บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความสำคัญ

2.1.1 มังคุด (Mangosteen)

มังคุดมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* L. เป็นไม้ผลเขตร้อน จัดอยู่ในวงศ์ Guttiferae มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียอาคเนย์โดยเฉพาะแหลมมลายู แล้วแพร่กระจายไปตามเขตร้อนอื่น ๆ มังคุดเป็นผลไม้ที่มีรูปลักษณ์และสีสันสวยงาม มีรสชาติอร่อยจนได้รับการขนานนามว่าราชินีแห่งผลไม้ (สุวรรณี ปักกาสาร, 2540) นอกจากมังคุดจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภคภายในประเทศแล้วมังคุดยังเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกสู่ตลาดโลกและได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยเฉพาะตลาดในทวีปยุโรปและประเทศญี่ปุ่น (กรมศุลกากร, 2547) รัฐบาลจึงกำหนดให้มังคุดอยู่ในกลุ่มของผลไม้เพื่อการส่งออก

ลักษณะผลมังคุดเป็นผลแบบกลมแบน เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.5-7 เซนติเมตร เปลือกหนา 0.8-1 เซนติเมตร มีสีตองอ่อนเมื่ออ่อนและเปลี่ยนเป็นสีม่วงเมื่อแก่ เนื้อชั้นนอกเมื่อสุกจะมีสีม่วงแดง ภายในผลแบ่งเป็น 4-8 ช่องแต่ละช่องมีเมล็ดภายในหุ้มด้วยเนื้อสีขาวอ่อนนุ่มคล้ายวุ้น การเรียงตัวของกลีบคล้ายกับการเรียงตัวของกลีบส้ม ในแต่ละผลจะมีเมล็ดที่สมบูรณ์ 1-3 เมล็ด มีเนื้อร้อยละ 25-30 เนื้อของมังคุดประกอบด้วยความชื้นร้อยละ 80 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (soluble solid) ร้อยละ 19 มีน้ำตาลทั้งหมดร้อยละ 17.5 นอกจากนี้แล้วยังมีแร่ธาตุและวิตามินต่างๆ อีกหลายชนิด (สุวรรณี ปักกาสาร, 2540) แหล่งผลิตมังคุดที่สำคัญอยู่ในบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยประเทศไทยสามารถผลิตมังคุดได้มากที่สุดในโลก รองลงมาได้แก่ ประเทศฟิลิปปินส์และมาเลเซีย สำหรับประเทศไทยมีแหล่งปลูกมังคุดที่สำคัญอยู่ในภาคใต้และภาคตะวันออก โดยมังคุดที่ผลิตจากภาคตะวันออกจะมีคุณภาพดีกว่ามังคุดที่ปลูกทางภาคใต้

2.1.1.1 พันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์

มังคุดมีอยู่พันธุ์เดียวเรียกกันว่าเป็นพันธุ์พื้นเมือง เนื่องจากมังคุดเป็นพืชที่ปลูกด้วยเมล็ดและเมล็ดมังคุดไม่ได้เกิดจากการผสมเกสร จึงแทบจะไม่มีโอกาสกลายพันธุ์เลย แม้จะพบว่ามังคุดสายพันธุ์จากเมืองนนท์มีผลเล็กและเปลือกบาง แตกต่างกับมังคุดปักษ์ใต้ที่มีเปลือกหนา

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แต่ยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจนพอที่จะแยกเป็นพันธุ์ได้ (กรมวิชาการเกษตร มังคุด, ไม่ระบุวันที่)

2.1.1.2 ดัชนีการเก็บเกี่ยว

มังคุดที่ปลูกทางภาคตะวันออกจะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม ส่วนทางภาคใต้จะเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงตุลาคม สำหรับมังคุดที่ปลูกในประเทศมาเลเซียและฟิลิปปินส์เริ่มเก็บเกี่ยวได้ตั้งแต่ปลายเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน (กรมวิชาการเกษตร มังคุด, ไม่ระบุวันที่) การที่จะพิจารณาเก็บเกี่ยวมังคุดในระยะไหนก็ขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่ง โดยคาดการณ์ให้ผลมังคุดสุก หรือมีสีม่วงแดงพอดีเมื่อถึงผู้บริโภคหรือถึงโรงงานแช่แข็ง โดยอาจใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้

2.1.1.2.1 <u>การนับอายุผล</u> โดยนับจากระยะออกดอกถึงเก็บเกี่ยวจะใช้เวลาประมาณ 16 สัปดาห์ แต่การนับอายุผลควรใช้ควบคู่ไปกับการพัฒนาของสีเปลือก ซึ่งจะบอกระยะการเจริญเติบโตของผลได้ดีกว่า

