บทที่ 2
ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1. ฟิล์มที่บริโภค

1.1 ความหมายของฟิล์มที่บริโภค

ฟิล์มบริโภคได้ หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่ทำจากวัตถุดิบที่รับประทานได้ นำมาใช้กับอาหารโดยการเคลือบที่ผิวของผลิตภัณฑ์อาหารโดยตรง (coating) หรือทำการเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อน (pre-formed) แล้วจึงนำมาใช้กับอาหารโดยการวาง (placed) ให้สัมผัสกับอาหาร หรือระหว่างส่วนประกอบของอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ กลิ่น เป็นต้น หรือเก็บรักษาส่วนประกอบของอาหาร เช่น สารกันหืน สารกันเสีย สารป้องกันจุลินทรีย์ หรือ สารป้องกันปฏิกิริยาแอนติออกซิเดนท์ (Krochta and Mulder-Johnson, 1997; สุธีรา, 2546; ภูริสา, 2003)

1.2 ชนิดของฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ มี 2 องค์ประกอบที่สำคัญคือ

1.2.1 ส่วนของโพลิเมอร์ (polymer)

ฟิล์มเกิดขึ้นจากสารประกอบที่เป็นโพลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงและมีโครงสร้างเป็นเส้นตรงยาว ซึ่งทำ หน้าที่เป็นส่วนทำ ให้เกิดโครงสร้างโพลิเมอร์ที่สามารถทำ ให้เกิดฟิล์มได้ดี ได้แก่

1) โพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) โดยธรรมชาติโพลิเมอร์เหล่านี้ชอบน้ำ (hydrophilic) จึงไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการป้องกันการซึมผ่านความชื้น อย่างไรก็ตามโพลีแซคคาไรด์บางตัวที่ใช้เคลือบอาหารก็สามารถชะลอการสูญเสียความชื้นของอาหารบางอย่างได้ เช่น การใช้ฟิล์มแป้งบุกมีแนวโน้มชะลอการสูญเสียน้ำหนัก ปริมาณวิตามินซี และการเปลี่ยนแปลงสีผิวของมะนาวได้ดีกว่ามะนาวที่ไม่ได้รับการเคลือบสาร ซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28 – 30 องศาเซลเซียส (กมลทิพย์ และอดิศักดิ์, 2543) Lowings and Cutts (1982) ได้ทดลองใช้สารเคลือบคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสในการเคลือบผักและผลไม้สด หลังจากนั้น Banks (1984) ได้ทดลองใช้สารเคลือบคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลสในการเคลือบผิวกล้วย พบว่าสามารถควบคุมความเข้มข้นของปริมาณก๊าซภายในผลกล้วยได้ดีกว่ากล้วยที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว นอกจากนี้สารเคลือบไคโตแซนยังช่วยชะลอการเสื่อมเสีย , ชะลอการสุก และลดการสูญเสียน้ำหนักในผลแตงกวา, แอ๊ปเปิ้ล, มะเขือเทศ, มะม่วง (El Ghaouth, 1991; El Ghaouth *et al.*, 1992; El Ghaouth *et al.*, 1994; Davis and Elson, 1994; Chien *et al.*, 2007) Pen and Jiang (2003) ได้ศึกษาสารเคลือบไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์, 1.0

เปอร์เซ็นต์ และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในการยืดอายุการเก็บรักษาลูกเกาลัด พบว่าสามารถช่วยชะลอการการเปลี่ยนสี ลดกิจกรรมของ phenylalanine ammonia (PAL), polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) จึงทำ ให้มีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นโดยที่มีค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสในระดับที่ยังยอมรับได้

2) โปรตีน (protein) ปัจจุบันการศึกษาฟิล์มบริโภคได้จากโปรตีนมีมากขึ้น เนื่องจากเป็นฟิล์มที่มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติกันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี สำหรับในผลไม้ได้มีการใช้ corn zein ในการช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสี น้ำหนัก และความแน่นเนื้อของมะเขือเทศ (Park *et al.*, 1994) นอกจากนี้ Xu *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารเคลือบผิว soybean protein isolate (SPI) ในการยืดอายุการเก็บรักษาผลกีวี พบว่าสามารถเก็บรักษาผลกีวีที่อุณหภูมิห้องได้นาน 37 วัน โดยสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและปริมาณการผลิตก๊าซเอทธิ-ลีน ทำ ให้สามารถชะลอการสุกของผลกีวีได้

