บทที่ 1
บทนำ

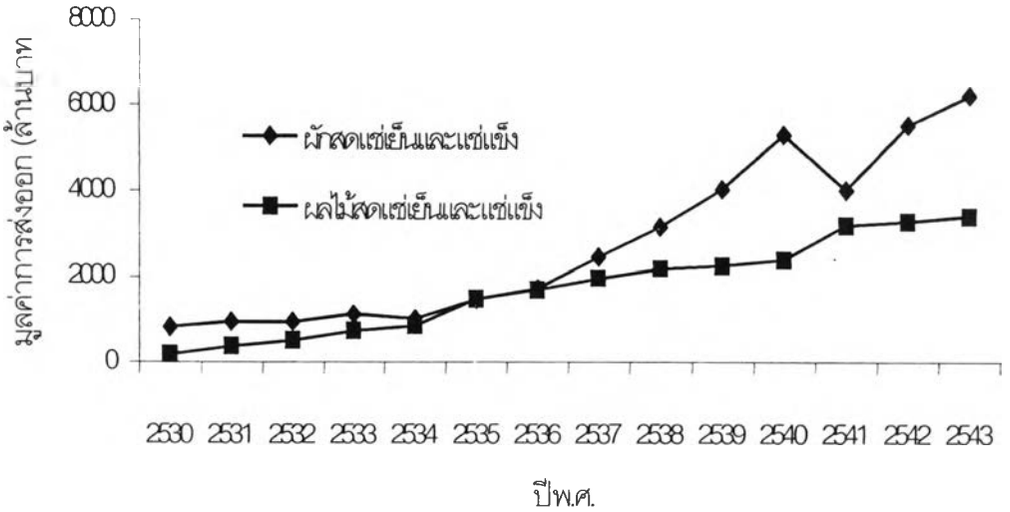
1.1 มูลเหตุและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งออกผักและผลไม้ปีละหลายล้านบาท [25, 38] ดังแสดงในตารางที่ 1.1 หรือแสดงได้ดังรูปที่ 1.1 และ 1.2 ซึ่งการส่งออกผักและผลไม้สดนี้สามารถนำรายได้เข้าสู่ประเทศได้มาก รวมทั้งเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นแหล่งสร้างงานที่สำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศ

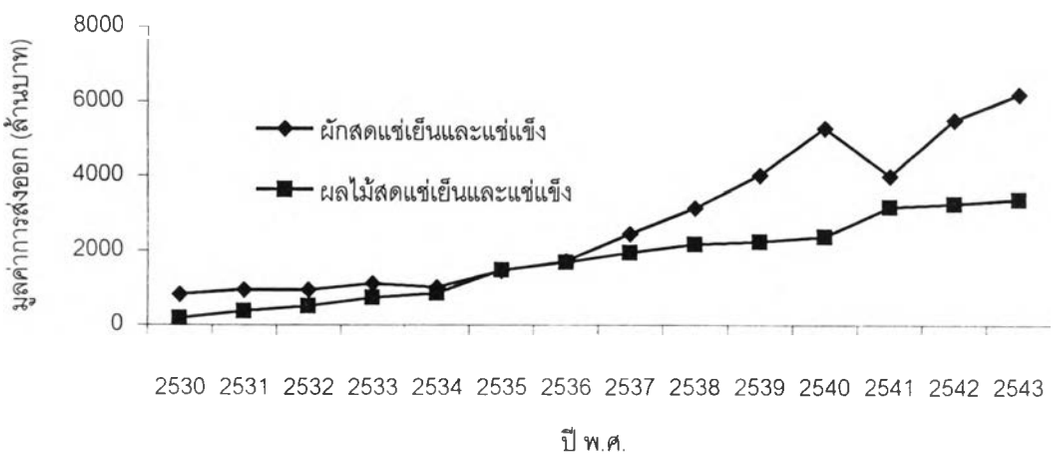
ตารางที่ 1.1 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผักสดและผลไม้สดแช่เย็นและแช่แข็งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2544 [25]

ปี พ.ศ.	ผักสดแช่เย็นและแช่แข็ง		ผลไม้สดแช่เย็นและแช่แข็ง	
	ปริมาณการส่งออก (ตัน)	มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)	ปริมาณการส่งออก (ตัน)	มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)
2530	62,300	815	20,511	174
2531	69,980	932	39,482	367
2532	67,295	934	44,351	513
2533	73,353	1,115	47,904	730
2534	57,440	1,008	48,794	851
2535	81,111	1,454	62,063	1,483
2536	100,242	1,725	61,822	1,679
2537	124,774	2,444	81,542	1,951
2538	145,198	3,150	86,877	2,174
2539	199,460	4,009	93,456	2,243
2540	227,267	5,282	71,414	2,378
2541	155,549	3,993	97,404	3,174
2542	250,259	5,508	101,918	3,270
2543	293,192	6,216	102,645	3,389
2544*	222,011	4,382.5	72,376	2,613.9

