บทที่ 2

การทบทวนเอกสารงานวิจัย

ทุเรียนและวัสดุเหลือทิ้งจากทุเรียน (Durian and durian wastes)

ทุเรียน (Durian) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีต้นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าสูงและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคของคนเอเชียจนได้รับการขนานนามว่าเป็น "ราชาแห่งผลไม้ (King of the fruit)" เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ และเป็นผลไม้จำพวก climacteric fruit ในตระกูล Bombacaceae ที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาวะอากาศร้อนชื้นในเขตเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นทุเรียนเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ปลูกกันมากในประเทศไทยเช่นกัน ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก (ปี 2546-2552) เฉลี่ยปีละ 700,129 ตัน (ตารางที่ 1) แหล่งผลิตที่สำคัญจะเป็นภาคตะวันออกได้แก่ จันทบุรี ระยอง และตราด ภาคใต้ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช และเป็นผลไม้ส่งออกมูลค่าสูงประเภทหนึ่ง ทั้งในรูปของทุเรียนสดแช่เย็น และผลิตภัณฑ์แปรรูป (ตารางที่ 2) ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี

ทุเรียนมีรูปร่างค่อนข้างกลมและมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 2.0-4.5 กิโลกรัมขึ้นกับชนิดของทุเรียน โดยถูกห่อหุ้มด้วยเปลือกที่มีหนามแหลมที่ยากแก่การปอก แต่มีส่วนเนื้อประมาณร้อยละ 30 เท่านั้นที่เป็นส่วนที่รับประทานได้ ส่วนที่เหลือเป็นเม็ดและเปลือกจะถูกทิ้งเป็นของเสีย (wastes) (Amiza et al., 2007) อุตสาหกรรมการแปรรูปทุเรียนจะก่อให้เกิดของเสียทั้งเปลือกทุเรียนและเม็ดทุเรียนจำนวนมาก สำหรับปริมาณเม็ดทุเรียนมีมากถึงร้อยละ 20-25 โดยน้ำหนัก ถึงแม้ว่าเมื่อเทียบกับเปลือกทุเรียนแล้ว เม็ดทุเรียนจะเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่มีปริมาณน้อยกว่ามาก แต่เมื่อทิศทางของการนำทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ (resource recovery) เป็นที่สนใจกันอย่างมากในปัจจุบัน การนำเม็ดทุเรียนมาใช้ประโยชน์จึงเป็นสิ่งที่ควรพิจารณามากกว่าการกำจัดทิ้งเป็นขยะ แต่ในทางปฏิบัติกลับไม่มีการใช้ประโยชน์จากเม็ดทุเรียนเลย ทั้งที่มีรายงานการวิจัยว่าเม็ดทุเรียนมีคุณค่าทางโภชนะสูงและมีปริมาณเยื่อใยสูง และแป้งจากเม็ดทุเรียน (durian seed flour) สามารถใช้ผสมในอาหารหลายชนิด เช่น เค้ก คุ้กกี้ ซุป เป็นต้น โดยใช้แทนที่แป้งสาลีหรือใช้เป็น thickening agent (Amiza et al., 2004) ได้ ดังนั้นการเพิ่มมูลค่าของเม็ดทุเรียนนอกจากจะเป็นการลดการสะสมของปริมาณขยะ ลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะ ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตทุเรียนแปรรูปด้วย อย่างไรก็ตามจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนากระบวนการที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากจากเม็ดทุเรียนโดยไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนที่ยุ่งยากมากหรือผ่านการทำให้บริสุทธิ์ (purification) สูง เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำ จนทำให้มีความเป็นไปได้เพิ่มขึ้นในการพัฒนาสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ได้

ตารางที่1 สถิติการผลิตทุเรียนของไทยในปี 2546 - 2552

ปี	ปริมาณ (ตัน)
2546	736,651
2547	829,197
2548	649,789
2549	569,057
2550	752,965
2551*	679,142
2552*	684,104

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

ตารางที่ 2 สถิติปริมาณและมูลค่าการส่งออกทุเรียนสดแช่เย็น แช่แข็ง และผลิตภัณฑ์แปรรูป ปริมาณ : ตัน มูลค่า: ล้านบาท

ประเภท	2550		2551		2552(ม.ค.-มิ.ย)		อัตราการเปลี่ยนแปลง(%)			
							D51/50		D52/51 (มค.-มิ.ย.)	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ทุเรียนสดแช่เย็น	157,407	2,567	203,127	3,132	156,612	2,463	29	22	16	23
ทุเรียนสดแช่แข็ง	12,909	421	16,311	417	8,911	198	26	-1	12	2
แปรรูปอบแห้ง	682	77	524	123	165	56	-23	60	6	5.3
แปรรูปกวน	9,223	415	2,598	153	1,411	82	-72	-63	16	31
รวม	180,221	3,480	222,559	3,824	167,099	2,799	23	10	16	21

ที่มา : ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์

ฟิล์มที่ย่อยสลายได้ (Biodegradable films)