3) ลิพิด (lipid) เป็นสารเคลือบที่มีคุณสมบัติในการกั้นการซึมผ่านของความ-ชื้นได้จึงสามารถที่จะป้องกันการสูญเสียความชื้นได้ดีมาก เช่นเดียวกับที่ Smith *et al.* (1987) ได้กล่าวไว้ว่าสารเคลือบจำ พวก wax และ น้ำมันจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดีมาก ซึ่งก็มีผลในการช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักได้อีกทางหนึ่งด้วย ลิพิดไม่นิยมขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มแต่นิยมใช้ในรูปของสารเคลือบ โดยเฉพาะในการเคลือบผลไม้เพื่อให้เกิดความเงาทดแทนไขที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น การใช้ sta-fresh MP สามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักและลดการเปลี่ยนแปลงสีผิวของผล breadfruit (*Artocarpus altilis*) ได้ดี ทำ ให้สีผิวของผล breadfruit ยังคงมีสีเขียวอยู่ได้นาน รวมทั้งช่วยในการชะลอการสุกของผลได้ (Worrell *et al.*, 2002) การใช้ semperfresh ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ในการเคลือบผลเชอร์รี่และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส พบว่าช่วยลดอัตราการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเสื่อมเสียในด้านความแน่นเนื้อ ปริมาณวิตามินซี และการเปลี่ยนแปลงสีของผลเชอร์รี่ในระหว่างการเก็บรักษา (Yaman and Bayoindirli, 2002) นอกจากนี้ Baldwin *et al.* (1999) ได้ทำ การศึกษาสารเคลือบผิวซึ่งผสมระหว่างโพลีแซคคาไรด์จำ พวกเซลลูโลสกับลิพิด (carnauba wax) เคลือบผิวมะม่วงแล้วนำ ไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 – 15 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถช่วยชะลอการสุกของมะม่วงได้ แต่ถ้าใช้สารเคลือบผิวโพลีแซคคาไรด์ในการเคลือบผิวมะม่วงเพียงชนิดเดียวจะสามารถชะลอการสุกและลดการสะสมปริมาณก๊าซภายในผลมะม่วงได้ดีกว่า แต่ถ้าใช้สารเคลือบผิวประเภทลิพิดเพียงอย่างเดียวจะสามารถชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงได้ดีกว่าผลมะม่วงที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว

Bourtoom (2009) กล่าวว่าการพัฒนาสารเคลือบผิวหลายองค์ประกอบ (composite coating) ซึ่งเป็นสารเคลือบผิวที่ประกอบด้วยวัตถุดิบ 2 ประเภทขึ้นไป เช่น ไขมันกับโพลีแซคคาไรด์

หรือไขมันกับโปรตีน จะช่วยให้สารเคลือบผิวนั้นมีคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างดีขึ้น อาทิเช่น ความสามารถด้านดารต้านการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊ส

1.2 ส่วนของพลาสติไซเซอร์ (plasticizer)

เป็นส่วนสำคัญในการผลิตฟิล์มที่รับประทานได้ การรวมตัวของสารพลาสติไซเซอร์เพื่อให้เกิดเป็นแผ่นฟิล์มได้ดีนั้นต้องเอาชนะคุณสมบัติการแตกหักซึ่งมีสาเหตุมาจากแรงดึงดูดซึ่งมีมากในระหว่างโมเลกุล การที่จะทำ ให้ฟิล์มมีความยืดหยุ่น นุ่ม และมีความอ่อนตัวจะต้องทำให้แรงระหว่างโมเลกุลโพลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนตัวลงโดยสารที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ ได้แก่ สารโพลิอัล (polyol) สารประเภทคาร์โบไฮเดรต ไขมัน และอนุพันธ์ของไขมัน แต่พลาสติไซเซอร์ที่นิยมใช้คือ สารพวกโพลิอัล เช่น กลีเซอรอล และซอร์บิทอล (Mchugh and Krochta, 1994)

2. การใช้ประโยชน์จากสารเคลือบผิว

ลักษณะโครงสร้างของผิวผลไม้ ผิวของผลไม้ทุกชนิดมีเนื้อเยื่อ (dermal tissue) ปกคลุมอยู่ แต่ถ้าเนื่อเยื่อที่ปกคลุมผิวนั้นถูกทำลายไปก็จะทำ ให้ผลไม้มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ดังนั้นจึงมีการนำ เอาสารเคลือบผิวสังเคราะห์ที่ใช้กับผักและผลไม้ไปปกคลุม ทับ หรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่และปิดช่องเปิดต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ทำ ให้การสูญเสียน้ำ และการแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลงปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลลดน้อยลงเนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะเข้าไปขัดขวางการทำงานของเอทธิลีน ทำให้ความเข้มข้นของเอทธิลีนภายในผลต่ำกว่าปกติ ชะลอการเหี่ยวของผลไม้ได้อีกด้วย (Chan, 1989) Jiang and Li (2001) ได้ทดลองใช้สารเคลือบไคโตแซนเคลือบผิวของลองกองที่ระดับความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส พบว่าสารเคลือบไคโตแซนสามารถช่วยลดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนัก, ชะลอการเพิ่มขึ้นของโพลีฟีนอลออกซิเดส (polyphenol oxidase, PPO) โดยการใช้สารเคลือบผิวไคโตแซนที่ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้นจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้นได้ นอกจากนี้ สุทธิลักษณ์และคณะ (2553) ได้พัฒนาสารเคลือบผิวไบเลเยอร์ และสารเคลือบผิวหลายองค์ประกอบมีความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำ เพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักของส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง อุมาพรและคณะ (2553) ได้ ศึกษาอิทธิพลของกลีเซอรอลและทวีน 80 ต่อคุณภาพของสารเคลือบผิวไคโตแซน และประยุกต์ใช้ในกล้วยหอม พบว่า เมื่อเติมกลีเซอรอลร้อยละ 5 และไม่เติมทวีน 80 ในสารละลายไคโตแซน ทำให้ฟิล์มที่ได้มีค่า ความสามารถใน การซึมผ่านไอน้ำ (WVP) และความสามารถในการซึมผ่านของก๊าซออกซิเจน (OP) ต่ำที่สุด และเมื่อนำสารละลายไคโตแซนที่พัฒนาได้มาเคลือบผิวกล้วยหอมจะมีส่วนช่วยให้กล้วยหอมที่ผ่านการเคลือบผิวมีคุณภาพสูงกว่ากล้วยหอมที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และสามารถยืดอายุการเก็บรักษากล้วยหอมได้

