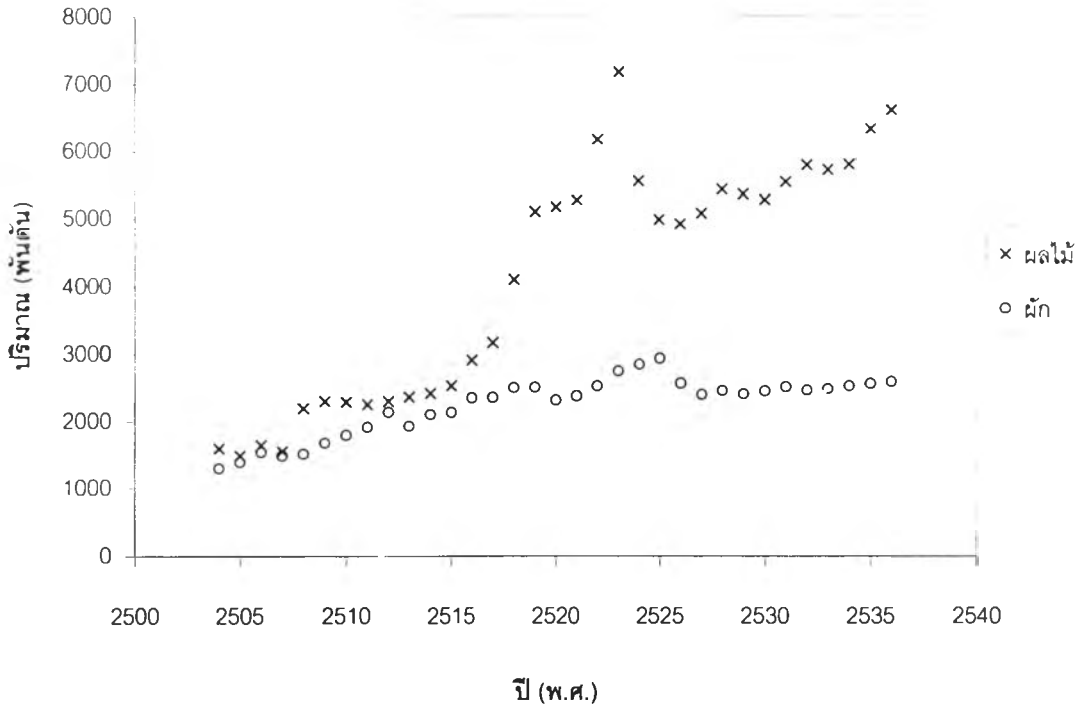
บทที่ 1

บทนำ

1.1 มูลเหตุและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและได้ชื่อว่าเป็นประเทศผลิตอาหารที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก ผักและผลไม้สดเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญประเภทหนึ่งของประเทศ ในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมาปริมาณการผลิตผักและผลไม้ของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 1.9 และร้อยละ 4.9 ต่อปีตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 1.1 [26] ในขณะที่ปริมาณการส่งออกผักและผลไม้ก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกันดังแสดงในตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2 ตามลำดับ [26]



รูปที่ 1.1 ปริมาณการผลิตผักและผลไม้ของประเทศไทย (พันตัน)

ระหว่างปี พ.ศ. 2504 – พ.ศ. 2536 [26]

ตารางที่ 1.1 มูลค่าการส่งออกผักสดแช่เย็นของประเทศไทย (ล้านบาท) [26]

ประเทศผู้นำเข้า	2538	2539	2540	2541	2542 (มค.-พย.)
1. ญี่ปุ่น	639.9	562.7	501.0	673.4	494 8
2. สหราชอาณาจักร	60.9	18.1	55.5	128.0	139.1
3. มาเลเซีย	83.9	48.8	129.9	110.4	135.7
4. สิงคโปร์	58.1	86.5	48.2	97.3	98.7
5. เนเธอร์แลนด์	20.6	16.6	25.7	50.8	54.8
6. ฮ่องกง	6.9	5.9	14.3	37.3	38.5
7. เยอรมัน	14.0	7.0	13.6	28.4	28.6
8. ฝรั่งเศส	3.8	3.6	15.0	22.7	27.2
9. สวิตเซอร์แลนด์	2.7	2.4	9.5	16.7	19.3
10. อื่น ๆ	61.8	60.8	67.6	100.2	99.7
รวม	952.6	812.4	880.3	1265.2	1136.4

