



เรื่อง फिल्मบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ

โดย 1. นางสาว เจตนิพัทธ์ โนชัย
2. นางสาว นันทน์ภัท ก้นทะลา
3. นางสาว ปาณิสรา ชื่นจิตต์

โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนประกอบของโครงการวิทยาศาสตร์
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาชีวภาพ ประเภททีม
ในงานเวทีวิชาการนวัตกรรมสะเต็มศึกษาขั้นพื้นฐานแห่งชาติ ครั้งที่ 1 (ออนไลน์)

The 1st National Basic STEM Innovation E-Forum 2021

วันที่ 18 – 19 กันยายน พ.ศ. 2564

เรื่อง फिल्मบรรณรักษ์ที่ชีวภาพจากมะเขือเทศ

โดย 1. นางสาว เจตนิพิฐ โนชัย
2. นางสาว นันทน์ภัส กันทะลา
3.นางสาว ปาณิสรา ชื่นจิตต์

อาจารย์ที่ปรึกษา นางบุปผา ธนะชัยจันทร์

ชื่อโครงการ	เรื่อง फिल्मบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ	
ชื่อนักเรียน	1.นางสาวเจตนิพัธ	โนชัย
	2.นางสาวนันท์นภัส	กันทะลา
	3.นางสาวปาณิสรา	ชื่นจิตต์
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	นางบุปผา ธนะชัยจันทร์	
โรงเรียน	ยุพราชวิทยาลัย	
ที่อยู่	238 ถนนพระปกเกล้า ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทรศัพท์ 053-418673-5 โทรสาร 053-241213	
ระยะเวลาทำโครงการ	ตั้งแต่ วันที่ 1 พฤศจิกายน 2563 - วันที่ 30 มิถุนายน 2564	

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศและเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ เนื่องจากมะเขือเทศเป็นพืชที่มีไฟเบอร์สูงเหมาะแก่การนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มชีวภาพ โดยเลือกใช้ มะเขือเทศพันธุ์สีดำ เพราะผลผลิตออกมาในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1.หาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ 2.เปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ โดยมีวิธีการทดลองการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพด้วยอัตราส่วนที่แตกต่างกัน เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ พร้อมทั้งได้ชนิดสารตั้งต้นเพื่อช่วยผสานการขึ้นรูปแผ่นฟิล์ม 3 ชนิด ได้แก่ Carrageenan 0.9 g, Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 g และ Sugar 2.25 g แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ แบบไม่เติมน้ำและเติมน้ำ โดยแบ่งอัตราส่วนปริมาณสารละลายฟิล์มเป็น 3 อัตราส่วน คือ 20 มิลลิลิตร 25 มิลลิลิตร และ 30 มิลลิลิตร อบด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที จากนั้นบันทึกผลการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

กิตติกรรมประกาศ

รายงานโครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก
 ครูบุปผา ณะชัยจันทร์ ครูที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ ซึ่งกรุณาสละเวลา ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการ
 ทำโครงการ

ขอขอบพระคุณครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ
 และช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ใช้ห้องปฏิบัติการ
 วิทยาศาสตร์ อุปกรณ์และสารเคมี สำหรับทำโครงการวิทยาศาสตร์

ขอขอบคุณนายชนพล กมลหัตถ์ รองผู้อำนวยการโรงเรียนยุพราชวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนและ
 อำนวยความสะดวกทุกๆด้าน ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้จัดทำขอน้อมบูชาพระคุณบิดามารดาและ
 บูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ และให้ความเมตตาแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด เป็นกำลังใจสำคัญที่
 ทำให้รายงานโครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยไม่เติมน้ำ	12
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยเติมน้ำ	13

ภาพที่	สารบัญภาพประกอบ	หน้า
2.1	รูปภาพองค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ	5
3.1	การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ	10

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันเกษตรกรในประเทศไทยจะประสบปัญหาผลผลิตล้นตลาดซึ่งมีสาเหตุเกิดจากระยะเวลาการเก็บเกี่ยวไม่สอดคล้องกับการบริโภค ทำให้พืชผักมีมากจนล้นตลาด และส่งผลให้พืชผักมีราคาลดลงเมื่อไม่มีผู้บริโภคจึงเน่าเสียในที่สุด ซึ่งปัญหานี้ก็ได้ส่งผลกับเกษตรกรที่ปลูกมะเขือเทศด้วยเหมือนกัน

มะเขือเทศเป็นพืชที่เมื่อถึงฤดูการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะออกมาเป็นจำนวนมาก และออกมาในระยะเวลาที่ไล่เลี่ยกัน เกษตรกรจึงต้องเร่งเก็บผลผลิตเพื่อให้ทันกับความต้องการของตลาด ร้านค้า และผู้บริโภค หากเลยระยะเวลาเวลาการเก็บเกี่ยว ผลผลิตจะสูงมากขึ้น ทำให้ระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นลง ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดแล้ว ผลกระทบที่ตามมาก็คือ ผลผลิตเน่าเสียเนื่องจากทิ้งไว้นานเกินไป ส่งผลกระทบต่อเกษตรกรโดยตรง

ด้วยเหตุนี้ทางผู้จัดทำจึงเกิดแนวคิดสร้างสรรค์โครงการนี้ขึ้นเพื่อร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการแปรรูปผลผลิตภายใต้ขอบเขตการอนุรักษ์พลังงาน โดยศึกษาทดลองฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ พร้อมทั้งหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำฟิล์มในการทำฟิล์มชีวภาพผลิตแทนบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ยาก เพื่อช่วยลดปริมาณมะเขือเทศที่ใกล้จะเน่าเสีย พร้อมทั้งช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร และสามารถผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ให้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า