อย่างน้อย 12 วันที่อุณหภูมิ 26±2°C ส่วน Qi *et al.* (2011) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคลือบผิวไคโตแซนผสมสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาล (แคลเซียมคลอไรด์และกรดแอสคอบิค) ในแอปเปิ้ลสไลด์ ซึ่งพบว่า สารเคลือบผิวไคโตแซนผสมสารป้แงกันการเกิดสีน้ำตาลช่วยชะลอการเปลี่ยนสีของแอปเปิ้ลสไลด์ได้ ทำให้แอปเปิ้ลสไลด์มีอายุการเก็บที่นานเพิ่มมากขึ้น

3. การใช้ประโยชน์จากฟิล์มบริโภคได้

3.1 เป็นตัวกั้นความชื้น

การเคลื่อนผ่านของความชื้นเนื่องจากความดันไอน้ำหรือความเข้มข้นขององค์ประกอบต่าง ๆ มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสและทางจุลินทรีย์ภายในผลิตภัณฑ์อาหาร ตัวอย่างเช่น ลูกเกด ลูกอม และบิสกิต อาจเกิดลักษณะที่ไม่ต้องการซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง (Kester and Fennema, 1989) นอกจากนี้ Sanz *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาของระดับความเข้มข้นของสารเคลือบเมทธิลเซลลูโลส (1, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์) ในผลิตภัณฑ์อาหารทะเลทอด พบว่าสามารถช่วยช่วยชะลอการซึมผ่านของไอน้ำและการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าอาหารทะเลทอดที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว โดยเมื่อระดับความเข้มข้นของสารเคลือบเพิ่มสูงขึ้นก็จะเพิ่มความสามารถในการต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและการดูดซับของน้ำมันได้ดีมากขึ้น

3.2 เป็นตัวกั้นไขมันและน้ำมัน

Nelson and Fennema (1991) ได้ทำ การทดลองพบว่าฟิล์มเมทธิลเซลลูโลสสามารถกั้นการเคลื่อนที่ของไขมันในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (ถั่วลิสงเคลือบช็อกโกแลต) ได้ดีพอสมควรและเมื่อใช้ฟิล์มเมทธิลเซลลูโลสที่มีความหนาลดลง จะทำ ให้ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำมันถั่วลิสงเพิ่มขึ้น Williams and Mittal (1999) ทำ การศึกษาอิทธิพลของฟิล์มเมทธิลเซลลูโลสที่มีความหนาระหว่าง 0.8 และ 1มิลลิเมตรในการเคลือบผิวของอาหารทอด พบว่าสามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 50

3.3 เป็นตัวกั้นก๊าซ

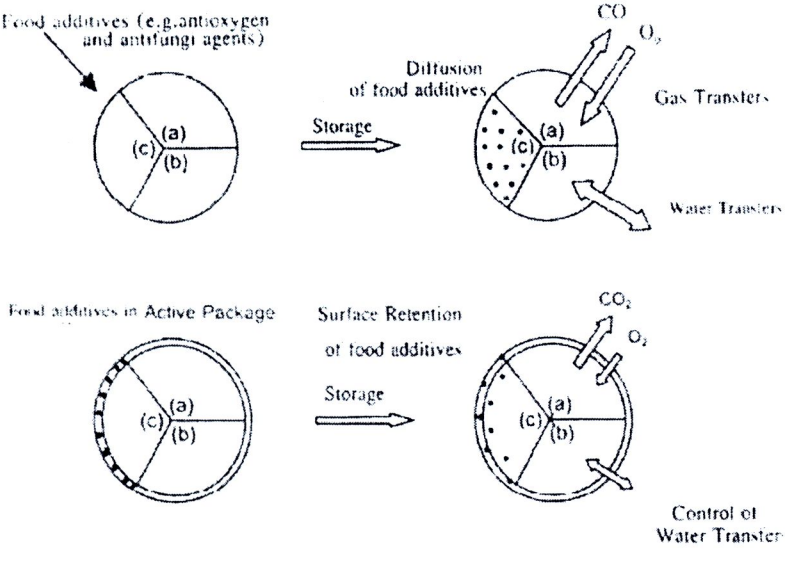
คุณสมบัติในการเป็นตัวกั้นก๊าซของฟิล์มและสารเคลือบเป็นสิ่งที่น่าสนใจมาก ฟิล์มที่เป็นตัวกั้นออกซิเจนดังแสดงในภาพที่ 3 สามารถนำ มาใช้ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันในอาหารเพื่อป้องกันการเกิดกลิ่นหืน การสูญเสียวิตามินจากการออกซิไดซ์ (Cuq *et al.*, 1995) ในทางตรงกันข้ามความสามารถในการซึมผ่านก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดีเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการเคลือบผักและผลไม้ การพัฒนาฟิล์มและสารเคลือบให้มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซบางชนิดผ่านได้(ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ เอทธิลีน) ทำให้สามารถควบคุมการหายใจและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดย Xu *et al.* (2001) ได้ทำการทดลองใช้สารเคลือบผิว soy bean isolate (SPI) ในการเคลือบผลกีวี