2.1.1.2.2 <u>การพัฒนาของสีเปลือกมังคุด</u> เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวที่นิยมใช้เพราะสามารถบอกความสมบูรณ์ของผลได้ถูกต้อง และสะดวกไม่ต้องใช้เทคนิคมากมาย โดยแบ่งวัยของการเก็บเกี่ยวเป็น 6 วัย ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 วัยของมังคุด

วัยที่	ลักษณะผล	คุณภาพของผล
0	สีเขียวตองอ่อน	สีเขียวตองอ่อนทั้งผล เป็นผลอ่อนเกินไป ห้ามเก็บเกี่ยวโดยเด็ดขาด เพราะคุณภาพด้อยมาก ไม่เป็นที่ยอมรับสำหรับการบริโภค
1	ผลมีสายเลือด (เกิดจุดแต้มหรือประสีม่วง)	เหมาะต่อการเก็บเกี่ยวแต่ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค เพราะเนื้อยังติดเปลือก แต่เหมาะต่อการส่งไปจำหน่ายยังตลาดห่างไกล ผลมังคุดในวัยนี้สามารถบริโภคได้ภายใน 4 วันหลังการเก็บเกี่ยว (ณ อุณหภูมิเขตร้อน)
2	ผลมีการเปลี่ยนสีเป็นน้ำตาลแดงเรื่อ ๆ	ผลมีสีน้ำตาลแดงเรื่อ ๆ เกือบทั้งผล ระยะนี้ต้องทำการเก็บเกี่ยวให้หมด ไม่ควรปล่อยให้ผลิตผลิตผลอยู่กับต้นเกินกว่านี้
3	ผลมีสีน้ำตาลแดง	ผลระยะนี้อาจจะใช้บริโภคได้แต่เปลือกยังมียางสีเหลืองอยู่บ้าง
4	ผลมีสีม่วงแดง	ระยะนี้ใช้บริโภคได้
5	ผลมีสีม่วงเข้มหรือม่วงดำ	เหมาะต่อการบริโภคมากที่สุด สามารถอยู่ได้ประมาณ 10 วัน ถ้ามีการเก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิห้องอย่างถูกต้อง

ที่มา ดัดแปลงจาก กรมวิชาการเกษตร มังคุด, ไม่ระบุวันที่

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ในการส่งมังคุดเข้าสู่ตลาดโลก แต่จากสถิติปริมาณและมูลค่าการส่งออกมังคุดสดไปตลาดต่างประเทศ (ตารางที่ 2.4) พบว่ามีแนวโน้มไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี สาเหตุเนื่องมาจากคุณภาพของมังคุดไม่ดีพอ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลมังคุดเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยมีอายุการวางจำหน่ายเพียงหนึ่งสัปดาห์ ลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไปของผลคือ ส่วนของกลีบเลี้ยงและขั้วผลจะเหี่ยวแห้งและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว รวมทั้งเกิดอาการเปลือกแข็งซึ่งมีสาเหตุมาจากการสูญเสียน้ำของผล ส่วนลักษณะภายในที่เปลี่ยนแปลงไปของผลที่นำมาเก็บรักษาคือ การเกิดรอยแยกเป็นร่องระหว่างเปลือกและเนื้อ รวมทั้งการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ ลักษณะเช่นนี้ไม่เป็นที่ดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคและเป็นข้อจำกัดสำหรับตลาดที่อยู่ห่างไกล

2.1.2 มะม่วง (Mango)

มะม่วง (*Mangifera indica L.*) จัดอยู่ในสกุล *Mangifera* ซึ่งเป็นสกุลหนึ่งในวงศ์ Anacardiaceae มะม่วงเป็นไม้ผลเขตร้อน มีแหล่งกำเนิดในประเทศอินเดียและพม่า และแพร่กระจายไปยังประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจต่อหลายๆ ประเทศในโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย โดยประเทศไทยจัดเป็นผู้ผลิตรายใหญ่รายหนึ่งของโลก (บุญเลิศ สอาดสิทธิ์ศักดิ์, 2532) ลักษณะของต้นมะม่วงมีขนาดกลางถึงใหญ่ คือ สูง 10-40 เมตร แตกกิ่งก้านเป็นพุ่มกว้างแน่นทึบ เปลือกสีน้ำตาลปนเทาอ่อน ใบเป็นรูปหอกก้านใบเรียว โคนก้านบวม ใบอ่อนมีสีม่วงอ่อนจนถึงม่วงเข้ม ดอกมีลักษณะเป็นช่อแบบ panicle ขนาดใหญ่ มีดอกย่อยจำนวนมาก ช่อดอกมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นหอม ดอกออกช่อตามปลายกิ่ง ผลประกอบด้วยเปลือกสามชั้น คือ เปลือกชั้นนอก (exocarp) หนาและมี lenticle เกิดเป็นจุด ๆ เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) เป็นส่วนของเนื้อที่รับประทานได้ ความหนาของเนื้อผลขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ และเปลือกชั้นใน (endocarp) ประกอบด้วยเส้นใยซึ่งมีลักษณะแข็งเหนียวเป็นเสี้ยนห่อหุ้มเมล็ดอยู่ภายใน โดยปกติผลมะม่วงจะแบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ ใหญ่ กลาง เล็ก น้ำหนักจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ สำหรับมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ขนาดใหญ่มีน้ำหนักประมาณ 360-420 กรัมต่อผล ขนาดกลาง 301-359 กรัมต่อผล และขนาดเล็ก 250-300 กรัมต่อผล (นวรัตน์ พัฒนศิริ, 2544)