1.2.1 เพื่อศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

1.3 สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศสามารถนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แทนพลาสติกได้ มีคุณสมบัติในการย่อยสลายในน้ำ และสามารถช่วยลดปัญหาขยะมูลฝอยซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจก

1.4 ขอบเขตการศึกษาค้นคว้า

1.4.1 สถานที่ 238 ถนนพระปกเกล้า ตำบลศรีภูมิ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

1.4.2 ระยะเวลา สิงหาคม 2563 – กรกฎาคม 2564

1.4.3 เนื้อหา มะเขือเทศที่ใช้ในการทดลองคือ มะเขือเทศพันธุ์สีดา ซึ่งปลูกกันแพร่หลายภายในจังหวัดเชียงใหม่

1.5 ตัวแปรของการศึกษาค้นคว้า

1.5.1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตัวแปรต้น : อัตราส่วนที่เหมาะสมใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตัวแปรตาม : ลักษณะฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตัวแปรควบคุม : ชนิดของมะเขือเทศ ชนิดของตู้อบ ขนาดของแผ่นฟิล์ม แพลทที่ใช้ทำการทดลอง สถานที่ใช้ในการทดลอง

1.5.2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตัวแปรต้น : เปรียบเทียบการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์ม

ตัวแปรตาม : ประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตัวแปรควบคุม : ความหนาของแผ่นฟิล์ม เส้นรอบวงของแผ่นฟิล์ม ผิวสัมผัสของแผ่นฟิล์มความยืดหยุ่นของแผ่นฟิล์ม

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.6.1 ทราบถึงวิธีการทดลองขึ้นรูปฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ

1.6.2. ได้อัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ

1.6.3 ได้ฟิล์มบรรจุภัณฑ์จากมะเขือเทศที่มีประสิทธิภาพมากกว่าฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทั่วไปตามท้องตลาด

1.7 นิยามศัพท์เชิงปฏิบัติการ

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ (Biofilm) หมายถึง วัตถุแผ่นบางที่ได้จากการทดลองทำฟิล์มชีวภาพ ที่ใช้ทดแทนการห่ออาหารแทนฟิล์มบรรจุภัณฑ์ทั่วไปตามท้องตลาด

คาร์ราจีแนน (Carageenan) หมายถึง เป็นสารที่สกัดได้จาก สาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) มีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ ก่อตัวน้ำและแขวนลอยในน้ำ ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (Carboxymethyl cellulose, CMC) หมายถึง สารเพิ่มความหนืด ช่วยยึดเกาะโครงสร้างเดิมให้มีความแข็งแรงและเป็นสารคงสภาพ เกิดจากการแปรรูปหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้แทนที่โครงสร้างเดิม

น้ำตาล (Sugar) หมายถึง สารให้ความหวานที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลโมเลกุลคู่ การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำตาลทรายแดงจากอ้อย เพื่อใช้เป็นตัวผสมน้ำตาลของสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน

บทที่ 2

เอกสารและโครงการที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Biofilm

2.1.2 ลักษณะทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา

2.1.3 การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทย

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมี

2.1.5 สารเพิ่มความคงตัว

2.1.1 Biofilm

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ

ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ: ฟิล์มใสชีวภาพ Biofilms ที่ผลิตมาจากไบโอชีวภาพ ที่มาจากพืช หรือวัสดุชีวภาพ เช่น เม็ดสารสกัดตั้งต้นจากมันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด ประกอบกับสารเติมแต่งทางชีวภาพ นำมาเป็นองค์ประกอบในฟิล์ม และทำขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มใสชีวภาพ (BioFilm) มีคุณสมบัติใสมีความแข็งแรงในชั้นฟิล์มเก็บรักษาอาหารได้ฟิล์มใสชีวภาพมีหลายเกรดตั้งแต่ยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าได้ จนถึงเกรดที่ป้องกันการซึมผ่านของอากาศ Oxygen Barrier รวมถึงความชื้นเทียบเท่ากับคุณสมบัติฟิล์มที่มาจากเม็ดพลาสติกและยังเป็นทางเลือกในการย่อยสลายได้เหมือนกระดาษที่สามารถย่อยสลายได้ ฟิล์มใสชีวภาพนี้สามารถประกบกับกระดาษkraft ที่ย่อยสลายได้หลังจากผ่านการประกบกับสารลามิเนตเพื่อให้มีคุณสมบัติเทียบเท่าแก้วหรือดีกว่าในเชิงความหนาแน่นหรือน้ำหนักที่เบากว่าแก้วและยังสามารถเทียบเท่าบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ตัวอื่นๆ เช่น กระดาษ เป็นต้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติใหม่ของฟิล์มเพื่อบรรจุภัณฑ์โดยเฉพาะหลังจากที่ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติครบถ้วนแล้ว สามารถนำไปตอบโจทย์เงื่อนไขการใส่บรรจุอาหารพร้อมปรุง อาหารแช่แข็ง อาหารต้มสุก สินค้าส่งออกไปได้

