบริโภคได้และเจลเคลือบบริโภคได้ พบว่า ฟิล์มบริโภคได้นั้นไม่สามารถยับยั้งเชื้อราได้แต่ในขณะเดียวกันเจลเคลือบบริโภคได้สามารถยับยั้งเชื้อราได้ โดยเจลเคลือบผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3%w/v สามารถยับยั้งเชื้อรา *C.gloeosporioides* ได้เป็นเวลา 7 วัน

คำสำคัญ: Vinegar, Foam matt, Coating gel, Konjac Glucomannan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Development of antifungal agent with vinegar foam matt powder for inhibition *Colletotrichum Gloeosporioides* in fruit			
Student name	Duangnapa	Ngoensomboonying	Student ID	59080079
	Suriyaporn	Anan	Student ID	59080124
	Amporn	Ketsirinara	Student ID	59080130
Program	Bachelor of Science in Industrial Fermentation Technology			
Year	2020			
Advisor	Dr. Orachorn Mekkerdchoo			

ABSTRACT

Vinegar is a product that is obtained by microbial fermentation and highly acidic. Therefore considered a natural preservative However, acetic acid in vinegar is a short-chain acid. It makes susceptible to evaporation and easy lost after drying process. This research aims to apply vinegar to preserve antimicrobial activity after drying. In mold inhibition, *Colletotrichum gloeosporioides*, which is cause of anthracnose, It can be deterionation of the fruit during storage. The factors of stabilizer type and foam concentration on physical characteristics and their ability to inhibit pathogenic microorganisms and fungi were studied. *C.gloeosporioides* from the experiment, it was found Konjac Glucomannan (KGM) stabilizer had a high foam stability and amount of increased foaming concentration resulted in a better foam stability. The analysis of the color value of the foam-matt powder was found increased foaming concentration resulted in increased brightness (L*), red (a*), and yellow (b*). From the analysis of water activity (Aw), it was found Konjac Glucomannan (KGM) stabilizer had a higher Aw value than the maltodextrin stabilizer. From the analysis of pH and acetic acid content, it was found that the higher the pH, the lower the acetic acid content. Inhibition testing of fungi showed that the increased concentration of methylcellulose (CMC) foam agent and the amount of vinegar foam-matt powder resulted in a better anti-mold effect. When developing edible film and edible gel coatings it was found that edible film could not inhibit mold, but at the same time, the edible film could inhibit mold. The gel coated with foam matt powder (egg white powder + methylcellulose 3% + maltodextrin) at a concentration of 3 grams can inhibit mold *C.gloeosporioides* 7 days

Keywords: Vinegar, Foam matt, Coating gel, Konjac Glucomannan

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำเล่มปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงนั้นได้รับความกรุณาจาก ดร. อรชร เมฆเกิดชู ที่ได้ให้เกียรติเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษ ตลอดจนถึงให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ การแก้ปัญหา คอยดูแลในเรื่องการดำเนินงานในงานวิจัย ตลอดจนกระทั่งการจัดหาอุปรกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยและการตรวจสอบในการแก้ปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ จึงขอกราบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สร้อยสุดา พรภักดีวัฒนา และ ดร.พิชญดา สมบูรณ์ อาจารย์ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้เกียรติมาเป็นกรรมการในการสอบโครงร่างปัญหาพิเศษและการสอบปัญหาพิเศษ ได้ให้คำแนะนำ คำชี้แนะ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหารทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ครอบครัว เพื่อนและพี่ๆนักวิทยาศาสตร์ที่คณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน รวมทั้งผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนาม ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำงานวิจัย ให้กำลังใจตลอดในการทำงานวิจัยฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วง

คณะผู้จัดทำหวังอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้อื่นไม่มากก็น้อย สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดขึ้นในการทำงานวิจัยนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้มาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ดวงนภา เงินสมบูรณ์ยิ่ง
สุริยาพร อนันต์
อัมพร เกตุสิรินารา
21 กรกฎาคม 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 น้ำส้มสายชู	3
2.1.1 ความหมาย	3
2.1.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู	3
2.1.3 กลไกการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำส้มสายชู	4
2.2 การทำแห้ง	5
2.2.1 การทำแห้งแบบโฟมแมต (Foam-mat drying)	6
2.3 สารก่อโฟม	6
2.3.1 ไข่ขาวผง (egg white powder)	7
2.4 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose : CMC)	7
2.5 มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)	8
2.6 กลูโคแมนแนน	8
2.7 ฟิล์มบริโภคได้	9
2.8 ไคโตซาน	9
2.9 โรคแอนแทรคโนส	10
2.9.1 สาเหตุของการเกิดโรค	10
2.9.2 การแพร่กระจายของโรค	11
2.9.3 ลักษณะอาการของโรค	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	12
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	12
3.2 อุปกรณ์	12
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	16
4.1 การศึกษาชนิดและปริมาณสารที่ช่วยในการคงตัวของโฟมที่เหมาะสมในการผลิตผงน้ำส้มสายชูโดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมต	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของโฟม 16
4.1.1.1 ลักษณะปรากฏของโฟม 16
4.1.1.2 ความคงตัวของโฟม (Stability) 21
4.1.2 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพและเคมีของผงโฟมแมต 23
4.1.2.1 การวิเคราะห์ค่าสี (color measurement) 23
4.1.2.2 การวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) 25
4.1.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณกรด-เบส (pH) 26
4.1.2.4 การวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก 27
4.1.3 สมบัติทางชีวภาพของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 28
4.1.3.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา โดยวิธี Agar diffusion method 28
4.2 การศึกษาประสิทธิ์ภาพฟิล์มและเจลเคลือบที่มีสัดส่วนของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อรา 44
4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของแผ่นฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 44
4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของเจลเคลือบผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 45
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 53
5.1 สรุปผล 53
5.2 ข้อเสนอแนะ 54
บรรณานุกรม 55
ภาคผนวก 58
ภาคผนวก ก 59
ภาคผนวก ข 60
ภาคผนวก ค 62
ภาคผนวก ง 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ลักษณะปรากฏของโฟมและผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	16
4.2	เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของโฟม (Stability)	21
4.3	เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของโฟม (Stability)	22
4.4	การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยใช้วิธี Agar diffusion method	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กลไลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์	5
2.2	ตัวอย่างที่ข้นหนืด (A) ตัวอย่างที่ถูกตีให้เป็นฟอง (B) และการทำให้เป็นผงแห้ง (C)	6
2.3	การเกิดโฟม	7
2.4	มอลโตเด็กซ์ตริน	8
2.5	โครงสร้างทางเคมีของกลูโคแมนแนน	9
2.6	โครงสร้างทางเคมีของไคโตซาน	10
2.7	เชื้อรา Collectotrichum gleosporiodes	10
4.1	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) (B)	18
4.2	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) (B)	18
4.3	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) (B)	18
4.4	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)	19
4.5	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)	19
4.6	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ทริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)	19
4.7	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน(เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)(B)	20
4.8	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน(เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)(B)	20
4.9	โฟมจาก ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน(เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)(B)	20
4.10	การศึกษาความคงตัวของโฟม (Stability)	22
4.11	ค่า L* (ค่าความสว่าง) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	24
4.12	ค่า a* (ค่าสีแดง) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	24
4.13	ค่า b* (ค่าสีเหลือง) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	25
4.14	ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	26
4.15	ค่า pH ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	27
4.16	เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู	28
4.17	การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7	33
4.18	การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 2%	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.19 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 3% 34
ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.20 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 34
ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.21 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 34
ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.22 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 35
ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.23 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 35
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.24 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 35
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.25 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 36
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.26 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 36
2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.27 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 36
2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.28 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 37
2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.29 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 37
3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.30 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 37
3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.31 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 38
3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

4.32 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 38
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.33 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 38
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.34 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 39
1%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.35 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 39
2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7
4.36 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 39
2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.37 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 40
4.38 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 40
4.39 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 40
4.40 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ทริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 41
4.41 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 41
4.42 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 41
4.43 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 42
4.44 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 42
4.45 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 42
4.46 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 43
4.47 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 43
4.48 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 43
4.49 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7 44
4.50 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งของแผ่นฟิล์มและเจลเคลือบผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 45
4.51 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของแผ่นฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 46
4.52 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของเจลเคลือบผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 46
4.53 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 47
4.54 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1% มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 47
4.55 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.56 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 48
4.57 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 48
4.58 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 6% วันที่ 1, 3, 5และ 7 48
4.59 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 49
4.60 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 49
4.61 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 49
4.62 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 50
4.63 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 50
4.64 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% +มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 50
4.65 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1% +ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 51
4.66 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 1% +ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 51
4.67 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% +ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.68 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 2% +ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% วันที่ 1, 3, 5และ 7 52

4.69 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% + ผงบุกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% วันที่ 1, 3, 5และ 7 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

มะม่วงน้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* Linn.) เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย แต่มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นผลไม้ที่เน่าเสียได้ง่าย และง่ายต่อการเป็นโรคหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งโรคที่พบหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของมะม่วงน้ำดอกไม้ คือโรคแอนแทรคโนส (anthracnose) ที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา และการค้าขาย

โรคแอนแทรคโนสของมะม่วง เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อราชนิดนี้สามารถเข้าทำลายมะม่วงได้ทุกส่วน โดยเฉพาะใบอ่อนมีความอ่อนแอ และเป็นแหล่งของเชื้อราที่จะแพร่กระจายไปยังผล มีลักษณะเป็นจุดสีดำที่ผิวของมะม่วง

น้ำส้มสายชูมีองค์ประกอบของกรดอะซิติกที่มีฤทธิ์เป็นยับยั้งจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ อีกทั้งในกระบวนการหมักน้ำส้มสายชู ยังก่อให้เกิดสารชนิดอื่นๆ เช่น สารกลุ่มฟีนอล ที่มีฤทธิ์เสริมในการต้านจุลินทรีย์ที่มากกว่าการใช้กรดอะซิติกบริสุทธิ์ (Vithlaniและ Patel 2010) ทำให้มีความน่าสนใจในการประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูนี้ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียในมะม่วงน้ำดอกไม้ และเพื่อง่ายต่อการประยุกต์ใช้ การพัฒนาฟิล์มบริโภคได้ร่วมกับน้ำส้มสายชูจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้นำไปใช้งานได้หลากหลายขึ้น

กระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมต คือ กระบวนการที่ของเหลวหรือ กึ่งของเหลวถูกตีให้เกิดโฟม โดยอาศัยคุณสมบัติของสารก่อโฟม และสารช่วยในการคงตัวของโฟม แล้วนำโฟมไปเกลี่ยใส่ถาด จากนั้นนำไปอบแห้ง โดยกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมตใช้อุณหภูมิในการอบแห้งต่ำ ถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันการระเหยของกรดอะซิติก และยังช่วยรักษาฤทธิ์ของสารได้ และนำไปประยุกต์ใช้ในฟิล์มบริโภคได้ เพื่อให้ได้ฟิล์มที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาประสิทธิภาพของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูเพื่อยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

1.2.2 ศึกษาวิธีการผลิตผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่เหมาะสม

1.2.3 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

1.2.4 การหาปริมาณของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ใช้ในฟิล์มและเจลเคลือบต้านเชื้อราชนิดรับประทานได้

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เพื่อให้ได้ชนิดและความเข้มข้นของสารที่ก่อให้เกิดโฟมและสารเพิ่มความคงตัวที่มีผลต่อคุณภาพการเกิดโฟมของน้ำส้มสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมที่สามารถนำมายับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้

1.3.3 เพื่อให้ได้ปริมาณความเข้มข้นของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูในเจลเคลือบและฟิล์มบริโภคได้ที่นำมายับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

1.3.4 เพื่อประยุกต์ใช้น้ำส้มสายชูให้เกิดประโยชน์สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำส้มสายชู

2.1.1 ความหมาย

น้ำส้มสายชู (vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งที่ผลิตขึ้นมาจากกระบวนการหมัก มีองค์ประกอบหลักคือกรดอะซิติก (acetic acid) หรือกรดน้ำส้ม เกิดจากกระบวนการหมักในสภาพอาหารเหลว โดยเชื้อแบคทีเรียในสกุล Acetobacter และ Gluconobacter ซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกในสภาพที่มีออกซิเจน (วราวุฒิ และรุ่งนภา 2532)

2.1.2 ประเภทของน้ำส้มสายชู

แบ่งน้ำส้มสายชูออกเป็น 3 ชนิด คือ

- น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar)

เป็นน้ำส้มสายชูที่ได้จากการหมักเมล็ดธัญพืช ผลไม้ น้ำตาล หรือกากน้ำตาล วัตถุดิบที่มีน้ำตาล เช่น ผลไม้ต่างๆ ซึ่งเป็นอาหารของยีสต์ได้โดยตรง ส่วนวัตถุดิบที่มีสตาร์ช (starch) เช่น ข้าว จะต้องเปลี่ยนเป็นโมเลกุลของน้ำตาลก่อนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก เป็นการหมักสองขั้นตอน คือ การหมักน้ำตาลให้เกิดแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) โดยใช้ยีสต์ (yeast) เพื่อย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลก่อน และตามด้วยการหมักแอลกอฮอล์ให้เกิดกรดแอซิติก (acetic acid fermentation) ด้วยแบคทีเรียในกลุ่ม Acetobacter และ Gluconobacter ในภาวะที่มีออกซิเจน น้ำส้มสายชูที่หมัก จะใส ไม่มีตะกอน ยกเว้นตะกอนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีกลิ่นหอมตามกลิ่นของวัตถุดิบ มีรสชาติดี มีรสหวานของน้ำตาลที่ตกค้างมีกลิ่นของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก ความเข้มข้นขึ้นอยู่กับ ชนิดและปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบที่ใช้ในการหมัก และมีปริมาณกรดน้ำส้ม (acetic acid) ไม่น้อยกว่า 4%

- น้ำส้มสายชูกลั่น (distilled vinegar or spirit vinegar)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอทธิลแอลกอฮอล์กลั่นเจือจาง (dilute distilled alcohol) มาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชู หรือเมื่อหมักแล้วนำไปกลั่น (distillation) หรือได้จากการนำน้ำส้มสายชูหมักมากลั่น น้ำส้มสายชูกลั่นจะต้องมีลักษณะใส ไม่มีตะกอน ทำให้เกิดรสชาติเปรี้ยว และมีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4%

- น้ำส้มสายชูเทียม

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากรดน้ำส้ม (acetic acid) ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นทางเคมี เป็นกรดอินทรีย์ มีฤทธิ์เป็นกรดอ่อนมีความเข้มข้นประมาณ 95% มาเจือจางจนได้ปริมาณกรด 4-7% ลักษณะใส ไม่มีสี กรดน้ำส้มที่นำมาเจือจางจะต้องมีความบริสุทธิ์สูงเหมาะสมที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบประกอบอาหารได้ และน้ำที่ใช้เจือจางต้องเหมาะสมที่จะใช้ดื่มได้

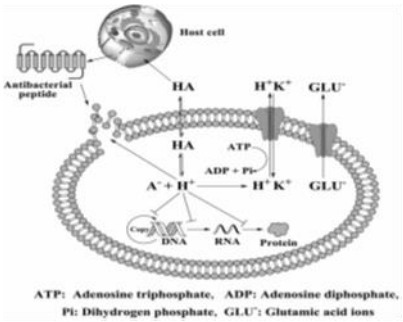
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กลไกการออกฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียของน้ำส้มสายชู

จากการศึกษาสารออกฤทธิ์ (active ingrements) ในน้ำส้มสายชู และกลไกการทำงาน พบว่ามีสารที่เป็นสารออกฤทธิ์ต่างๆ ได้แก่ กรดอินทรีย์ คีโตน สารโพลีฟีนอล สารเมลานอยดิน ลิกัสทราซีน สารประกอบเฮเทอโรไซเคิลแอลกอฮอล์ caffeoylsophorose และ tryptophol