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่ป้องกันอาหารเสื่อมเสียจากปัจจัยทางกายภาพ เคมีและชีววิทยา เช่น ความชื้น แสง แก๊ส กลิ่น จุลินทรีย์ หนูและแมลง โดยยังคงรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ และให้ข้อมูลที่สำคัญต่อผู้บริโภค เช่น วันหมดอายุ แต่บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ก่อให้เกิดวัสดุเหลือทิ้งประเภทของแข็งถึงประมาณร้อยละ 30 โดย

น้ำหนักของขยะทั้งหมด คิดเป็นสองในสามของปริมาตรในถังขยะเนื่องจากความเทอะทะของบรรจุภัณฑ์ และในร้อยละ 30 ของวัสดุเหลือทิ้งพวกบรรจุภัณฑ์เหล่านี้ ร้อยละ 13 เป็นพวกบรรจุภัณฑ์พลาสติกที่มีอายุยาวนาน เฉื่อย และต้านทานการย่อยสลายของจุลินทรีย์ จึงไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (Krochta and DeMulder-Johnson, 1997; Mali et al., 2002) บรรจุภัณฑ์จากพอลิเมอร์สังเคราะห์เหล่านี้มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางทางอาหาร เนื่องจากมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ มีความแข็งแรงสูง ยืดหยุ่นได้ดี มีสมบัติการกีดกันแก๊สที่ดี ราคาถูก และต้านทานน้ำ (Guilbert, 1986) ปัจจุบันประมาณมีการผลิตบรรจุภัณฑ์พลาสติกในแต่ละปีมากกว่า 150 ล้านตันทั่วโลก การใช้งานเพิ่มขึ้นของบรรจุภัณฑ์พลาสติก (Hue and Gao, 2008) ส่งผลให้มีการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นเนื่องจากผลิตภัณฑ์เหล่านี้มาจากน้ำมันดิบ นอกจากนั้นผลิตภัณฑ์พลาสติกยังก่อปัญหารุนแรงทางมลภาวะสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่สามารถย่อยสลายได้ในสภาวะสิ่งแวดล้อมปกติ โดยทั่วไปการกำจัดขยะพลาสติกมักใช้วิธีการฝังกลบ (landfills) ซึ่งต้องใช้พื้นที่ปริมาณมาก

ดังนั้นปัจจุบันเมื่อผู้บริโภคมีความใส่ใจเรื่องของสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ จึงนับเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมาก โดยทดแทนการใช้บรรจุภัณฑ์สังเคราะห์บางส่วน บรรจุภัณฑ์เหล่านี้สามารถย่อยสลายได้ก่อนที่จะถูกขนย้ายไปสู่แหล่งฝังกลบ (landfill sites) จึงทำให้ปริมาณวัสดุเหลือทิ้งที่เป็นของแข็งทั้งหมดลดลง ดังนั้นจึงนำไปสู่การค้นคว้าวิจัยเพื่อพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ในธรรมชาติอย่างกว้างขวางในช่วงไม่กี่ปีมานี้ (Guilbert, 1986; Kester and Fennema, 1986; Krochta et al., 1994; Krochta and De Mulder-Johnson, 1997; Debeaufort et al., 1998; Sanchez et al., 1998; Perez-Gago et al, 1999; Ayhllon-Meixueiro et al., 2000) โดยเฉพาะการใช้พอลิแซคคาไรด์ เช่น เซลลูโลส ไคโตแซน (chitosan) และแป้ง โดยเฉพาะแป้งได้รับความสนใจอย่างมาก เพราะมีสมบัติ เช่น การเกิดเจล การทำให้ข้นเหนียว (thickening) การยึดเหนี่ยวและยึดติด (bonding and adhesion) (Pavlath and Robertson, 1999; Tanada-Palmu and Grosso, 2003) ซึ่งทำให้เหมาะกับการเป็นวัตถุดิบในการเตรียมฟิล์มพอลิเมอร์ชีวภาพ Soares et al., 2005)

โดยทั่วไปการประยุกต์ใช้ฟิล์มที่ย่อยสลายได้มีอยู่ 2 แบบ คือใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์พลาสติกสำหรับอาหาร และใช้เป็นฟิล์มหรือสารเคลือบห่อหุ้มอาหาร โดยมีข้อดีคือ 1) เป็นสารที่บริโภคได้ 2) โดยมากมักมีราคาต่ำ 3) ลดปริมาณของเสียจากขยะบรรจุภัณฑ์ 4) ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกล และทางโภชนะของอาหารให้ดีขึ้น 5) ปกป้องอาหารทั้งหมดหรือสัดส่วนเล็ก ๆ ของอาหารจากการสัมผัสโดยตรงกับสิ่งแวดล้อม และ 6) สามารถใช้งานกับอาหารที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียว (heterogeneous food) โดยทำหน้าที่เป็นตัวกีดกัน (barrier) ระหว่างองค์ประกอบในอาหาร (Guilbert, 1986) นอกจากนั้นฟิล์มที่ย่อยสลายได้ยังสามารถบรรจุสารเติมแต่งทางอาหาร เช่น สารต้านการเกิดออกซิเดชันของลิปิดสารต้านจุลินทรีย์และสารแต่งกลิ่นรส ทำหน้าที่เป็นตัวกีดกันที่จำเพาะ (selective barrier) เพื่อ