พบว่า สารเคลือบผิวSPI สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตก๊าซเอทธิลีนได้ จึงทำ ให้ผลกีวีมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น เนื่องจากสามารถชะลอการสุกของผลกีวีได้ Worrell *et al.* (2002) ได้ทดลองใช้สารเคลือบผิว Samperfresh, Nutri-save, Sta-fresh MP และ chitosan เคลือบผิวผล breadfruit (Artocarpus altilis) ซึ่งมีผลทำ ให้ปริมาณก๊าซออกซิเจนภายในผลมีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในผลมีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น จึงทำ ให้ภายในผล breadfruit เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง ทำ ให้สามารถชะลอกระบวนการสุกให้เกิดขึ้นได้ช้าลง

3.4 ใช้เป็น surface retention agent

ควบคุมการแพร่กระจายของสารเจือปนในอาหาร (food additive) เข้าไปภายในส่วนกลางของอาหาร ปรับปรุงความคงทนของอาหารทางด้านจุลินทรีย์ดังแสดงในภาพที่ 1 โดยพื้นที่ผิวที่จุลินทรีย์เจริญเติบโตจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด การใช้ฟิล์มบริโภคได้และสารเคลือบจะช่วยรักษาปริมาณของสารกันเสียทำให้ผลิตภัณฑ์มีการเสื่อมเสียช้าลงโดยการใช้ร่วมกับวิธีอื่น เช่น การแช่เย็น และการควบคุมสภาวะบรรยากาศ

ลักษณะการนำ ไปใช้ประโยชน์ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร โดยเฉพาะเรื่องการเสื่อมเสีย เช่น ถ้าอาหารหรือองค์ประกอบมีไขมันที่ไม่อิ่มตัวในปริมาณสูงฟิล์มที่ใช้ควรมีความต้านทานต่อการเคลื่อนผ่านออกซิเจนได้สูง ถ้าใช้กับผักผลไม้ต้องป้องกันการสูญเสียความชื้น มีการควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อป้องกันการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งเป็นผลทำ ให้เกิดลักษณะผิดปกติทางกายภาพ และเกิดการสูญเสียคุณภาพอย่างรวดเร็ว (Kester and Fennema, 1986)

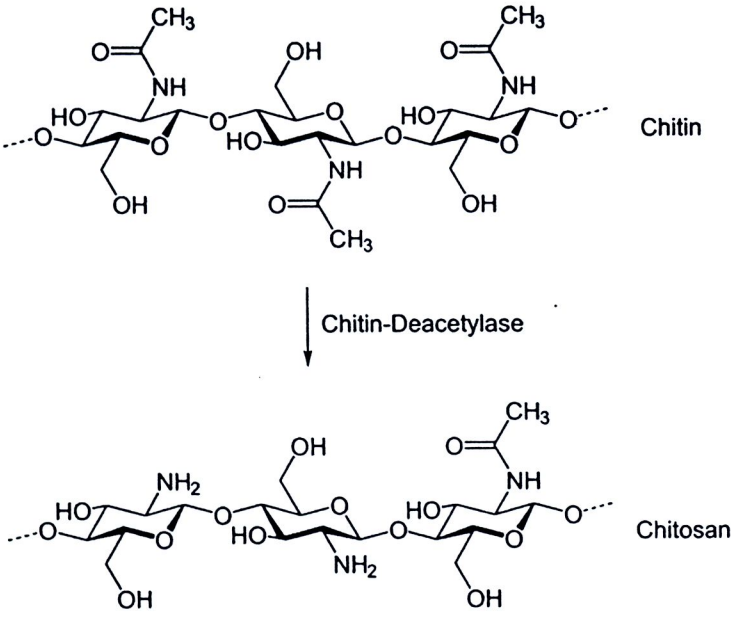


ภาพที่ 1 การรักษาคุณภาพของอาหารโดยใช้ฟิล์มบริโภคได้และสารเคลือบเป็น active layer เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของผลิตภัณฑ์ที่มีผลมาจาก (a) การหายใจ (b) การสูญเสียน้ำและปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น (c) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และการเกิดออกซิเดชัน

