

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันพลาสติกเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เรามาก ทั้งของเล่น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องประดับ รวมถึงภาชนะบรรจุสินค้า ต่างๆมากมาย พลาสติกที่นำมาใช้เหล่านี้มีหลายชนิด ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ในบรรดาของที่ทำด้วยพลาสติกดังกล่าว พลาสติกเพื่อใช้เป็นบรรจุภัณฑ์นับว่าได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ทั้งในเชิงการค้า การตลาด และอุตสาหกรรม มีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นสูงมาก โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ ซึ่งปกติมักใช้ พอลิเอทิลีนและพอลิโพรพิลีนในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นพลาสติกที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ ซึ่งในปัจจุบันได้มีพลาสติกจำนวนมากมาหลากหลายชนิด ที่ผลิตมาจาก fossil fuels โดยพลาสติกพวกนี้ได้ถูกใช้และถูกทิ้งซึ่งก่อให้เกิดปัญหาแกสิ่งแวดล้อมเนื่องจากพลาสติกเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ซึ่งขยะพลาสติกเหล่านี้จะถูกกำจัดโดยการเผาให้เป็นเถ้าซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่เป็นพิษจำนวนมาก ด้วยเหตุผลนี้เองจึงจำเป็นต้องผลิตและพัฒนา green polymeric materials ที่ไม่มีการใช้ส่วนผสมที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายในกระบวนการผลิตและสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลในเบื้องต้นของ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ สามารถสรุปได้ว่าวัสดุชีวภาพซึ่งมีโอกาพัฒนาเป็นธุรกิจนวัตกรรมในเชิงรุก เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทย 3 ชนิด หนึ่งใน 3 ชนิดนี้คือ พอลิแลคติกแอซิด (Polylactic acid; PLA) เป็นพลาสติกที่ผลิตจากกระบวนการหมักพืชจำพวกแป้ง ซึ่งกลายเป็นทางเลือกใหม่มาแทนที่พลาสติกจากปิโตรเลียม PLA เป็นแหล่งคาร์บอนที่ได้จากวัตถุดิบที่สร้างขึ้นทดแทนได้ โดย PLAถูกนำมาใช้งานได้หลากหลายประเภทโดยสามารถถูกใช้สำหรับเป็นคอมโพสิตของเส้นใยธรรมชาติที่ถูกใช้เป็นตัว binder ในสีและการใช้งานต่างๆทางด้านยาและการแพทย์(Leopold et al., 2003) โดยในปัจจุบันการใช้งานของ PLAเป็นในเชิงการค้ามีข้อจำกัดคือราคาที่สูงดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องผลิตวัสดุคอมโพสิตที่สามารถย่อยสลายได้และให้ต้นทุนที่ถูกลงโดยทั่วไปแล้ว PLAมีลักษณะที่ให้อุณหภูมิหลอมเหลวและอัตราการเกิดผลึกที่ต่ำ ดังนั้นเพื่อที่จะสามารถเพิ่มคุณสมบัติในการใช้งานเพิ่มขึ้นแก่ PLA และเพื่อลดคุณสมบัติที่ไม่ต้องการบางประการจึงได้มีการเตรียมในลักษณะ block และ graft copolymer โดยการผสมกับพอลิเมอร์ที่เหมาะสมเป็น polymer blending ซึ่งเป็นวิธีการที่น่าสนใจในการเตรียมวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ที่สามารถให้คุณสมบัติเชิงกลที่ดี โดยพอลิเมอร์หลากหลายชนิดถูกใช้ในการผสมและทำปฏิกิริยากับ PLA

ยางพาราธรรมชาติ (NR) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการผสมกับ PLA เนื่องจากสามารถให้ลักษณะความเป็น elastomer และสามารถย่อยสลายโดยแบคทีเรียและ fungi หลากหลายชนิดได้ ซึ่งการนำยางพารามาผสมกับ PLA จะสามารถช่วยเพิ่มอุณหภูมิหลอมเหลว และลด crystallinity เพิ่มความเหนียวหรือ toughness และลดต้นทุนการผลิตให้แก่พอลิเมอร์ PLA เนื่องจาก

ยางพารามีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าโดยการผสม PLA กับยางพาราจะสามารถได้วัสดุชนิดใหม่ที่ให้ช่วงการใช้งานที่กว้างขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำยางพาราธรรมชาติมาผสมกับ PLA เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้แก่ PLA นอกจากนี้การเลือกใช้ยางธรรมชาติเป็นส่วนผสมนอกจากจะให้คุณสมบัติที่ดีแก่พอลิเมอร์ผสมแล้วยังช่วยเพิ่มมูลค่าแก่น้ำยางธรรมชาติที่ผลิตขึ้นในประเทศไทยโดยทั่วไปแล้วยางธรรมชาติมีคุณสมบัติที่เป็นข้อดีกว่า ยางสังเคราะห์หลายประการเช่น มีความยืดหยุ่นสูง, กระดองสูง, ความทนต่อการยืดดึงสูง, สะสมความร้อนต่ำ นอกจากนี้ยางธรรมชาติยังเป็นวัสดุที่มาจากธรรมชาติดังนั้นในการผลิตจะลดการทำลายสิ่งแวดล้อมจากการสำรวจของสำนักงานเศรษฐกิจกระทรวงอุตสาหกรรมแสดงให้เห็นว่าในปี 2551 ประเทศไทยมีมูลค่าการส่งออกยางพาราสูงถึง 2,003,318 ตัน และใช้ในประเทศ 277,650 ตัน (สถาบันวิจัยยางพาราแห่งประเทศไทย, 2557) ซึ่งจากปริมาณการผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยข้างต้นพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติสูงสุดของโลก ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของยางธรรมชาติที่ผลิตได้ในประเทศพร้อมทั้งสามารถผลิตพอลิเมอร์ชีวภาพเพื่อใช้ผลิตภาชนะบรรจุที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยนำยางธรรมชาติมาผสมกับ PLA ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ชีวภาพที่ย่อยสลายได้

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารและส่งออกทั่วโลก ในอนาคตมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มอาหารเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากปัญหาด้านวัตถุดิบไม่เพียงพอ ไม่สม่ำเสมอ ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลสดแช่เย็นแช่แข็งยังไม่ได้มาตรฐาน และขาดความเอาใจใส่ในการรักษาความสะอาด แล้วปัญหาด้านบรรจุภัณฑ์และการขนส่งเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญ ปัญหาเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย จึงต้องวิธีการยับยั้งแบคทีเรีย ได้แก่ การใช้สารเคมี และรังสี แต่การใช้สารเคมีมีผลต่อร่างกายเมื่อใช้ในปริมาณมากเกินไป ส่วนการใช้รังสีนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในอาหารทะเลแช่แข็งจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ข่าเป็นพืชพื้นเมืองในเขตร้อนมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และภูมิภาคเอเชียเขตร้อนในประเทศไทยและประเทศอินโดนีเซียใช้ข่าเป็นเครื่องเทศมากกว่าประเทศอื่นๆ ประเทศไทยมีการปลูกข่าทั่วไป ซึ่งข่าเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และในน้ำมันหอมระเหยข่า พบสารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ สารเมทิลซินนาเบต (methylcinnamate) 48%, ซินีออล (cineol) 20-30% การบูร (camphor), เบต้า ไพนีน (β -pinenes) มีฤทธิ์ต้านเชื้อราและต้านแบคทีเรีย จากการศึกษาเปรียบเทียบกับศักยภาพการยับยั้งแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *Escherichia coli* ATCC, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis* และ *Pasteurella multocida* ด้วยสารสกัดข่าที่สกัดด้วยhexane, ethyl acetate, ethanol และ essential oil พบว่า essential oil จากข่ามีประสิทธิภาพยับยั้งแบคทีเรียที่ดีที่สุดและความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (minimum inhibition concentration, MIC) และความเข้มข้นสูงสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ (minimum bactericidal concentration, MBC) คือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* และ *Salmonella enteritidis* ที่ 8 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร และ *Pasteurella multocida* 16 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร ตามลำดับ (Halijah et al., 2009)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจการพัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพผสมระหว่างพอลิแลคติก แอซิดและ ยางพาราผสมสารสกัดข้าสำหรับยืดอายุอาหารทะเลแช่แข็ง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้จากพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และยาง พาราที่ผสมน้ำมันหอมระเหยข้าเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทะเลแช่แข็ง

1.2.2 เพื่อปรับปรุงสมบัติด้านความเหนียว, คุณสมบัติเชิงกล พอลิแลคติก แอซิดซึ่งเป็นพอลิเมอร์ ที่ย่อยสลายได้และนิยมใช้ในปัจจุบันและลดต้นทุนจากผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมเนื่องจากการผสมยางพาราจะ นำไปสู่ต้นทุนที่ถูกลง

1.2.3 เพื่อเพิ่มมูลค่าแก่ยางพาราที่ผลิตได้ในประเทศไทย และมูลค่าของน้ำมันหอมระเหยข้ารวมทั้ง การเพิ่มความต้องการใช้ภายในประเทศอันอาจจะส่งผลให้ราคาของผลผลิตสูงขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

สกัดน้ำมันหอมระเหยข้าแก่และศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุ อาหารทะเลเน่าเสีย เติรวมพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแลคติก แอซิด ยางธรรมชาติ และน้ำมันหอมระเหยข้า และทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบ ทดสอบการขึ้นรูปและการเตรียมวัสดุห่อหุ้มอื่น และทดสอบการ ชลอการเน่าเสียของอาหารทะเลแช่แข็งที่ผ่านการละลายและแช่แข็งซ้ำ

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

1.4.1 สกัดน้ำมันหอมระเหยข้าแก่และศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ยับยั้งแบคทีเรีย สาเหตุอาหารทะเลเน่าเสีย

1.4.2 เติรวมพอลิแลคติกกับยางพารา และ น้ำมันหอมระเหยข้าที่อัตราส่วนต่างๆ โดยน้ำหนักของ พอลิเมอร์ผสม โดยใช้คลอโรฟอร์มเป็นตัวทำละลาย

1.4.3 ทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบซึ่งเป็นแบคทีเรียที่พบทั่วไปในอาหารทะเลแช่แข็งของ พอลิเมอร์ชีวภาพผสมที่ผลิตได้

1.4.4 ทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ โดยนำพอลิเมอร์ผสมพอลิแลคติกที่ไม่ผสมยางพาราและ น้ำมันหอมระเหยข้า และพอลิเมอร์ที่ผสมยางพาราแต่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยข้า มาขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์เพื่อ ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์บรรจุ โดยพิจารณาหาสภาวะที่เหมาะสม