2.1.2 ลักษณะทางชีววิทยาและนิเวศวิทยา

เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศสามารถเก็บที่อุณหภูมิ 18-28 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาหลายปี โดยที่เมล็ดยังคงมีชีวิตอยู่ระหว่าง 90-95 เปอร์เซ็นต์โดยทั่วไปแล้วเมล็ดมะเขือเทศจะงอก หลังจากปลูกประมาณ 6 วันจากนั้นหนึ่งสัปดาห์จะแตกใบจริง จะให้ดอกครั้งแรกประมาณ 5-7 สัปดาห์ หลังจากเพาะเมล็ด มะเขือเทศเป็นพืชที่เกิดการผสมข้ามได้พอสมควร แต่โดยมากมักจะผสมตัวเองเป็น ส่วนใหญ่และจะใช้เวลาในการปฏิสนธิประมาณ 50-55 ชั่วโมง หลังจากนั้น ประมาณ 6-8 สัปดาห์ผลจะสุกเต็มที่ น้ำหนักผลจะขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ โดยพันธุ์ผลเล็กจะมีน้ำหนักผลประมาณ 20 กรัม และสำหรับพันธุ์ ผลใหญ่ที่นิยมบริโภคผลสดจะมีน้ำหนักผลประมาณ 300 กรัม

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศจะสามารถเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และ ดอกได้ดีตลอดทั้งปีแต่การติดผลของมะเขือเทศต้องการสภาพอากาศค่อนข้างเย็น อุณหภูมิ กลางวันอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางคืนระหว่าง 16-20 องศาเซลเซียส มะเขือเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในดินร่วนเหนียวและดินร่วนทราย ความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสม ประมาณ 5.5-7.0 ช่วงฤดูหนาวเป็นช่วงที่เหมาะสมที่สุดในการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ซึ่งจะทำให้ต้นมะเขือเทศแข็งแรงและติดผลมากแต่ถ้าความชื้นของอากาศและอุณหภูมิสูงจะทำให้ผลผลิต และคุณภาพลดลงและทำให้เกิดโรคต่างๆได้ง่ายและการเกิดภาชนะน้ำท่วมนานๆ จะมีผลทำให้มะเขือเทศ สูญเสียการพัฒนาและการเจริญเติบโต

2.1.3 การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทย

การปลูกมะเขือเทศในประเทศไทยมีการปลูกกันมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ โดยแบ่งตามการใช้ประโยชน์เป็น 2 ประเภทคือ มะเขือเทศบริโภคสด (Table tomato) กับ มะเขือเทศส่งโรงงานอุตสาหกรรม (Processing tomato) มะเขือเทศที่ปลูกในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้รับการปรับปรุง พันธุ์ในประเทศเขตอบอุ่น ดังนั้น จึงปลูกได้ดีให้ผลผลิตสูงในฤดูหนาวการปลูกในฤดูร้อนและฤดูฝนมี ปัญหาทำให้ผลผลิตต่ำ และมีโรคแมลงรบกวน

การปลูกมะเขือเทศเพื่อบริโภคผลสด มีปลูกอยู่ทั่วทุกภาคตลอดปีพันธุ์ที่รู้จักกันทั่วไปคือ พันธุ์สิดา (นำเข้ามาจากอเมริกา เดิมชื่อพันธุ์ Small Porterprinde เป็นพันธุ์แท้แต่เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ปลูกกันใน ระยะแรกๆ มีความแปรปรวนสูง เนื่องจากมะเขือเทศพันธุ์สิดาเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อโรคทุกชนิดและไม่ทนร้อน ในช่วงปี พ.ศ. 2530-2535 ศูนย์วิจัยพืชผักเขตร้อนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงได้ทำการปรับปรุงพันธุ์มะเขือเทศสิดาให้เป็นพันธุ์สิดาทิพย์ 1 สิดาทิพย์ 2 สิดาทิพย์ 3 ซึ่งเป็นพันธุ์แท้ และสิดาทิพย์ 91 เป็นพันธุ์ลูกผสม ทั้ง 4 พันธุ์นี้

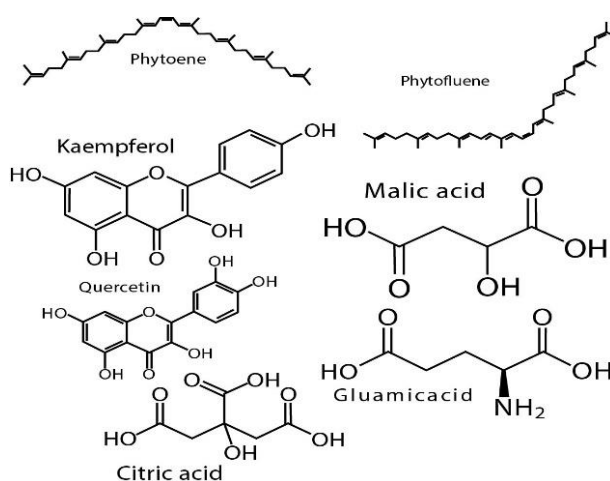
สามารถทนร้อนได้ดีกว่ามะเขือเทศพันธุ์สีดาพันธุ์เดิม และให้ผลผลิตสูงกว่า ประมาณ 2-3 เท่า พันธุ์สำหรับส่งโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่พันธุ์ VF-134-1-2, Roma VF, P 502 เป็นต้น

การเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่โดยเฉลี่ยแล้วเมื่อปลูกได้ประมาณ 30-45 วัน มะเขือเทศเริ่มออก ดอกและเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่ออายุประมาณ 70-90 วัน และจากเริ่มปลูกถึงเก็บเกี่ยวหมดประมาณ 4-5 เดือน อายุของผลที่เก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการปลูกเป็นสำคัญ

2.1.4 องค์ประกอบทางเคมี

ในมะเขือเทศมีสารสีแดงคือ lycopene ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม carotenoid ซึ่งมีการศึกษาพบว่าสาร lycopene ซึ่งมีการศึกษาพบว่าสาร lycopene มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้มากกว่าเบต้าแคโรทีน