* เดือน มกราคม – กรกฎาคม 2544



รูปที่ 1.1 ปริมาณการส่งออกผักและผลไม้สดแช่เย็นและแช่แข็งของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2543



รูปที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกผักและผลไม้สดแช่เย็นและแช่แข็งของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 ถึง พ.ศ. 2543

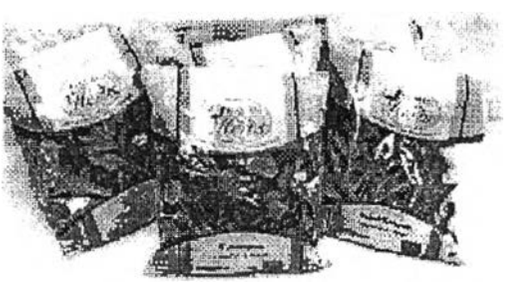
จากข้อมูลในรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่า ปริมาณการส่งออกผักสดแช่เย็น และแช่แข็งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 จนถึง พ.ศ. 2543 มีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 15.26 ต่อปี และมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 28.77 ต่อปี ส่วนปริมาณการส่งออกผลไม้สดแช่เย็นและแช่

แข็งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2530 จนถึง พ.ศ. 2543 มีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 15.32 ต่อปี และมีมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 18.71 ต่อปี

แม้ว่าปริมาณและมูลค่าการส่งออกผักและผลไม้จะมีอัตราเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี แต่น่าจะสามารถมีอัตราเพิ่มขึ้นมากกว่านี้ได้ เพราะจากการประเมินโดยผู้ประกอบการพบว่ามูลค่าการเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้สดคิดเป็นประมาณร้อยละ 35-40 ของมูลค่าการส่งออก [38] โดยสาเหตุสำคัญของการสูญเสียคือ ผักและผลไม้หลังจากการเก็บเกี่ยวมีอายุสั้น และเกิดการสูญเสียในระหว่างการขนส่งและจำหน่ายเป็นจำนวนมาก ซึ่งน่าจะเกิดจากการขาดวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว (postharvest technology) หรือการขาดความรู้ที่ถูกต้องในเรื่องวิธีการยืดอายุของผักและผลไม้ [3, 38]

ประเทศที่มีความเจริญด้านเทคโนโลยี เช่น อเมริกา ญี่ปุ่น และออสเตรเลีย ได้ให้ความสำคัญกับวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นอย่างมาก โดยได้ให้การสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาในเรื่องวิธีการยืดอายุผักและผลไม้เพื่อรักษาคุณภาพของผักและผลไม้ให้ยาวนานมากขึ้น [38]

วิธีหนึ่งในการยืดอายุผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวคือ การเก็บรักษาผักและผลไม้ไว้ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์ (modified atmosphere packaging, MAP) ซึ่งเป็นการปรับสภาพบรรยากาศภายในบรรจุภัณฑ์ให้มีปริมาณก๊าซออกซิเจนต่ำกว่าบรรยากาศปกติ (โดยทั่วไปจะน้อยกว่าร้อยละ 8 โดยปริมาตร) และมีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าบรรยากาศปกติ (ตั้งแต่ร้อยละ 1 โดยปริมาตร) โดยมีก๊าซไนโตรเจนทำหน้าที่ในการปรับสมดุลความดันให้เท่ากับความดันบรรยากาศปกติ ซึ่งปริมาณของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับผักและผลไม้แต่ละชนิดและอุณหภูมิในการเก็บรักษา วิธีการนี้จะทำให้อัตราการหายใจของผักและผลไม้ลดลงซึ่งจะช่วยชะลอการเน่าเสียและการเสื่อมสภาพลงได้ [2] ตัวอย่างของการเก็บรักษาผักและผลไม้ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์แสดงดังรูปที่ 1.3 – 1.5 ซึ่งบรรจุภัณฑ์ประเภทนี้ได้มีการประยุกต์ใช้แล้วในหลายประเทศ [38, 40]



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับสมุนไพร [40]