1.5 สมมุติฐานงานวิจัย

ยางพาราธรรมชาติ (NR) เป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการผสมกับ PLA เนื่องจากสามารถให้ลักษณะความเป็น elastomer และสามารถย่อยสลายโดยแบคทีเรียและ fungi หลายชนิดได้ ซึ่งการนำยางพารามาผสมกับ PLA จะสามารถช่วยเพิ่มอุณหภูมิหลอมเหลว และลด crystallinity เพิ่มความเหนียวหรือ toughness และลดต้นทุนการผลิตให้แก่พอลิเมอร์ PLA เนื่องจากยางพารามีราคาต้นทุนที่ต่ำกว่าโดยการผสม PLA กับยางพาราจะสามารถได้วัสดุชนิดใหม่ที่ทำให้ช่วงการใช้งานที่กว้างขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำยางพาราธรรมชาติมาผสมกับ PLA เพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้แก่ PLA

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตอาหารและส่งออกทั่วโลก ในอนาคตมีแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้บรรจุภัณฑ์ห่อหุ้มอาหารเพิ่มขึ้นด้วย แล้วปัญหาด้านบรรจุภัณฑ์และการขนส่งเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญ ปัญหาเหล่านี้เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย จึงต้องวิธีการยับยั้งแบคทีเรีย ได้แก่ การใช้สารเคมี และรังสี แต่การใช้สารเคมีมีผลต่อร่างกายเมื่อใช้ในปริมาณมากเกินไป ส่วนการใช้รังสีนั้นมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นสมุนไพรไทยที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในอาหารทะเลแช่แข็งจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ

ข่าเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และในน้ำมันหอมระเหยข่า พบสารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ สารเมทิล ซินนาเบต (methylcinnamate) 48%, ซินีออล (cineol) 20-30% การบูร (camphor), เบต้า ไพนีน (β -pinenes) มีฤทธิ์ต้านเชื้อราและต้านแบคทีเรีย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจการพัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพผสมระหว่างพอลิแลคติก แอซิดและยางพาราผสมสารสกัดข่าสำหรับยืดอายุอาหารทะเลแช่แข็ง

1.6 คำสำคัญของการวิจัย

ข่า, กิจกรรมต้านแบคทีเรีย, น้ำมันหอมระเหย, พอลิแลคติก แอซิด, น้ำยางธรรมชาติ

Alpinia galangal, antibacterial activity, essential oil, polylactic acid, natural rubber latex

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 พัฒนาพอลิเมอร์ชีวภาพที่สามารถย่อยสลายได้จากพอลิแลคติกแอซิด (PLA) และยางพาราที่ผสมน้ำมันหอมระเหยข่าที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาอาหารทะเลแช่แข็ง

1.7.2 เพิ่มมูลค่ายางพาราที่ผลิตได้ในประเทศไทย และมูลค่าข่าและน้ำมันหอมระเหยข่ารวมทั้งการเพิ่มความต้องการใช้ภายในประเทศอันอาจส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรและสายโซ่อุปทานเพิ่มขึ้น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พลาสติกชีวภาพ

ในปัจจุบันได้มีพลาสติกจำนวนมากมายหลากหลายชนิดเช่น polyolefins, polystyrene และ poly (vinyl chloride) ที่ผลิตมาจาก fossil fuels โดยพลาสติกพวกนี้ได้ถูกใช้และถูกทิ้งซึ่งก่อให้เกิดปัญหาแกสิ่งแวดล้อมเนื่องจากพลาสติกเหล่านี้ไม่สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ โดยขยะพลาสติกเหล่านี้จะถูกกำจัดโดยการเผาให้เป็นเถ้าซึ่งจะก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซที่เป็นพิษจำนวนมาก ด้วยเหตุนี้เองจึงจำเป็นอย่างมากที่ต้องผลิตและพัฒนา green polymeric materials ที่ไม่มีการใช้ส่วนประกอบที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายในกระบวนการผลิตและสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ ดังนั้นพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ (biodegradable plastic) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุสำหรับการใช้งานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทั้งในด้านวัตถุดิบ กระบวนการผลิต และกระบวนการกำจัด ปัจจุบันพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งจากนักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนนักอุตสาหกรรมชั้นนำทั่วโลก โดยพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้นั้นผลิตมาจากวัตถุดิบที่สามารถผลิตทดแทนขึ้นใหม่ได้ในธรรมชาติ (renewable resource) ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่ำ และสามารถย่อยสลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ได้ด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ภายหลังจากการใช้งาน โดยพลาสติกชีวภาพย่อยสลายได้นั้นจะมีคุณสมบัติในการใช้งานได้เทียบเท่าพลาสติกจากอุตสาหกรรมปิโตรเคมีแบบดั้งเดิม (Commodity Plastics) และสามารถทดแทนการใช้งานที่มีอยู่ได้โดยพลาสติกย่อยสลายได้ โดยหนึ่งในพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ที่มีศักยภาพคือพอลิแลคติก แอซิด (Polylactic acid) หรือ PLA ซึ่งเป็นสารพอลิเมอร์ตั้งต้นที่สามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ย่อยสลายได้โดยได้มีการตรวจสอบพบว่างานวิจัยที่เกี่ยวข้องพอสังเขปดังนี้

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ หรือ biodegradable plastics เป็นพลาสติกที่ผลิตจากพืช หรือวัตถุดิบที่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้ (renewable resources) กระบวนการผลิตเป็นกระบวนการหมัก (fermentation) ซึ่งใช้พลังงานต่ำ และมีคุณสมบัติที่สามารถย่อยสลายได้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ เมื่อนำ ไปฝังกลบภายหลังการใช้งาน ปัจจุบันพลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง และเป็นแนวทางหลักแนวทางหนึ่งในการพัฒนาวัสดุสำหรับการใช้งานเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม กลุ่มอุตสาหกรรมแนวหน้าทั่วโลกตื่นตัวในการคิดค้นหาวัตถุดิบหรือพอลิเมอร์ ตัวใหม่ เพื่อพัฒนาพลาสติก ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและให้มีคุณสมบัติในการใช้งานได้ดีเทียบเท่ากับพลาสติก ดั้งเดิมที่ได้จากอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และสามารถทดแทนการใช้งานที่มีอยู่

พลาสติกย่อยสลายได้ทางชีวภาพ เป็นพลาสติกที่ถูกย่อยสลายจากการกระทำของจุลินทรีย์ในสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ในดิน บ่อฝังกลบขยะ บ่อบำบัดน้ำเสีย แหล่งน้ำจืดหรือในทะเล หากการย่อยสลายได้ทางชีวภาพเกิดขึ้นในระบบการหมักภายใต้สภาวะ ที่มีการควบคุมเรียกว่า การย่อยแบบคอมโพส (Compostable) เมื่อกระบวนการหมักแบบคอมโพสเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ คือ คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ มวลชีวภาพ และสารอินทรีย์ ซึ่งการย่อยสลายแบบคอมโพสนี้เป็นการย่อยสลาย

อย่างสมบูรณ์ พืชสามารถนำคาร์บอนได้ออกไซด์ และน้ำไปใช้สังเคราะห์แสง เข้าสู่วัฏจักรคาร์บอนอีกครั้ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่จำเป็น ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตของพืช

พลาสติกชีวภาพ หมายถึง “พลาสติกที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีภายใต้สภาวะสิ่งแวดล้อมที่จำเพาะ ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้คุณสมบัติบางประการสูญเสียไป ซึ่งวัดได้จากวิธีทดลองมาตรฐานที่เหมาะสมกับพลาสติกและการนำไปใช้ในช่วงเวลาหนึ่ง” พลาสติกชีวภาพ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ย่อยสลายโดยอาศัยแสง (Photodegradable) กึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Semi-biodegradable) และย่อยสลายทางชีวภาพได้อย่างสมบูรณ์ (Completely biodegradable)(Reddy et al, 2003)

พลาสติกชีวภาพที่ย่อยสลายได้โดยแสง (Photodegradation) การย่อยสลายโดยแสงมักเกิดจากการเติมสารเติมแต่งที่มีความไวต่อแสงลงใน พลาสติกหรือสังเคราะห์โคพอลิเมอร์ให้มีหมู่ฟังก์ชันหรือพันธะเคมีที่ไม่แข็งแรง แตกหักง่ายภายใต้รังสี (UV) เช่น หมู่คีโตน (Ketone group) อยู่ในโครงสร้าง เมื่อสารหรือหมู่ฟังก์ชันดังกล่าวสัมผัสกับรังสีจะเกิดการแตกของพันธะ กลายเป็นอนุมูลอิสระ (Free radical) ซึ่งไม่เสถียร จึงเข้าทำปฏิกิริยาต่ออย่างรวดเร็วที่พันธะเคมีบนตำแหน่งคาร์บอนในสายโซ่พอลิเมอร์ ทำให้เกิดการขาดของสายโซ่ แต่การย่อยสลายนี้จะไม่เกิดขึ้นภายในบ่อฝังกลบขยะ กองคอมโพสท์ หรือสภาวะแวดล้อมอื่นที่มีดิน หรือแม้กระทั่งชั้นพลาสติกที่มีการด้วยหมึกที่หนามากบนพื้นผิว เนื่องจากพลาสติกจะไม่ได้สัมผัสกับรังสีโดยตรง (สมหมาย และคณะ, 2554)

พลาสติกกึ่งย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Semi-biodegradable) คือ พลาสติกที่มีส่วนผสมของแป้งหรือสารประเภทแป้งอยู่ในองค์ประกอบของพลาสติก สารประเภทแป้งซึ่งสามารถย่อยสลายได้ทางชีวภาพนี้จะถูกจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ย่อยสลายก่อน ส่งผลให้พลาสติกเกิดการแตกสลายเป็นชิ้นเล็กๆ หรือเกิดรูพรุนขึ้นภายใน ซึ่งช่วยย่อยสลายพลาสติกได้ดีขึ้น (สมหมาย และคณะ, 2554)

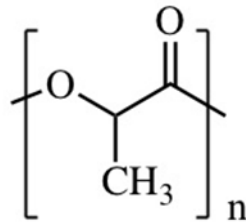
พลาสติกที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradable) คือ พลาสติกที่แบคทีเรียหรือจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อมสามารถย่อยสลายได้ทั้งหมด พลาสติกในกลุ่มนี้ ได้แก่ สารในกลุ่ม โพลีไฮดรอกซีอัลคาโนเอต (Polyhydroxyalkanoates, PHA) และ พอลิแลคติกแอซิด (polylactic acid, PLA)

2.2 พอลิแลคติกแอซิด (polylactic acid หรือ PLA)

พอลิแลคติกแอซิด (polylactic acid หรือ PLA) เป็นพลาสติกที่ผลิตจากกระบวนการหมักพืชจำพวกแป้ง ซึ่งกลายเป็นทางเลือกใหม่มาแทนที่พลาสติกจากปิโตรเลียม PLA เป็นแหล่งคาร์บอนที่ได้จากวัตถุดิบที่สร้างขึ้นทดแทนได้