2.1.2.1 การเก็บเกี่ยวมะม่วง

โดยทั่วไปมะม่วงพันธุ์ที่รับประทานสุกจะเก็บเกี่ยวในขณะผลดิบถึงระยะแก่จัด แต่ต้องมีพัฒนาการทางสรีระมากเพียงพอที่จะสามารถสุกได้เป็นปกติ (กรมวิชาการเกษตร มะม่วง อุตสาหกรรม, ไม่ระบุวันที่) ซึ่งคุณภาพผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมานั้น มีผลโดยตรงต่อการจำหน่าย ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบเกี่ยวกับผลมะม่วงสุกมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ อาจเกิดจากระยะการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่มีอายุเหมาะสมและการปฏิบัติต่อผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวอย่างถูกวิธีทำให้ผลมะม่วงที่ได้มีคุณภาพดีและมีราคาสูง โดยดัชนีการเก็บเกี่ยวมะม่วงสามารถพิจารณาได้ดังนี้

2.1.2.1.1 <u>การนับอายุผล</u>

การนับอายุผลเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อหาความแก่ที่เหมาะสมของผลมะม่วง อายุของผลอาจนับตั้งแต่วันที่ช่อดอกเริ่มบานหรือบานเต็มที่ จนกระทั่งวันที่เก็บเกี่ยว ซึ่งอายุที่เหมาะจะเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วง ดังเช่นที่แสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 อายุการเก็บเกี่ยวของมะม่วงแต่ละพันธุ์

พันธุ์	อายุการเก็บเกี่ยว (วัน)	นับตั้งแต่
1. เขียวเสวย	110	เริ่มออกดอก
2. น้ำดอกไม้	100	ดอกบานเต็มที่
3. หนังกลางวัน	110-115	ดอกบานเต็มที่
4. ทองดำ	102	ดอกบานเต็มที่
5. ฟ้าลั่น	70	หลังช่อดอกติดผล 50%
6. แรด	77	หลังช่อดอกติดผล 50%
7. พิมเสน	95	ดอกบานเต็มที่

ที่มา กรมวิชาการเกษตร มะม่วง วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, ไม่ระบุวันที่

2.1.2.1.2 <u>ความถ่วงจำเพาะ</u>

เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นผลมะม่วงจะมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถ่วงจำเพาะของมะม่วงมีค่ามากขึ้น โดยสามารถหาความถ่วงจำเพาะของมะม่วงได้จากการจมและลอยน้ำของผลมะม่วง ผลมะม่วงแก่จะจมน้ำในขณะที่ผลมะม่วงอ่อนจะลอยน้ำ แต่สำหรับผลมะม่วงแก่บางพันธุ์ที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยจะไม่จมน้ำ ดังนั้นการใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นดัชนีเก็บเกี่ยวจึงมีข้อจำกัดสำหรับมะม่วงบางพันธุ์

ตารางที่ 2.3 ความถ่วงจำเพาะ การจมน้ำ และช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเปลือกหุ้มเมล็ด

พันธุ์	ความถ่วงจำเพาะ	การจมน้ำ	ช่องว่างระหว่างเมล็ดกับเปลือกหุ้มเมล็ด
เขียวเสวย	0.97	ลอย	มาก
แรด	0.99	ลอย	มาก
ทองดำ	1.01	จม	น้อย
หนังกลางวัน	1.03	จม	น้อย
น้ำดอกไม้	1.03	จม	น้อย

ที่มา กรมวิชาการเกษตร เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับมะม่วง, 2547

2.1.2.1.3 การเกิดนวลที่ผิวผล

ผลมะม่วงเกือบทุกพันธุ์เมื่อผลแก่จัดนวลหรือไขที่ผิวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเกิดนวลจึงเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้บอกระยะเวลาเก็บเกี่ยวของผลมะม่วงได้