น้ำส้มสายชูส่วนใหญ่มีปริมาณกรดอะซิติกเป็นหลักจึงส่งผลให้จะมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ (Budak และคณะ 2014) กรดอะซิติกเกิดจากการแปลงเอทานอลโดยตามธรรมชาติในน้ำส้มสายชู กรดอะซิติกมีประโยชน์มากในการถนอมอาหารมันถูกใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยเฉพาะในเนื้อสัตว์ดองอาหารทะเลและผัก สลัดมัสตาร์ดผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นซอสมายองเนส ซอสมะเขือเทศ (Akarca และคณะ 2014 ; ÇelikyurtและArıcı 2008) โดยทั่วไปแล้ว กรดอะซิติกจะมีผลยับยั้งแบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *Bacillus spp., Clostridium spp ., Listeriamonocytogenes,* Salmonella**,** *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Campylobacter jejuni* และ*Pseudomonas* (Ayhan และ Bilici 2015) ซึ่งกรดในน้ำส้มสายชูจะยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียผ่านวิธีการดังต่อไปนี้ (รูปที่ 2.1) (Zhang และคณะ 2011) : (1) การทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกของแบคทีเรีย (2) ยับยั้งการสังเคราะห์โมเลกุลขนาดใหญ่ (3) การใช้พลังงานจากแบคทีเรีย (4) การเพิ่มความดันออสโมซิสภายในเซลล์และ (5) การส่งเสริมการสร้างเปปไทด์ต้านเชื้อแบคทีเรียในเซลล์ โดยคุณสมบัติในการละลายไขมันของกรดอินทรีย์ ช่วยให้สารอินทรีย์สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ จากนั้นมีการแตกตัวที่ค่าพีเอชที่เป็นกลางภายในเซลล์ และผลิตไฮโดรเจนไอออนลดค่าพีเอชภายในเซลล์ (Hirshfield และคณะ 2003) ในขั้นแรกคือการลดค่าพีเอชภายในเซลล์ทำให้เกิดการเติมโปรตอน (H^+) ให้กับอะตอมในหมู่คาร์บอกซิลและหมู่ฟอสเฟตในส่วนของลิโพพอลิแซ็คคอไรด์บนเยื่อหุ้มเซลล์ ส่งผลให้ลดความคงตัวของเยื่อหุ้มเซลล์(BrulและCoote1999 ; Alakomi และคณะ2000) ในขั้นที่สองการลดลงของค่าพีเอชภายในเซลล์ส่งผลต่อการทำงานของเอนไซม์และยับยั้งการจำลองตัว DNA ,การถอดรหัส และการแสดงของโปรตีน (Cherrington และคณะ1991) เพื่อคงความเป็นกรด – ด่างภายในเซลล์เชื้อแบคทีเรียจำเป็นต้องปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนผ่านการขนส่งแบบ active transportแต่กระบวนการนี้ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน คือ adenosine triphosphate (ATP) และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (Axe และ Bailey1995; Zhangและคณะ2011)นอกจากนี้ไอออนลบที่แยกตัวออกจากกรดอินทรีย์และโพแทสเซียมไอออนต้องถูกขนส่งจากของเหลวภายนอกเซลล์ (เพื่อแลกเปลี่ยนกับไฮโดรเจนไอออน) (รูปที่ 2.1) ส่งผลให้มีการเพิ่มของแรงดันออสโมซิสภายในเซลล์อย่างมีนัยสำคัญ และนำไปสู่การรั่วของเยื่อหุ้มเซลล์ (McLaggan และคณะ1994; Alakomiและคณะ2000).ดังนั้นแบคทีเรียจำเป็นต้องมีการปลดปล่อยสารอาหารที่จำเป็นหลายอย่างเช่นไอออนของกรดกลูตามิก เพื่อให้เกิดความสมดุลของแรงดันออสโมติกภายในเซลล์ซึ่งยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (รูปที่ 2.1) (Roeและคณะ1998) นอกจากนี้ยังมีการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แบคทีเรียโดยตรง จากการศึกษาพบว่ากรดแลคติก,กรดบิวทิลิก และสารอินทรีย์อื่น ๆ เป็นสาเหตุให้เซลล์เจ้าบ้านผลิตเปปไทด์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถทำลายเยื่อหุ้มภายนอกของแบคทีเรียและยับยั้งกระบวนการถอดรหัสและการแปลรหัสของโปรตีน (รูปที่ 2.1) (Brogden2005; Ochoa-Zarzosa และคณะ2009)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 กลไกในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์
ที่มา : Zhang และคณะ (2011)

2.2 การทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไป หมายถึง วิธีการถนอมอาหารโดยการลดปริมาณน้ำในอาหารเพื่อทำให้ค่าวอ-เตอร์แอคติวิตี้ของอาหารลดลง จนสามารถยับยั้งหรือชะลอกิจกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย รวมทั้งลดโอกาสการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่ไม่ต้องการซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีของสารอาหารอันเป็นสาเหตุให้อาหารเสื่อมเสียคุณภาพ โดยอาหารที่ผ่านการทำแห้งอาจนำมาบริโภคได้ทันที เช่น ผักและผลไม้แห้ง กุ้งแห้ง ปลาแห้ง บางชนิดอาจต้องนำมาคืนสภาพโดยการเติมน้ำกลับเข้าในอาหารก่อนการบริโภค เช่น นมผง กาแฟ หรือบางชนิดต้องนำไปทอดก่อนรับประทาน เช่น หมูแดดเดียว ในกระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิสูง ซึ่งเป็นกระบวนการทำแห้งที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมอาหารอาศัยหลักการให้ความร้อนทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารโดยความร้อนอาจได้จากพลังงานไฟฟ้า ไอน้ำ หรือเชื้อเพลิง เมื่อให้ความร้อนกับอาหารสด เช่น นำไปตากแดดหรืออบในตู้อบลมร้อน สิ่งที่เกิดขึ้นคือความร้อนจะส่งผ่านเข้าไปในชิ้นอาหาร จนเท่ากับความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ จะทำให้น้ำที่ผิวอาหารระเหยออกไป และน้ำจากภายในชิ้นอาหารจะเคลื่อนมาที่ผิวก่อนระเหยออกไปจนกระทั่งอาหารแห้ง (ยุพร, 2555)

2.2.1 <u>การทำแห้งแบบโฟมแมต (Foam-mat drying)</u>

การทำแห้งแบบโฟมแมต (Foam-mat drying) คือ กระบวนการที่ของเหลวหรือกึ่งของเหลวถูกตีให้เกิดโฟมที่มีความคงตัว จากนั้นนำไปเกลี่ยบนถาด แล้วจึงนำไปทำแห้งด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การอบแห้งด้วยลมร้อนภายใต้ความดันบรรยากาศ การอบแห้งด้วยไมโครเวฟ และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง หลังจากนั้นจะเกิดฟองอากาศขนาดเล็กที่กระจายอยู่ทั่ว จึงช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการเคลื่อนที่และการระเหยของน้ำ ซึ่งสารที่นิยมใช้ช่วยให้ก่อโฟม คือ Glyceral monostearate (GMS), Soy Protein Isolate, Egg albumin (ดุจหทัย, 2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A) (B) (C)

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างที่ข้นเหนียวหนืด (A) ตัวอย่างถูกตีให้เป็นฟอง (B) และการทำให้เป็นผงแห้ง (C)
ที่มา: พรพจน์ (2557)

ข้อดีของกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมต ได้แก่ เป็นกระบวนการที่ค่อนข้างง่าย, ราคาไม่แพง, ใช้อัตราการอบแห้งที่รวดเร็วโดยใช้อุณหภูมิต่ำ, ผงที่ผลิตได้สามารถคืนสภาพได้ในน้ำเย็น, เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ทนร้อนหรือผลิตภัณฑ์ที่สูญเสียคุณภาพได้ง่าย และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ

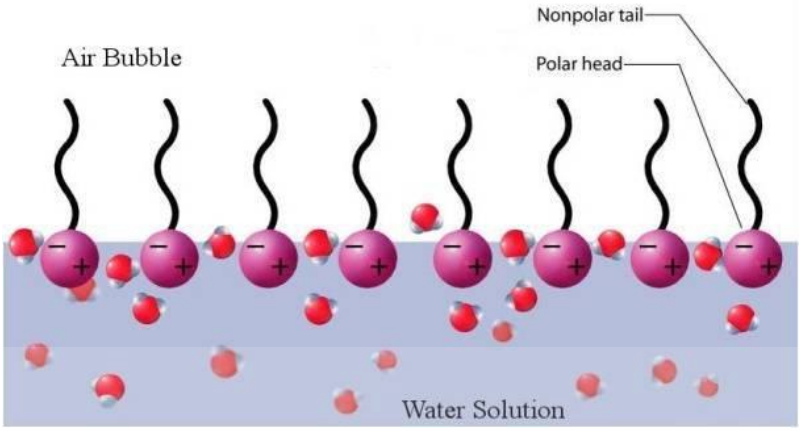
2.3 สารก่อโฟม (foaming ability)

สารก่อโฟมเป็นสารที่ใช้เติมลงไปในอาหารเหลว เพื่อช่วยให้เกิดโฟมเมื่อนำไปตีในเครื่องตีปั่นเติมอากาศให้กับอาหารจนเกิดโฟม

โฟม คือ ฟองอากาศขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในของเหลว หรือของแข็ง โดยมีฟิล์มบางๆ ล้อมรอบอากาศไว้ เกิดจากการตี หรือปั่น อย่างรุนแรง

การเกิดโฟมของโปรตีนจะเกิดได้ดี โปรตีนต้องมีความยืดหยุ่นสูง และสามารถเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ และแข็งแรงที่สามารถกักเก็บอากาศได้ โปรตีนที่มีความยืดหยุ่นที่สามารถเกิดโฟมได้ดีต้องมี surface hydrophobicity สูงๆ ซึ่งในระหว่างการตีหรือการทำให้เกิดโฟม เช่น โปรตีนในไข่ขาว และน้ำนม เป็นสารที่ทำให้เกิดโฟม (foaming agent) แรงกลจากการตี หรือปั่นอย่างรุนแรง ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการเสียสภาพทางธรรมชาติ (protein denaturation) เกิดการคลายตัว (unfolding) ของโครงสร้างโปรตีน เกิดเป็นฟิล์ม และจับกับน้ำซึ่งอยู่รอบๆได้ โดยหันด้านที่เป็น hydrophobic ที่อยู่ด้านในโครงสร้างออกมาด้านนอก ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดโครงสร้างของโฟม โดยเกิดเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ ที่สามารถกักเก็บอากาศไว้ได้ (พรธิดา, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การเกิดโฟม
ที่มา: พรธิดา (2558)

2.3.1 ไข่ขาวผง

ไข่ขาวผง (egg white powder) เป็นผลิตภัณฑ์แปรรูปจากไข่ขาว (egg white) เพื่อการถนอมอาหารด้วยการทำแห้ง เพื่อลดความชื้น และค่า water activity ทำให้ยืดอายุการเก็บรักษา สะดวกในการใช้งาน กระบวนการทำแห้งที่นิยมใช้ คือ การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) ใช้เครื่องพ่นละออง ทำให้ของเหลวเป็นละออง สัมผัสกับกระแสลมร้อนภายในห้องอบแห้ง ทำให้น้ำในอาหารระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ของเหลวที่ได้มีลักษณะเป็นผงแห้ง และละเอียด

2.4 คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (carboxymethyl cellulose : CMC)

คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลสเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสในรูปอีเทอร์ ผลิตได้จากปฏิกิริยาของโซเดียมมอโนคลอโรแอซีเทตกับแอลคาไลเซลลูโลส ได้เป็นโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น ใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด และสารช่วยยึดจับ (binding agent) ในอาหาร เช่น ผสมลงในไอศกรีม และพุดดิง เป็นต้น คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีความคงตัวอยู่ในช่วงค่าพีเอช 5.0-10.0 หากมีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.0 จะทำให้ความหนืดและความคงตัวลดลง (Benchabane และ Bekkour 2008).

2.5 มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin)

มอลโตเด็กซ์ตริน คือคาร์โบไฮเดรต ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส (glucose) มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาวไม่มีรส หรือมีรสหวานเล็กน้อยสามารถละลายในน้ำได้ดี

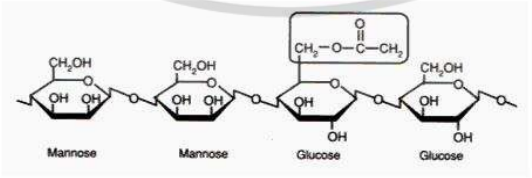
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.4 มอลโตเด็กซ์ตริน
ที่มา: พัชราภา (2562)

สามารถใช้มอลโตเด็กซ์ตรินได้กับผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ใช้ในอาหาร เพื่อสุขภาพ โดยจัดเป็น Functional food ประเภท prebiotic, ใช้เป็นสารให้ความหวาน (sweetener), ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน (fat substitute) ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ไอศกรีม, ห่อหุ้มสารให้กลิ่นรส (flavor encapsulation)และใช้ป้องกันการเกาะเป็นก้อน (anticaking agent) (พีเอฟเอ็ม, 2561)

2.6 กลูโคแมนแนน

กลูโคแมนแนน เป็นคาร์โบไฮเดรต ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ จัดเป็นเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) โมเลกุลของกลูโคแมนแนน เกิดจากการรวมตัวกันของน้ำตาลกลูโคส (glucose) และน้ำตาลแมนโนส (mannose) ในอัตราส่วน 2:3 ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ ที่ตำแหน่ง β 1,4 และมี acetyl group กระจายอยู่ประมาณ 1 ใน 5 ของน้ำตาลที่เหลือ



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของกลูโคแมนแนน
ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com

สมบัติของกลูโคแมนแนน : กลูโคแมนแนนเป็นใยอาหาร (dietary fiber) มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ให้ความหนืดมากที่สุดในกลุ่มใยอาหารเป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

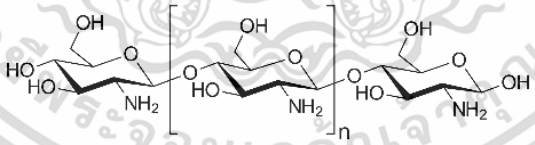
agent) สามารถทำให้เกิดเจลที่คงตัวต่อความร้อนได้ (thermoirreversible gel) กลูโคแมนแนนพบมากในหัวบุก (Amorphophallus konjac) โดยผงบุกกลูโคแมนแนนไปใช้เพื่อเป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เป็นสารที่ก่อให้เกิดเจล (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา 2554)

2.7 ฟิล์มบริโภคได้ (Edible film)

ฟิล์มบริโภคได้ (Edible film) คือ วัสดุแผ่นบางที่บริโภคได้พร้อมกับอาหาร นำมาใช้โดยการเคลือบผิวของอาหารโดยตรงหรือเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร (Sothornvit และKrochata 2000) ซึ่งฟิล์มบริโภคได้มี คุณสมบัติป้องกันหรือชะลอการผ่านของไอน้ำ ออกซิเจน สารระเหย และสารละลาย (Gennadios และWeller 1990) จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหาร (Maftoonazad และคณะ 2007) โดยทั่วไปฟิล์มบริโภคได้ผลิตขึ้นจากพอลิแซคคาไรด์ โปรตีนและไขมัน ได้มีการศึกษาการเตรียมฟิล์มจากสารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกันเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของฟิล์มบริโภคได้ให้ดียิ่งขึ้น เช่น ฟิล์มเพคติน และไคโตซาน (Ghaffari และคณะ 2007) หรือฟิล์มไคโตซาน polyvinylalcohol และเพคติน (Tripathi และคณะ 2010) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการเติมวัตถุเจือปน อาหาร เช่น สารต้านอนมุลูอิสระ สารต้านจุลินทรีย์ สีผสมอาหาร สารให้กลิ่นรส สารอาหารเสริม และเครื่องเทศ (Pena และTorres 1991)

2.8 ไคโตซาน

รังสินี (2560) ได้ระบุความหมายของไคโตซานไว้ว่า ไคโตซานคือเป็นพอลิเมอร์ชนิดที่มีประจุบวกของเอมีนซึ่งจะทำปฏิกิริยากับประจุลบบนเซลล์เมมเบรน ทำให้เกิดการรั่วไหลขององค์ประกอบภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ จึงมีสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์ ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่นิยมใช้เป็นฟิล์มและสารเคลือบในการรักษาการเน่าเสียของผักและผลไม้สดจากเชื้อราและยีสต์ นอกจากสมบัติการต้านเชื้อราและยีสต์ของไคโตซานแล้ว ไคโตซานยังเป็นตัวขวางกั้นระหว่างสารอาหารในผลิตผลและจุลินทรีย์ไม่ให้ถึงกัน และสามารถเสริมสมบัติต้านเชื้อจุลินทรีย์ด้วยการเติมกรดอินทรีย์ หรือเครื่องเทศที่มีสมบัติต้านเชื้อร่วมด้วยได้



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างเคมีของไคโตซาน
ที่มา : Abbasi และคณะ (2009)

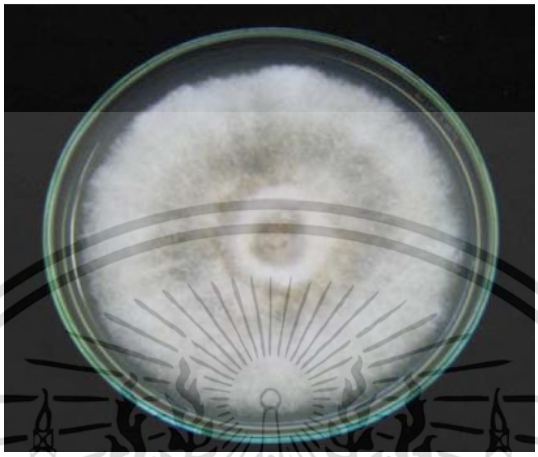
2.9 โรคแอนแทรคโนส

โรคแอนแทรคโนส เป็นโรคที่มีความสำคัญมากที่สุดในมะม่วง เพราะโรคนี้ทำความเสียหายต่อต้นมะม่วงก่อนการเก็บเกี่ยวจนถึงผลมะม่วงหลังเก็บเกี่ยว โรคแอนแทรคโนสมีลักษณะเป็นจุดดำบนผิวมะม่วง ซึ่งจะพบมากในผลมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 สาเหตุของการเกิดโรค

โรคแอนแทรคโนส มีสาเหตุเกิดจากเชื้อราที่ *Colletotrichum gloeosporioides* เชื้อราชนิดนี้สามารถเข้าทำลายมะม่วงได้ทุกส่วน โดยเฉพาะใบอ่อนมีความอ่อนแอ และเป็นแหล่งของเชื้อราที่จะแพร่กระจายไปยังผล



ภาพที่ 2.7 เชื้อรา *Collectotrichum gleosporiodes*
ที่มา: สุจินต์ (2561)

2.9.2 การแพร่กระจายของโรค

เกิดจากการที่เชื้อรามีการสร้างสปอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่เชื้อราใช้เพิ่มปริมาณ สปอร์จะลอยอยู่ในอากาศและแพร่กระจายไปกับลม และน้ำฝน จึงมักระบาดรุนแรงในฤดูฝน เพราะอุณหภูมิและความชื้น เหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อรา เชื้อราโรคแอนแทรคโนส สามารถเกิดขึ้นได้หลายรอบตลอดฤดูปลูก (polycyclic disease) เนื่องจากมะม่วงเป็นไม้ยืนต้น จึงทำให้เชื้อราสามารถเข้าทำลายมะม่วงได้ตลอดการเพาะปลูก ทำให้ควบคุมการเกิดโรคได้ยาก

2.9.3 ลักษณะอาการของโรค

อาการของโรคแอนแทรคโนสบนผลมะม่วง มี 2 ลักษณะ คือ อาการผลอ่อนเน่าบนต้น และอาการแฝงบนผลมะม่วงที่ยังดิบในระยะเก็บเกี่ยว (ไม่แสดงอาการเป็นแผลหรือผลเน่า) เพราะเชื้ออยู่ในระยะพักตัว (เรียกทางวิชาการว่า latent infection) เมื่อมะม่วงแก่ และใกล้สุก จะเกิดอาการผลเน่าเสียเป็นจุดสีดำ (vanidakaset.com 2561)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 <u>สารเคมีและอาหารเลี้ยงเชื้อ</u>