กระบวนการผลิตพอลิแลคติกแอซิด เริ่มต้นจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยการปลูกข้าวโพด ซึ่งใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำเป็นวัตถุดิบ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ได้ผลผลิตเป็นแป้ง จากนั้นจึงนำเอาแป้งข้าวโพดมาผ่านกระบวนการหมักโดยใช้จุลินทรีย์เฉพาะ เพื่อย่อยโมเลกุลขนาดใหญ่ของแป้งและน้ำตาลเป็นกรดแลคติก (lactic acid, $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) ซึ่งใช้เป็นมอนอเมอร์ในขั้นตอนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 2 กระบวนการที่แตกต่างกัน คือ กระบวนการควบแน่น

(polycondensation) และกระบวนการเปิดวง (ring-opening polymerization) ถึงแม้ว่าพอลิเมอร์ที่ผลิตได้จากทั้งสองกระบวนการนี้จะมีโครงสร้างและสมบัติต่างๆ เหมือนกันทุกประการ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 แต่ก็มีรายละเอียดขั้นตอนของกระบวนการสังเคราะห์ที่ต่างกัน จึงเป็นที่มาของการเรียกชื่อพอลิเมอร์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ได้จากกระบวนการแรกมักจะเรียกว่า “ พอลิแลคติกแอซิด ” ทั้งนี้เนื่องจากกระบวนการนี้เริ่มต้นจากการใช้กรดแลคติกโดยตรงจนได้พอลิเมอร์ในขั้นตอนสุดท้าย ในกระบวนการที่สองจะมีการเปลี่ยนกรดแลคติก โดยปฏิกิริยาการรวมตัวของกรดแลคติก 2 โมเลกุล แล้วเกิดเป็นสารประกอบแบบวงที่มีชื่อว่า แลคไทด์ (lactide) ก่อน จากนั้นจึงนำเอาวงแหวนแลคไทด์นี้มาสังเคราะห์เป็นสายโซ่ยาวพอลิเมอร์ในขั้นตอนต่อมา ด้วยเหตุนี้จึงเรียกชื่อผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์จากกระบวนการนี้ว่า “ พอลิแลคไทด์ ” อย่างไรก็ตาม พอลิเมอร์ที่ได้จากทั้งสองกระบวนการก็คือสารชนิดเดียวกันนั่นเอง ซึ่งเมื่อสังเคราะห์ได้แล้วก็สามารถนำมาขึ้นรูปเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (อมรรัตน์, 2554)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของ PLA

ที่มา : <http://www.pharm.su.ac.th/cheminlife/cms/index.php/kitchen-room/polylactic-acid.html> (14-07-2015)

2.2.1 คุณสมบัติของ PLA

PLA มีลักษณะใส และมีความแวววาวสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารเติมแต่งที่ใช้ PLA มีสมบัติทางกล และสามารถนำไปใช้งานได้เช่นเดียวกับพอลิเมอร์พื้นฐานทั่วไปที่มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก PLA สามารถกักเก็บกลิ่น และรสชาติได้ดี มีความต้านทานต่อน้ำมัน และไขมันสูง ในขณะที่ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำสามารถแพร่ผ่านได้ดีมีความคงทนต่อการกระแทก (impact strength) ต่ำ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ PVC ที่ไม่มีการเติมสารเสริมสร้างพลาสติก มีความแข็งแรง คงทนต่อการกระแทก และความยืดหยุ่นใกล้เคียงกับ PET นอกจากนี้ PLA ยังมีสมบัติใกล้เคียงกับ PS และสามารถนำไปดัดแปรให้มีสมบัติใกล้เคียงกับ polyethylene (PE) หรือ polypropylene (PP) ดังนั้น PLA จึงสามารถนำไปปรับปรุงสมบัติพื้นฐานทั้งด้านการขึ้นรูปและการใช้งานได้เช่นเดียวกับพลาสติกโอเลฟินส์ที่ผลิตจากกระบวนการทางปิโตรเคมี ซึ่งสมบัติของ PLA ที่ผลิตเพื่อการค้า

Randall et al. (1995) ได้พัฒนากระบวนการผลิตปรับปรุงค่า Impact ของ lactide polymer โดยใช้ elastomer โดยในส่วนประกอบวัสดุเฟสแรกเป็น polylactide-based polymer และ เฟส

ที่สองเป็น elastomer โดยการนำ elastomer มาใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะให้ค่า Impact resistance อย่างน้อยประมาณ 0.7 ft-lb/in หลังจาก melt-processable polymer composition ได้ถูกฉีดใน injection molded ไปเป็น bars เพื่อทำการทดสอบตาม ASTM D256 (1993) method C โดยมี ส่วนประกอบของ reactive compatibilizing agent

Ratnam et al. (2000) ได้ศึกษาอิทธิพลของการทำ irradiation ต่อโครงสร้างของ epoxidized (50%) natural rubber (ENR 50) โดยใช้ Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) โดย ENR 50 ถูก irradiate โดยใช้ electron beam ที่ 3.0 MeV ในช่วง 20 ถึง 200 kGy ซึ่งอิทธิพลของสารเติมแต่งต่างๆ เช่น trimethylolpropane triacrylate (TMPTA), Irganox® 1010 และ tribasic lead sulfate ต่อการเปลี่ยนแปลงของ ENR 50 ที่ถูก irradiate ภายใต้การ irradiation จะเกิดการเปิดวงของ epoxide group และจะเกิดปฏิกิริยา oxidation และ เกิดพันธะเชื่อมโยงแบบร่างแหของ พันธะคู่ที่เหลือ ซึ่งนำไปสู่การลดปริมาณความเข้มของ epoxide และ cis double bond และเกิดการเพิ่ม ของ band ของ ether, furan และ hydroxyl

Ratnam et al. (2001) ได้ศึกษาอิทธิพลของ electron beam irradiation ต่อคุณสมบัติเชิงกลและไดนามิกส์ของ epoxidized natural rubber โดยยาง epoxidized natural rubber (ENR 50) ถูก irradiate โดยใช้ 3.0 MeV โดย electron beam machine ในช่วง 20-200 kGy โดยอิทธิพลของสารตัวเติมต่างๆ เช่น trimethylolpropane triacrylate (TMPTA), Irganox 1010 และ tribasic lead sulfate (TBLS) ต่อการเปลี่ยนแปลงของ irradiation-induced ของ ENR50 ได้ถูกศึกษา โดยคุณสมบัติด้าน tensile และ คุณสมบัติเชิงไดนามิกส์ ได้ถูกปรับปรุงเนื่องจากเกิดพันธะเชื่อมโยงแบบร่างแห จาก การเหนี่ยวนำของ irradiation นอกจากนี้ ค่า Tg ได้เพิ่มอย่างมากตามการ irradiation โดยสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่า storage modulus

Ratnam et al. (2006) ได้ศึกษาอิทธิพลของการทำ pre-irradiation ของ epoxidized natural rubber (ENR 50) ต่อคุณสมบัติของพอลิเมอร์ผสมระหว่าง 50/50 poly(vinyl chloride)/epoxidized natural rubber โดย ENR 50 ได้ถูก irradiate โดยใช้ ความแรงของ electron beam ที่ 3.0 MeV ในช่วง 10-100 kGy ในอากาศและที่อุณหภูมิห้อง โดย ENR 50 ที่ถูก irradiate จะถูกผสมด้วย PVC โดยใช้ Brabender Plasticorder Model PL2000 ที่ 50 rpm อุณหภูมิ 150 oC เป็นเวลา 15 นาที โดยอิทธิพลของ electron beam irradiation ของ ENR 50 ต่อ พอลิเมอร์ผสมระหว่าง 50/50 PVC/ENR 50 ถูกศึกษาโดยการตรวจสอบจาก torque-time curve, ค่า tensile strength, ค่า elongation at break, modulus, hardness, impact strength และ gel fraction

Parulekar และ Mohanty (2006) ได้ศึกษาพอลิเมอร์ที่สามารถย่อยสลายได้ที่ถูกทำให้เหนียวขึ้นจากวัสดุย่อยสลายได้โดยการผสมระหว่าง polyhydroxybutyrate กับ epoxidized natural rubber และ maleated polybutadiene พบว่า Polyhydroxybutyrate (PHB) เป็น polyester ที่สามารถย่อยสลายได้โดยแบคทีเรีย โดยวัสดุใหม่นี้ที่เป็น Polyhydroxybutyrate (PHB) ที่มีส่วนผสมของ green materials สามารถพัฒนาผ่านกระบวนการ reactive extrusion ระหว่าง PHB และ ยางธรรมชาติที่มีหมู่ function ตามด้วยกระบวนการ injection moulding โดยยางธรรมชาติและ epoxidized natural rubber ถูกพิจารณาเป็น impact modifiers ด้วยความแตกต่างทางด้าน melt viscosity ของ PHB และเฟสยางจึงจำเป็นต้องมี compatibilizer เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติด้าน toughness โดย Maleated polybutadiene ที่มี grafting ที่สูง และ Molecular weight ที่ต่ำถูกพิจารณาเป็นตัว compatibilizer ที่มีประสิทธิภาพสำหรับระบบ PHB-rubber blend

Okamoto, H. et al. (2006) ได้ศึกษาอิทธิพลของการเกิด crystallization ของ polylactide (PLA) ที่ผสมกับยางธรรมชาติ (NR) โดยได้ตรวจสอบ Izod impact strength และ deflection temperature ภายใต้ load (DTUL) ของสารประกอบระหว่าง PLA กับ NR โดยได้เกิด crystallized PLA/NR ที่ 10 wt% ของยางซึ่งจะให้ค่า impact resistance ที่ดี ประมาณ 190-280 J/m และค่า Izod impact strength ของ ตัวอย่างจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของ NR ถึงที่ 10 wt%

2.3 น้ำมันหอมระเหยข่า (Galanga essential oil)

ข่า ชื่อสามัญ/ชื่ออังกฤษ Galanga ชื่อวิทยาศาสตร์ *Alpinia galangal* SW.วงศ์ Zingiberaceae ชื่ออื่น/ชื่อท้องถิ่น ข่าตาแดง ข่าหยวก(ภาคเหนือ) ข่าหลวง ข่าเป็นพืชล้มลุก เหง้ามีข้อปล้องเห็นได้ชัด เหง้าสีน้ำตาลอมแสด ดังภาพที่ 2.2 ลักษณะใบ เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับกันแผ่นในรูปหอกปลายแหลม ขอบใบเรียบ โคนใบแหลมเกลี้ยง ก้านใบมีขนเล็กน้อย ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อเกลี้ยง แกนกลางช่อมีขน ดอกขนาดเล็ก ใบประดับรูปไข่ กลีบเลี้ยงสีเขียวอมขาว มีขนโคนเชื่อมติดต่อกัน ปลายแยกเป็นหยักมนๆ กลีบดอกมีโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดสั้นๆ ปลายแยกเป็น 3 กลีบ มีกลีบบนหนึ่งกลีบ กลีบล่างสองกลีบที่โคนกลีบดอกชั้นในมีเกสรเทียมเล็กๆ 2 อัน เกสรผู้ 1 อัน รูปโค้งก้านเกสรแบนอับเรณูยาวประมาณ 6-7 มม. รังไข่ 1 อัน รูปเกือบกลม ภายในแบ่งเป็น 3 ช่อง ผลรูปกลมหรือรี สีแดงอมส้ม แก่จัดสีดำ ภายในมี 2-3 เมล็ด (ศศิกันต์, 2548)