(B-carotene) 2 เท่า และมากกว่าวิตามินอี 10 เท่า ยังมีสารเด่นในกลุ่มคาโรทีนอยด์อีกเช่น บีตา-แคโรทีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ และสารไฟโทอิน (phytoene) และไฟโทฟลูอิน(phytofluene) นอกจากนี้ มะเขือเทศมีสารฟลาโวนอยด์มากในรูปของกลุ่มฟลาโวนอล โดยพบมากที่สุดคือในผิวมะเขือเทศ เป็นร้อยละ 98 ของฟลาโวนอลทั้งหมดในผลมะเขือเทศ สารที่พบคือเคอร์เซติน (quercetin) และแคมป์ฟีรอล (kaempferol) และยังพบกรดมาลิก (malic acid) , กรดซิตริก (citric acid)และกรดกลูตามิก (glutamic acid) อีกด้วย



ภาพที่ 2.1 รูปภาพองค์ประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ

ที่มา : <https://www.disthai.com>

2.1.5 สารเพิ่มความคงตัว

คาร์ราจีแนน (Carageenan) หมายถึง เป็นสารที่สกัดได้จาก สาหร่ายทะเลสีแดง (Rhodophyceae) มีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ คือคือน้ำและแขวนลอยในน้ำ ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร เป็นสารทำให้เกิดความหนืด ช่วยให้น้ำมันและไขมันกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นสารก่อก้อนและสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน

คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสหรือซีเอ็มซี (carboxymethyl cellulose, CMC) หมายถึง พอลิเมอร์ ชนิดชอบน้ำ (hydrophilic) ที่เป็นคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ดัดแปรจากสารที่ได้จากธรรมชาติ (modified natural hydrocolloids) เกิดจากการ แปรหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้เกิดการแทนที่โครงสร้างเดิม ด้วยหมู่เมทิลและหมู่คาร์บอกซีเมทิล มีคุณสมบัติสารเพิ่มความหนืด ช่วยยึดเกาะโครงสร้างเดิมให้มีความแข็งแรงและเป็นสารคงสภาพ เกิดจากการแปรรูปหรือปรับปรุงคุณสมบัติของเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์พืชให้แทนที่โครงสร้างเดิม

น้ำตาล (Sugar) หมายถึง สารให้ความหวานที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและน้ำตาลโมเลกุลคู่ การศึกษาครั้งนี้ใช้น้ำตาลทรายแดงจากอ้อย

2.3 โครงการที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยฟิล์มแคโรท กรมวิชาการเกษตร คัดค้านวัตรกรรมฟิล์มห่ออาหารรับประทานได้ วิจัยพบแคโรท มีคุณสมบัติครอบงำยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราและแมลงศัตรูพืชได้ วิจัยพบแคโรท ประโยชน์หลากหลายด้าน ทั้งสร้างมูลค่าเพิ่มให้ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ลดปัญหาขยะพลาสติก พร้อมตอบเทรนด์สุขภาพฟิล์มแคโรท 1 แผ่น มีสารเบต้าแคโรทีนสูงกว่า 3,000 ไมโครกรัม เมื่อวันที่ 9 มิ.ย. นางสาวเสริมสุข สลักเพ็ชร์ อธิบดีกรมวิชาการเกษตร เปิดเผยว่า บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มอาหาร เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาอาหาร โดยบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ห่อหุ้มจะช่วยปกป้องไม่ให้อาหารปนเปื้อนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์และเคมี จากการสำรวจส่วนแบ่งตลาดของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มอาหารพบว่าส่วนใหญ่เป็นพลาสติกสังเคราะห์ ซึ่งย่อยสลายได้ยากกลายเป็นขยะที่ก่อให้เกิดมลพิษกับสิ่งแวดล้อมจำนวนมาก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1. มะเขือเทศ | 8. ตะแกรงกรองสาร |
| 2. เครื่องกวนสาร | 9. เตาอบ |
| 3. บีกเกอร์ | 10. เครื่องปั่น |
| 4. ช้อนตักสาร | 11. จานเพาะเชื้อ |
| 5. แท่งแก้วคนสาร | 12. น้ำเปล่า |
| 6. หม้อ | 13. ถุงมือกันความร้อน |
| 7. เตาไฟฟ้า | 14. พลาสติกห่ออาหาร |

3.1.2 สารเคมี

1. คาร์ราจีแนน (carageenan)
2. Sodium Carboxymethyl cellulose (CMC)
3. น้ำตาลทราย (Sugar)

3.1.3 เครื่องมือวัดต่างๆ

1. เครื่องชั่งสาร (Analytical balance)
2. เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer)

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

ตอนที่ 1 ศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ขั้นตอนที่ 1 นำมะเขือเทศมาแปรรูป