ตารางที่ 1.2 มูลค่าการส่งออกผลไม้สดแช่เย็นของประเทศไทย (ล้านบาท) [26]

ประเทศผู้นำเข้า	2538	2539	2540	2541	2542 (มค.-พย.)
1. ฮ่องกง	1209.0	1784.9	2610.3	1546.0	2101.0
2. ไต้หวัน	876.7	823.0	904.8	964.9	985.5
3. มาเลเซีย	169.5	286.0	443.8	331.1	495.0
4. อินโดนีเซีย	112.5	164.3	203.8	0.8	187.1
5. สิงคโปร์	116.1	127.3	123.7	48.1	180.5
6. แคนาดา	106.0	113.6	129.8	76.5	158.3
7. จีน	17.5	29.6	63.8	25.5	123.9
8. ญี่ปุ่น	44.9	48.8	49.6	46.7	53.0
9. บรูไน	19.0	21.3	26.3	23.0	41.0
10. อื่น ๆ	122.8	157.7	184.0	204.5	263.2
รวม	2794.0	3556.5	4739.9	3267.1	4588.5

ในระยะ 30 – 40 ปีที่ผ่านมานี้จำนวนประชากรของโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นอย่างมาก ประเทศต่าง ๆ ได้พัฒนาการผลิตอาหารขึ้นอย่างมาก ทั้งในด้านการขยายพื้นที่ในการเพาะปลูก การปรับปรุงพันธุ์พืช การใช้ปุ๋ย และการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชเพื่อเพิ่มผลผลิต ทำให้บรรเทาการขาดแคลนอาหารลงไปได้ แต่เนื่องจากพื้นที่ในการเพาะปลูกมีอยู่อย่างจำกัดและไม่สามารถจะขยายออกไปได้อีก เพราะจะทำให้สภาพนิเวศน์วิทยาของโลกเสียไป ประกอบกับเทคนิคในการผลิตเริ่มถึงจุดอิ่มตัว ทำให้ปริมาณการผลิตอาหารของโลกเริ่มจำกัดลง [27] และโดยที่ผักและผลไม้สดสามารถเกิดการเน่าเสียได้ง่าย เพราะหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วยังสามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ขึ้นได้ เช่น การหายใจและการคายน้ำของผักและผลไม้สด [1,2,4,9] จึงทำให้ผักและผลไม้สดมีช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการบริโภคต่ำ โดยทั่วไปในประเทศที่พัฒนาแล้ว การเน่าเสียของอาหารจะอยู่ในระหว่างขั้นตอนการผลิตจนถึงการบริโภคเพียงร้อยละ 2 ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาและด้อยพัฒนาทั้งหลายจะเกิดการเน่าเสียถึงร้อยละ 30-50 [8,27] ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมและการเก็บรักษาที่ไม่ถูกต้องนั่นเอง จึงนับว่าเป็นการสูญเสียที่สำคัญของชาวโลก เพราะต้องทิ้งอาหารไปในปริมาณมหาศาล ดังนั้นการยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดให้ยาวนานที่สุดจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและเป็นที่ต้องการอย่างมาก

วิธีการยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้สดสามารถทำได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดเพื่อให้มีช่วงอายุที่เหมาะสมต่อการบริโภคยาวขึ้น ซึ่งมีการใช้ในอุตสาหกรรมมาเป็นเวลานานกว่า 20 ปีแล้วคือ การเก็บรักษาผักและผลไม้สดไว้ในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรที่ทำจากวัสดุพอลิเมอร์ [1] ซึ่งวิธีนี้มักใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ในประเทศออสเตรเลียซึ่งมีการขยายตัวของการใช้บรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรเป็นอย่างมาก พบว่าสามารถยืดอายุการเก็บรักษาของบรอคโคลี่จาก 14 วันเป็น 45 วัน [38] การยืดอายุการเก็บรักษาด้วยวิธีนี้ทำได้โดยการชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพต่าง ๆ ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่าอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่รอบ ๆ ผักและผลไม้สด [1,2,3,4] โดยถ้าสามารถทำให้ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนน้อยกว่าความเข้มข้นในบรรยากาศปกติ และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าความเข้มข้นในบรรยากาศปกติ จะทำให้อัตราการหายใจของผักและผลไม้สดลดลง ซึ่งจะช่วยให้การเน่าเสียชะลอลง [1,2,3,4] การจัดหาและหรือการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่จะทำให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนภายในบรรจุภัณฑ์มีความแตกต่างจากบรรยากาศปกติหรือเรียกว่าเกิดบรรยากาศดัดแปรที่เหมาะสมสำหรับผักและผลไม้สดชนิดหนึ่ง ๆ ขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ได้นั้น ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราการ