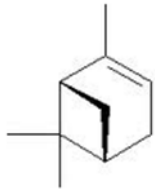
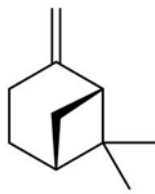
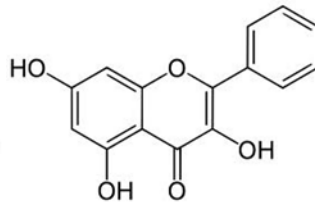
ภาพที่ 2.2 ข่า (*Alpinia galangal*)

ที่มา : สวน อ.บ้านแพ้ว ถ่ายเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2555

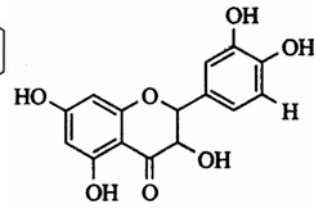
2.3.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยข่า

น้ำมันหอมระเหยข่า พบสารที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ สารเมทิล ซินนาเบต (methylcinnamate) 48% ซินีอล (cineol) 20-30% การบูร (camphor), เบต้า ไพนีน (β -pinenes) มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา ขับลม ด้านแบคทีเรีย ไม่มีฤทธิ์ก่อการกลายพันธุ์และไม่เป็นพิษในขนาดยา 250 เท่าของขนาดที่ใช้ในตำราไทย ในการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่าด้วยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี (Gas Chromatography-Mass Spectrometry; GC-MS) สารหลักที่ตรวจพบ คือ 1,8-cineole, β -bisabolene และ β -selinene นอกจากนี้ยังพบสาร β -farnesene, 1,2-benzenedicarboxylic acid, germacrene B และ pentadecane เป็นต้น (Chudiwal et al, 2010) ดังภาพที่ 2.3 และตารางที่ 2.1

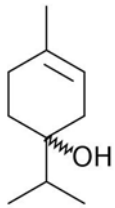
Someya et al. (2001) สามารถแยกและระบุ three hydroxy-1,8-cineole glucopyranosides, (1R, 2R, 4S)- และ (1S, 2S, 4R)-trans-2-hydroxy-1,8-cineole β -D-glucopyranoside, และ (1R, 3S, 4S)-trans-3-hydroxy-1, 8-cineole β -D-glucopyranoside ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ acetox-1,8-cineole จากเหง้าข่า โครงสร้างของเหง้าข่าถูกนำมาวิเคราะห์โดย FAB -MS และ NMR spectrometry และตรวจหาองค์ประกอบของแต่ละอะกลัยโคน (aglycone) โดยวิธีวิเคราะห์ GC-MS ด้วย capillary column เคลือบกับเฟส chiral stationary จากการวิเคราะห์ GC-MS พบว่า องค์ประกอบของไดอะสเตอริโอเมอร์ (Diastereomer) (1R, 2R, 4S)- และ (1S, 2S, 4R)-trans-2-hydroxy 1,8-cineole β -D-glucopyranosides เป็น 3:7

 α -pinene β -pinene

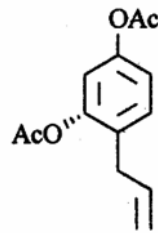
Galangin



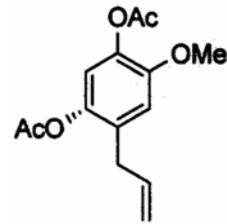
Kaempferol



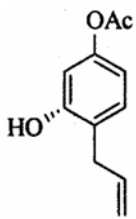
terpinen-4-ol



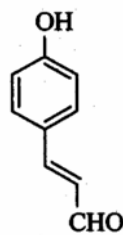
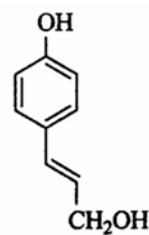
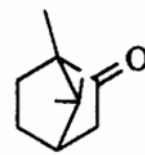
1'S'-1'-acetoxychavicol acetate



1'S'-1'-acetoxyeugenol acetate



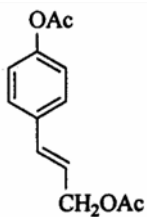
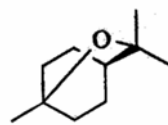
1'S'-1'-hydroxychevicol acetate

*trans*-p-hydroxycinnamaldehyde*trans*-p-coumaryl alcohol

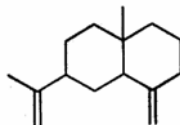
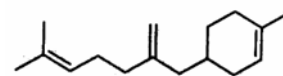
camphor

Acetate

alcohol

*trans*-p-coumaryl diacetate

1,8-cineole

 β -selinene β -bisabolene

ภาพที่ 2.3 สูตรโครงสร้างของสารสำคัญบางชนิดที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากเหง้าข่า

ที่มา : Chudiwal et al., 2010

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของชำ

สารประกอบ	ปริมาณ (%ของน้ำมันทั้งหมด)	สารประกอบ	ปริมาณ (%ของน้ำมันทั้งหมด)
α -pinene	4.34	Sabinene	0.48
β -pinene	5.21	β -myrcene	0.77
α -terpinene	0.26	1, 8 – cineole	46.22
γ -terpinene	0.42	α -terpinolene	0.15
4-allylphenyl acetate	9.38	geranyl acetate	0.52
methyl-eugenol	3.22	α -bergamotene	4.05
α -humulene	0.98	β -farnesene	1.83
β -bisabolene	6.04	β -sesquiphellandrene	3.22
γ -bisabolene	1.56		

ที่มา : Geane et al., 2012

Leopold et al. (2003) ศึกษาการวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยของใบ, ลำต้น, ราก และเหง้าของสมุนไพรจากตอนใต้ของอินเดีย พบว่า องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยในใบชำ มี 1,8-cineole(28.3%), camphor (15.6%), β -pinene (5.0%), (E)-methyl cinnamate (4.6%), bornyl acetate (4.3%) และ guaiol (3.5%) น้ำมันหอมระเหยจากลำต้นประกอบด้วย 1,8-cineole (31.1%), camphor (11.0%), (E)-methyl cinnamate (7.4%), guaiol (4.9%), bornyl acetate (3.6%), β -pinene (3.3%) และ β -terpineol (3.3%). ส่วนน้ำมันหอมระเหยในเหง้าชำ ประกอบด้วย 1,8-cineole (28.4%), β -fenchyl acetate (18.4%), camphor (7.7%), (E)-methyl cinnamate (4.2%) และ guaiol (3.3%) นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากรากชำ ประกอบด้วย α -fenchyl acetate (40.9%), 1,8-cineole (9.4%), borneol (6.3%), bornyl acetate (5.4%) และ elemol (3.1%)

2.3.2 ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันหอมระเหยชำ

สมุนไพรหรือเครื่องเทศทำหน้าที่หลักในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์อื่นๆ โดยทั่วไปสมุนไพรจะมีน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีองค์ประกอบหลายชนิดได้แก่ แอลกอฮอล์ เอสเตอร์ เทอร์ปีน ฟีนอล อัลคานอยด์ เรซิน กรดอินทรีย์ และสารอื่นๆ และน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ชำเป็นสมุนไพรอีกชนิดหนึ่งที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อรา พบว่าสกัดจากแอลกอฮอล์ ไพโตรเลียม อีเทอร์ และคลอโรฟอร์มจากเหง้าชำ (บัณฑิต และคณะ, 2550)

Okazaki et al. (1952) ศึกษาสารสกัดชาด้วยไดเอทิลอีเธอร์ ปีโตรเลียมอีเธอร์ และสารสกัดจากน้ำกลั่นนั้นสามารถฆ่าแบคทีเรีย *Escherichia coli* ที่เป็นสาเหตุของอาการแน่นท้อง จุกเสียดได้ โดยพบสารยีนอล เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย

Pathum et al. (2009) ศึกษาสารต้านเชื้อรา *Aspergillus flavus* จากพืชในวงศ์ Zingiberaceae โดยสารสกัดเฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตต จากเหง้าชา แสดงฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์จากการแยกสารสกัดไดคลอโรมีเทนด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีสามารถแยกสารได้ 1 ชนิด คือ 1'-acetoxychavicol acetate จากการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าสารสกัด 1'-acetoxychavicol acetate แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อรา *A.flavus* และ แบคทีเรีย *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* 0157:S7, *Escherichia coli* และ *Staphylococcus aureus* ที่ระดับความเข้มข้น 300 ไมโครลิตรต่อหลุม

Oonmetta-aree et al (2006) ศึกษาสารสกัดพืชวงศ์ขิง (ชา, ขิง, ขมิ้น และกระชาย) ที่สกัดด้วยเอทานอล พบว่าสารสกัดสามารถต้านการเจริญของเชื้อ *Staphylococcus aureus* 209P และ *Escherichia coli* NIHJ JC-2 สำหรับค่า Minimum inhibitory concentration (MIC) ของสารสกัดจากชาที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. aureus* เท่ากับ 0.325 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ minimum bactericidal concentration (MBC) โดยวิธี broth dilution เท่ากับ 1.3 มิลลิกรัมต่อมล. จากการศึกษาภาพ Transmission electron microscopy (TEM) แสดงให้เห็นชัดว่า สารสกัดจากชาเข้าทำลายทั้งภายในและภายนอกของเมมเบรนของแบคทีเรียและจากการศึกษาชนิดของสารออกฤทธิ์โดย GC-MS และ NMR. พบว่าสารประกอบที่สำคัญของสารสกัด คือ D,L-10-acetoxychavicol acetate

บัณฑิต และคณะ (2550) ศึกษาผลการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากพืชวงศ์ขิง (Zingiberaceae) 5 ชนิดได้แก่ ขิง (*Zingiber officinal* Roscoe) ชา (*Alpinia galanga* Swartz) ขมิ้นชัน (*Curcuma longa*) กระชาย (*Boesenbergia pandurata*) และเร่วหอม (*Amomum xanthioides*) สกัดด้วยวิธีต้มกลั่น (hydrodistillation) และสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) 2 ชนิด (ethanol และ petroleum ether) ต่อการเจริญเติบโตของ *Aspergillus flavus* ที่คัดแยกได้จากเมล็ด ถั่วลิสง โดยวิธี agar dilution method ที่ความเข้มข้น 100, 500, 1,000, 5,000 และ 10,000 ppm พบว่าน้ำมันหอมระเหยชา มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย และการงอกของสปอร์ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยของพืชอีก 4 ชนิด โดยน้ำมันหอมระเหยจากชาที่สกัดด้วยวิธีต้มกลั่นและใช้ตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 5,000 ppm แสดงการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 7 วัน และน้ำมันหอมระเหยจากชาสกัดด้วยตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิด ที่ความเข้มข้น 5,000 และ 10,000 ppm สามารถยับยั้งการงอกได้ร้อยละ 100 ภายใน 12 ชั่วโมง แต่น้ำมันหอมระเหยจากชาที่ได้จากการต้มกลั่นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้ 24 ชั่วโมง

สมพร (2008) พบว่าสารสกัดจากเหง้าข่า มีฤทธิ์ต้านเชื้อรา *Microsporum gypseum*, *Trichopyton rubrum*, *Epidermophyton floccosum*, *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* และ *Saccharomyces* sp. และสารที่ออกฤทธิ์ในการต้านเชื้อราดังกล่าว คือ 1'-acetoxychavicol acetate, 1'-acetoxyeugenol acetate และ 1'-hydroxychavicol acetate

Halijahet al. (2009) ศึกษากิจกรรม anti-plasmid ของ 1'-acetoxychavicol acetate จากสารสกัดอะซีโตนของข่าที่แสดงฤทธิ์ต้านทานแบคทีเรีย พบว่า สารประกอบที่สำคัญในกิจกรรมคือ 1'-acetoxychavicol acetate สามารถเข้าหีส cure plasmid เพื่อยับยั้งแบคทีเรียสายพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ *Enterococcus faecalis*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* และ *Bacillus cereus* ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้ง 66, 75, 70, 32 และ 6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ 400-800 ไมโครกรัมต่อมล.