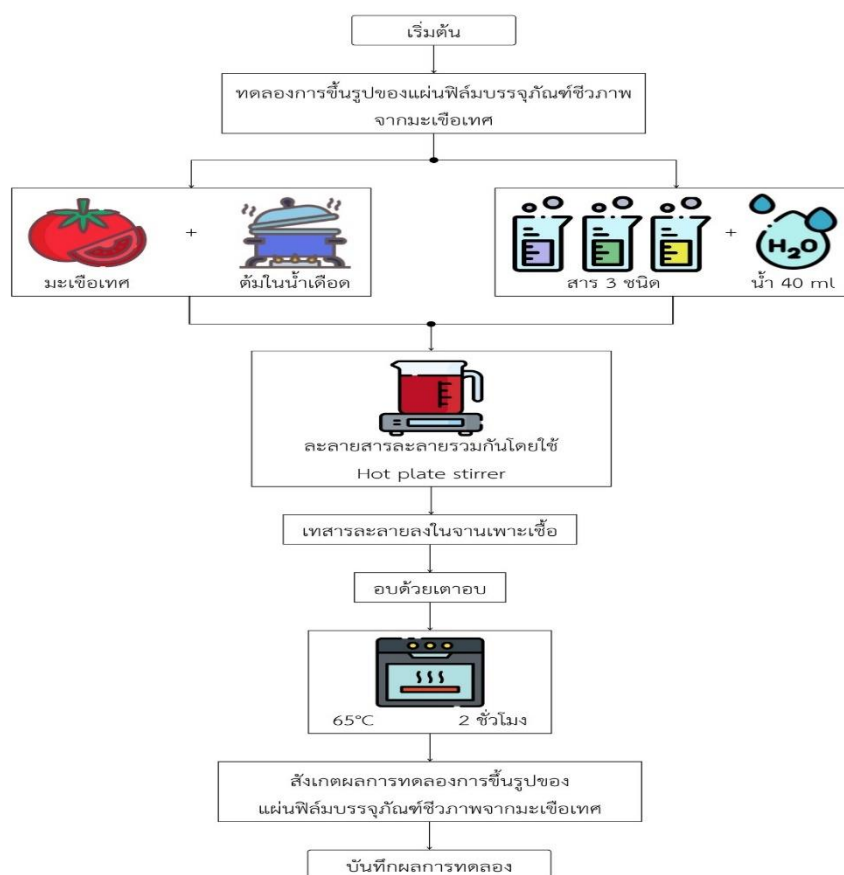
1. กรีดยมะเขือเทศส่วนนอกเพื่อเอากากเปลือกออก
2. ต้มน้ำเปล่าให้เดือด แล้วนำมะเขือเทศลงหม้อต้ม
3. จับเวลา 20 นาที นำมะเขือเทศมาพักไว้ให้เย็น
4. ลอกเปลือกมะเขือเทศ หั่นเพื่อนำไปปั่นละเอียด
5. หลังจากปั่น นำมะเขือเทศมากรองด้วยตะแกรงกรองสาร
6. กรองจนเหลือแต่เนื้อและน้ำของมะเขือเทศ (ไม่เอาเมล็ด)

ขั้นตอนที่ 2 ทดลองการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ โดยไม่เติมน้ำ

1. ชั่งเนื้อมะเขือเทศ 100 กรัม บนเครื่องชั่งสารจากนั้นนำไปบีกเกอร์
2. ชั่งสารสารคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม และน้ำตาลทราย 2.25 กรัม
3. นำบีกเกอร์ที่มีมะเขือเทศ ไปต้มในหม้อน้ำเดือด
4. ต้มจนมีอุณหภูมิถึง 70 องศา โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิเทอร์มอมิเตอร์
5. ผสมสารคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม และ น้ำตาลทราย 2.25 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่ต้มเนื้อมะเขือเทศ
6. จากนั้นคนจนส่วนผสมเข้ากันเป็นเวลา 20 นาที โดยไม่ให้มีฟองอากาศ
7. แบ่งส่วนผสมใส่เพลท เพลทละ 20 มิลลิลิตร และ 30 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เซตตัว
8. หลังจากนั้นนำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
9. นำออกจากเตาอบ พักไว้จนเย็น จากนั้นลอกออกจากเพลท

ขั้นตอนที่ 3 ทดลองการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ โดยเติมน้ำ

1. ชั่งเนื้อมะเขือเทศ 100 กรัม บนเครื่องชั่งสารจากนั้นนำไปบีกเกอร์
2. ชั่งสารสารคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม และน้ำตาลทราย 2.25 กรัม
3. นำบีกเกอร์ที่มีเนื้อมะเขือเทศ ไปต้มในหม้อน้ำเดือด
4. ต้มจนมีอุณหภูมิถึง 70 องศา โดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิเทอร์โมมิเตอร์
5. ผสมสารคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม และน้ำตาลทราย 2.25 กรัม ลงในบีกเกอร์ที่ต้มเนื้อมะเขือเทศ
6. หลังจากนั้นเติมน้ำเปล่า 40 กรัม ลงในบีกเกอร์เนื้อมะเขือเทศ



ภาพที่ 3.1 การขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตอนที่ 2 ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

2.1 การพิจารณาลักษณะภายนอกของแผ่นฟิล์ม

เกณฑ์การพิจารณาลักษณะของแผ่นฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศให้ตรงตามข้อกำหนด

- 1.แผ่นฟิล์มมีลักษณะเรียบ ใส และไม่มีฟองอากาศ
- 2.แผ่นฟิล์มมีความหนาสม่ำเสมอ
- 3.แผ่นฟิล์มมีความยืดหยุ่น ไม่เปราะและแตกหักง่าย

2.2 พิจารณาอัตราส่วนและเจาะจงปริมาณสารในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มชีวภาพ

2.2.1 อัตราส่วนและเจาะจงปริมาณสารในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มชีวภาพโดยไม่เติมน้ำ

สาร	ปริมาณสาร	ปริมาณมะเขือเทศ
คาร์ราจีแนน (Carrageenan)	0.9 กรัม	100 กรัม
Sodium Carboxymethyl cellulose (CMC)	0.9 กรัม	100 กรัม
น้ำตาล(Sugar)	2.25 กรัม	100 กรัม