รูปที่ 1.4 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับกระเจี๊ยบ

รูปที่ 1.5 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับพริกไทยสด

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การจัดหาหรือการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างจากบรรยากาศปกติหรือที่เรียกว่าบรรยากาศดัดแปรที่เหมาะสมกับผักและผลไม้สดชนิดหนึ่ง ๆ ได้นั้นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดชนิดนั้น ๆ ข้อมูลเกี่ยวกับค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำของฟิล์มพอลิเมอร์ซึ่งเป็นวัสดุที่นิยมนำมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร ข้อมูลเกี่ยวกับระดับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำที่เหมาะสมภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับเก็บรักษาผักและผลไม้สดชนิดนั้น ๆ รวมทั้งข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ด้วย ซึ่งปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่งก็คืออุณหภูมิการเก็บรักษา เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลง จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดที่ทำการเก็บรักษา และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มพอลิเมอร์ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ด้วย [2] โดยผลกระทบของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้สด และชนิดของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปร

จากปัจจัยข้างต้นจะเห็นว่าการพัฒนาฟิล์มพอลิเมอร์ให้มีค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำอย่างเหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญ มีงานวิจัยมากมาย [15, 52, 53] พบว่าการเลือกใช้ฟิล์มพอลิเมอร์ชนิดเดียวอาจจะไม่ได้ให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำตามต้องการได้ ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การใช้ถุงเจาะรู การใช้ฟิล์มที่มีสารดูดซับก๊าซเอทิลีน การใช้ฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้น เป็นต้น [15, 38] ในการปรับคุณสมบัติค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้แทนการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดใหม่ [38] ซึ่งวิธีหนึ่งที่ใช้คือการนำฟิล์มพอลิเมอร์ชนิดต่าง ๆ มาวางเรียงซ้อนกันเป็นฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้น (multilayer film) เพื่อให้ได้ค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำ ตามต้องการสำหรับนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรได้ต่อไป [39]

ในปัจจุบันการกำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นเพื่อนำมาทำเป็นฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่มีค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำตามต้องการและเหมาะสมสำหรับนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรนั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการสุ่มทดลอง [15] แต่ค่อนข้างยุ่งยาก และเสียเวลา

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาวิธีการกำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นของฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ซึ่งจะช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการสุ่มทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 จัดหาวิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์สำหรับการกำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้น เพื่อให้ได้ฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นสำหรับใช้ทำเป็นบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรที่มีค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำเหมาะสมตามความต้องการของผักและผลไม้ และมีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำที่สุด

1.2.2 จัดทำขั้นตอนการคำนวณให้อยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาทฤษฎีการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ภายใต้สภาพบรรยากาศดัดแปร

1.3.2 ศึกษาและใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์แบบซิมเพล็กซ์ (simplex method) และวิธีการคำนวณสองระยะ (two phase method) เพื่อกำหนดชนิดและความหนาของฟิลม์พอลิเมอร์แต่ละชั้นของฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นโดยให้มีค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำตามต้องการ และมีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำสุด

1.3.3 เขียนวิธีการกำหนดชนิดและการคำนวณความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นของฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นให้อยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาไมโครซอฟท์วิชวลเบสิค 6 (Microsoft Visual Basic version 6)

1.3.4 ศึกษาผลกระทบของค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชนิดที่นำมาใช้ต่อการกำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นเพื่อให้ได้ฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่มีค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามต้องการ

1.3.5 ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงความหนาโดยรวมของฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้น

1.3.6 นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้มากำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นของบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรชนิดฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่ให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามที่ต้องการโดยมีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำสุด เป็นกรณีศึกษาสำหรับการเก็บรักษาแอปเปิ้ล (Apple) กะหล่ำปลี ผักขึ้นฉ่าย พริกไทยสด และลีค (Leek)

1.3.7 นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้มากำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นของบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรชนิดฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่ให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตามที่ต้องการ เป็นกรณีศึกษาสำหรับการจัดเก็บกะหล่ำปลีหั่นละเอียดในช่วงอุณหภูมิการจัดเก็บตั้งแต่ 278.15 K ถึง 298.15 K เพื่อเลือกบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรที่เหมาะสมตลอดช่วงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการจัดเก็บ

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ได้วิธีการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถกำหนดชนิดและความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นสำหรับนำไปใช้ทำเป็นฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้นที่ให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านรวมของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และไอน้ำได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของผักและผลไม้ที่กำหนด โดยมีต้นทุนด้านวัตถุดิบต่ำสุด

1.4.2 สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยเลือกชนิดของฟิล์มพอลิเมอร์และกำหนดความหนาของฟิล์มพอลิเมอร์แต่ละชั้นได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็วขึ้น

1.4.3 ได้เข้าใจถึงข้อจำกัดของปัจจัยต่าง ๆ สำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรชนิดฟิล์มพอลิเมอร์แบบหลายชั้น