Waranee et al. (2011) ศึกษากลไกการยับยั้งทั้งแบคทีเรียแกรมลบและแกรมบวกของน้ำมันหอมระเหยข่าด้วยภาพ scanning electron microscopy (SEM) พบว่าน้ำมันหอมระเหยข่าสามารถยับยั้งแบคทีเรียโดยอาจจะปรับเปลี่ยนเยื่อหุ้มเซลล์ให้เสียสภาพและซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1.1.1 เครื่องชั่ง 3 และ 4 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany)
- 3.1.1.2 อ่างควบคุมความอุณหภูมิ (Memmert, USA)
- 3.1.1.3 เครื่องผสม (Genies, USA)
- 3.1.1.4 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis1201, Satorious, USA)
- 3.1.1.5 ตู้ดูดควัน (Fume Hood)
- 3.1.1.6 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Tomy, USA)
- 3.1.1.7 เครื่องบ่มแบบเขย่าควบคุมอุณหภูมิ (Vision, Korea)
- 3.1.1.8 เครื่องปั่นเหวี่ยงแยกควบคุมอุณหภูมิ (Whatman, Switzerland)
- 3.1.1.9 TLC Silica gel 60 F254 (Merck, Germany)
- 3.1.1.10 TLC Tank

3.1.2 สารเคมี

- 3.1.2.1 Sodium ammonium hydrogen phosphate tetrahydrate (Sigma, USA)
- 3.1.2.2 Di-potassium hydrogen orthophosphate (Ajax, Australia)
- 3.1.2.3 Potassium dihydrogen orthophosphate (Ajax, Australia)
- 3.1.2.4 Glucose (Ajax, Australia)
- 3.1.2.5 Calcium chloride (Sharlau, Spain)
- 3.1.2.6 Copper chloride (Merck, Germany)
- 3.1.2.7 Cobalt (II) sulphate (Asia Pacific Specialty Chemical, Australia)
- 3.1.2.8 Manganese chloride (Carlo Erba, Italy)
- 3.1.2.9 Zinc oxide (Ajax, Australia)
- 3.1.2.10 Ferrous sulfate (Carlo Erba, Italy)
- 3.1.2.11 Magnesium sulphate hydrate (Ajax, Australia)
- 3.1.2.12 Nutrient broth (Himedia, India)

- 3.1.2.13 Nile Blue A (Sigma, U.S.A.)
- 3.1.2.14 Sudan Black B (Fluka, U.S.A.)
- 3.1.2.15 Acetic acid (LabScan, Ireland)
- 3.1.2.16 Toluene (Merck, Germany)
- 3.1.2.17 Sodium hypochlorite (Carlo Erba, Italy)
- 3.1.2.18 Acetone (Mallinckrodt, U.S.A.)
- 3.1.2.19 Iodine (Asia Pacific Specialty Chemical, Australia)
- 3.1.2.20 Ethyl acetate (Carlo Erba, Italy)
- 3.1.2.21 Benzene (Rankem, India)
- 3.1.2.22 Ethanol (LabScan, Ireland)
- 3.1.2.23 Chloroform (LabScan, Ireland)
- 3.1.2.24 Hydrochloric acid (Carlo Erba, Italy)
- 3.1.2.25 Potassium hydroxide (Ajax, Australia)
- 3.1.2.26 Potassium sulfate (LabScan, Ireland)

3.1.3 วัสดุในการเตรียมพอลิเมอร์

3.1.3.1 พอลิแลคติกแอซิด (PLA) จาก บ. NatureWorks LLC เกรด 4042D (ใช้สำหรับงานฟิล์ม)

3.1.3.2 น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นชนิดแอมโมเนียสูง (High ammonia natural rubber latex) จาก บ.ไทยฮั้ว ยางพารา จำกัด (มหาชน) ทำการอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมตัวอย่างพอลิเมอร์ผสม

ทำการผสม PLA กับยางธรรมชาติ ที่สัดส่วนการผสมให้ได้ PLA/NR ที่มีปริมาณยาง 10% โดยน้ำหนัก โดยใช้เครื่องบดผสมภายใน Haake รุ่น Rheomix 600p ความเร็วรอบของแกนหมุน 50 rpm ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 นาที โดยก่อนผสมทำการอบแห้งเม็ด PLA และยางที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 8 ชั่วโมง 2. นำออกจากเครื่องบดผสมภายใน ทั้งพอลิเมอร์ผสมให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำมาบดด้วยเครื่องบด Riken Electric Co, Ltd. ให้มีลักษณะเป็นเม็ด

3.2.2 การขึ้นรูปพอลิเมอร์

การขึ้นรูปพอลิเมอร์มี 2 ขั้นตอนคือ

3.2.2.1 กระบวนการรีด (Extrusion process) มีขั้นตอนดังนี้

1) ติดตั้งหัวรีดเข้ากับเครื่องรีดแบบสกรูคู่ (twin screw extruder) Brabender รุ่น DSE35/17D เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูเท่ากับ 35 มิลลิเมตร และ L/D เท่ากับ 17 ปรับค่าอุณหภูมิที่กระบอกหุ้มสกรู 4 ตำแหน่ง และที่หัวรีด

2) ตั้งค่าความเร็วรอบ (rpm) การหมุนของสกรูที่ค่าต่าง ๆ

3) ปรับอัตราส่วนการดึง (draw ratio) ด้วยการปรับความเร็วรอบของ take-up roll ของ Brabender โดย ระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งจากหัวรีดเท่ากับ 7 เซนติเมตร

3.2.2.2 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Blown-film process)

1) ทำการขึ้นรูปด้วยเครื่องเป่าฟิล์มขนาดเล็ก (mini-type) Southeast machinery รุ่น SE/HD-45 MINI ซึ่งมี L/D เท่ากับ 28/1 เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวรีดแบบวงแหวน ขนาด 60 มิลลิเมตร และความกว้างของ วงแหวน (die gap) เท่ากับ 1 มิลลิเมตร

2) ปรับความเร็วรอบของสกรูและอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปที่ค่าต่าง ๆ ให้สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่เสถียร (stable) ได้

3.2.3 การทดสอบสมบัติสมบัติทางกายภาพของฟิล์มที่ได้ มีดังนี้

3.2.3.1 การดึง (Tensile test) มีวิธีการดังนี้

1) ทดสอบสมบัติการดึงของฟิล์มด้วยเครื่อง Instron universal testing รุ่น 5569 โดยใช้ load cell ขนาด 5 kN

2) จับยึดชิ้นตัวอย่างด้วยหัวจับ (grip) ขนาดของ gauge length เท่ากับ 7.62 มิลลิเมตร ทำการดึงที่ ความเร็วของ crosshead 1 มิลลิเมตร/นาที ที่อุณหภูมิห้อง

3) ทำการทดสอบชิ้นตัวอย่าง อย่างละ 5 ชิ้น บันทึกผล

4) อ่านค่าความเค้นที่จุดขาด ความเครียดที่จุดขาด คำนวณหามอดุลัส ความเหนียวดึง 5. เก็บฟิล์มที่อุณหภูมิ 40°C ในตู้อบเป็นระยะเวลา 0-4 สัปดาห์ ก่อนนำมาทดสอบ เพื่อศึกษาผลของ physical aging (ภายหลังการทดสอบ ฟิล์มบางบริเวณจะมีสีขาวขุ่นและบางบริเวณจะใสไม่มีสี นำทั้งสอง ส่วนนี้ทดสอบ สมบัติทางความร้อน โดยใช้ Differential Scanning Calorimetry, DSC)

3.2.3 การเตรียมน้ำมันหอมระเหย

สกัดน้ำมันหอมระเหยจากแก้ด้วยวิธี hydro distillation และศึกษาชนิดและปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ยับยั้งแบคทีเรียสาเหตุอาหารทะเลเน่าเสียด้วย MS-HPLC

นำชำแก้ที่มีอายุไม่น้อยกว่า 6 เดือน ซื้อจากตลาดไท จังหวัดปทุมธานี จำนวน 30 กิโลกรัมมา หั่นเป็นแว่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำมาสกัดด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ (วันดีและคณะ, 2536) ดังภาพที่ 3.1 วัดปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้ และวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีฤทธิ์ยับยั้ง แบคทีเรีย



ภาพที่ 3.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยข่า

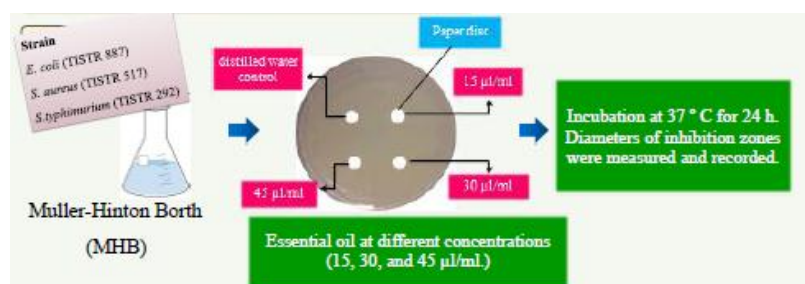
3.2.4 การทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียทดสอบของพอลิเมอร์ชีวภาพผสมที่ผลิตได้แบคทีเรียทดสอบ มี 3 ชนิด คือ *Salmonella typhimurium* ATCC 14028 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย) *Escherichia Coli* 0157:H7 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย) *Vibrio cholerae* O1, O139 (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, ประเทศไทย) การทดสอบมีวิธีการดังนี้