ที่มา: Cuq *et al.* (1995)

4. ไคโตแซน (Chitosan)

ไคโตแซนจัดเป็นสารพอลิเมอร์ธรรมชาติและเป็นอนุพันธ์ของไคติน ไคโตแซนมีองค์ประกอบเป็นกลูโคซามีน (glucosamine) และ เอน-แอซิติลกลูโคซามีน (N-acetyled glucosamine) เป็นหน่วยย่อยที่เรียงต่อกัน (ภาพที่ 2) จำนวนและลำดับของหน่วยย่อยในสายพอลิเมอร์จะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและชีวภาพของไคโตแซน (กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2553)



ภาพที่ 2 โครงสร้างของไคตินและไคโตแซน

ที่มา: No and Meyers (1997)

ไคโตแซนเกิดจากปฏิกิริยาการกำจัดหมู่แอซิติลของไคติน (พอลิเมอร์สายยาวที่มีองค์ประกอบเป็น เอน-แอซิติลกลูโคซามีน) ซึ่งการลดลงของหมู่แอซิติลในไคตินเป็นการเพิ่มขึ้นของหมู่อะมิโนของกลูโคซามีนจึงเป็นการเพิ่มประจุบวกบนสายพอลิเมอร์ทำให้เกิดสภาพของการเป็นไคโตแซนเพิ่มขึ้น การจัดระดับของการกำจัดหมู่แอซิติลของไคโตแซนมีค่าเป็นร้อยละหรือที่เรียกว่า Percent Deacetylation (% DD) ค่าระดับการกำจัดหมู่แอซิติลของไคโตแซนมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของไคโตแซน (Harish Prashanth and Tharanathan, 2007)

ไคโตแซนและอนุพันธ์ของไคโตแซนมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด เช่น แบคทีเรีย ยีสต์และรา (No, HK., et al., 2007) Devlieghere *et al.* (2004) ทำการศึกษาฤทธิ์ของไคโตแซน (94% DD, 43 kDa) ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่พบในอาหารที่ความเข้มข้น 40-750 mg/l พบว่า แบคทีเรียแกรมลบมีความไวสูงต่อไคโตแซน และประสิทธิภาพในการยับยั้ง

เชื้อจุลินทรีย์ของไคโตแซนลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) สูงขึ้น จากงานวิจัยของ บุญศรี และคณะ (2547) พบว่าไคโตแซนที่ความเข้มข้น 100-3,000 ppm สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *S.aureus*, *E.coli*, *S. typhimurium* ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยมีค่าความเข้มข้นน้อยที่สุดของไคโตแซน (minimal inhibitory concentration, MIC) ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียเท่ากับ 100, 500 และ 1,000 ppm ตามลำดับ

ไคโตแซนและอนุพันธ์ของไคโตแซนหลายชนิดมีคุณสมบัติในการนำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นฟิล์มหรือเป็นเยื่อบางๆ ที่มีความเหนียว คงทน ยืดหยุ่นและไม่ฉีกขาดง่าย แผ่นฟิล์มมีลักษณะเด่นในการป้องกันการสูญเสียน้ำหรือความชื้นและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ดีสามารถรับประทานได้ ไม่เป็นพิษและย่อยสลายได้ในธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์หลายชนิด (นภาพร และ ธนารัตน์, 2547; Harish Prashanth and Tharanathan, 2007) จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์เป็นบรรจุภัณฑ์หรือเคลือบบนผิวของอาหารเพื่อชลอการเน่าเสียและถนอมคุณค่าของอาหาร เช่น ผลไม้ เนื้อสัตว์ และเนยแข็ง

ไคโตแซนเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำ ดังนั้นการทำแผ่นฟิล์มไคโตแซนต้องใช้กรดอินทรีย์เพื่อเป็นตัวทำละลาย เช่น กรดอะซิติก (acetic acid) กรดแลคติก (lactic acid) กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดโพรพิออนิก (propionic acid) และกรดมาลิก (malic acid) นอกจากนี้การผสมสารบางชนิด เช่น น้ำมันหอมระเหยกรดสเตียริก (steric acid) และสารเชื่อมโยง (cross-linking agent) มีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ การผ่านเข้าออกของน้ำตลอดจนความยืดหยุ่นและความทนทานของแผ่นฟิล์มไคโตแซน (Mi *et al.*, 2006) โดย Zivanovic *et al.* (2005) ได้ศึกษาสมบัติของฟิล์มไคโตแซนที่มีการเติมน้ำมันหอมระเหย พบว่าน้ำมันหอมระเหยออริกาโน (oregano essential oil) ทำให้แผ่นฟิล์มหนาและขุ่นขึ้นมีความแข็งแรงลดลงแต่มีความยืดหยุ่นสูงขึ้น และลดการซึมผ่านของน้ำได้ดีรวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L.Monocytogene* และ *E. Coli* ในแผ่นไส้กรอก (bologna slice) เก็บที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 5 วัน ได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นฟิล์มไคโตแซนเดี่ยวๆ