- น้ำส้มสายชูหมัก (Fermented vinegar)
- ไข่ขาวผง (Egg white powder), Livewell Nutritions, Thailand
- คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (Carboxymethyl cellulose : CMC)
- ผงบุกกลูโคแมนแนน (Konjac Glucomannan) , Yunnan Gengyun Konjac, China
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH)
- ไคโตซาน (Chitosan)
- กรดอะซิติก (CH_3COOH)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
- Magnesium nitrate $Mg(NO_3)_2$
- กลีเซอรอล (Glycerol)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolpthalein)
- อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA), HIMEDIA, India

3.1.2 <u>เชื้อจุลินทรีย์</u>

- รา *Colletotrichum gloeosporioides*

3.2 อุปกรณ์

- เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง Sartorius, USA
- ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) IKE,
- ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer)
- เครื่องตีผสมอาหาร (Kitchenaid)
- เครื่องกวนผสมสาร (Overhead Stirrers)
- เครื่องกวนสารละลาย (Magnetic stirrer), Bibby Scientific, UK
- เครื่องวัดสี (Minolta CR-400), Japan
- จานเพาะเลี้ยงเชื้อ ขนาด 90×15 mm, Hycon,
- ตู้บ่มเชื้อ, Memmert, Germany
- ตู้ปลอดเชื้อ (Laminar air flow), Boss Tech, Thailand
- หม้อนึ่งฆ่าเชื้อโรค (Autoclave), Tommy รุ่น ES-315, Japan
- ที่เจาะจุกก๊อก (Cork borer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมในการผลิตผงน้ำส้มสายชู โดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมต

นำน้ำส้มสายชูที่มีปริมาณกรดความเข้มข้นที่ร้อยละ 12 มาผสมกับคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ความเข้มข้น 1, 2, และ 3% w/v ใช้เครื่องตีผสมอาหาร ตีปั่น 5 นาที จากนั้นใส่ไข่ขาวผง(สารที่ก่อให้เกิดโฟม) ที่ความเข้มข้น 10% w/v แล้วตีปั่นต่ออีก 1 นาที จนเกิดเป็นโฟม จากนั้นค่อยๆใส่ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) ความเข้มข้น 1% หรือมอลโตเด็กซ์ตริน ความเข้มข้น 8% และตีปั่นต่ออีก 1 นาที จากนั้นนำโฟมแมตมาผ่านการอบแห้งในตู้อบลมร้อนใช้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์

3.3.2 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพของโฟม

3.3.2.1 *ลักษณะปรากฏของโฟม*

3.3.2.2 *ความคงตัวของโฟม (Stability)*

ใส่โฟมน้ำหนัก 10 กรัม ลงในกรวยกรองซึ่งวางอยู่ในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร บันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจากโฟม โดยดูจากการลดลงของปริมาณโฟมทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหาร้อยละความคงตัวของโฟม ความคงตัวของโฟม (Foam stability) คำนวณดังสูตร

$$\text{ค่าความคงตัวของโฟม (\%)} = \frac{X - Y}{X} \times 100$$

โดย X คือ น้ำหนักของโฟมเริ่มต้น (กรัม)

Y คือ ปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกจากโฟม (มิลลิลิตร)

3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพ และเคมีของผงโฟมแมต

3.3.3.1 *การวิเคราะห์ค่าสี (color measurement)*

ผงโฟมแมตที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ถูกนำมาวัดค่าสีในระบบ CIE ด้วยเครื่องวัดสี CR-400 (Konica Minolta, Japan) จากนั้นบันทึกค่าความสว่าง (L*), ค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.3.3.2 *การวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw)*

ผงโฟมแมตถูกนำมาวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) ด้วยเครื่อง Aw meter (AOAC, 2000) บรรจุผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูไม่น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของภาชนะวัด ปิดฝาเครื่อง หมุนปุ่มวัดเพื่ออ่านค่ารอจนเครื่องทำงาน บันทึกค่า Aw ที่ได้ ทำการทดลองละ 3 ซ้ำ

3.3.3.3 *การวิเคราะห์ปริมาณกรด*

วิเคราะห์ปริมาณกรดโดยวิธีการ Titration ตามวิธี AOAC (2000) เตรียม NaOH เข้มข้น 1 N และเตรียมสารละลายมาตรฐาน KHP 1 mol/L เพื่อทำการไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน NaOH จากสูตร $N_{NaOH}V_{NaOH} = N_{KHP}V_{KHP}$ โดยทำ 3 ซ้ำ ชั่งผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 1 กรัม ลงใน Flask เจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 ml หยด 1% Phenolphthalein 3 หยด เขย่าให้เข้ากัน นำมาไทเทรตกับสารละลาย NaOH ที่อยู่ในบิวเรต ไทเทรตจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูถาวร บันทึกปริมาตร NaOH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ใช้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาหาความเข้มข้นของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชู สามารถคำนวณปริมาณกรด (%) จากสูตรได้ดังนี้

ปริมาณกรดอะซิติก (%) = N x V x MW x 100/1,000x10

โดย N = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน NaOH (Normol)

V = ปริมาตร (ml) ของสารละลายมาตรฐาน NaOH ที่ไทเทรต

MW = น้ำหนักโมเลกุลของกรดอะซิติก (g)

3.3.3.4 *การวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)*

ผงโฟมแมตถูกนำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ด้วยเครื่อง pH meter โดยชั่งผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ เจือจางด้วยน้ำกลั่น 10 ml เขย่าให้สารละลายเข้ากัน จากนั้นนำหัวโพพจุ่มลงในสารละลาย กดปุ่มอ่านค่าเพื่ออ่านค่าความเป็นกรด-เบส จดบันทึกค่า pH ที่ได้ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3.4 <u>การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา วิธี Agar diffusion method</u>

ทดสอบการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยใช้วิธี Agar diffusion method โดยทำการเลี้ยงเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 30±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นใช้ Cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร มาลนไฟฆ่าเชื้อ ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเจาะเส้นใยรา แล้วย้ายไปวางบนอาหาร PDA ที่ผสมกับผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1%, 2% และ 3% วางเส้นราลงบนจุดศูนย์กลางของจานเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราที่ระยะ 1 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต จากสูตรดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ = [(A-B) / A] x 100

A = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานเลี้ยงเชื้อเปรียบเทียบ

B = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนอาหารที่ผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

3.3.5 <u>การศึกษาสัดส่วนของผงน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในแผ่นฟิล์มบริโภคได้</u>

นำผงบุกมาละลายด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 1% w/v แล้วกวนด้วยเครื่องกวนผสมสาร (Overhead Stirrers) ด้วยความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที กวนเป็นเวลา 20 นาทีแล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.5 M (ความเข้มข้น 0.14 % w/v) แล้วกวนต่ออีก 10 นาที ส่วนของไคโตซานนำมาละลายด้วยกรดอะซิติก (Acetic acid) 1% v/v กวนด้วยเครื่องกวนสารละลาย (Magnetic stirrer) เป็นเวลา 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายทั้งสองส่วนที่กวนเสร็จแล้วมาผสมกันแล้วกวนอีก 20 นาที แล้วเติมกลีเซอรอล (Glycerol) เพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ ความเข้มข้น 6% v/v กวนต่ออีก 10 นาที จากนั้นนำผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมากวนผสมร่วมกับฟิล์ม 30 นาที โดยจะแปรผันปริมาณผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 2 ระดับ ได้แก่ 3% และ9% โดยฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมตที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งเทสารละลายใส่แม่พิมพ์ขนาด 80×50 มิลลิเมตร ปริมาณ 15 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ลอกแผ่นฟิล์มออกแล้วนำไปเก็บในตู้ควบคุมความชื้น โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 5 ด้วยสารละลาย magnesium nitrate อิ่มตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำฟิล์มไปทำการทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา ส่วนที่สองจะเก็บฟิล์มในลักษณะที่เป็นเจลนำไปทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราด้วยเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 <u>การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของแผ่นฟิล์มและเจลเคลือบที่ผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู โดยวิธี Agar diffusion method</u>

เตรียมเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* อายุ 7 วัน แล้วใช้ Cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยรา แล้วย้ายเส้นราวางลงในจานอาหารPDA จากนั้นตัดแผ่นฟิล์มขนาด 2×2 เซนติเมตร แล้วนำไปวางทับลงบนเส้นราที่ย้ายมา ส่วนเจลจะทำการดูดมา 100 ไมโครลิตร แล้วหยอดลงบนเส้นใยรา นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราที่ระยะ 1 วัน 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต จากสูตรดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ = [(A-B) / A] x 100

A = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนจานเลี้ยงเชื้อเปรียบเทียบ

B = ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่าศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราบนอาหารที่ผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การศึกษาชนิดและปริมาณสารที่ช่วยในการคงตัวของโฟมที่เหมาะสมในการผลิตผงน้ำส้มสายชู โดยวิธีทำแห้งแบบโฟมแมต

4.1.1 การวิเคราะห์สมบัติเชิงทางกายภาพของโฟม

4.1.1.1 ลักษณะปรากฏของโฟม

เมื่อนำน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 12% มาขึ้นรูปเป็นผงผ่านกระบวนการโฟมแมตโดยเพิ่มความคงตัว (Stabilizer) สารก่อโฟมคือ ไข่ขาวผง (10%) และเมทิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 1% w/v , 2% w/v และ 3% w/v และใช้สารเพิ่มความคงตัว 2 ชนิด คือ มอลโตเด็กซ์ตริน และ ผงบุกกลูโคแมนแนน โดยนำมาตีปั่นกับน้ำสายชูที่ความเร็ว 400 รอบต่อนาที เป็นเวลา 7 นาที เพื่อให้เกิดโฟม และนำไปอบด้วยเครื่องอบ 2 ชนิด คือ ตู้อบลมร้อน (hot air oven) และ ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู แสดงในตารางที่ 4.1 จากการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสจะทำให้โฟมขึ้นฟูน้อยลง แต่มีความเหนียวมากขึ้น ตัวอย่างที่มีการใส่มอลโตเด็กซ์ตริน จะได้โฟมที่ขึ้นฟู เนื้อเนียน และเมื่อนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน จะได้ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดเล็ก แห้งกรอบ เปาะ และแตกง่าย ส่วนตัวอย่างที่นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด จะได้ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ เปาะ และแตกยาก ขณะตัวอย่างที่มีการใส่ผงบุกกลูโคแมนแนน จะได้โฟมที่ขึ้นฟูน้อย เหนียว และเนื้อหยาบ ไม่เนียน และเมื่อนำไปอบด้วยตู้แบบลมร้อนแบบถาด จะได้ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่มีลักษณะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ เหนียว และแตกยาก (ภาพที่ 4.1 - 4.9)

ตารางที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของโฟมและผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	ลักษณะของโฟม	ลักษณะของผงโฟมแมต
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	เกิดโฟมที่ขึ้นฟู และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก บาง เปาะ แตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟู และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก แห้งกรอบ เปาะ และแตกง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

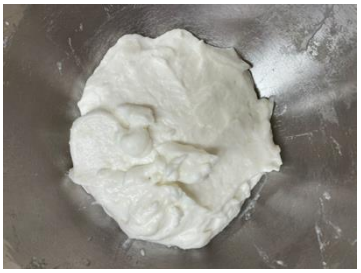
ตารางที่ 4.1 ลักษณะปรากฏของโฟมและผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟู เหนียวน้อย และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก แห้งกรอบ เปาะ และแตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน(ตู้อบลมร้อน)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟูเล็กน้อย เหนียว และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก แห้งกรอบ เหนียว และแตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟู และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก เปาะ และแตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟู เหนียวน้อย และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดเล็ก เปาะ และแตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟูเล็กน้อย เหนียว และเนื้อเนียนละเอียด	เป็นแผ่นขนาดใหญ่ เหนียว แตกง่าย
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟูน้อย เหนียวน้อย และเนื้อเนียน	เป็นแผ่นขนาดใญ่ เปาะ และแตกง่าย เหนียวมาก
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟูน้อยมาก เหนียว และเนื้อหยาบ ไม่เนียน	เป็นแผ่นขนาดใหญ่ เหนียว และแตกยาก เหนียวมาก
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	เกิดโฟมที่ขึ้นฟูน้อยมาก เหนียวมาก และเนื้อหยาบไม่เนียน	เป็นแผ่นขนาดใหญ่ เหนียวมาก และแตกยาก เหนียวมาก

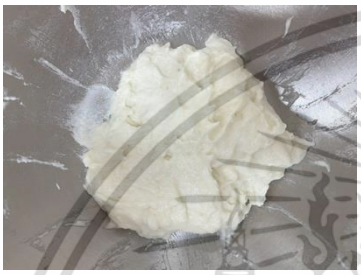
(A) (B)

ภาพที่ 4.1 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A)  (B)

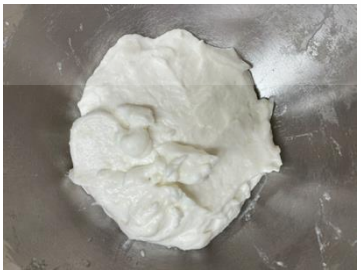
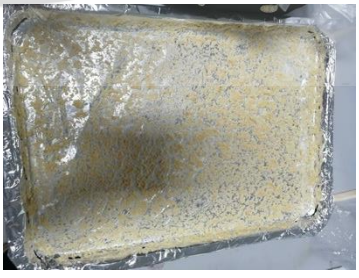
ภาพที่ 4.2 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) (B)

(A)  (B)

ภาพที่ 4.3 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) (B)

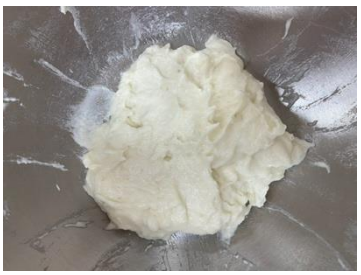
(A) (B)

ภาพที่ 4.4 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด) (B)

(A)  (B) 

ภาพที่ 4.5 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(A)  (B)

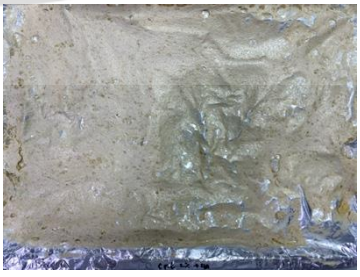
ภาพที่ 4.6 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)

(A) (B)

ภาพที่ 4.7 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)

(A) (B)

ภาพที่ 4.8 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)

(A) (B) 

ภาพที่ 4.9 โฟมจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (A), ผงโฟมแมตจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) (B)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 *ความคงตัวของโฟม (Stability)*

จากการศึกษาความคงตัวของโฟม (stability) จากเมทิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน 1%, 2% และ3% และสารเสริมเพิ่มความคงตัว คือ มอลโตเด็กซ์ตริน และ ผงบุกกลูโคแมนแนน โดยการนำโฟมที่ตีปั่นจนขึ้นฟู จากนั้นนำโฟมแมนปริมาณ 10 กรัม ใส่ในกรวยที่วางอยู่บนกระบอกตวงปริมาตร 50 มิลลิลิตร จากนั้นบันทึกปริมาตรของเหลวที่แยกตัวออกมาจากทุก ๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความคงตัว (% stability)

จากตารางที่ 4.2 – 4.3 พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้น มีผลให้ค่าคงตัวเพิ่มมากขึ้น ขณะที่สารเพิ่มความคงตัวผงบุกกลูโคแมนแนน มีค่าความคงตัว 100% แสดงให้เห็นว่าชนิดของสารเสริมเพิ่มความคงตัวและปริมาณความเข้มข้นของสารที่ก่อโฟมที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการทำให้ความคงตัวของโฟมดีขึ้น

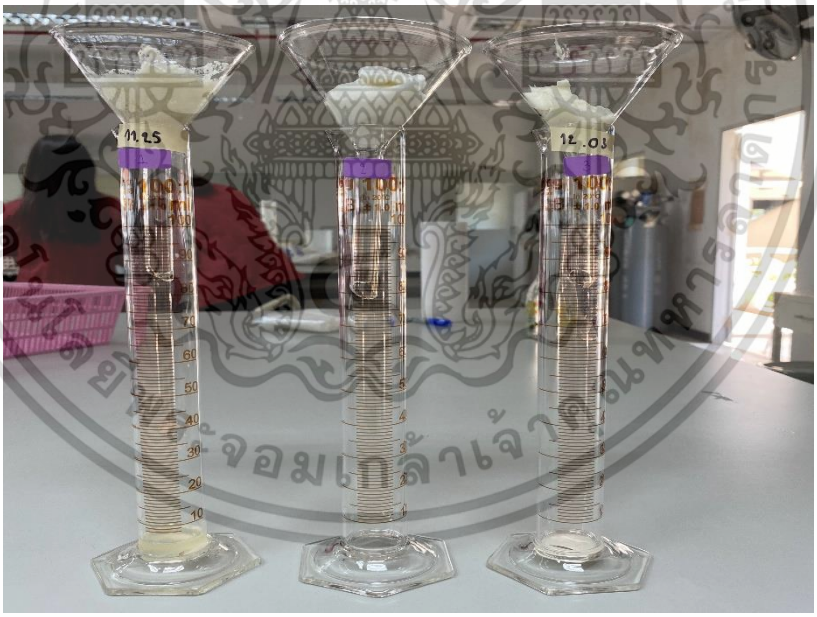
ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของโฟม (Stability)

เวลา (นาที)	ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)		ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)		ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	
	ปริมาตร (mL)	Stability (%)	ปริมาตร (mL)	Stability (%)	ปริมาตร (mL)	Stability (%)
10	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
20	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
30	0.2	98[a]	0	100[a]	0	100[a]
40	0.2	98[a]	0	100[a]	0	100[a]
50	0.2	98[a]	0	100[a]	0	100[a]
60	0.2	98[a]	0	100[a]	0	100[a]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปอร์เซ็นต์ความคงตัวของโฟม (Stability)