3.2.4.1 เตรียมกล้าเชื้อแบคทีเรียทดสอบ

เชื้อแบคทีเรียทดสอบจำนวน 1 ลูก ลงในพลาสติกขนาด 250 มิลลิตรที่มีอาหารเหลว Mueller-Hinton broth (MHB) 100 มิลลิตรที่ผ่านการสเตรไอร์แลนด์แล้ว จากนั้นนำไปบ่มเลี้ยงในตู้บ่มเลี้ยงแบบเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ทำการเก็บตัวอย่างทุกๆ 3 ชั่วโมงวัดความขุ่นด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร (OD_{660}) จนกระทั่งอาหารเลี้ยงเชื้อมีค่า OD เท่ากับ 0.5 (ประมาณ 18 ชั่วโมง) จากนั้นทำการหาปริมาณแบคทีเรียที่ระดับความขุ่นนี้โดยการนำกล้าเชื้อที่ได้มาทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อให้มีความเจือจางต่างๆ แล้วดูตามา 1 มิลลิตรเกลี่ยลงบนอาหารแข็ง Mueller-Hinton Agar (MHA) บ่มให้ตู้บ่มอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำมานับจำนวนโคโลนี และคำนวณหาจำนวนโคโลนี เป็น colony forming unitต่อปริมาตรกล้าเชื้อ 1 มิลลิตร หรือ cfu/ml

3.2.4.2 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบของน้ำมันหอมระเหยข่า

ทำการทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียด้วยเทคนิค disc diffusion โดยมีวิธีการดังนี้ ใส่กล้าเชื้อที่เตรียมได้ 1 มิลลิตรลงในจานเพาะเชื้อที่มีอาหารแข็ง MHA ที่ผ่านการสเตรไอร์แลนด์แล้ว เกลี่ยกล้าเชื้อให้กระจายทั่วจานเพาะเชื้อจึงตั้งทิ้งให้ผิวหน้าอาหารแข็งแห้ง จากนั้นวางแผ่น กระดาษกรอง whatman No 2 ปลอดเชื้อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.8 เซนติเมตรลงบนอาหารแข็ง 4 แผ่น หยดน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ลงบนแผ่นกระดาษ 3 แผ่น โดยหยดน้ำมันหอมระเหย 15 ไมโครลิตรลงบนกระดาษแผ่นที่ 1 หยดน้ำมันหอมระเหย 30 ไมโครลิตรลงบนกระดาษแผ่นที่ 2 หยดน้ำมันหอมระเหย 45 ไมโครลิตรลงบนกระดาษแผ่นที่ 3 และหยดน้ำกลั่นปลอดเชื้อ (negative control) 45 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษแผ่นที่ 4 ดังภาพที่ 3.2 นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ถ้ามีการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียจะเกิดบริเวณใส (clear zone) รอบแผ่นกระดาษ (แผ่นที่หยดน้ำกลั่นจะไม่เกิดบริเวณใส) ทำการวัดความกว้างของบริเวณใสโดยวัดจากขอบกระดาษถึงขอบนอกสุดของบริเวณใส บันทึกผล ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ

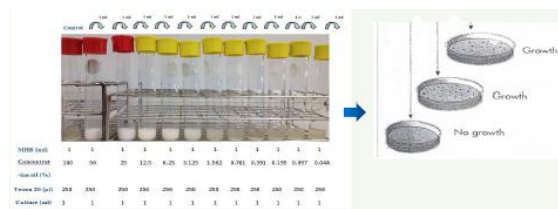


ภาพที่ 3.2 การทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหย

3.2.4.3 การหาความเข้มข้นที่ต่ำที่สุด (MIC) ที่ยับยั้งการเติบโตของแบคทีเรียของน้ำมันหอมระเหย

1) เตรียมน้ำมันหอมระเหยให้มีความเข้มข้น 100% 50% 25% 12.5% 6.25% 3.075% 1.528% 0.714% 0.357% 0.178% 0.089% และ 0% โดยใช้ tween 20 เป็นตัวทำเจือจาง

2) ทำการทดสอบด้วยเทคนิค broth dilution (2 fold serial dilution) โดยใส่อาหารเหลว MHB ลงในหลอดทดลองหลอดละ 1 มิลลิลิตร และ จำนวน 12 หลอด และแต่ละหลอดเติมน้ำมันหอมระเหยในความเข้มข้นต่างๆ 1 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 1 หลอด จากนั้นเติมกล้ำเชื้อหลอดละ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน บ่มทิ้งไว้ในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาตรวจนับจำนวนแบคทีเรีย ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การศึกษา MIC ของน้ำมันหอมระเหยต่อการเจริญของแบคทีเรีย

3.2.4.4 การทดสอบการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทดสอบของพอลิเมอร์ที่ผสมน้ำมันหอมระเหย

ตัดแผ่นพอลิเมอร์ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร วางบนจานอาหารแข็ง MHA ที่เคลือบด้วยกล้ำเชื้อแบคทีเรียทดสอบ จานละ 3 แผ่น เปรียบเทียบกับแผ่นพอลิเมอร์ที่ไม่ผสมน้ำมันหอมระเหย นำไปบ่มในตู้บ่มอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาตรวจสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย โดยถ้ามีการยับยั้งเกิดขึ้นจะสังเกตเห็นบริเวณใสรอบแผ่นพอลิเมอร์

3.2.5 ศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำมันหอมระเหยที่ใช้เป็นส่วนผสมของสารละลาย PLA/NR 90/10 ที่ใช้เคลือบกระดาษ ของน้ำมันหอมระเหยค่า 6 ระดับความเข้มข้น นำกระดาษที่ได้จากการเคลือบมาทดสอบการต้านทานเชื้อแบคทีเรียตามมาตรฐาน TAPPI T 487

3.2.6 ทดสอบการประยุกต์ใช้ห่อหุ้มและศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษา โดยห่อหุ้มกึ่งแข็งด้วยกระดาษที่ทำด้วยพอลิเมอร์ผสมที่ผลิตได้เข้มข้น 2% และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องแข็งของตู้เย็น และทำการนำออกมาละลายน้ำแข็งเมื่อแช่แข็งครบ 24 ชั่วโมง เป็นรอบๆ เก็บตัวอย่างทุกๆ 24 ชั่วโมง มาทำการนับแบคทีเรียทั้งหมด ศึกษาเปรียบเทียบกับ การเก็บรักษา กึ่งแข็งที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกโพรลีโอฟิลีนทางการค้าทั่วไป

3.2.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ

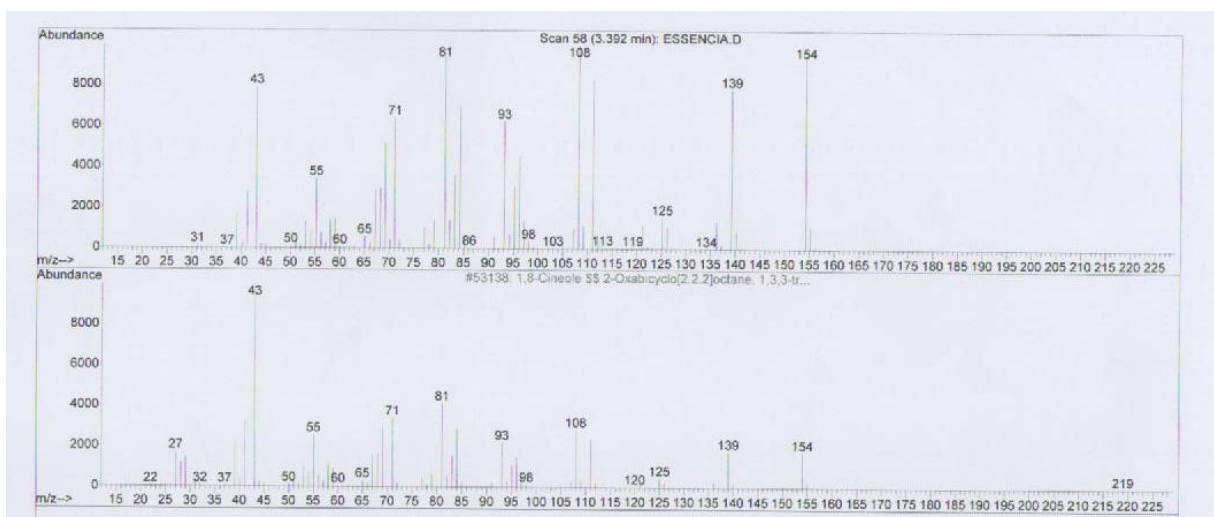
การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomize Design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ ความแปรปรวน (Analysis of variance) และ DMRT ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยชา และองค์ประกอบทางเคมี

จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยชาด้วยวิธี hydro-distillation พบว่าชาแก่ 10 กิโลกรัมได้น้ำมันหอมระเหยชา 0.0435 ± 0.01 กิโลกรัม คิดเป็นปริมาตรประมาณ 44 มิลลิตร หรือคิดเป็น 0.435% โดยน้ำหนักชา เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยนํ้าที่สกัดได้ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยชาด้วยเครื่อง GC/MS พบว่ามีสารองค์ประกอบหลักได้แก่ 1,8-cineole (53.482%), 5-t-butyl-3-hexa-3,5-dien-2-one (13.485%) และ dl-limonene (4.849%) ดังภาพที่ 4.1 และ แต่ละพีคมีพื้นที่ใต้กราฟดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 โครมาโตแกรมขององค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยชา

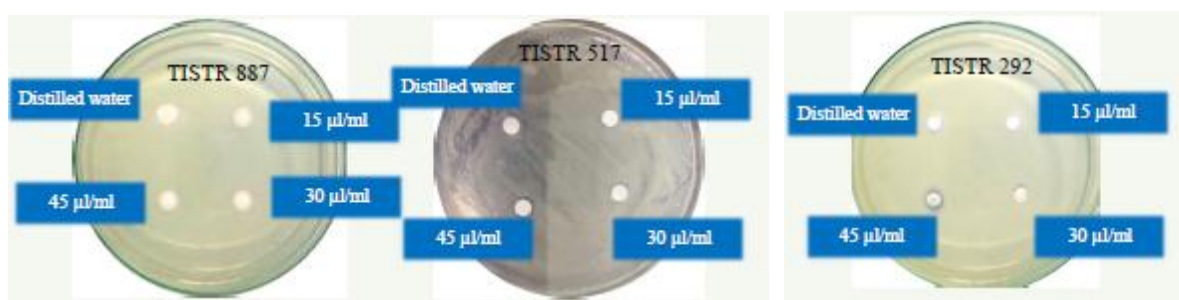
4.2 ผลการศึกษาการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบ

จากการทดสอบการต้านการเติบโตของแบคทีเรีย 3 ชนิดคือ *Escherichia coli* TISTR 887, *Staphylococcus aureus* TISTR 517 and *Salmonella typhimurium* TISTR 292 ของน้ำมันหอมระเหยชาด้วยวิธี Disc diffusion โดยหยดน้ำมันหอมระเหยชาลงบนแผ่น Disc ปลอดเชื้อ 0, 15, 30, และ 45 ไมโครลิตร ที่วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Mueller Hinton Agar ที่ทำการเกลี่ยผิวหน้าอาหารด้วยเชื้อแบคทีเรียทดสอบ พบว่า น้ำมันหอมระเหยชาปริมาณ 45 ไมโครลิตร สามารถยับยั้งแบคทีเรียทดสอบได้ โดยแสดงบริเวณใสรอบแผ่นทดสอบ ดังภาพที่ 4.3 โดยน้ำมันหอมระเหยชาปริมาณ 45 ไมโครลิตรสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทำให้เกิดบริเวณใสบนอาหารที่มี *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* กว้างเฉลี่ย 0.24, 0.12 and 0.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าน้ำมันหอมระเหยชาสามารถยับยั้งแบคทีเรีย *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างแบบแท่ง (rod) และติดสีแกรมลบ