หายใจของผักและผลไม้สด อัตราการซึมผ่านของก๊าซผ่านบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์ ระดับความเข้มข้นของก๊าซที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาภายใต้บรรยากาศดัดแปรที่เกิดขึ้น และความสัมพันธ์ของสิ่งเหล่านี้ในรูปของสมการดุลมวล

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยจำนวนมากศึกษาถึงปัญหานี้ทั้งในด้านการทดลองและทางทฤษฎี และได้นำเสนอสมการดุลมวลที่แสดงถึงการเกิดบรรยากาศดัดแปรขึ้นภายในบรรจุภัณฑ์ [5,9,15,17] โดยส่วนใหญ่แล้วจะกล่าวถึงเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจนเท่านั้น

แต่เนื่องด้วยในบรรยากาศยังมีก๊าซไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (ถึงแม้จะไม่มีผลต่ออัตราการหายใจของผักและผลไม้สดโดยตรง) และสำหรับประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นอย่างประเทศไทย ปริมาณไอน้ำในอากาศก็มีส่วนสำคัญต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์และการเน่าเสียของผักและผลไม้สด ดังนั้นเพื่อให้สามารถเข้าใจถึงการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ที่ครบถ้วนมากขึ้น และเหมาะสมกับประเทศไทยมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงจะได้ศึกษาและเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ โดยจะกล่าวถึงความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน ก๊าซไนโตรเจน และไอน้ำ นอกจากนั้นแล้ว เนื่องด้วยผักและผลไม้สดที่ถูกบรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรอาจถูกเก็บรักษาไว้ในสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่าง ๆ กัน หรือมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการเก็บรักษาเป็นช่วง ๆ งานวิจัยนี้จะได้ศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ด้วย โดยการศึกษาจะใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะทำให้สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ และหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากกว่าการทดลอง

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักที่สำคัญดังต่อไปนี้

1.2.1 พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถทำนายความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และไอน้ำในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สด

1.2.2 เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปโปรแกรมคอมพิวเตอร์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.3 ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพอลิเมอร์ที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์สำหรับบรรจุผักและผลไม้สด

1.3.2 ศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของก๊าซภายในบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากฟิล์มพอลิเมอร์ และผลกระทบของตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพอลิเมอร์ต่อบรรยากาศดัดแปร

1.3.3 เขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.3.4 เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์กับผลการทดลองที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ

1.3.5 นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาคำนวณหาผลกระทบของอุณหภูมิ (ในช่วง 0 – 25 องศาเซลเซียส) ปริมาณความชื้น (ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 0 – 100) และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพอลิเมอร์ (ในช่วง P_{O_2} = 1.25 - 40 และ P_{CO_2} = 1.25 - 40 ในหน่วย $\frac{mmol \cdot mm}{cm^2 \cdot kPa \cdot hr}$) ต่อบรรยากาศดัดแปรที่เกิดขึ้น

1.3.6 จัดทำกรณีศึกษาในการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาคำนวณหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์สำหรับบรรจุบรอคโคลี่และผักกาดหอม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รับความรู้ ความเข้าใจ ถึงกระบวนการที่ทำให้ได้บรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์สำหรับบรรจุผักและผลไม้สด

1.4.2 ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซต่าง ๆ ภายในบรรจุภัณฑ์ และได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สะดวกในการใช้งาน

1.4.3 ได้ทราบถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ความชื้น และค่าความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซของฟิล์มพอลิเมอร์ต่อการเกิดบรรยากาศดัดแปรภายในบรรจุภัณฑ์สำหรับผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ

1.4.4 สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของบรรจุภัณฑ์ฟิล์มพอลิเมอร์แบบบรรยากาศดัดแปรสำหรับผักและผลไม้สดชนิดต่าง ๆ