เวลา (นาที)	ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)		ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)		ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	
	ปริมาตร (mL)	Stability (%)	ปริมาตร (mL)	Stability (%)	ปริมาตร (mL)	Stability (%)
10	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
20	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
30	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
40	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
50	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]
60	0	100[a]	0	100[a]	0	100[a]



ภาพที่ 4.10 การศึกษาความคงตัวของโฟม (Stability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 <u>การวิเคราะห์สมบัติเชิงกายภาพและเคมีของผงโฟมแมต</u>

4.1.2.1 *การวิเคราะห์ค่าสี (color measurement)*

4.1.2.1.1 ค่า L* (ความสว่าง)

จากการวิเคราะห์ค่าสี ในระบบ CIELAB โดยใช้ chorma meter (Minolta CR-400) ซึ่งวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้การวิเคระห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบ Factorial โดยวิเคราะห์ค่า L* (ความสว่าง) ได้ผลจากการทดลองคือ ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ทำจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่า L* สูงที่สุดคือ 27.5167 และผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่จากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน โดยอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดมีค่า L* ต่ำสุดที่สุดคือ 16.6900 ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส แนวโน้มของความสว่างในผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าความสว่างมากขึ้น และการใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ในการอบแห้งนั้นมีค่าความสว่างมากกว่าเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) (ภาพที่ 4.11)

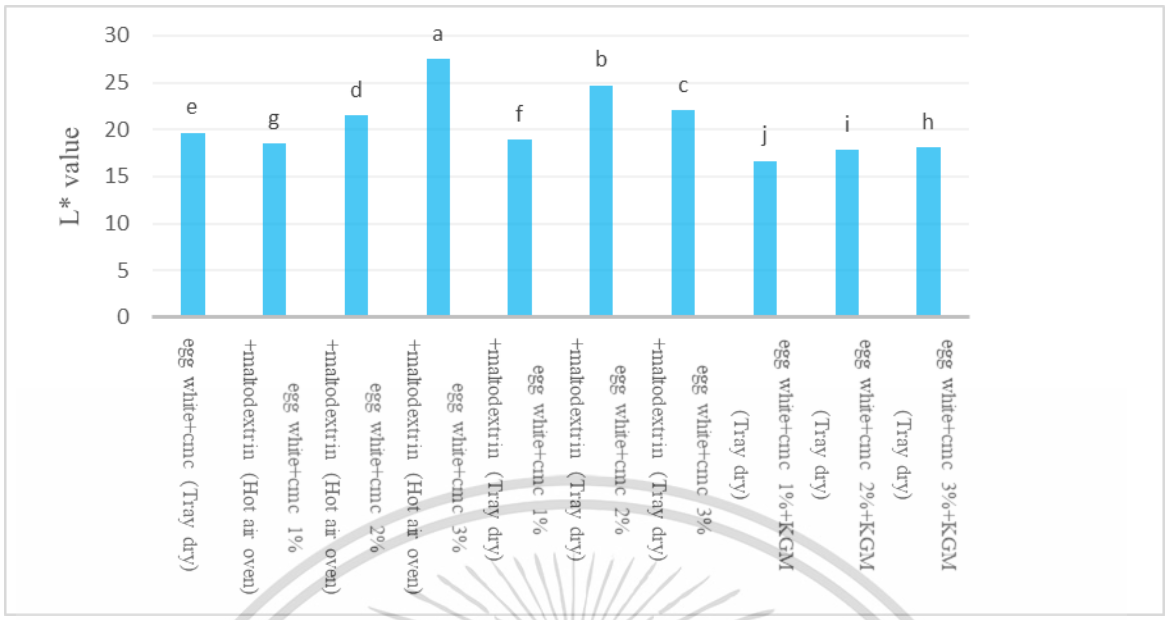
4.1.2.1.2 ค่า a* (สีแดง)

จากการวิเคราะห์ค่าสี ในระบบ CIELAB โดยใช้ chorma meter (Minolta CR-400) ซึ่งวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้การวิเคระห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบ Factorial โดยวิเคราะห์ค่า a* (สีแดง) ได้ผลจากการทดลองคือ ผงโฟมแมตจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน โดยอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด มีค่า a* สูงที่สุดคือ 2.1833 และผงโฟมแมตจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน และไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน โดยอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนมีค่า a* ต่ำที่สุดคือ 0.3100,0.3033 ตามลำดับ ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส แนวโน้มของสีแดงในผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าสีแดงมากขึ้น และการใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ในการอบแห้งนั้นแนวโน้มของค่าสีแดงนั้นมีแนวโน้มลดลงต่างจากเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ที่มีแนวโน้มขอค่าสีแดงเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.12)

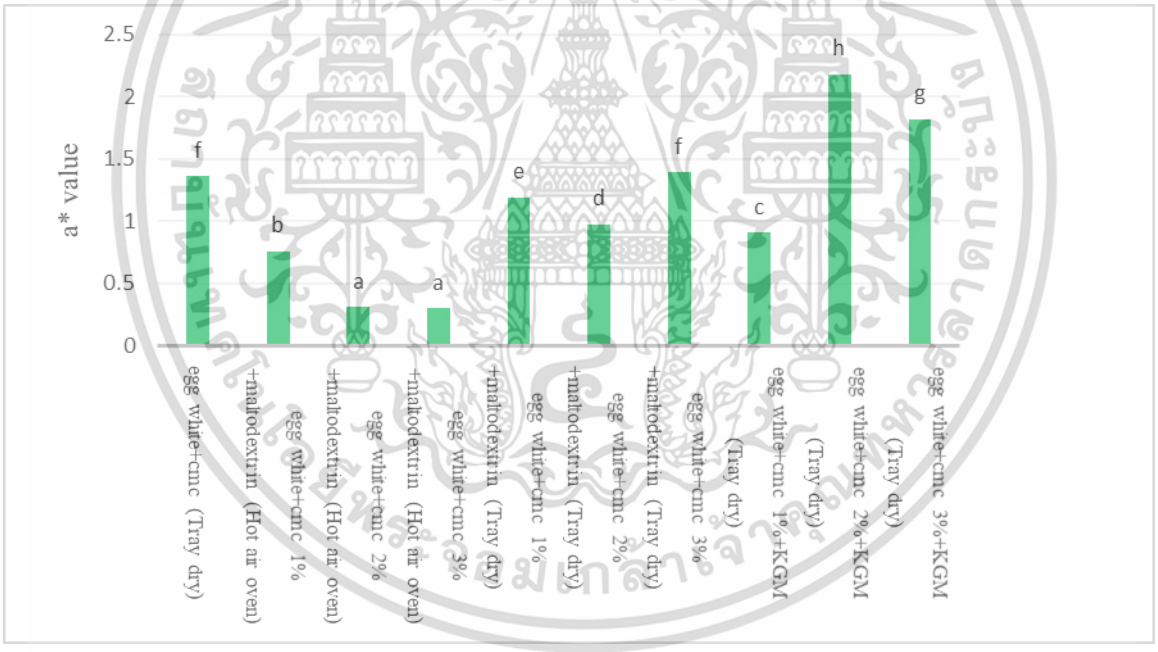
4.1.2.1.3 ค่า b* (สีเหลือง)

จากการวิเคราะห์ค่าสี ในระบบ CIELAB โดยใช้ chorma meter (Minolta CR-400) ซึ่งวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้การวิเคระห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบ Factorial โดยวิเคราะห์ค่า a* (สีแดง) ได้ผลจากการทดลองคือ ผงโฟมแมตจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน และผงโฟมแมตจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน โดยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) มีค่า b* สูงที่สุดคือ 13.7161 และ 13.7700 ตามลำดับ และผงโฟมแมตจากไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน โดยตู้อบลมร้อนมีค่า b* ต่ำที่สุดคือ 9.0433 ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส แนวโน้มของสีเหลืองในผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าสีเหลืองมากขึ้น และการใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ในการอบแห้งนั้นแนวโน้มของค่าสีเหลืองนั้นมีแนวโน้มลดลงต่างจากเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ที่มีแนวโน้มขอค่าสีเหลืองเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 4.13)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

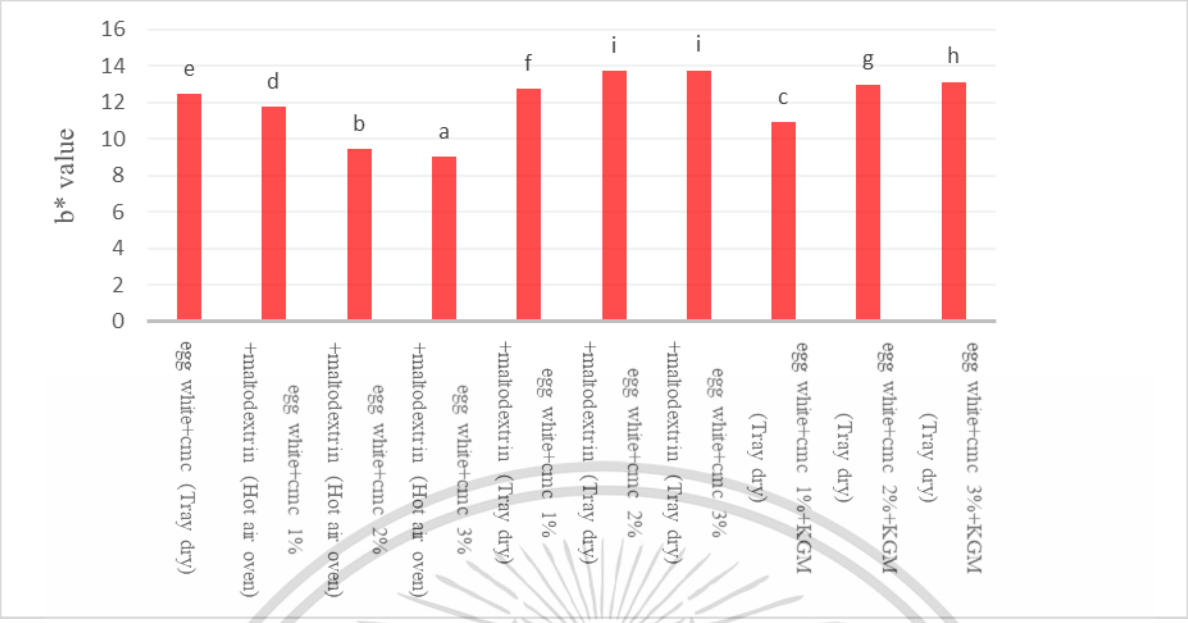


ภาพที่ 4.11 ค่า L* (ค่าความสว่าง) ของผงโฟมแมตน้ำสายชู



ภาพที่ 4.12 ค่า a* (ค่าสีแดง) ของผงโฟมแมตน้ำสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



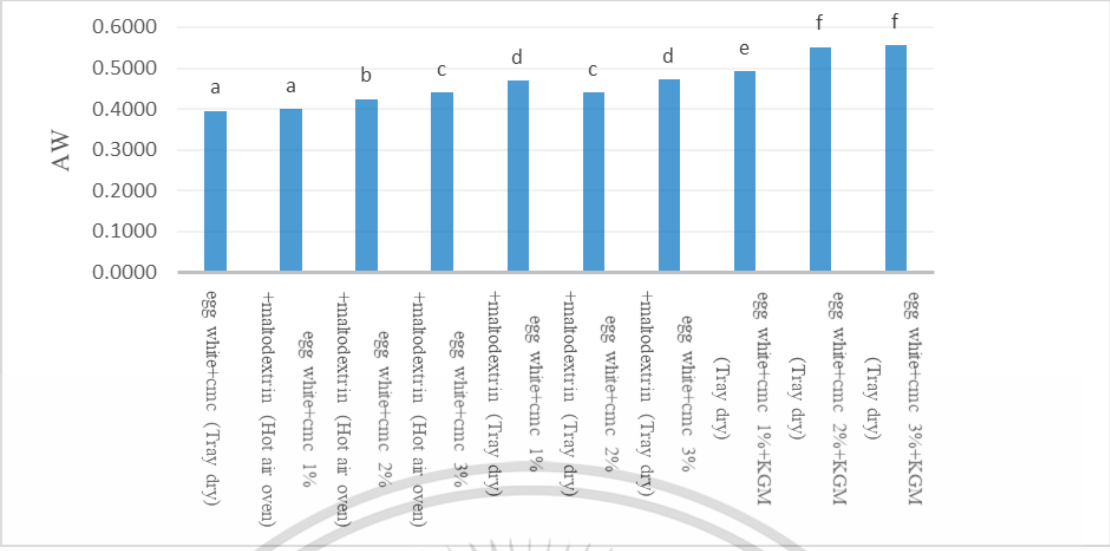
ภาพที่ 4.13 ค่า b* (ค่าสีเหลือง) ของผงโฟมแมตน้ำสายชู

ดังนั้นเมื่อพิจารณาพบว่าเมื่อความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส ส่งผลให้ค่า L*, a* และ b* ของผงโฟมแมตนั้นมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อพิจารณาในเครื่องอบแห้งที่ใช้นั้นพบว่าตู้อบลมร้อน (Hot air oven) จะส่งให้ค่า a* และ b* มีค่าที่สูงมากขึ้น ส่วน L* นั้นมีค่าลดลง ส่วนเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ส่งผลให้ค่า L*, a* และ b* ของผงโฟมแมตนั้นมีค่าความสว่าง ค่าสีแดง และค่าสีเหลือง ที่เพิ่มมากขึ้น สรุปได้ว่าวิธีการอบแห้งส่งผลต่อค่าสีของผงโฟมแมตและสารให้ความคงตัวคนละชนิดมีผลต่อค่าสีของผงโฟมแมต

4.1.2.2 *การวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw)*

ผลการวิเคราะห์โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบ Factorial แสดงดังภาพที่ 4.14 พบว่าค่า Aw ของผงโฟมแมตไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน อบแห้งโดยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) มีค่า Aw ต่ำที่สุดคือ 0.4005 และพบว่าค่า Aw ของผงโฟมแมตไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ ผงบุกกลูโคแมนแนน อบแห้งโดยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ค่า Aw สูงที่สุดคือ 0.5559 แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของค่าเมทิลเซลลูโลส เพิ่มมากทำให้ค่า Aw สูงขึ้น และชนิดของสารให้ความคงตัวมีผลต่อค่า Aw โดยสารคงตัวชนิดผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) ให้ค่า Aw สูงกว่ามอลโตเด็กซ์ตริน ทำให้มีค่า Aw สูงขึ้น โดยเฉพาะผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) และการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) มีผลต่อค่า Aw คือ ค่า Aw ที่ได้นั้นจะมีค่าน้อยกว่าการอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) โดยปกติแล้วสารที่เป็นผลแห้งควรมีค่า Aw ไม่เกิน 0.6 (Connick Jr และคณะ 1996) ซึ่งในการทดลองนี้ทุกชุดการทดลองมีค่า Aw ไม่เกินมาตรฐาน

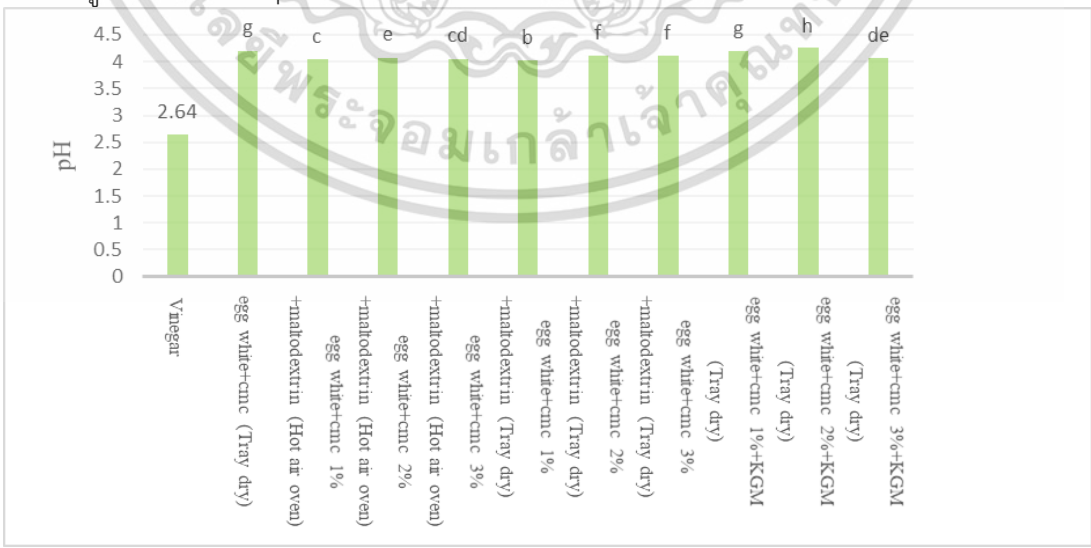
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) ของผงโฟมแมตน้ำสายชู

4.1.2.3 *วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)*

จากการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-เบสของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูภายหลังจากการนำมาละลายน้ำที่ความเข้มข้น 1% (ภาพที่ 4.15) พบว่าค่า pH ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าเพิ่มขึ้นหลังผ่านกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมตเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชู 12% ซึ่งชุดทดลองไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน โดยการอบแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray dry) มีค่า pH ต่ำที่สุดคือ 4.0167 และชุดการทดลองไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน โดยการอบแห้งจากเครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryer) มีค่า pH สูงที่สุดคือ 4.2533 โดยวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนและเครื่องอบลมร้อนแบบถาดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความเข้มข้นเมทิลเซลลูโลสที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อทำให้ค่า pH ลดลง เนื่องจากเมื่อปริมาณความเข้มเข้นของเมทิลเซลลูโลสที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้กักเก็บความเป็นกรด-เบสในผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูได้ดียิ่งขึ้น ดังรูปภาพที่ 4.15 จะเห็นได้ว่าได้ว่าวิธีการอบแห้ง ชนิดของสารให้ความคงตัวและความเข้มข้นเมทิลเซลลูโลส มีผลต่อค่า pH