4. **สารกันเสีย** (Preservatives)

สารกันเสีย เป็นสารประกอบทางเคมีหรือของผสมของสารประกอบเคมีที่ใช้ช่วยในการถนอมหรือยืดอายุการเก็บรักษาอาหาร และยังเป็นสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตหรือทำลายเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำ ให้เกิดการเน่าเสีย (ศิวาพร, 2535) ซึ่งมีปริมาณที่กฎหมายอนุญาตให้เติมลงไปในอาหารได้แสดงดังตารางที่ 1 กลไกของสารกันเสียในการช่วยยืดอายุการเก็บของอาหาร ส่วนใหญ่จะเป็นการควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือทำลายส่วนใดส่วนหนึ่งของ

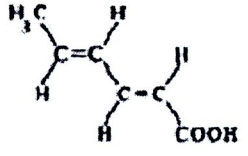
เซลล์จุลินทรีย์ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะมีผลกระทบอยู่ 3 ประการ ได้แก่ ผลกระทบต่อความเสียหายของผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ ผลกระทบต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ และผลกระทบต่อกลไกทางด้านพันธุกรรม โดยจะทำให้การแบ่งเซลล์ผิดปกติหรือหยุดชะงักได้ (Barnen *et al.*, 1980; Davidson *et al.*, 1981)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารกันเสียที่อนุญาตให้ใช้ในอาหาร

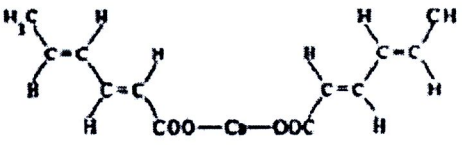
สารกันเสีย	ปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้เติมได้	ความสามารถในการเข้าทำลายจุลินทรีย์	ลักษณะของอาหารที่นิยมใช้
กรด propionic	0.32%	เชื้อรา	ขนมปัง, ชีสต์ และเค้ก
กรดซอร์บิค	0.2%	เชื้อรา	น้ำเชื่อม, เยลลี่ และเค้ก
กรดเบนโซอิค	0.1%	ยีสต์และเชื้อรา	มาการีนและซอสต่าง ๆ
SO_2/ซัลไฟต์	200 – 300ppm	จุลินทรีย์ทั่วไป	ผลไม้อบแห้ง, น้ำผลไม้
nisin	1%	เชื้อ clostridium	ชีสต์

ที่มา: Fung *et al.* (1985)

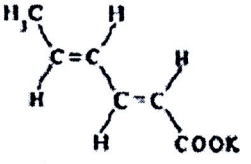
โดยกรดซอร์บิก รวมทั้งเกลือโซเดียมและโพแทสเซียมของกรดนี้ จัดเป็นสารเคมีที่มีการนำมาใช้เป็นวัตถุกันเสีย และมีความปลอดภัยในการใช้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุกันเสียชนิดอื่น ๆ มีโครงสร้างโมเลกุล ดังภาพที่ 3 ข้อดีของกรดซอร์บิกคือ เป็นสารประกอบที่ไม่มีกลิ่นไม่มีรสและไม่มีสี เวลาใช้กับอาหารจึงไม่ทำให้ส่งผลกระทบต่อกลิ่นรสของอาหาร นอกจากนี้ยังใช้ยับยั้งการแพร่ของราและยีสต์ได้ ฤทธิ์ของกรดซอร์บิกจะเพิ่มขึ้นขณะที่พีเอชลดลง โดยปกติกรดซอร์บิกใช้ได้ผลจนถึงพีเอช 6.5 กรดซอร์บิกและเกลือของกรดซอร์บิกใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อราในขนมอบ เนยแข็ง เครื่องดื่มประเภทน้ำผลไม้และไวน์ เยลลี่ ผลไม้แห้งและมาร์การีน ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขสูงสุดไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร



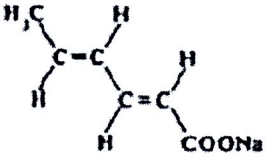
sorbic acid



calcium sorbate



potassium sorbate



sodium sorbate

ภาพที่ 3 โครงสร้างโมเลกุลของกรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบต
ที่มา : ศิวาพร (2546)