2.2.2 อัตราส่วนและเจาะจงปริมาณสารในการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มชีวภาพโดยเติมน้ำ

สาร	ปริมาณสาร	ปริมาณมะเขือเทศ
คาร์ราจีแนน (Carrageenan)	0.9 กรัม	100 กรัม
Sodium Carboxymethyl cellulose (CMC)	0.9 กรัม	100 กรัม
น้ำตาล (Sugar)	2.25 กรัม	100 กรัม
น้ำ (Water)	40 มิลลิลิตร	100 กรัม

หมายเหตุ กำหนดให้แผ่นฟิล์มชีวภาพมีการกระจายตัวของสารอย่างทั่วถึง อัตราส่วนและปริมาณสารที่ผสมอยู่ภายในแผ่นฟิล์มชีวภาพไม่มีการสูญหาย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการหาศึกษาอัตราส่วนที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยไม่เติมน้ำ ที่นำไปอบในเตาอบด้วยอุณหภูมิ 65 องศา เป็นเวลา 120 นาที

ชนิดสารตั้งต้น 3 ชนิด	อัตราส่วน		ลักษณะของแผ่นฟิล์มชีวภาพหลังอบ
	ปริมาณสารตั้งต้น (g)	ปริมาณสารละลายฟิล์ม (ml)	
คาร์ราจีแนน (Carrageenan)	0.9	20	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา และมีฟองอากาศ
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา มีฟองอากาศเล็กน้อย ผิวสัมผัสไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน
		30	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ หนามาก ไม่เหมือนฟิล์ม มีฟองอากาศและมีการตกตะกอน ทึบแสง
CMC (Sodium Carboxymethyl cellulose)	0.9	20	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา และมีฟองอากาศ
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา มีฟองอากาศเล็กน้อย ผิวสัมผัสไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน
		30	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ หนามาก ไม่เหมือนฟิล์ม มีฟองอากาศและมีการตกตะกอน ทึบแสง
น้ำตาล (Sugar)	2.25	20	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา และมีฟองอากาศ
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ แต่หนา มีฟองอากาศเล็กน้อย ผิวสัมผัสไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน
		30	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ หนามาก มีฟองอากาศและทึบแสง

จากผลการทดลองพบว่า การขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยไม่เติมน้ำ ทั้ง 3 อัตราส่วน ได้แผ่นฟิล์มชีวภาพหลังอบ มีลักษณะดังนี้ ปริมาณสารละลาย 20 ml เป็นแผ่นหนาและมีฟองอากาศภายในจำนวนมาก สารตั้งต้นจับตัวกันเป็นก้อน โปร่งแสง ปริมาณสารละลาย 25 ml เป็นแผ่นหนา มีฟองอากาศเล็กน้อย ผิวสัมผัสไม่เรียบทั้ง 2 ด้าน ปริมาณสารละลาย 30 ml เป็นแผ่นหนามาก ไม่เหมือนฟิล์ม มีฟองอากาศและมีการตกตะกอน ทึบแสง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการขึ้นรูปฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยไม่เติมน้ำ 40 กรัม อบด้วยอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที

ชนิดสารตั้งต้น	อัตราส่วน		ลักษณะของแผ่นฟิล์มชีวภาพหลังอบ
	ปริมาณสารตั้งต้น (g)	ปริมาณสารละลายฟิล์ม (ml)	
คาร์ราจีแนน (Carrageenan)	0.9	20	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ บางเกินไป ฉีกขาดง่าย ไม่แห้ง
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ ไม่หนาและไม่บางเกินไป บางสม่ำเสมอทั้ง 2 ด้าน โปร่งแสง
		30	มีฟองอากาศ มีลักษณะโค้งงอ แผ่นหนา ทึบแสง และมีการตกตะกอนของสารตั้งต้น
CMC (Sodium Carboxymethyl cellulose)	0.9	20	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ บางเกินไป ฉีกขาดง่าย ไม่แห้ง
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ ไม่หนาและไม่บางเกินไป บางสม่ำเสมอทั้ง 2 ด้าน โปร่งแสง
		30	มีฟองอากาศ มีลักษณะโค้งงอ แผ่นหนา ทึบแสง และมีการตกตะกอนของสารตั้งต้น
น้ำตาล (Sugar)	2.25	20	เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์ บางเกินไป ฉีกขาดง่าย ไม่แห้ง
		25	เป็นแผ่นสมบูรณ์ ไม่หนาและไม่บางเกินไป บางสม่ำเสมอทั้ง 2 ด้าน โปร่งแสง
		30	มีฟองอากาศ มีลักษณะโค้งงอ แผ่นหนา ทึบแสง และมีการตกตะกอนของสารตั้งต้น

จากผลการทดลองพบว่า การขึ้นรูปฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศโดยเติมน้ำ 40 กรัม ทั้ง 3 อัตราส่วน ได้แผ่นฟิล์มชีวภาพหลังอบ มีลักษณะดังนี้ ปริมาณสารละลาย 20 ml เป็นแผ่นไม่สมบูรณ์บางเกินไป ฉีกขาดง่าย มีความชื้นเล็กน้อย แห้งไม่ทั่วแผ่น โปร่งแสง ปริมาณสารละลาย 25 ml เป็นแผ่นสมบูรณ์ไม่หนาและไม่บางเกินไป บางสม่ำเสมอ มีความเรียบทั้ง 2 ด้าน โปร่งแสง ปริมาณสารละลาย 30 ml มีฟองอากาศ มีลักษณะโค้งงอ แผ่นหนา