ได้ดีกว่า *S. aureus* ที่เป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็น cocci และติดสีแกรมบวก แต่จากผลการทดสอบจะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยข่ายับยั้งการเจริญของ *S. typhimurium* น้อยที่สุดทั้งๆที่ *S. typhimurium* เป็นแบคทีเรียรูปร่างเป็นแท่งและติดสีแกรมลบ เช่นเดียวกับ *E. coli* ทั้งนี้เนื่องจาก *S. typhimurium* สามารถปรับตัวและสร้างภูมิคุ้มกันตัวเองได้ (Ginocchio et al., 2007)

peak #	R.T. min	first scan	max scan	last scan	PK TY	peak height	corr. area	corr. % max.	% of total
1	3.198	12	22	30	rM	389621	638171	1.40%	0.750%
2	3.279	31	37	42	rM 2	395305	859348	1.89%	1.010%
3	3.338	42	48	51	rM 3	2041464	4126148	9.07%	4.849%
4	3.409	51	61	74	rM 2	18524451	45508948	100.00%	53.483%
5	3.657	96	107	115	rM	721602	1177617	2.59%	1.384%
6	4.067	176	183	190	rM 3	264662	498210	1.09%	0.586%
7	4.132	190	195	203	rM	174357	301286	0.66%	0.354%
8	5.373	417	425	438	rM 3	301884	815372	1.79%	0.958%
9	5.615	459	470	480	rM	1772611	4075233	8.95%	4.789%
10	5.707	481	487	494	rM	57164	119631	0.26%	0.141%
11	5.853	505	514	529	rM 3	770397	2005592	4.41%	2.357%
12	6.063	547	553	560	rM 2	29470	66537	0.15%	0.078%
13	6.430	611	621	635	rM 4	45327	130179	0.29%	0.153%
14	7.121	740	749	767	rM 4	39251	160517	0.35%	0.189%
15	8.108	921	932	945	rM 3	91981	262806	0.58%	0.309%
16	8.475	982	1000	1010	rM 3	55294	178268	0.39%	0.210%
17	9.403	1163	1172	1181	rM 3	35067	108362	0.24%	0.127%
18	9.651	1195	1218	1227	rM 2	3184624	11474455	25.21%	13.485%
19	9.732	1227	1233	1250	rM	1064673	2724727	5.99%	3.202%
20	9.883	1251	1261	1268	rM 4	34660	112078	0.25%	0.132%
21	9.975	1269	1278	1289	rM	77227	245271	0.54%	0.288%
22	10.121	1295	1305	1318	rM 4	79786	249564	0.55%	0.293%
23	10.293	1319	1337	1348	rM 5	49408	211741	0.47%	0.249%
24	10.531	1371	1381	1394	rM 2	72898	221849	0.49%	0.261%
25	10.822	1417	1435	1453	rM 2	162415	514452	1.13%	0.605%
26	11.227	1500	1510	1523	rM 4	131129	415671	0.91%	0.489%
27	11.507	1545	1562	1582	rM 3	160543	692516	1.52%	0.814%
28	12.155	1667	1682	1697	rM 3	407138	1436038	3.16%	1.688%
29	13.239	1870	1883	1898	rM 5	376191	1423024	3.13%	1.672%
30	14.335	2073	2086	2101	rM 3	270256	954600	2.10%	1.122%
31	14.626	2125	2140	2153	rM 3	194688	690054	1.52%	0.811%
32	15.015	2198	2212	2226	rM 2	223646	842731	1.85%	0.990%
33	15.387	2271	2281	2293	rM 3	23996	79588	0.17%	0.094%
34	15.543	2299	2310	2316	rM 7	32879	104019	0.23%	0.122%
35	15.630	2316	2326	2341	rM	73742	262168	0.58%	0.308%
36	16.720	2513	2528	2542	rM 6	112455	423331	0.93%	0.498%
37	20.043	3132	3144	3159	rM 3	183998	696616	1.53%	0.819%
38	21.462	3394	3407	3418	rM 7	42265	163638	0.36%	0.192%
39	26.378	4305	4318	4332	rM 4	24585	92105	0.20%	0.108%
40	28.924	4781	4790	4803	rM 6	8055	27850	0.06%	0.033%

ภาพที่ 4.2 แสดงพื้นที่ใต้กราฟขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันข่าที่วิเคราะห์ได้ด้วย GC/MS



ภาพที่ 4.3 ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E. coli* TISTR 887, *S. aureus* TISTR 517 และ *S. typhimurium* TISTR 292 ด้วยน้ำมันหอมระเหยข่า

ตารางที่ 4.1 บริเวณยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยข่า

น้ำมันหอมระเหยข่า (มิลลิลิตร)	บริเวณยับยั้ง (มิลลิเมตร)*		
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. Typhimurium</i>
15	0.12±0.04	NZ	NZ
30	0.12±0.04	NZ	NZ
45	0.24±0.05	0.2±0.10	0.1±0.00

NZ: no inhibition zone. Data were expressed as mean±S.D.

จากการศึกษาค่า Minimum Inhibitory Concentrations (MIC) ของน้ำมันหอมระเหยข่า ด้วยวิธี broth dilution method (2-fold serial dilution) พบว่า ค่า MIC ของน้ำมันหอมระเหยข่าที่สามารถยับยั้งการเติบโตของ *E. coli*, *S. aureus* and *S. Typhimurium*, มีค่าเท่ากับ 0.78, 1.56, and 0.78 µl/ml, ตามลำดับ

4.3 ศึกษาพอลิเมอร์คอมโพสิทระหว่างพอลิแลคติกแอซิดผสมยางพารา

4.3.1 ศึกษาการเตรียมพอลิแลคติกแอซิดผสมยางพาราที่อัตราส่วน 90/10

4.3.1.1 กระบวนการรีด (Extrusion process)

เมื่อทำการขึ้นรูปฟิล์มจาก PLA/NR10 ด้วยกระบวนการรีดโดยปรับอุณหภูมิและความเร็วรอบ พบว่า สามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ภายใต้สภาวะอุณหภูมิที่กระบอกหุ้มสกรู 4 ตำแหน่งและที่หัวรีด เท่ากับ 130 135 140 145 147 องศาเซลเซียส (จากข้อมูล DSC อุณหภูมิการหลอมของ PLA อยู่ในช่วง 146-152 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้ เมื่อทำการปรับอุณหภูมิที่หัวรีดค่าต่าง ๆ พบว่า มีเพียงช่วง 147-148 องศาเซลเซียส เท่านั้นที่สามารถขึ้นฟิล์มได้ และที่ ความเร็วรอบ 3 รอบต่อวินาที เท่ากับความเร็วที่พอลิเมอร์หลอมไหลผ่านหัวรีดมีค่าเท่ากับ 11.5 มิลลิเมตรต่อวินาที จะสามารถได้ฟิล์มที่สามารถถูกดึงยึดโดย take-up roll ได้ เมื่อหล่อเย็นด้วยอากาศที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเพิ่มความเร็วรอบ ไม่สามารถขึ้นฟิล์มนี้ได้

4.3.1.2 อัตราส่วนการดึง (Draw ratio) อัตราส่วนการดึง (DR) คือ อัตราส่วนระหว่างความเร็วของ take-up roll และความเร็วของพอลิเมอร์หลอมไหลผ่านหัวรีด ในการศึกษานี้ เมื่อปรับความเร็วของ take-up roll ค่าต่าง ๆ พบว่า ที่อัตราส่วนการดึงเท่ากับ 1 เท่านั้น ที่สามารถได้ฟิล์มได้ และฟิล์มที่ได้มีความหนา 0.50 มิลลิเมตร ที่อัตราส่วนการดึงสูงกว่านี้ พอลิเมอร์หลอมเกิดการ “ขาด” ระหว่างดึง ไม่สามารถรีดเป็นฟิล์มได้

ในกระบวนการรีด สามารถขึ้นรูปฟิล์มของพอลิเมอร์ผสม PLA/NR10 ได้ แม้ว่าสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มได้ แต่ฟิล์มที่ได้หากมีแรงบิดเพียงเล็กน้อย ฟิล์มก็แตกหักแบบเปราะ ทำให้ไม่สามารถนำมาทดสอบการดึง (tensile test) ได้ เนื่องจากฟิล์มเกิดการแตกหักในขั้นตอนการจับยึด (grip) จากการศึกษาโครงสร้างของ PLA ภายใต้การดึงของ Lee et al. (2001) โดยเตรียมฟิล์มด้วย กระบวนการกดอัด (compression molding) แล้วทำการดึงฟิล์มด้วยเครื่องทดสอบการดึงที่อัตราการดึงต่าง ๆ พบว่า ที่อัตราการดึงสูงจะทำให้เกิดการจัดเรียงตัวตามแนวแรง (orientation) สูง

เมื่อทำการขึ้นรูป PLA/NR10 ด้วยกระบวนการกดอัดเพื่อเตรียมแผ่นฟิล์ม พบว่า กรณีฟิล์มบางจากการกดอัดจะมีความ เหนียว ดึง พับ บิดได้ หากเป็นแผ่นแข็ง (ความหนา 0.20 มิลลิเมตร) จะมีความเหนียวน้อยกว่า บิดได้ แต่จะ หักเมื่อพับ (ความหนา มีบทบาทต่อสมบัติเชิงกล) นอกจากประเด็นเรื่องความหนา ฟิล์มที่ได้จากกระบวนการ กดอัดยังแตกหักยากกว่าที่ได้จากการกระบวนการรีดมาก ความแตกต่างของสมบัติของฟิล์มที่เกิดขึ้นจาก สองกระบวนการนี้น่าจะมาจากในกระบวนการกดอัด สายโซ่พอลิเมอร์มีเวลาในการเข้าสู่สมดุล เกิดการ จัดเรียงตัวที่ดีกว่าในกระบวนการรีดซึ่งเมื่อพอลิเมอร์หลอมไหลผ่านหัวรีด ผ่าน take-up roll ที่อุณหภูมิห้อง สายโซ่พอลิเมอร์มีเวลาไม่เพียงพอจะเข้าสู่สมดุลก็เกิดการแข็งตัว (solidify) แล้ว หากทำการอบอ่อน (annealing) พร้อมกับการดึงฟิล์ม (stretching) ภายหลังการรีดฟิล์มอาจช่วยทำให้สมบัติเชิงกลสูงขึ้นได้ แม้กระบวนการกดอัดจะให้ฟิล์มที่มีสมบัติที่ดีกว่า อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปกระบวนการกดอัดไม่ใช่กระบวนการเพื่อขึ้นรูป ฟิล์มในระดับอุตสาหกรรม