5. Active packaging

Active packaging ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากจากนักวิทยาศาสตร์การอาหารและนักเทคโนโลยีการบรรจุ นำ ไปสู่การพัฒนาในด้านวิทยาศาสตร์การอาหารและเทคโนโลยีการบรรจุ (Labuza and Breene, 1989) การบรรจุแบบแอกทีฟ (active packaging) เป็นระบบบรรจุที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยากันระหว่างภาชนะบรรจุ หรือองค์ประกอบภายในภาชนะบรรจุ กับผลิตภัณฑ์อาหารหรือบรรยากาศภายใน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมในระบบบรรจุ โดยบรรจุสารเคมีที่มีคุณสมบัติบางประการลงในภาชนะบรรจุซึ่งส่วนใหญ่จะปลดปล่อยแก๊สที่ต้องการหรือดูดซับแก๊สที่ไม่ต้องการออกไปจากบรรยากาศที่ล้อมรอบผลิตภัณฑ์ที่ถูกบรรจุอยู่ภายใน ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษา เพิ่มความปลอดภัยและคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในขณะที่คงคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารนั้นไว้ได้ (Ahvenainen, 2003) จากการศึกษาพบว่าบริเวณผิวหน้าของอาหารมีการเสื่อมเสียอันเนื่องจากจุลินทรีย์และปัจจัยภายนอกหลายประการ ซึ่งเดิมการใช้สารกันหืนและสารป้องกันก๊าซออกซิเจนมักจะใช้การเติมโดยตรงในอาหารซึ่งจะเกิดการแพร่ขึ้นอย่างรวดเร็วจากบริเวณผิวหน้าของอาหารสู่ภายในชิ้นอาหารทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตหรือทำ ให้เกิดการเสื่อมเสียของอาหารได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยควบคุมปฏิกิริยาการแพร่ของสารกันเสียและสารป้องกันก๊าซออกซิเจน จึงได้มีการใช้สารกันเสียและสารป้องกันก๊าซออกซิเจนเติมลงในฟิล์มและสารเคลือบที่รับประทานได้ (Rooney, 1995) การพัฒนา active packaging จะเป็นการช่วยรักษาสภาวะที่เหมาะสมของอาหารให้มีอายุยาวนานขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา การบรรจุแบบแอกทีฟมีการพัฒนา

ไปในหลากหลายรูปแบบ ที่สำคัญได้แก่ ตัวดูดซับแก๊สออกซิเจน (oxygen scavengers) ตัวดูดซับหรือปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide absorbers/emitters) ตัวดูดซับความชื้น (moisture absorbers) ตัวดูดซับแก๊สเอทิลีน (ethylene absorbers) ตัวปลดปล่อยแก๊สเอทานอล (ethanol emitters) ตัวดูดซับหรือปลดปล่อยกลิ่นรส (flavor absorbers/emitters และฟิล์มต่อต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial films) เป็นต้น (Han, 2003; Ozdemir and Floros, 2004)

บรรจุภัณฑ์ยับยั้งจุลินทรีย์คือ ระบบบรรจุภัณฑ์ที่สามารถฆ่าหรือต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียซึ่งปนเปื้อนมากับอาหาร มักใช้การเติมสารยับยั้งจุลินทรีย์ผสมในบรรจุภัณฑ์ หรือการใช้พอลิเมอร์ที่มีสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ ทำให้การเจริญในช่วงแลก (lag period) นานขึ้น และลดอัตราการเจริญเติบโตหรือลดจำนวนเชื้อที่รอดชีวิตลงได้ (Han, 2003) นอกจากนี้ข้อดีของการใช้สารประกอบพอลิเมอร์ผสมร่วมกับสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ยังช่วยในด้านการควบคุมการปลดปล่อยสารเพื่อให้คงประสิทธิภาพตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาอาหาร (Cagri *et al.*, 2004) โดยสารต่อต้านจุลินทรีย์ในกลุ่มสารสังเคราะห์ที่ได้รับความนิยมนำมาใช้มากที่สุดได้แก่ กรดอินทรีย์ และสารฆ่ารา เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับราคาต่อหน่วยแต่เนื่องจากในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมบริโภคอาหารที่มีส่วนประกอบจากวัตถุดิบจากธรรมชาติ ทำให้การนำสารต่อต้านจุลินทรีย์สังเคราะห์มาใช้ในอาหารมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราที่ลดลง และเริ่มหันมานิยมใช้สารต่อต้านจุลินทรีย์จากธรรมชาติมากขึ้น (Davidson, 1997) เช่น สารต่อต้านจุลินทรีย์จากพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ แบคเทอริโอซินหรือเอนไซม์ การนำสารต่อต้านจุลินทรีย์มาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ยา เครื่องสำอาง และบรรจุภัณฑ์ ต้องได้รับการอนุญาตและเป็นไปตามข้อกำหนดตามกฎหมายของแต่ละประเทศในการจำกัดปริมาณการใช้เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

Jangchud (1997) ได้ทำการตรวจสอบหาการแพร่ของกรดซอร์บิค (sorbic acid) ในฟิล์มที่ผลิตจากโปรตีนถั่วลิสง (peanut protein film) และทำการทดสอบเสถียรภาพ *Staphylococcus aureus* ในเนยเทียม เพื่อที่จะรักษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสไปพร้อมกับป้องกันการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์

Ouattara *et al.* (2000) ได้ทำ การศึกษาการแพร่ของกรดอะซิติกและการโพรพิออนิค (propionic) จากแผ่นฟิล์มไคโตแซนซึ่งหนา 44 – 54 ไมโครเมตร พบว่าฟิล์มไคโตแซนช่วยชะลอการแพร่ของกรดอะซิติกและการโพรพิออนิค (propionic) ทำ ให้ลดการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวหน้าของเนื้อสัตว์ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของเนื้อสัตว์ได้