ภาพที่ 4.15 ค่า pH ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 *วิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก*

จากการทดลองการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก พบว่าค่าร้อยละความเป็นกรดของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าระหว่าง 0.9520 – 1.5780 โดยค่าความเป็นกรดมีค่าลดลงภายหลังกระบวนการทำแห้งแบบโฟมแมตอย่างมีนัยสำคัญ ชุดการทดลองไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3% +ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) โดยการอบแห้งแบบถาดมีเปอร์เซ็นต์กรดสูงสุดคือ 1.5780% เมื่อเทียบชนิดสารคงตัวคือ ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) กับ มอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) ซึ่งเป็นสารคงตัวคนละชนิด พบว่าผงโฟมแมตที่ผสมผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีเปอรเซ็นต์กรดมากกว่าสารคงตัวชนิดมอลโตเด็กซ์ตริน (maltodextrin) และความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส (CMC) ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์กรดสูงขึ้น (ภาพที่ 4.16) ในส่วนของวิธีการอบแห้งส่งนั้นไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดอะซิติก เมื่อได้ว่าความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส (CMC) และ ผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) สามารถเก็บรักษาปริมาณกรดอะซิติกของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูได้ เนื่องจากความคงตัวของโฟมนั้นมีค่าคงตัวดี สามารถกักเก็บปริมาณกรดอะซิติกได้มาก

ภาพที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่า pH และปริมาณกรดอะซิติกนั้นมีแนวโน้วไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อค่า pH สูงขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดอะซิติกลดลง กล่าวคือ เมื่อค่า pH ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณกรดอะซิติกนั้นมีปริมาณกรดที่ลดลง

4.1.3 <u>สมบัติทางชีวภาพของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู</u>

4.1.3.1 *การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา วิธี Agar diffusion Method*

จากการทดลองโดยใช้ผงโฟมแมตที่มีส่วนประกอบต่างกันจำนวน 30 ชุดการทดลอง มาแปรผันความเข้มข้นที่ 1%,2% และ 3% w/v โดยนำไปยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ตรวจติดตามทุกๆ 1,3,5 และ 7 วัน ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวันที่ 1 ยกเว้นชุดการทดลอง ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 3 ของการทดลองพบว่าทุกชุดการทดลองสามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 100.00% ยกเว้น ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 1%, ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+ เมทิลเซลลูโลส 1% +มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) และไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ในวันที่ 5 พบว่าทุกชุดการทดลองสามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 100.00% ยกเว้น น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1%, ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส (1%), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) และไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ในวันที่ 7 ทุกชุดการทดลองสามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 100.00% ยกเว้น น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น (1%),ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%, ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1% +มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อน), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1% +มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส (1%)+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด), ไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)และไข่ขาว+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ดังนั้นชุดการทดลองที่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ตลอดการทดลองมีจำนวน 23 ชุดการทดลองจากทั้งหมด 33 ชุดการทดลอง และผงโฟมแมตที่อบโดยตู้อบลมร้อนจากทั้งหมด 9 ชุดการทดลอง สามารถยับยั้งได้ 6 ชุดการทดลอง สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 66.67% (จากการคำนวณต่อชุดการทดลองทั้งหมด) และ ผงโฟมแมตที่อบโดยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดจากทั้งหมด 18 ชุดการทดลอง สามารถยับยั้งได้ 13 ชุดการทดลอง สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 72.22% (จากการคำนวณชุดการทดลองทั้งหมด) จึงสามารถสรุปได้ว่าการอบแห้งโดยเครื่องอบลมร้อนแบบถาดสามารถให้ค่าการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าตู้อบลมร้อน จากการความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลสและปริมาณของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 1%, 2% และ3% ที่เพิ่มมากขึ้นนั้นส่งผลให้สามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชู 1% กับผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 1% ผลการทดลองแสดงว่าผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 1% มีฤทธิ์การยับยั้งที่น้อยกว่าน้ำส้มสายชู 1% และเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มสายชู 2% และ 3% กับผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 2% และ 3% ผลการทดลองแสดงว่าผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 2% และ3% มีฤทธิ์การยับยั้งที่มากกว่าน้ำส้มสายชู 2% และ 3% พบว่าสามารถใช้ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 2% และ3% ทดแทนน้ำส้มสายชูได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยวิธี Agar diffusion method

ตัวอย่าง	% การยับยั้ง			
	วันที่1	วันที่3	วันที่5	วันที่7
น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1%	100.00^{a}	100.00^{a}	62.57^{c}	52.92^{c}
น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 2%	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
น้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 3%	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส (1%)	13.69^{b}	29.56^{e}	26.88^{g}	34.58^{de}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส (2%)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส (3%)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	71.56^{c}	40.07^{ef}	22.08^{f}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	62.94^{d}	31.29^{g}	8.75^{g}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	73.68^{b}	43.33^{cd}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยวิธี Agar diffusion method

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งเชื้อรา			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (ตู้อบลมร้อน)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	87.69^{b}	62.57^{c}	42.08^{cd}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	72.82^{c}	47.58^{de}	39.58^{de}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยวิธี Agar diffusion method

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งเชื้อรา			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	62.52^{d}	34.32^{fg}	17.67^{fg}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	85.67^{b}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	27.48^{e}	51.11^{d}	28.25^{ef}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผง บุกกลูโคแมนแนน (1%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}	100.00^{a}

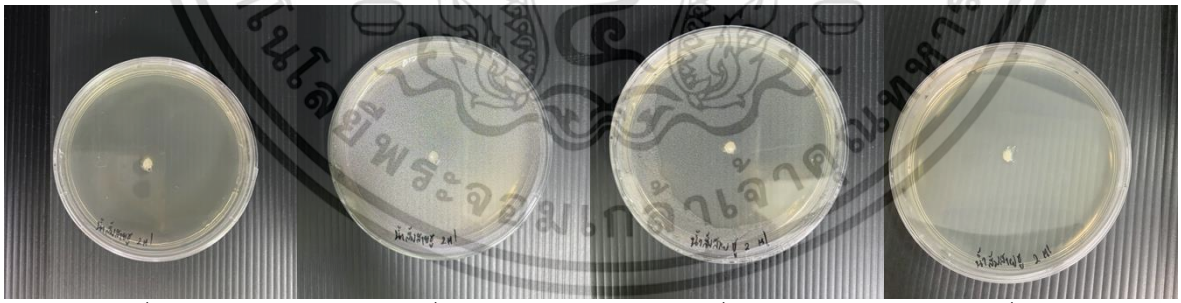
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเติบโตของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยวิธี Agar diffusion method

ชุดการทดลอง	% การยับยั้งเชื้อรา			
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (2%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (3%) (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด)	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]	100.00[a]

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

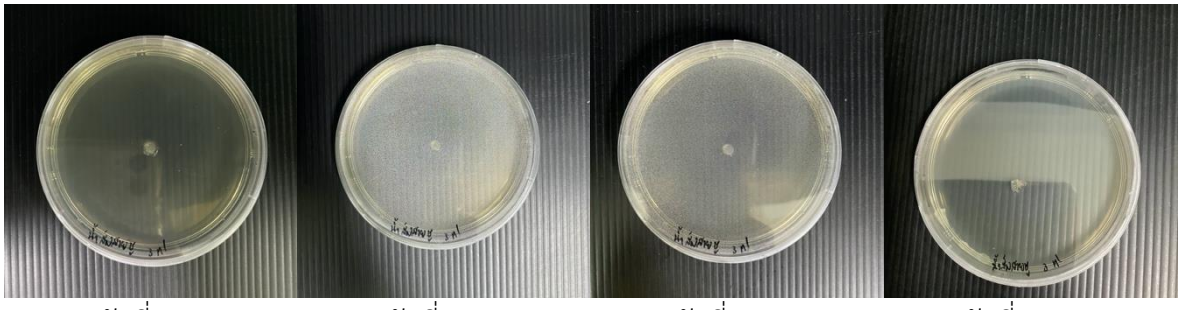
ภาพที่ 4.17 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.18 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

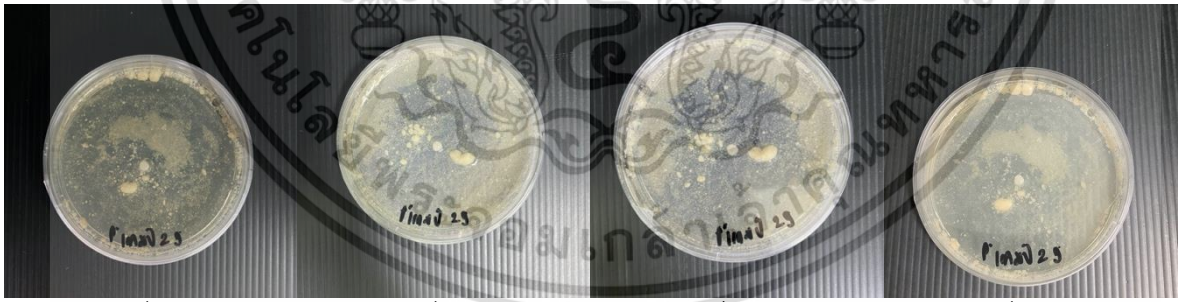


วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.19 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

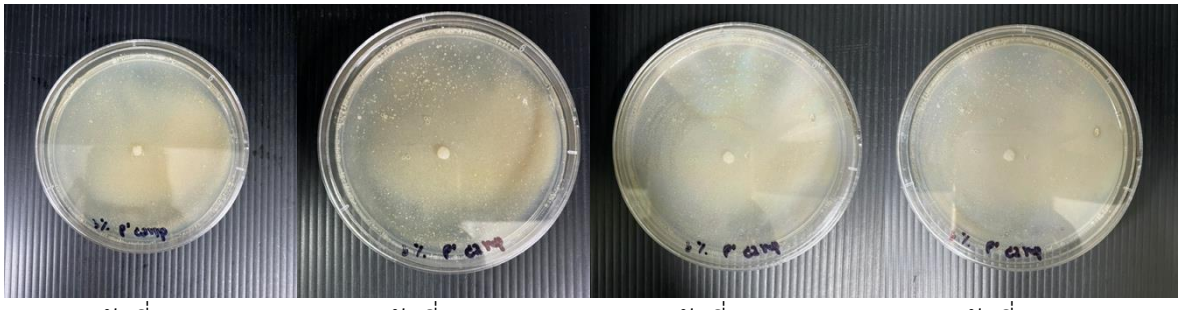
ภาพที่ 4.20 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

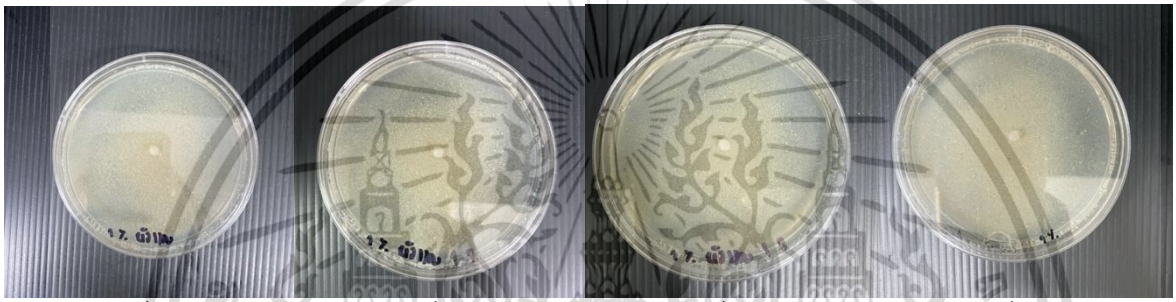
ภาพที่ 4.21 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



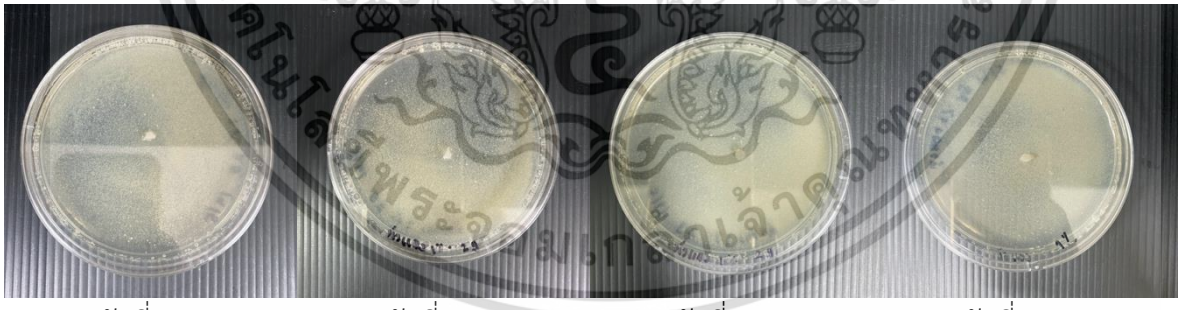
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.22 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลสที่ความเข้มข้นที่ 3% ในวันที่1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.23 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.24 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.25 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

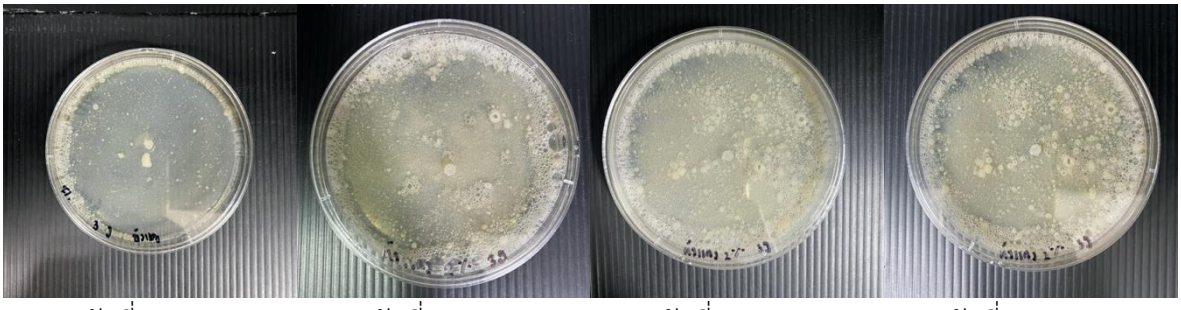
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.26 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.27 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.28 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

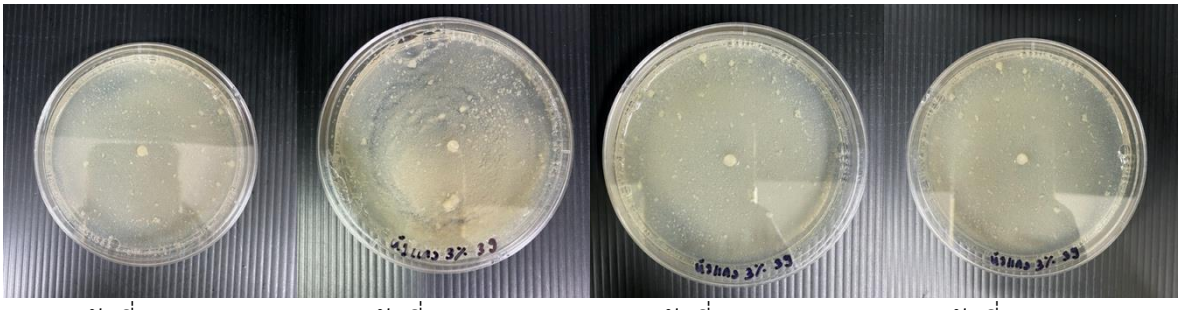
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.29 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.30 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

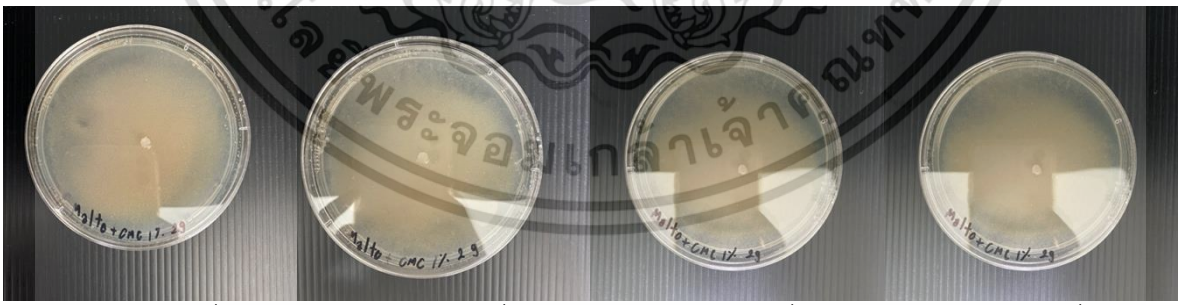


วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.31 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

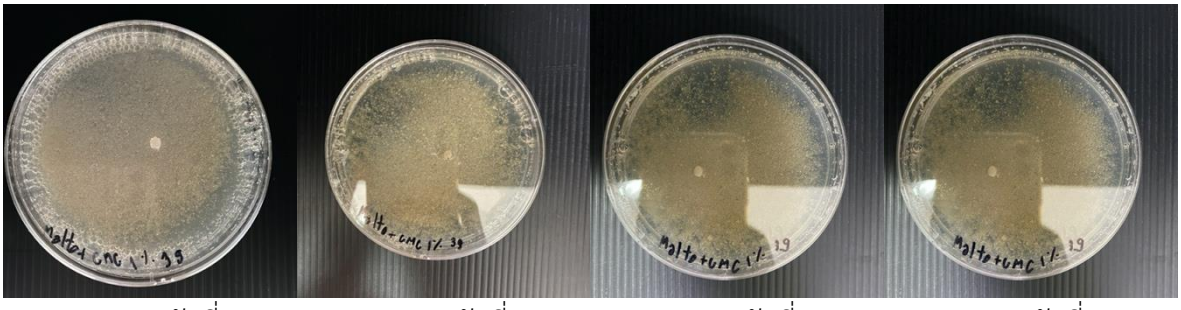
ภาพที่ 4.32 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.33 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.34 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