4.3.1.3 กระบวนการเป่าฟิล์ม (Film-blowing process)

เมื่อนำ PLA มาขึ้นรูปด้วยเครื่องเป่าฟิล์มนี้ พบว่า สามารถขึ้นฟิล์มที่เสถียรได้เมื่อใช้ความเร็วรอบ ของสกรูเท่ากับ 120 รอบต่อนาที และอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส สำหรับการขึ้นรูป PLA/NR10 โดย ปรับความเร็วรอบสกรูและอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปค่าต่าง ๆ พบว่า ที่ 200 และ 320 รอบต่อนาที (สูงกว่าที่ใช้กับ PLA) และอุณหภูมิ 150 และ 150 องศาเซลเซียส (ต่ำกว่าที่ใช้กับ PLA) ตามลำดับ สามารถขึ้นรูป PLA/NR นี้เป็นฟิล์มที่เสถียรได้ กรณีฟิล์ม PLA/NR ที่เสถียรสามารถใช้ความเร็วรอบสูงขึ้น และอุณหภูมิต่ำกว่า PLA ได้ นั่นคือ ให้อัตราการผลิตสูงและใช้พลังงานความร้อนน้อยลง

4.3.2 สมบัติทางกายภาพของพอลิเมอร์ที่เตรียมได้

4.3.2.1 สมบัติการดึง (Tensile properties) พิล์ม PLA/NR10 ที่ได้จากการเป่ามีความหนาที่ไม่สม่ำเสมอ เมื่อนำมาทดสอบสมบัติการดึงจึงเลือก ชิ้นทดสอบจากบริเวณที่หนาและบาง โดยตัดชิ้นทดสอบทั้งตามแนวยาว (machine direction, MD) และ แนวยาว (transverse direction, TD) ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สมบัติการดึงของฟิล์ม PLA/NR10 จากการเป่า

ฟิล์ม PLA/NR	ความหนา ^a (mm)	ความแข็งแรงดึง (MPa)	ความเครียดที่ จุดขาด	(%) มอดุลัส (GPa)	ความเหนียว (MPa)
MD_หนา	0.178-0.312	18.33 ± 43.37	2.98 ± 0.35	1.88 ± 0.35	58.47 ± 17.88
MD_บาง	0.092-0.117	28.65 ± 1.33	31.51 ± 3.04	2.64 ± 0.29	918.82 ± 82.09
TD_หนา	0.219-0.292	17.81 ± 1.04	2.22 ± 0.41	2.02 ± 0.20	36.32 ± 7.09
TD_บาง	0.082-0.106	23.92 ± 1.25	14.41 ± 1.18	2.55 ± 0.36	346.56 ± 14.68

หมายเหตุ ฟิล์มเป่าที่มีความหนาดังแต่ 0.075 mm จัดเป็นฟิล์มหนา

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่า สมบัติการดึงของฟิล์มในสองทิศทางแตกต่างกัน โดยสมบัติตามแนวยาว (MD) จะมีค่าสูงกว่าตามแนวยาว (TD) ซึ่งน่าจะเป็นผลจากการจัดเรียงตัวตามแนวแรงที่สูงกว่าตามแนวยาว ฟิล์มบางจะทนต่อการดึงสูงกว่าฟิล์มหนา อย่างไรก็ตาม ทั้งฟิล์มบางและหนาในที่นี้ต่างจัดว่าเป็นฟิล์มแข็ง (ไม่ยืดหยุ่น) (เปรียบเทียบกับฟิล์มจาก PP, LDPE และ HDPE)

4.4 ผลการยับยั้งแบคทีเรียของกระดาษเคลือบส่วนผสม PLA/NR ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยชา

จากการทดสอบความต้านทานแบคทีเรียของกระดาษเคลือบส่วนผสม PLA/NR ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยชาโดยทำการศึกษาความเข้มข้นของสารละลายน้ำมันหอมระเหย 5 ระดับ คือความเข้มข้น 0.00, 0.50, 1.00, 2.00, 4.00 และ 8.00% ตามลำดับ พบว่ากระดาษเคลือบส่วนผสม PLA/NR ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยชาความเข้มข้น 2% ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย *E. coli* TISTR 887, *S. aureus* TISTR 517 and *S. typhimurium* TISTR 292 ได้อย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 บริเวณการยับยั้งแบคทีเรียของกระดาษที่เคลือบด้วยพอลิเมอร์ผสมน้ำมันหอมระเหยข่า

ความเข้มข้น (พีพีเอ็ม)	บริเวณยับยั้ง (มิลลิเมตร)		
	<i>E. coli</i> TISTR 887	<i>S. aureus</i> TISTR 517	<i>S. typhimurium</i> TISTR 292
200,000	21.50	18.33	21.83
100,000	8.33	7.67	8.50
50,000	-	-	-
25,000	-	-	-
12,500	-	-	-
6,250	-	-	-

– mean could not inhibit the growth of microorganism

4.6 ผลการทดสอบการประยุกต์ใช้กระดาษที่ทำด้วยพอลิเมอร์ผสมที่ผลิตได้ ห่อหุ้มกุ้งแช่แข็งและศึกษาการยืดอายุการเก็บรักษา เปรียบเทียบกับการเก็บรักษากุ้งแช่แข็งห่อหุ้มด้วยถุงพลาสติกทางการค้าทั่วไป

จากการศึกษาอายุการเก็บของกุ้งแช่แข็งด้วยบรรจุภัณฑ์ต่างๆ กัน 3 ชนิด โดยใช้ปริมาณ เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจในการเก็บรักษาของกุ้งแช่แข็ง พบว่า อายุการ เก็บรักษากุ้งแช่แข็งหลังการละลายครั้งแรกที่ห่อด้วยกระดาษขาวเคลือบพอลิเมอร์ผสม PLA/NR ที่ผสมน้ำมันข่าความเข้มข้น 2% และฟลอมพอลิโพรพิลีน สามารถยืดอายุการเก็บรักษาหลังการละลายครั้งแรกได้นานที่สุดเป็นระยะเวลา 6 รอบ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งแช่แข็งด้วยกระดาษเคลือบพอลิเมอร์ผสมน้ำมันหอมระเหย 2%

การทดสอบ	Shelf life (cycles)
1. Frozen shrimp wrapped in polypropylene film	2
2. Frozen shrimp wrapped in paper and polypropylene film	2
3. Frozen shrimp wrapped in paper coated with galangal oil at 2% (v/v) and polypropylene film	6

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

น้ำมันหอมระเหยสกัดด้วยวิธี hydro-distillation ได้น้ำมันหอมระเหย 0.435% โดยน้ำหนัก น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ประกอบด้วย GC/MS พบว่ามีสารองค์ประกอบหลักได้แก่ 1,8-cineole (53.482%), 5-t-butyl-3-hexa-3,5-dien-2-one (13.485%) และ dl-limonene (4.849%) น้ำมันหอมระเหยที่ความเข้มข้น 45 $\mu\text{L/ml}$ สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* โดยแสดงบริเวณยับยั้งกว้าง 0.24, 0.12 and 0.1 mm, ตามลำดับ และน้ำมันหอมระเหยมีค่า MIC ที่สามารถยับยั้งการเติบโตของ *E. coli*, *S. aureus* and *S. Typhimurium*, มีค่าเท่ากับ 0.78, 1.56, and 0.78 $\mu\text{L/ml}$, ตามลำดับ

แผ่นฟิล์มจากพอลิเมอร์ผสมระหว่างพอลิแล็กติกแอซิดกับยางธรรมชาติที่มีปริมาณยาง 10% โดยน้ำหนัก สามารถเตรียมได้ด้วยกระบวนการรีดและกระบวนการเป่า โดยสภาวะที่ใช้ในการขึ้นรูปที่เหมาะสม ในการรีด พบที่อุณหภูมิหัวรีด 147 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 3 รอบต่อนาที และอัตราส่วนการดึงเท่ากับ 1 โดยฟิล์มที่ได้มี ลักษณะเปราะ ส่วนสภาวะที่เหมาะสมในการเป่า พบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบสูงสุดที่ 320 รอบต่อนาที ฟิล์มบางตามแนวเครื่อง (MD) แสดงค่ามอดูลัสและความเครียดที่จุดขาดสูงที่สุด และฟิล์มหนาตามแนวขวาง (TD) แสดงค่าดังกล่าวต่ำที่สุด

การศึกษาประสิทธิภาพของการยืดอายุการเก็บรักษากุ้งแช่แข็งหลังการละลายครั้งแรกและเก็บรักษาในช่องแช่แข็งในตู้เย็นพบว่ากระดาษที่เคลือบด้วยส่วนผสม PLA/NR ที่ผสมน้ำมันหอมระเหยในความเข้มข้น 2% (v/v) สามารถยืดอายุการเน่าเสียได้ 6 รอบหรือ 6 วัน

บทที่ 6
สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

ผลงาน	ระบุรายละเอียดให้ชัดเจน	จำนวน	ปีที่คาดว่าจะสำเร็จ
1. การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ(Publications)			
▪ การประชุม / สัมมนา ระดับนานาชาติ (International Conference)	นำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ในประชุมวิชาการระดับนานาชาติ	1	2558
▪ วารสาร ระดับนานาชาติ (International Journal)	ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติที่เป็นที่ยอมรับ	1	2559
▪ วารสาร ระดับชาติ (National Journal)	ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติที่เป็นที่ยอมรับ	1	2559
▪ การประชุม / สัมมนา ระดับชาติ (National Conference)	นำเสนอผลงานภาคโปสเตอร์ในประชุมวิชาการระดับชาติ	1	2559
2. การผลิตบัณฑิต			
▪ ป.ตรี/โท/เอก			
3. ต้นแบบ กรณาระบุระดับของต้นแบบ ดังนี้			
▪ พร้อมใช้ (ผลิตภัณฑ์) (Product)			
▪ ระดับภาคสนาม (Field Prototype)			
▪ ระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Prototype)	ได้ผลิตภัณ์ต้นแบบ และสูตรผสม	1	2558
4. ทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property)			
▪ สิทธิบัตร (Patent)			
▪ อนุสิทธิบัตร (Petty Patent)	ขอยื่นจดอนุสิทธิบัตร	1	2559
▪ ลิขสิทธิ์ เช่น ซอฟต์แวร์ เป็นต้น (Copyright, e.g. Software etc.)			
▪ เครื่องหมายทางการค้า (Trademark)			
5. ผลงานสร้างสรรค์ศิลปะ			
6.การถ่ายทอดเทคโนโลยีต่างๆ (ระบุประเภท และจำนวนครั้ง / จำนวนคนที่คาดว่าจะเข้าร่วม เช่น ฝึกอบรมเรื่อง จำนวน จัดสัมมนา อบรมเชิงปฏิบัติการ เป็นต้น)			