Ko *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของ nisin ที่ใส่ในฟิล์ม soy protein isolates (SPI), spray-dried wheat gluten (WG), egg albumen (EA) protein และ whey protein isolate (WPI) ต่อความสามารถในการต้านการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (*Listeria monocytogenes* strain V7)

พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของ nisin เพิ่มมากขึ้นจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น แต่ปริมาณของ nisin ที่เพิ่มมากขึ้นมีผลทำ ให้ความยืดหยุ่นของฟิล์มลดน้อยลง ดังนั้นในการเตรียมฟิล์มจึงควรเพิ่มปริมาณของสารพลาสติไซเซอร์ให้มากขึ้น

Teerakarn *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาการแพร่ของ nisin ในฟิล์มโปรตีนชนิดต่าง ๆได้แก่ cast corn zein (CCZ), heat-pressed corn zein (HPCZ), cast wheat gluten (CWG) และ heat-pressed wheat gluten (HPWG) ซึ่งจะทำการศึกษาการแพร่ของ nisin ที่อยู่ในแผ่นฟิล์มโปรตีนชนิดต่าง ๆ พบว่า cast corn zein (CCZ) มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่จะใช้เป็นฟิล์มห่อหุ้มที่ผิวหน้าของอาหาร ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด

Das et al. (2012) ได้ทำการพัฒนาสารเคลือบผิวจากแป้งข้าวเจ้าผสมสารสกัดจากใบชาและน้ำมันมะพร้าวพบว่า เมื่อนำสารเคลือบที่พัฒนาได้ไปเคลือบผิวมะเขือเทศ สามารถชะลอการสุกของมะเขือเทศได้และยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ได้อีกด้วย

6. **มะรุม** (Drumstick tree)

มะรุมมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Moringa oleifera* Lam. อยู่ในวงศ์ Moringaceae ในต่างประเทศรู้จักมะรุมในชื่อของ Drumstick Tree (ภาพที่ 4) โดยมะรุมจัดเป็นพืชที่กำเนิดแถบใต้เชิงเขาหิมาลัย เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางมีถิ่นกำหนดอยู่ในประเทศแถบเอเชีย เช่น อินเดีย ศรีลังกา และยังมีในเขตเอเชีย และแอฟริกาเป็นไม้ปลูกง่ายเจริญได้ดีในดินทุกชนิดต้องการน้ำและความชื้นในปริมาณปานกลางขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ดและการปักชำกิ่ง ส่วนในประเทศไทยสามารถพบมะรุมได้ในทุกภาคของประเทศโดยมีชื่อเรียกต่างๆกันไป เช่น อีสานเรียก ผักอีฮุม ภาคเหนือเรียก มะค้อมก้อน ชาวกะเหรี่ยงแถบกาญจนบุรีเรียก กาแน้งเดิง ส่วนชานฉานแถบแม่ฮ่องสอนเรียก ผักเนื้อไก่ เป็นต้น มะรุมจัดว่าเป็นพืชสมุนไพรที่มีสรรพคุณในหลายด้าน เช่น รากจะมีรสร้อน ช่วยขับลม ใบ ช่วยแก้เลือดออกตามไรฟัน แก้อักเสบ ดอก ช่วยบำรุงร่างกาย ขับปัสสาวะ ขับน้ำตาและฝักมีรสหวานช่วยแก้ไข้หรือลดไข้ เป็นต้น)เอื้อกานต์, 2551(

ภาพที่ 4 ส่วนต่าง ๆ ของต้นมะรุม

ที่มา: Anwar *et al.*, 2007

วิมล (2552) ได้กล่าวถึงการใช้ประโยชน์ของมะรุมในสมบัติด้านสารต้านจุลชีพดังนี้น้ำคั้นสดของใบ สารประกอบคล้าย pterygospermin ของดอก สารสกัดอะซีโตนและสารสกัดเอทานอลจากเมล็ด สารสกัดน้ำจากเมล็ด น้ำคั้นจากเปลือกต้น สารสกัดเอทานอลของเปลือกราก และสาร athomin จากเปลือกราก มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียได้หลายชนิด นอกจากนี้ยังมีการใช้สารสกัดน้ำมันจากเมล็ด ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับใช้กับตา โดยพบว่าใช้ได้ดีกับ pyodermia ในหนูเมาส์ ที่มีสาเหตุมาจาก *Staphylococcus aureus* นอกจากนี้ Jabeen *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเมล็ดของมะรุมในด้านความสามารถต้านการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (*Pasturella multocida, Escherichia coli, Bacillus subtilis* และ *Staphlocuccus aureus*) และเชื้อรา (*Fusarium solani* and *Rhizopus solani*) พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดีในแบคทีเรียสายพันธุ์ *Pasturella multocida* และ *Bacillus subtilis* โดยทำการศึกษาที่อุณหภูมิ 4 - 37 °C ในช่วง pH 7