ป้องการการเคลื่อนย้ายของไอแก๊สและตัวถูกละลายภายในของอาหารที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และยังสามารถบริโภคบรรจุภัณฑ์พร้อมอาหารได้ด้วย (Cherian et al., 1995)

การเตรียมฟิล์มที่ย่อยสลายได้ต้องการองค์ประกอบที่สำคัญ 2 ชนิดคือ สารพอลิเมอร์ที่เป็นองค์ประกอบหลักในการเกิดฟิล์ม ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของฟิล์ม (structural support) ซึ่งอาจเป็นลิปิด พอลิแซคคาไรด์ โปรตีน หรือองค์ประกอบผสมของพอลิเมอร์เหล่านี้ก็ได้ ส่วนอีกองค์ประกอบคือ พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) ซึ่งเป็นสารประกอบพวกพอลิออล (polyol) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ ช่วยลดความเปราะและเพิ่มความยืดหยุ่นของฟิล์ม เนื่องจากพลาสติไซเซอร์จะไปลดแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของโซ่พอลิเมอร์ ซึ่งพลาสติไซเซอร์จะต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกับพอลิเมอร์ และจะต้องละลายได้ในตัวทำละลายเดียวกัน (Banker, 1966) สูตรในการเตรียมฟิล์มมีอิทธิพลโดยตรงต่อธรรมชาติและสมบัติของฟิล์ม (Krester and Fennema, 1986) โดยที่รูปร่าง (shape) ของโมเลกุลพอลิเมอร์เป็นตัวกำหนดการยึดเหนี่ยวหรือไขว้กัน (interlace) ของชิ้นส่วนโมเลกุล (molecular segments) และสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม ในขณะที่ลำดับของโซ่ (chain order) จะมีอิทธิพลต่อความไม่ยืดหยุ่น (rigidity) ความกระด้าง (toughness) การแพร่ผ่าน (permeability) ความยืดหยุ่น (flexibility) และความเปราะ (brittleness) ของฟิล์ม

ฟิล์มที่เตรียมมาจากแป้งและอนุพันธ์ของแป้ง (starch derivative) มีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ดี และมีสมบัติทั้งการกีดกันออกซิเจนสูงและสมบัติทางกลที่ดี (Lawton, 1996; Lee and Rhim, 2000; Mali et al., 2002) ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ฟิล์มที่ผลิตจากแป้งเพื่อใช้เคลือบเม็ดยา ลูกกวาด และผลไม้แห้ง ใช้ฟิล์มที่ผลิตจากอนุพันธ์ของเซลลูโลส เช่น HPMC, MC และ HPC สำหรับเคลือบสารเสริมอาหารและเม็ดยา และใช้แป้งที่มาจากพืช (vegetable starch) เตรียมเป็นแคปซูลยา ซึ่งมีสมบัติทางกายภาพและทางกลเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์สังเคราะห์จากเจลลาติน (Bae et al., 2008)

โดยทั่วไปสมบัติการแพร่ผ่านของฟิล์ม (permeability) และความแข็งแรง (strength) ขึ้นกับความเข้มข้นของพลาสติไซเซอร์ (McHugh and Krochta, 1994a) เมื่อใช้ปริมาณของพลาสติไซเซอร์เพิ่มขึ้นจะเพิ่มความสามารถในการแพร่ผ่าน และความสามารถในการยืด (extendibility) แต่ลดความแข็งแรงของฟิล์ม (McHugh et al., 1994; McHugh and Krochta, 1994b) พลาสติไซเซอร์จะทำให้แรงระหว่างโมเลกุลที่ทำหน้าที่ระหว่างโซ่พอลิเมอร์ลดลง ดังนั้นจึงทำให้ฟิล์มยืดหยุ่นได้มากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็จะทำให้มีสมบัติการกีดกันแก๊สและความชื้นลดลง เนื่องจากมีการเพิ่มการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของโซ่พอลิเมอร์ นอกจากนั้นพลาสติไซเซอร์ ซึ่งมักเป็นสารประกอบพอลิออล (polyol) เช่นกลีเซอรอล (glycerol) มีสมบัติไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) จึงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความไวต่อน้ำ (water sensitivity) ของพอลิเมอร์ มีรายงานว่าฟิล์มที่เตรียมมาจากแป้งที่ใช้น้ำเป็นพลาสติไซเซอร์จะมีสมบัติการกีดกันออกซิเจนที่ดีที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ที่อุณหภูมิห้องเช่นเดียวกับฟิล์ม EVOH (Forssell et al., 2002)