ดังนั้นการพิจารณาพบว่าแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศโดยใส่สารตั้งต้น ทั้ง 3 ชนิด ในอัตราส่วนคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม น้ำตาล 2.25 กรัม และน้ำ 40 กรัม ปริมาณสารที่อยู่ในแผ่นฟิล์ม 25 ml เป็นแผ่นฟิล์มมีลักษณะภายนอกที่สมบูรณ์ที่สุด เป็นแผ่นเรียบใส และไม่มีฟองอากาศ มีความหนาสม่ำเสมอ มีความยืดหยุ่น และไม่ฉีกขาดง่าย มีความเรียบทั้ง 2 ด้าน โปร่งแสง ดังนั้นการทดลองครั้งนี้มีประสิทธิภาพตรงตามเกณฑ์การพิจารณาลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้กำหนดไว้ครบทุกข้อ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

5.1 อภิปรายผลการทดลอง

ตอนที่ 1 การทดลองศึกษาอัตราส่วนที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

จากการศึกษาการทำโครงการเกี่ยวกับการผลิตฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศเนื่องจากมะเขือเทศเป็นพืชที่มีไฟเบอร์สูงเหมาะแก่การนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มชีวภาพ พบว่ามะเขือเทศมีสารยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่เกิดจากแบคทีเรีย *Streptococcus pyogene*

นอกจากนี้ ในมะเขือเทศยังพบสารประกอบกลุ่มฟลาโวนอยด์ โดยเฉพาะไลโคปีนที่เป็นสารประกอบในกลุ่มแคโรทีนอยด์ซึ่งควัตถุสีแดงที่พบได้ในผักผลไม้ที่มีสีแดง ซึ่งมีสารไลโคปีนประมาณ 2,573 ไมโครกรัมต่อผลมะเขือเทศสด 100 กรัม จึงเหมาะแก่การนำมะเขือเทศมาใช้ในการทดลองก่อนจะนำไปทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมรวมไปถึงประสิทธิภาพจากฟิล์มมะเขือเทศ และได้ทำการบันทึกผลการทดลองและก่อนการทดลองต้องหาสัดส่วนต้นแบบเพื่อสร้างฟิล์มชีวภาพ

เมื่อเปลี่ยนอัตราส่วนโดยการเติมน้ำ 40 มิลลิลิตร เข้าไปในสารละลายและผสมรวมกัน ได้แผ่นฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศที่มีลักษณะเรียบใส โปร่งแสง และไม่มีฟองอากาศ แผ่นฟิล์มมีความหนาสม่ำเสมอ มีความยืดหยุ่น ไม่ฉีกขาดง่าย ซึ่งมีประสิทธิภาพตรงตามเกณฑ์พิจารณาลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้กำหนดไว้ครบทุกข้อ

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพและพิจารณาการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

จากการทดลองทั้ง 2 การทดลอง มีความแตกต่างกัน โดยพบว่าการทดลองแบบไม่เติมน้ำ ทำให้ได้ฟิล์มที่มีลักษณะหนา เนื่องจากใช้อัตราส่วนที่ไม่มีตัวเจือจาง จึงไม่สามารถนำมาใช้เป็นฟิล์มชีวภาพได้

เมื่อทำการทดลองแบบเติมน้ำ ได้ผลสรุปว่าแผ่นฟิล์มได้ผลตามความต้องการคือเรียบใส โปร่งแสง และไม่มีฟองอากาศ สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน จึงสามารถนำมาต่อยอคใช้เป็นฟิล์มชีวภาพได้

5.2 สรุปผลการทดลอง

ตอนที่ 1 จากผลการทดลองการศึกษาลักษณะทั่วไปของมะเขือเทศ มะเขือเทศเป็นพืชที่มีไฟเบอร์สูงเหมาะแก่การนำมาขึ้นรูปเป็นฟิล์มชีวภาพ จึงทดลองศึกษาหาอัตราส่วนที่ใช้ในการทำฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ

ตอนที่ 2 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือการทดลองที่ 1 เป็นแบบไม่เติมน้ำ ผลปรากฏว่าฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศโดยไม่เติมน้ำ แผ่นฟิล์มมีลักษณะขรุขระ โปร่งแสง แต่มีฟองอากาศภายในฟิล์มมาก ซึ่งขัดกับเกณฑ์การพิจารณาลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้กำหนด และในผลการทดลองที่ 2 แบบเติมน้ำ ได้ผลคือแผ่นฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศมีลักษณะเรียบใส โปร่งแสง และไม่มีฟองอากาศ แผ่นฟิล์มมีความหนาสม่ำเสมอ มีความยืดหยุ่น ไม่ฉีกขาดง่าย จึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพและพิจารณาการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพซึ่งมีประสิทธิภาพตรงตามเกณฑ์พิจารณาลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ได้กำหนดไว้ครบทุกข้อ ดังนั้นจึงได้ข้อสรุปว่าการเติมน้ำ 40 มิลลิลิตร สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน เกิดเป็นแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ ให้สามารถย่อยสลายเองได้ตามธรรมชาติเพื่อใช้ทดแทนปัญหาขยะมูลฝอยจากพลาสติก

ข้อเสนอแนะ

คณะผู้จัดการโครงการควรมีการประชุมวางแผนมากขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นและคณะผู้จัดการโครงการควรวางแผนในการประสานงานให้เป็นระบบ ก่อนจะนำข้อสรุปมาชี้แจงให้ผู้จัดทำโครงการทราบโดยทั่วกัน เพื่อการทำงานจะได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ในด้านการทดลอง