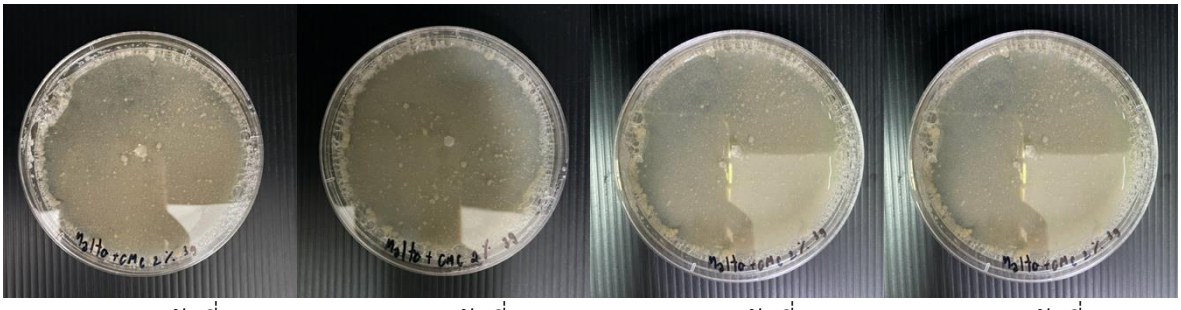
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.35 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.36 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.37 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

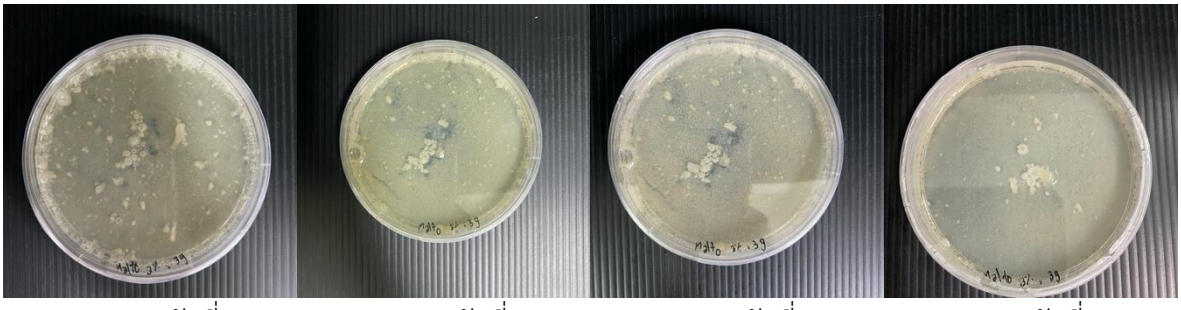
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.38 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

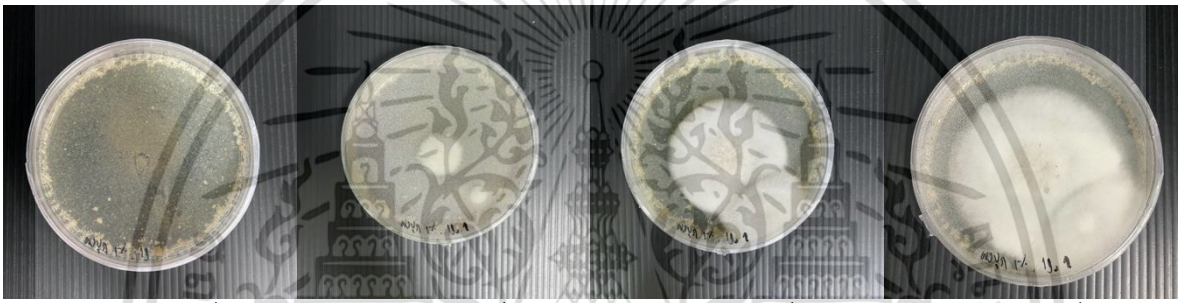
ภาพที่ 4.39 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



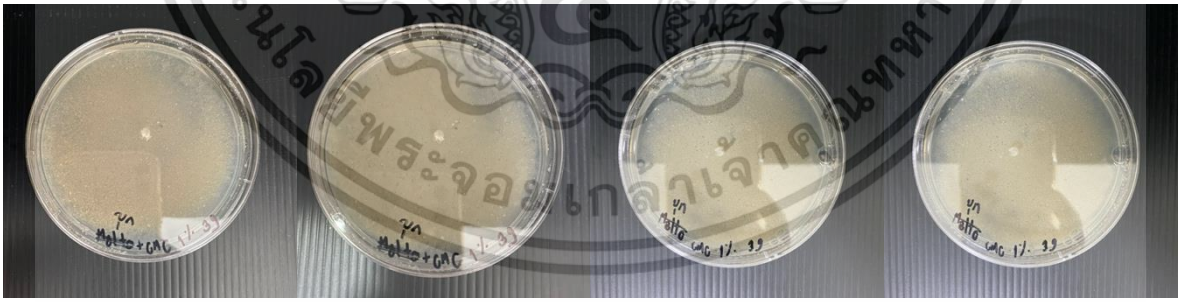
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.40 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

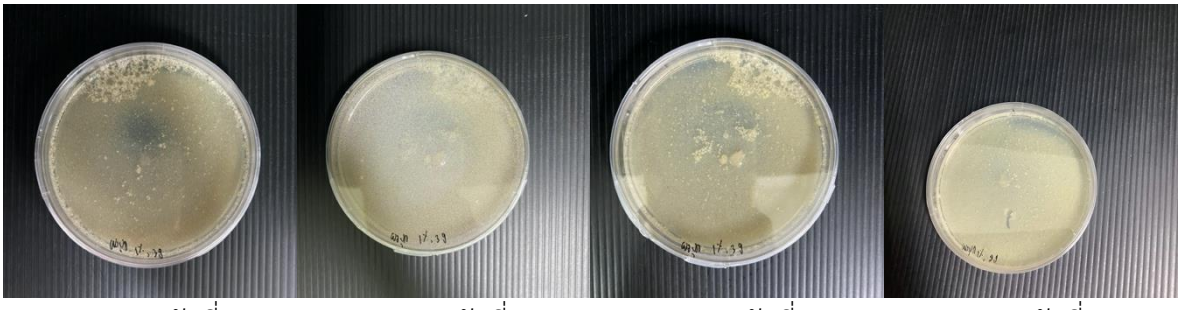
ภาพที่ 4.41 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.42 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.43 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

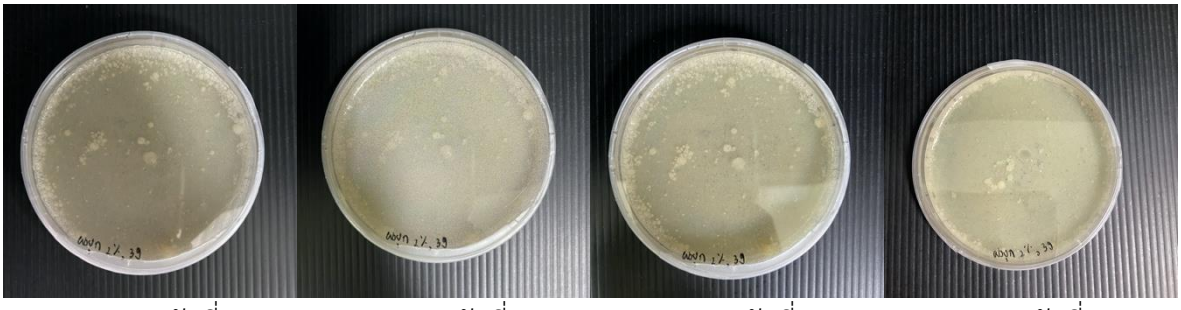
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.44 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.45 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.46 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

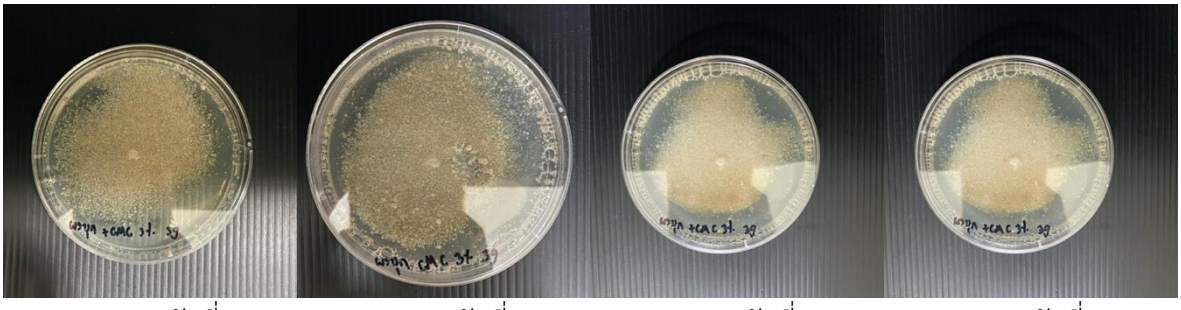
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.47 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 1% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.48 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 2% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.49 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ7

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพฟิล์มและเจลเคลือบที่มีสัดส่วนของผงน้ำส้มสายชูที่เหมาะสมในการยับยั้งเชื้อรา

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของแผ่นฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

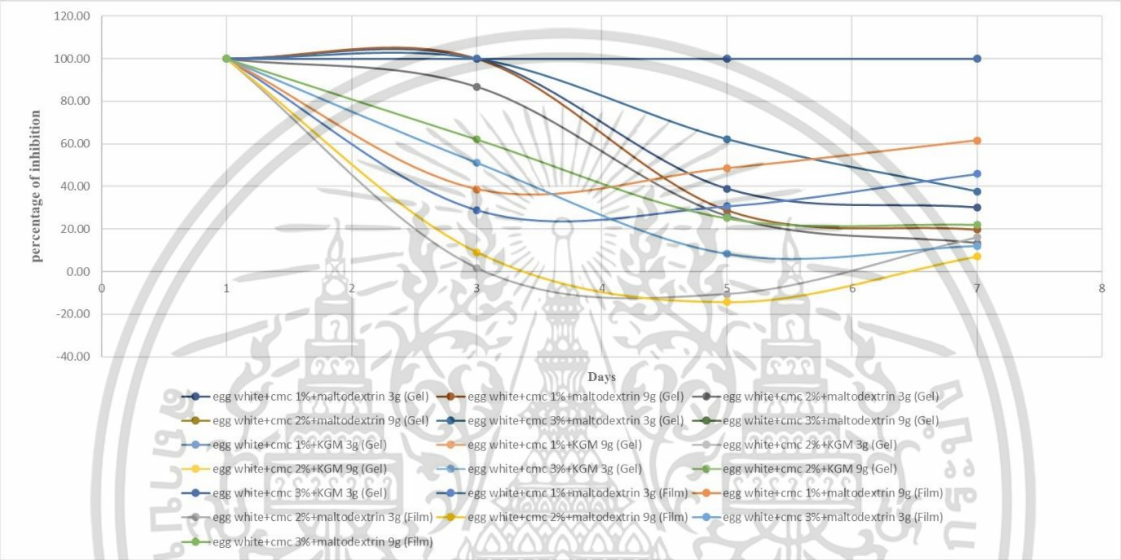
การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา Colletotrichum gloeosporioides โดยนำฟิล์มที่มีส่วนผสมของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 3% และ 9% w/v มาตัดเป็นแผ่นขนาด 2×2 เซนติเมตร ในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 3 ของการทดลอง แผ่นฟิล์มสามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด โดยฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3 % สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 1.6784% และฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 9 % สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 9.1725% ฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3% สามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 28.8729% และฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 1% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 9% สามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 38.6932% จัดว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ในระดับ highly resistant (Peres et al. 2004) และฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 9% สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 62.1412% ฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3% สามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 51.1947% จัดว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ในระดับ Weakly resistant (Peres et al. 2004) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณผงโฟมแมตที่เพิ่มมากขึ้นและความเข้มข้นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่มีเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยับยั้งเชื้อราเพิ่มมากขึ้นในฟิล์มที่ผสมผงโฟมแมต

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของเจลเคลือบผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

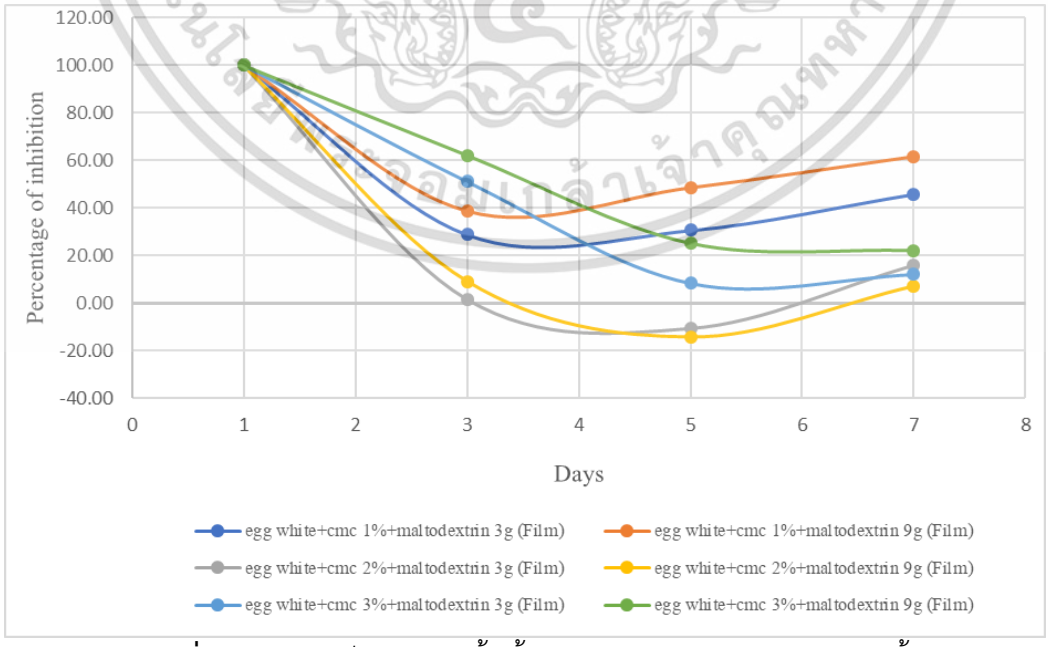
การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยนำเจลเคลือบที่ผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 3% และ 9% w/v ปริมาตร 100 ไมโครลิตร วางและหยอดลงบนเส้นใยราขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4 เซนติเมตร ในระยะเวลา 7 วัน พบว่าในวันที่ 3 ของการทดลอง เจลเคลือบสามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด โดยเจลที่ผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง + เมทิลเซลลูโลส 2% + มอลโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3% สามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงสุด 86.9043% จัดว่าเชื้อราสามารถเจริญได้ในระดับ Weakly resistant (Peres et al. 2004) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปริมาณผงโฟมแมตที่เพิ่มมากขึ้นและความเข้มข้นคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่มีเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การยับยั้งเชื้อราเพิ่มมากขึ้นทั้งในเจลเคลือบ นอกจากนี้ผลในวันที่ 5 และ 7 เจลเคลือบผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3% สามารถยับยั้งเชื้อราได้ และเมื่อเปรียบเทียบการยับยั้งเชื้อราระหว่างฟิล์มและเจลเคลือบพบว่าเจลเคลือบสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าฟิล์มในวันที่ 3, 5 และ 7 เนื่องจาก เจลเคลือบที่ผสมผงโฟมแมตมีลักษณะเป็นของกึ่งเหลว เนื่องด้วยด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงส่งผลให้เจลเคลือบที่ผสมผงโฟมแมตสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าฟิล์มเคลือบที่ผสมผงโฟมแมต

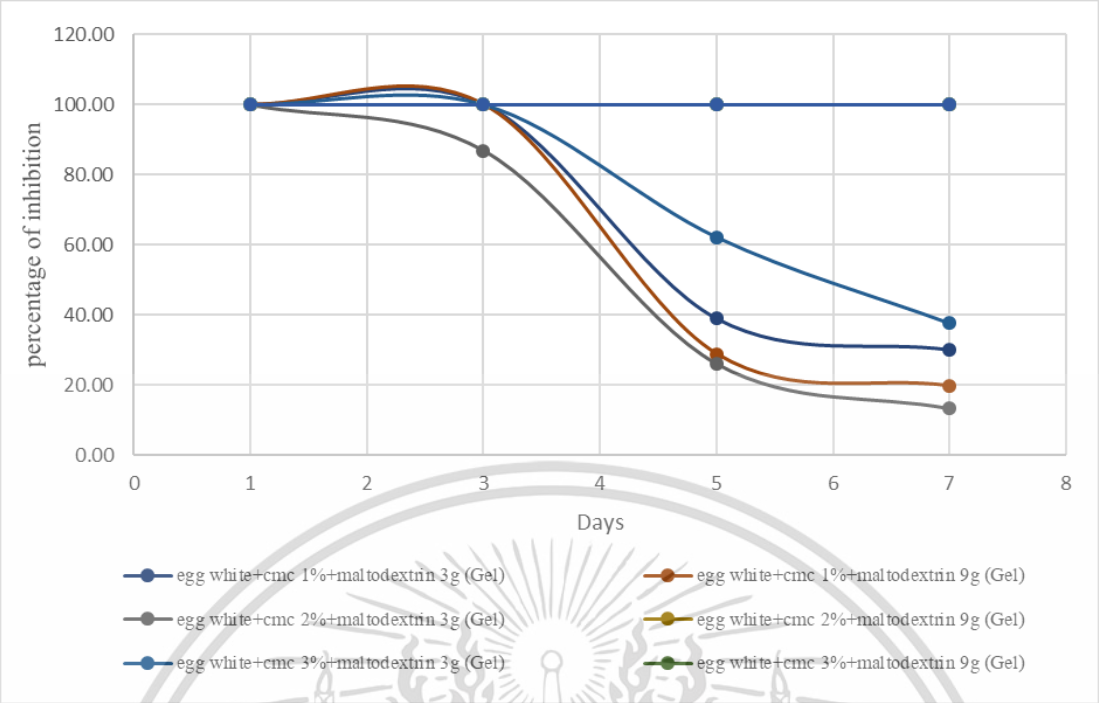


ภาพที่ 4.50 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของแผ่นฟิล์มและเจลเคลือบเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู



ภาพที่ 4.51 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของแผ่นฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

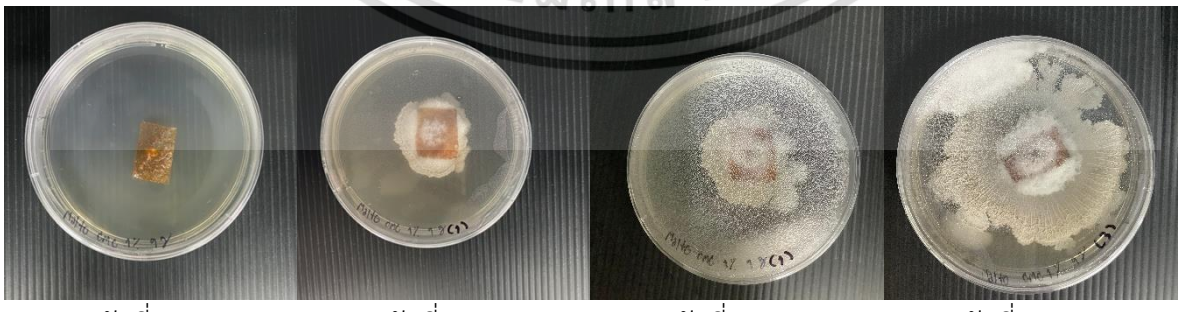
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.52 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของเจลเคลือบเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.53 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7



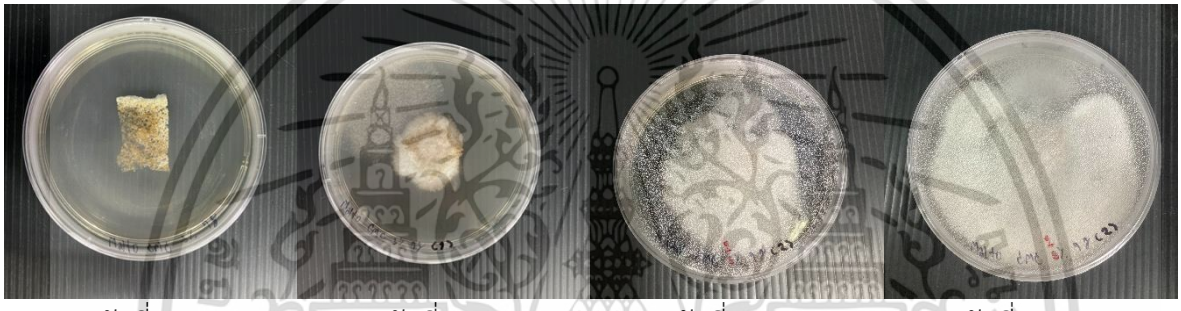
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.54 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.55 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7



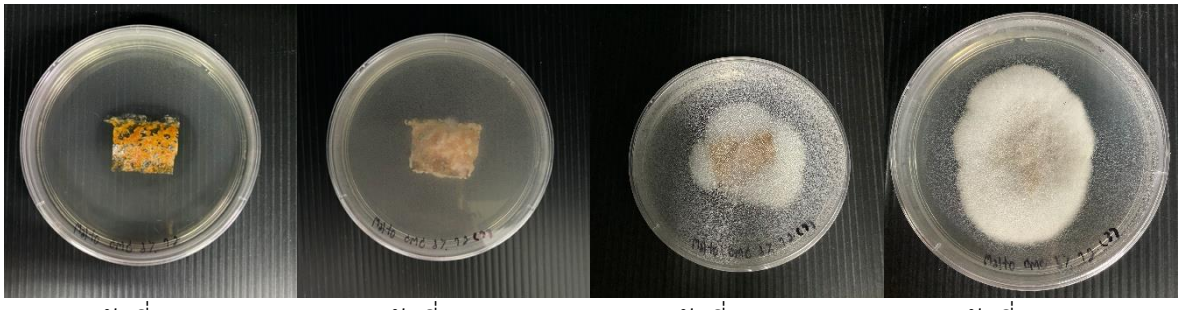
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.56 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.57 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.58 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของฟิล์มผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

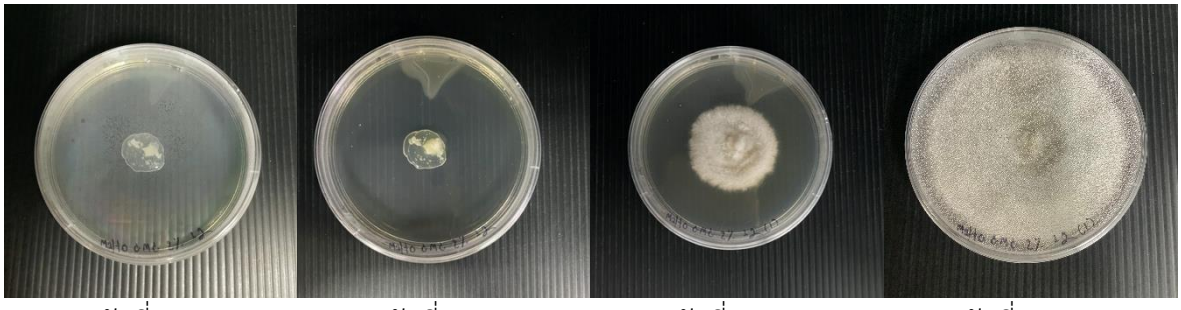
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.59 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.60 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.61 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

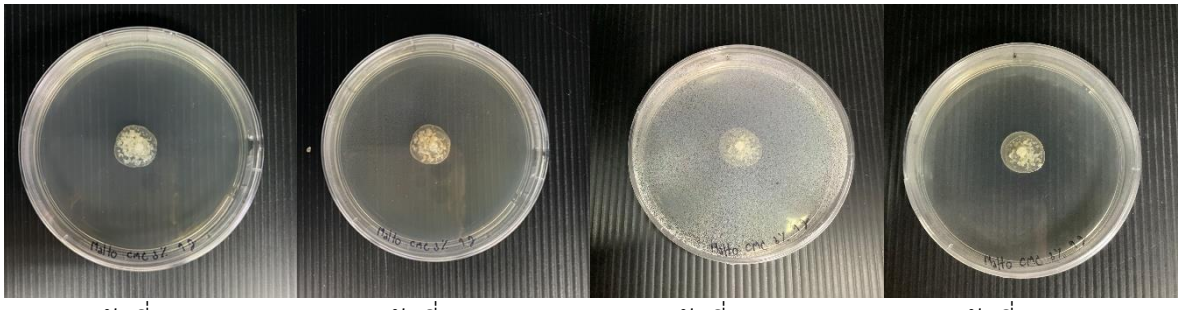
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.62 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1 และ 3

วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.63 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

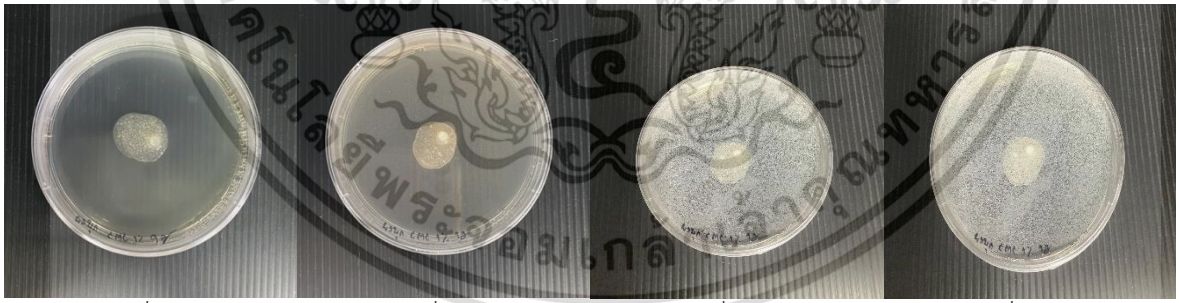


วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.64 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

วันที่ 1 วันที่ 3

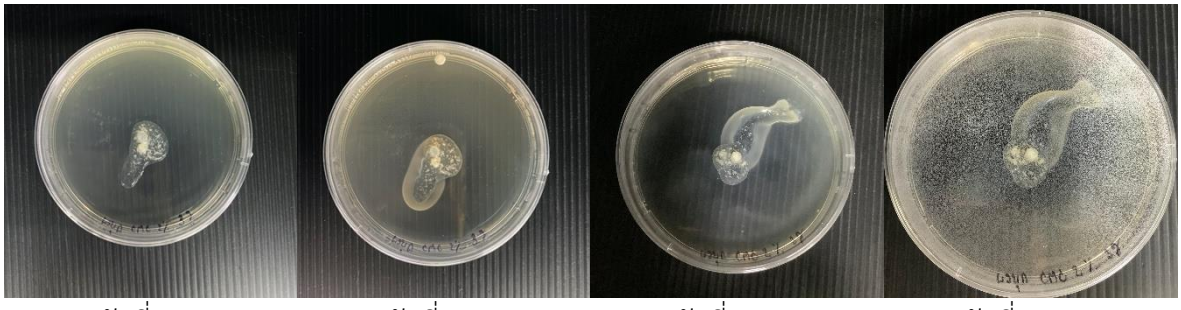
ภาพที่ 4.65 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1 และ 3



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

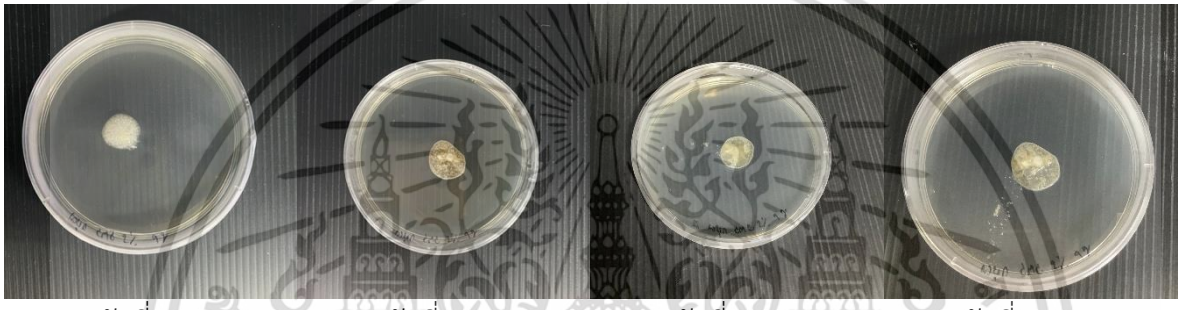
ภาพที่ 4.66 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



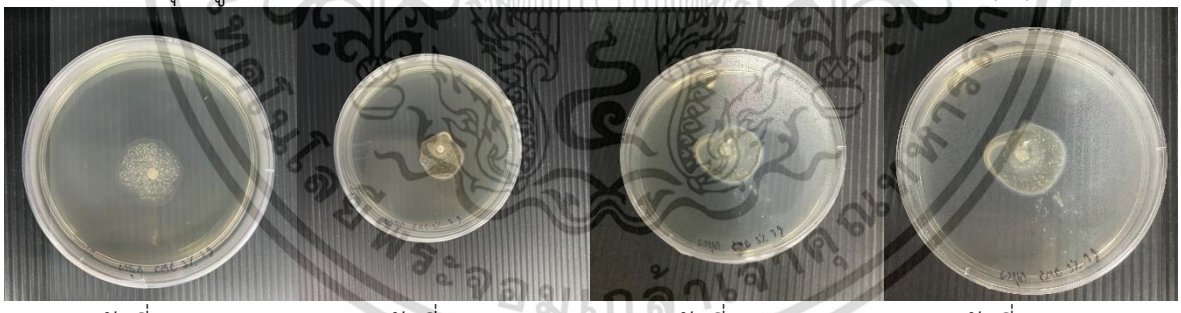
วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.67 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.68 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 9% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7



วันที่ 1 วันที่ 3 วันที่ 5 วันที่ 7

ภาพที่ 4.69 การยับยั้งการเติบโตของเชื้อราของเจลผสมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูจากไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (เครื่องอบลมร้อนแบบถาด) ที่ความเข้มข้น 3% ในวันที่ 1, 3, 5 และ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการศึกษาเรื่องการพัฒนาสารต้านเชื้อราด้วยผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum Gloeosporioides* ในผลไม้นั้น ชนิดของสารก่อโฟมที่ปริมาณของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% ส่งผลต่อการผลิตผงน้ำส้มสายชูโดยกระบวนการทำแห้งแบบโฟม-แมต โดยมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของโฟมและความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา *C.gloeosporioides* จากการศึกษาชนิดของสารเพิ่มความคงตัวทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ที่ความเข้มข้น 8% w/v และผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) ที่ความเข้มข้น 1% w/v ปริมาณของคาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (CMC) ที่ความเข้มข้น 1, 2 และ 3% จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากการศึกษาลักษณะของโฟมก่อนการอบพบว่า โฟมที่มีการใช้สารเพิ่มความคงตัวกลุ่มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ได้มีลักษณะของโฟมที่ละเอียดกว่าโฟมที่มีการใช้สารเพิ่มความคงตัวผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) ขณะที่สารเพิ่มความคงตัวผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีความเหนียวมากกว่าสารก่อโฟมกลุ่มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) จากการศึกษาความคงตัวของโฟม (Stability) พบว่าเมื่อคาร์บอกซีเมททิลเซลลูโลส (CMC) ที่เป็นสารก่อโฟมนั้นมีความเข้มข้นที่มากขึ้นทำให้โฟมมีความคงตัวมากขึ้น และพบว่าเมื่ออบแห้งเพื่อให้ได้ผงน้ำส้มสายชู พบว่าผงน้ำส้มสายชูที่ใช้สารเพิ่มความคงตัวกลุ่มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ขนาดเล็ก เปราะง่าย แตกง่าย และมีความเหนียว ขณะที่ผงน้ำส้มสายชูที่ใช้สารเพิ่มความคงตัวผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ขนาดใหญ่ แตกยาก และมีความเหนียวมากกว่าการใช้สารเพิ่มความคงตัวมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) การวิเคราะห์ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) พบว่ากลุ่มผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) มีค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) สูงกว่ากลุ่มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) สีของผงโฟมแมตกลุ่มมอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ให้ค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงกว่ากลุ่มผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) และการอบโดยใช้ตู้อบลมร้อน (hot air oven) มีค่าความสว่าง (L*) สูงกว่าเครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dry) เมื่อความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส (CMC) เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีความสว่าง (L*) สีแดง (a*) และสีเหลือง (b*)มากขึ้น จากการศึกษาค่า pH และปริมาณกรดอะซิติก พบว่าเมื่อปริมาณกรดอะซิติกที่ลดลงส่งผลให้ค่า pH เพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของเมทิลเซลลูโลส (CMC)ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า pH ลดลงและส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์กรดที่มากขึ้น จากการศึกษาชนิดของสารเพิ่มความคงตัวทั้งสองกลุ่ม ได้แก่ มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) และผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) พบว่าผงบุกกลูโคแมนแนน (KGM) จะให้ค่า pHและเปอร์เซ็นต์กรดมากกว่า มอลโทเดกซ์ทริน (maltodextrin) ในส่วนของวิธีการอบแห้งการใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) และเครื่องอบลมร้อนแบบถาด (Tray dry) ไม่ส่งผลต่อค่า pH และปริมาณกรดอะซิติก และจากการศึกษาการยับยั้งเชื้อราโดยใช้ผงน้ำส้มสายชูที่ความเข้มข้น 1% ,2% และ 3% w/v พบว่า 70% ของชุดการทดลองมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *C.gloeosporioides* ได้ (ตลอดระยะเวลา 7 วัน) โดยตัวอย่างการทดลองที่ดีที่สุดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราคือ เจลเคลือบผสมผงโฟมแมต เนื่องจากสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีที่สุดเป็นเวลา 7 วัน

ต่อมาเมื่อพัฒนาเป็นเจลเคลือบและฟิล์มบริโภคได้ โดยใช้สัดส่วนของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูที่ 3% และ 9% w/v ในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* โดยทำการขึ้นรูปฟิล์มจากกลูโคแมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนน (KGM) ความเข้มข้นที่ 1 % w/v ผสมร่วมกับไคโตซาน 1% และกลีเซอรอลที่ความเข้มข้น 3% v/v อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำฟิล์มและเจลเคลือบมาทดสอบการยับยั้งเชื้อรา พบว่าเจลเคลือบสามารถยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าฟิล์ม เจลเคลือบผสมผงโฟมแมต (ไข่ขาวผง +เมทิลเซลลูโลส 3% + มอลโตเด็กซ์ตริน) ที่ความเข้มข้น 3 % โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (tray dry) สามารถยับยั้งเชื้อราได้สูงที่สุด จากทั้งหมด 7 การทดลองที่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ แสดงให้เห็นว่าเจลเคลือบมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อรา และสามารถนำเจลเคลือบมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆที่หลากหลายมากขึ้นได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมีฤทธิ์การยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าน้ำส้มสายชูปกติในบางชุดการทดลอง มีสาเหตุมาจากความร้อนที่ใช้ในการอบทำให้กรดอะซิติกและสารออกฤทธิ์อื่นๆระเหยออก และความสามารถในการละลายของผงโฟมแมตทำให้กรดอะซิติกและสารออกฤทธิ์อื่นๆที่ถูกกักเก็บในผงโฟมแมตไม่สามารถละลายออกมาจากผงโฟมแมตเพื่อยับยั้งจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นจึงควรหาวิธีที่สามารถละลายผงโฟมแมตให้ได้เหมาะสม

5.2.2 ไคโตซานที่ใส่ในฟิล์มบริโภคได้มีผลทำให้ฟิล์มมีฟองอากาศซึ่งอาจส่งผลต่อลักษณะของฟิล์มที่ไม่ค่อยสวยงาม จึงควรหาวิธีที่กำจัดฟองได้อย่างเหมาะสมต่อไป

5.2.3 ผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูเมื่อผสมลงในเจลเคลือบและฟิล์มบริโภคได้มีผลทำให้มีสีที่ขุ่นเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งอาจมีผลต่อการนำไปใช้งานในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัลยาณี โสมนัส. 2540. การผลิตกล้วยหอมผงโดยการทำแห้งแบบโฟมและแบบพ่นฝอย.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คุ้มเกล้า ตุลาดิลก และ พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2551.น้ำกระเทียมดองชนิดผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39 (3) (พิเศษ) : 515-518.

ดุจหทัย ฟูเจริญ. 2548. การผลิตน้ำนมข้าวโพดผงโดยวิธีการอบแห้งแบบโฟม-แมท.วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต,มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

รังสินี โสธรวิทย์. 2560. ฟิล์มและสารเคลือบพอลิเมอร์ชีวภาพสำหรับระบบอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพร พืชกมุทร,วันทนีย์ ช้างน้อย. 2557. การผลิตไข่ขาวเค็มผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมตและการนำไปใช้ประโยชน์. ม.ป.ท.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Abbasi, E., and Azizpour, M. (2016). Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. *LWT-Food Science and Technology*, 68, 105-110.

Acosta, S., Chiralt, A., Santamarina, P., Rosello, J., González-Martínez, C. and Cháfer, M. 2016. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. *Food hydrocolloids*. 61: 233-240.

Akarca, G., Veli, G. Ö. K., and Tomar, O. (2014). Gıda Muhafasında Kullanılan Bazı Doğal Antimikrobiyaller. *Kocatepe Veteriner Dergisi*, 7(1), 59-68.

Alakomi, H. L., Skyttä, E., Saarela, M., Sandholm, T., Latva-Kala, K., and Helander, M. (2000). Bacteria by Disrupting the Outer Membrane Lactic Acid Permeabilizes Gram-Negative. Appl. *Microbiol*, 66(5), 2001.

Auisakchaiyoung T, Rojanakorn T. Effect of foam-mat drying conditions on quality of dried Gac fruit (Momordicacochinchinensis) aril. *International Food Research Journal* 2015;22:2025-2031

Axe DD, Bailey JE. 1995. Transport of lactate and acetate through the energized cytoplasmic membrane of *Escherichia coli*. *Biotechnol Bioeng* 47:8–19.

Ayhan, B., and Bilici, S. (2015). Toplu beslenme sistemlerinde kullanılan gıda dezenfektanları. *Turkish Bulletin of Hygiene & Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 72(4).

Benchabane, A., and Bekkour, K. (2008). Rheological properties of carboxymethyl cellulose (CMC) solutions. *Colloid and Polymer Science*, 286(10), 1173.

Brul S, Coote P. 1999. Preservative agents in foods: mode of action and microbial resistance mechanisms. *Int J Food Microbiol* 50:1–17.

Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K., and Guzel‐Seydim, Z. B. (2014). Functional properties of vinegar. *Journal of food science*, 79(5), R757-R764.

Çelikyurt, G., and Arıcı, M. (2008). Gıda koruyucusu olarak mikrobiyal kaynaklı organik asitler ve önemi. *Türkiye*, 10, 21-23.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cherrington C, Hinton M, Mead G, Chopra I. 1991. Organic acids: chemistry, antibacterial activity and practical applications. *Adv MicrobPhysiol* 32:87–108

Connick Jr, W. J., Daigle, D. J., Boyette, C. D., Williams, K. S., Vinyard, B. T. and Quimby Jr, P. C. (1996). Water activity and other factors that affect the viability of Colletotrichum truncatum conidia in wheat flour-kaolin granules ('Pesta'). *Biocontrol Science and Technology*, 6(2), 277-284.

Falade, K.O., K.I. Adeyanju and P.I. Uzo-Peters. 2003. Foam-mat drying of cowpea (Vignaunguiculata) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. *European Food Research and Technology Journal*. 217: 486-491.

Gennadios, A. and C.L. Weller, 1990. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technol*., 44: 63-69

Ghaffari, A., Navaee, K., Oskoui, M., Bayati, K., and Rafiee-Tehrani, M. (2007). Preparation and characterization of free mixed-film of pectin/chitosan/Eudragit® RS intended for sigmoidal drug delivery. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics,* 67(1), 175-186.

Hirshfield IN, Terzulli S, O'Byrne C. 2003. Weak organic acids: a panoply of effects on bacteria. *Sci Prog* 86:245–69.

Klangmuang P. and Sothornvit R. 2018. Active coating from hydroxypropyl methylcellulose-based nanocomposite incorporated with Thai essential oils on mango (cv. Namdokmai Sithong). *Food Bioscience* 23:9-15.

Krochta, J.M., E.A. Baldwin and M.O. Nissperos-Carriedo. 1994, Edible Coating and Films to Improve Food Quality, New York, *Technomic Publishing*, 379 pp.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H. S., and Marcotte, M. (2007). Evaluation of factors affecting barrier, mechanical and optical properties of pectin- based films using response surface methodology. *Journal of food process engineering*, 30(5), 539-563.

McLaggan D, Naprstek J, Buurman ET, Epstein W. 1994. Interdependence of K+ and Glutamateaccumulation during osmotic adaptation of *Escherichia coli*. *J Biol Chem 269:1911–7.*

Peres NAR, Souza NL, Peever TL. and Timmer LW. Benomyl sensitivity of Isolates of *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* from citrus. *Plant Dis.* 2004;88:125-130

Phillips LG, Haque Z, Kinsella JE. 1987. A method for the measurement of foam formation and stability. *Journal of Food Science*. 52 : 1074-7.

Pinto, M. R. M. R., de Almeida Paula, D., Alves, A. I., Rodrigues, M. Z., Vieira, É. N. R., Fontes, E. A. F., and Ramos, A. M. (2018). Encapsulation of carotenoid extracts from pequi (Caryocar brasiliense Camb) by emulsification (O/W) and foam-mat drying. *Powder technology*, 339, 939-946.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RICO‐ PEÑA, D. C., and TORRES, J. A. (1991). Sorbic acid and potassium sorbate permeability of an edible methylcellulose‐ palmitic acid film: water activity and pH effects. *Journal of food science*, 56(2), 497-499.

Roe AJ, McLaggan D, Davidson I, O'Byrne C, Booth IR. 1998. Perturbation of anion balance during inhibition of growth of Escherichia coli by weak acids. *J Bacteriol* 180:767–72.

Sauter, E. A., and Montoure, J. E. (1972). The relationship of lysozyme content of egg white to volume and stability of foams. *Journal of Food Science*, 37(6), 918-920.

Sothornvit, R., and Krochta, J. M. (2000). Water vapor permeability and solubility offilms from hydrolyzed whey protein. *Journal of Food Science*, 65(4), 700e703.

Tripathi, S., Mehrotra, G. K., and Dutta, P. K. (2010). Preparation and physicochemical evaluation of chitosan/poly (vinyl alcohol)/pectin ternary film for food-packaging applications. *Carbohydrate polymers*, 79(3), 711-716.

Zhang, X. Z., Sathitsuksanoh, N., Zhu, Z., and Zhang, Y. H. P. (2011). One-step production of lactate from cellulose as the sole carbon source without any other organic nutrient by recombinant cellulolytic *Bacillus subtilis*. *Metabolic engineering*, 13(4), 364-372.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
อาหารเลี้ยงเชื้อ

ก.1 วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. อาหาร Potato Dextrose Agar (PDA)

มันฝรั่ง	200	g
น้ำตาลDextrose	20	g
ผงวุ้น	20	g
น้ำกลั่น	1000	ml
pH	7.0 ± 0.2	

นำมันฝรั่งที่ไม่ปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นขนาดเท่าลูกเต๋า นำไปต้มในน้ำกลั่น อัตราส่วนมัน ฝรั่ง 200 กรัมต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร ต้มให้เดือดนาน 15 นาที กรองแยกส่วนน้ำออกมา เติมน้ำ กลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร เติมส่วนผสมต่างๆ ต้มจนละลาย หลังจากนั้นนำไป นึ่งฆ่าเชื้อ (autoclave) ที่ความดันไอ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วิธีการผลิตผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู และ ฟิล์มเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ข.1 ขั้นตอนการผลิตผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

1. ตวงน้ำส้มสายชู 12 เปอร์เซ็นต์ 100 มิลลิลิตร ด้วยกระบอกตวง แล้วเทใส่ในกะละมัง
2. ชั่งสารเมธิลเซลลูโลส ที่ความเข้มข้น 1, 2, 3 กรัม และไข่ขาวผง 10 กรัม
3. ผสมสารเมทิลเซลลูโลส ลงในน้ำส้มสายชูแล้วตีปั่นด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (ความเร็ว 800 รอบต่อนาที) เป็นเวลา 5 นาที
4. ใส่ไข่ขาวผง 10 กรัม ลงไปแล้วตีปั่นต่อ 1 นาที
5. ค่อยๆเติมสารเพิ่มความคงตัว (มอลโตเด็กซ์ตริน 8 กรัม /ผงบุกกลูโคแมนแนน 1 กรัม) ลงไปแล้วตีปั่นต่ออีก1 นาที ตีปั่นจนเกิดเป็นโฟมขึ้น
6. ตักโฟมมาเกลี่ยลงบนถาดที่มีแผ่นรองอบวางไว้แล้ว เกลี่ยโฟมให้มีความหนา 0.5 เซนติเมตรทั่วทั้งถาด
7. นำโฟมไปอบ (ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) /ตู้อบลมร้อนแบบถาด (Tray Dryer)) ที่อุณหภูมิ 60 เซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง
8. เมื่อผงโฟมแมตแห้งแล้ว นำปั่นให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นแห้ง (dry blender)
9. เก็บผงโฟมแมตในถุงอลูมิเนียมฟอยล์แล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องซีลสุญญากาศ

ข.2 ฟิล์มและเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

1. นำผงบุกมาชั่ง 2 กรัม (1 เปอร์เซ็นต์)
2. แล้วนำผงบุกมาค่อยๆเติมลงในน้ำกลั่นที่กำลังกวนด้วยเครื่องกวนผสมสาร (Overhead Stirrers) ที่ความเร็วรอบ 400 รอบต่อนาที กวนเป็นเวลา20 นาที
3. แล้วเติมสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 0.5 M (ความเข้มข้น 0.14 % w/v) แล้วกวนต่ออีก 10 นาที
4. ในขณะเดียวกัน นำไคโตซานมาละลายในกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ โดยกวนด้วยเครื่องกวนสารละลาย (Magnetic stirrer) เป็นเวลา 30 นาที

หลังจากนั้นนำสารละลายทั้งสองส่วนที่กวนเสร็จแล้วมาผสมกัน แล้วกวนอีก 20 นาที จากนั้นเติมกลีเซอรอล 6 กรัม (3 เปอร์เซ็นต์) กวนต่ออีก 10 นาที

5. ชั่งผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู 3 และ 9 กรัม มาเติมลงในฟิล์มที่กำลังกวน แล้วกวนต่ออีก 30 นาที
6. เทสารละลายใส่แม่พิมพ์ ขนาด 80×50 มิลลิเมตร ปริมาณ15 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
7. ลอกแผ่นฟิล์มออกแล้วนำไปเก็บในตู้ควบคุมความชื้น โดยควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 5 ด้วยสารละลาย magnesium nitrate อิ่มตัว เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
วิธีการทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ค.1 การทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี Agar diffusion method ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

1. นำผงโฟมแมตน้ำส้มสายชูมาผสมกับอาหาร PDA ที่ยังไม่แข็งที่ 1, 2, 3 % เขย่าให้เข้ากัน 1 นาที แล้วเทใส่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ

2. เลี้ยงเชื้อราไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 30±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

3. ใช้ Cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยราแล้วย้ายไปวางบนอาหาร PDA ที่ผสมกับผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

4. แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราที่เป็น 1 วัน 3 วัน 5 วัน และ7 วัน

ค.2 การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ของแผ่นฟิล์มและเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

1. เตรียมอาหาร PDA

2. ใช้ Cork borer ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยราแล้วย้ายไปวางบนอาหาร PDA

3. นำฟิล์มมาตัดขนาด 2×2 เซนติเมตร/ดูดเจลปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาเคลือบบนเส้นใยรา

4. แล้วนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30±1 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองโดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยราที่ 1 วัน 3 วัน 5 วัน และ7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์ของผงโฟมแมตและฟิล์มบริโภคได้

ตารางที่ ง.1 ค่าความสว่าง (L*) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	L*
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	19.6800^{e}±0.0100
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	18.5300^{g}±0.0529
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	21.5633^{d}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	27.5167^{a}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	18.8867^{f}±0.0416
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	24.7200^{b}±0.0300
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	22.0700^{c}±0.0436
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	16.6900^{j}±0.0872
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	17.8367^{i}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	18.0600^{h}±0.0173

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ค่าสีแดง (a*) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	a*
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	1.3633^{f}±0.0289
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.7600^{b}±0.0458
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.3100^{a}±0.0100
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.3033^{a}±0.0153
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.1933^{e}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.9767^{d}±0.0153
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.3967^{f}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.9100^{c}±0.0200
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	2.1833^{h}±0.0462
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.8233^{g}±0.0586

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ค่าสีเหลือง (b*) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	b*
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	12.4867^{e}±0.0777
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	11.7767^{d}±0.0351
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	9.4367^{b}±0.0208
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	9.0433^{a}±0.0153
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	12.7433^{f}±0.0493
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	13.7161^{i}±0.0493
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	13.7700^{i}±0.0500
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	10.9133^{c}±0.0416
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	13.0033^{g}±0.0153
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	13.1333^{h}±0.0764

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ค่าแอคทิวิตี้ของน้ำ (Aw) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	Aw
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	0.3953^{a}±0.0012
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.4005^{a}±0.0096
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.4248^{b}±0.0022
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.4401^{c}±0.0007
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.4700^{d}±0.0007
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.4396^{c}±0.0004
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.4730^{d}±0.0009
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.4923^{e}±0.0020
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.5514^{f}±0.0025
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.5559^{f}±0.0017

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	pH
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	2.6400^{a}±0.0200
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	4.2067^{g}±0.0116
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	4.0400^{c}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	4.0767^{e}±0.0116
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.0533^{cd}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.0167^{b}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.1133^{f}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.1100^{f}±0.0100
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.1933^{g}±0.0058
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	4.2533^{h}±0.0116

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติกของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	เปอร์เซ็นต์กรดอะซิติก
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส	8.9333^{a}±0.2309
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	1.1260^{cd}±0.0243
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	0.9720^{cd}±0.0240
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อน)	1.1120^{cd}±0.1909
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.1480^{c}±0.0243
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.1300^{cd}±0.0408
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.9940^{cd}±0.0069
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.0780^{c}±0.0400
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.9520^{d}±0.0227
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	1.0200^{c}±0.0420

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ขนาดโคโลนีในการยับยั้งเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	% การยับยั้ง			
	วันที่1	วันที่3	วันที่5	วันที่7
control	0.73	4.20	7.57	8.00
น้ำส้มสายชู 1%	0.00	0.00	2.83	3.77
น้ำส้มสายชู 2%	0.00	0.00	0.00	0.00
น้ำส้มสายชู 3%	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 1%	0.00	2.57	5.53	5.27
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 2%	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส 3%	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	1.20	4.53	6.23
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	1.53	5.20	7.30
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	2.00	4.53
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อน)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.73	2.83	4.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของฟิล์มและเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ตัวอย่าง	% การยับยั้ง			
	วันที่1	วันที่3	วันที่5	วันที่7
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	28.8700^{d}±12.5122	30.6433^{bcd}±41.4352	45.8333^{bc}±40.1819
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	38.6900^{cd}±10.7645	48.5400^{bc}±9.1202	61.6667^{b}±5.0518
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	1.6667^{e}±2.8868	-10.5600^{e}±13.7447	16.0433^{de}±19.3272
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	9.1667^{e}±25.2900	-14.3467^{e}±43.3335	7.0867^{e}±8.5332
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	51.1900^{bc}±23.2379	8.3433^{de}±27.5757	12.0867^{e}±9.0617
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+ฟิล์ม	100.0000^{a}±0.0000	62.1433^{b}±14.8638	25.1267^{cd}±18.9805	22.0833^{de}±13.9381
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	39.0100^{bcd}±18.1688	30.1667^{cde}±15.3731
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	28.8700^{bcd}±19.3491	19.7933^{de}±15.3416
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	86.9033^{a}±1.0335	26.1200^{cd}±9.7685	13.3367^{de}±8.9347
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	62.2333^{b}±11.0386	37.7100^{cd}±6.6215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราของฟิล์มและเจลเสริมผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 9%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 9%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 9%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3%+เจล	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000	100.0000^{a}±0.0000

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ขนาดโคโลนีในการยับยั้งเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	1.10	3.97	4.83
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+มอลโตเด็กซ์ตริน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	1.57	4.97	6.59
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส1%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	3.03	3.70	5.74
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส2%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 1% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00

ตารางที่ ง.8 ขนาดโคโลนีในการยับยั้งเชื้อราของผงโฟมแมตน้ำส้มสายชู

ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 2% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00
ไข่ขาวผง+เมทิลเซลลูโลส3%+ผงบุกกลูโคแมนแนน 3% (ตู้อบลมร้อนแบบถาด)	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวดวงนภา เงินสมบูรณ์ยิ่ง
วัน เดือน ปี เกิด	4 ตุลาคม 2540
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีศรีสุริโยทัย จังหวัดกรุงเทพมหานคร
	ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร
	สาขา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุริยาพร อนันต์
วัน เดือน ปี เกิด	4 ตุลาคม 2540
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา โรงเรียนสิริรัตนาธร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
	ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร
	สาขา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวอัมพร เกตุสิรินารา
วัน เดือน ปี เกิด	26 มิถุนายน 2540
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษา โรงเรียนสิริรัตนาธร จังหวัดกรุงเทพมหานคร
	ปริญญาตรี คณะอุตสาหกรรมเกษตร
	สาขา เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้