1. ควรศึกษาหาชนิดของสารเคมีที่ช่วยในการขึ้นรูปของแผ่นฟิล์มหลายๆชนิด เพื่อหาประสิทธิภาพและราคาของสารเคมีที่นำมาทำฟิล์มชีวภาพ
2. การทำแผ่นฟิล์มชีวภาพสามารถเพิ่มหรือลดปริมาณสารตั้งต้นที่ใช้ในการทดลองให้เหมาะสมกับพืชชนิดอื่นๆ
3. ต่อยอดโครงการให้แผ่นฟิล์มชีวภาพทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. นำมะเขือเทศมาแปรรูป



ภาพที่ ก.1 มะเขือเทศพันธุ์สีดา



ภาพที่ ก.2 กรีดดูดมะเขือเทศเพื่อให้
ต่อการลอกเปลือก



ภาพที่ ก.3 ต้มน้ำเปล่าให้เดือด แล้วนำ
มะเขือเทศลงหม้อต้ม จับเวลา 20 นาที

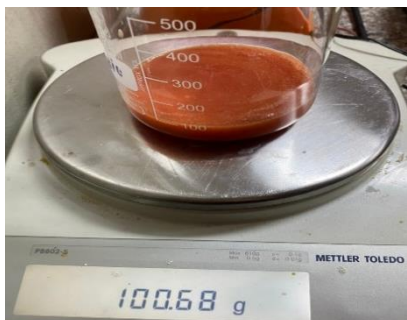


ภาพที่ ก.4 ต้มน้ำเปล่าให้เดือด แล้วนำ
มะเขือเทศลงหม้อต้ม จับเวลา 20 นาที



ภาพที่ ก.5 นำมาปั่นละเอียดและกรอง
ด้วยตะแกรงกรองสาร กรองจนเหลือแต่
เนื้อและน้ำของมะเขือเทศ

ภาคผนวก ข. ทดลองการขึ้นรูปแผ่นฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพจากมะเขือเทศ โดยไม่เติมน้ำและเติมน้ำ



ภาพที่ ข.1 ชั่งน้ำมะเขือเทศ 100 กรัม
บนเครื่องชั่งสารจากนั้นนำไปปิกเกอร์



ภาพที่ ข.2 ชั่งสารสารคาร์ราจีแนน 0.9 กรัม
Sodium Carboxymethyl cellulose 0.9 กรัม
และน้ำตาลทราย 2.25 กรัม



ภาพที่ ข.3 นำปิกเกอร์ที่มีมะเขือเทศ ไป
ต้มในหม้อน้ำเดือด ต้มจนถึง 70 องศา



ภาพที่ ข.4 ผสมสารตั้งต้นทั้ง 3 ลงในปิกเกอร์ที่
ต้มเนื้อมะเขือเทศ ถ้าแบบเติมน้ำให้ใส่น้ำเพิ่ม
40 กรัม จากนั้นคนเป็นเวลา 20 นาที



ภาพที่ ข.5 แบ่งส่วนผสมใส่เพลท
เพลทละ 20 มิลลิลิตร 25 มิลลิลิตร และ
30 มิลลิลิตร รอให้เซตตัว



ภาพที่ ข.6 นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 65
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และ
ลอกออกจากเพลท

ภาคผนวก ค. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพและการขึ้นรูปของฟิล์มชีวภาพจากมะเขือเทศ



ภาพที่ ค.1รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 20 ml



ภาพที่ ค.2รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 25 ml



ภาพที่ ค.3รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 30 ml



ภาพที่ ค.4รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 20 ml



ภาพที่ ค.5รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 25 ml



ภาพที่ ค.6รูปแผ่นฟิล์มอัตราส่วน
ปริมาณสารละลาย 30 ml

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. (2563). **ฟิล์มแคร์รอต นวัตกรรมบรรจุภัณฑ์กินได้**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ

กฤติยา ไชยนอก. **มะเขือเทศกับไลโดฟีน**. สืบค้น 16 มิถุนายน 2564, จาก มะเขือเทศประโยชน์ดีๆ

สรรพคุณเด่นๆและข้อมูลงานวิจัย (disthai.com)

การตรวจเอกสาร **มะเขือเทศ**. สืบค้น 16 มิถุนายน 2564, จาก chapter2.pdf (ku.ac.th)

นิรมล ธรรมวิริยสดี, นันทา คุณคณะ, พกษา อินนอก และจิราพร จรอนันต์. (2560). **ฤทธิ์นอกกายของ**

สารสกัดผลมะเขือเทศสีดาและผลมะเขือเทศราชินีในการต้านจุลชีพก่อโรค. สืบค้น 9 กุมภาพันธ์

2564, จาก <https://www.thaiscience.info/journals/Article/SRMJ/10987173.pdf>

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. **ตารางสถิติผลผลิตรายปี มะเขือเทศ : ร้อยละและผลผลิตรายเดือน**

ปี2562. สืบค้น 23 กุมภาพันธ์ 2464, จาก <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/Tomato%20percent%2062.pdf>

ฝากจิต,ปาลินทร และลาภจิตร. (2557). **ปัญหาและความต้องการในการผลิตมะเขือเทศสีดาของ**

เกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา. เกษตร, 42 (3), 895-898. สืบค้นจาก <https://sg.docwork>

[space.com/d/sAM_YsMVW27bhhoMqsyKinFA](https://sg.docworkspace.com/d/sAM_YsMVW27bhhoMqsyKinFA)

Synergy Pak. (2562). **ฟิล์มบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ ฟิล์มใสชีวภาพ**. สืบค้น 19 กุมภาพันธ์ 2564, จาก

<http://www.synergypak.co.th/>