2.1.2.1.4 ลักษณะอื่น ๆ

นอกจากวิธีที่กล่าวข้างต้นอาจใช้วิธีอื่น ๆ ที่ทำได้ง่ายโดยการสังเกต เช่น ดูการเปลี่ยนสีผิว ขนาดผล ความอูมของแก้มผล ความแข็งของเปลือกหุ้มเมล็ด และการชิมรส เป็นต้น

2.1.2.2 การเก็บรักษาผลสด (กรมวิชาการเกษตร มะม่วง วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว, ไม่ระบุวันที่)

การชะลอการเสื่อมคุณภาพทั้งจากทางกายภาพและชีวภาพเพื่อให้สามารถเก็บรักษาหรือมีอายุวางจำหน่ายได้นานขึ้นเมื่อมะม่วงถึงโรงเรือนคัดบรรจุควรปฏิบัติดังนี้

- คัดเลือกเอาผลที่มีตำหนิออก เช่น ผลที่มีแผลหรือลักษณะที่ผิดปกติจากโรค เช่น แอนแทรคโนส และขั้วผลเน่า หรือมีตำหนิจากแมลง เช่น เพลี้ยไฟ เพลี้ยหอย ราดำ เป็นต้น เพื่อมิให้เป็นแหล่งแพร่กระจายของเชื้อที่เป็นสาเหตุให้เกิดการเน่าในภายหลัง

- ตัดขั้วมะม่วงให้มีความยาวเหลือไม่เกิน 1 เซนติเมตร เพื่อให้น้ำยางไหลพุ่งออกจากผล พักรอให้น้ำยางที่เหลือค่อย ๆ ไหลออกจากผลจนแห้ง ด้วยการคว่ำผลลงบนตะแกรงให้ไหล่ผลวางรองบนวัสดุที่ไม่คมหรือไม่ทำให้ผลมะม่วงเกิดแผลหรือช้ำ ปล่อยให้น้ำยางไหลผ่านช่องระบายลงท่อรองรับจนกว่าน้ำยางแห้ง

- ล้างทำความสะอาดมะม่วงในน้ำที่สะอาด น้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำที่ไหลหรือเปลี่ยนน้ำบ่อยครั้ง โดยอาจผสมสารช่วยทำความสะอาดผลไม้ที่เป็นที่ยอมรับว่าไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขอนามัยและปลอดภัยต่อผู้บริโภค เช่น คลอรีน 100-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผึ่งให้น้ำที่เกาะบนผิวมะม่วงแห้ง

- คัดขนาดผลและระดับคุณภาพ บรรจุลงภาชนะหรือทำการปฏิบัติขั้นตอนต่อไปเพื่อการเก็บรักษา ขนส่ง หรือจำหน่าย

มะม่วงจัดเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยประเทศไทยส่งออกมะม่วงไปยังต่างประเทศปีละประมาณ 350 ล้านบาท (กรมศุลการกร, 2547) โดยส่งออกในรูปของมะม่วงสดและแช่แข็ง มะม่วงกระป๋อง น้ำมะม่วง และมะม่วงแปรรูปอื่น ๆ ปัจจุบันมะม่วงสดของไทยที่นิยมส่งออกไปยังต่างประเทศมี 4 พันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ พิมเสน แรด และหนังกลางวัน มะม่วงสดที่ส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นต้องได้รับอนุญาตจากกระทรวงเกษตรและประมงของญี่ปุ่น โดยต้องผ่านขั้นตอนการอบไอน้ำ เพื่อป้องกันเชื้อรา แมลงวันทอง และโรคพืชอื่น ๆ ส่วน

มะม่วงสดที่ส่งออกไปยังประเทศอื่น เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ ฮ่องกง ไม่ต้องผ่านกรรมวิธีอบไอน้ำ ส่วนมะม่วงสดที่ส่งออกไปยังสหรัฐอเมริกา ได้รับอนุญาตให้ผ่านกรรมวิธีการฉายรังสีเพื่อป้องกันเชื้อโรคและแมลงได้ (กรมส่งเสริมการส่งออก การส่งออกมะม่วงของไทย, 2546)

ปัญหาที่พบในการส่งออกมะม่วงสุกไปต่างประเทศคือคุณภาพและอายุการวางจำหน่ายที่สั้นเนื่องจากต้องใช้เวลานานในการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเป็นการขนส่งทางเรือบางครั้งอาจใช้เวลานานถึง 1 เดือน ทำให้ผลมะม่วงสุกและเน่าเสียระหว่างการขนส่ง (สายชล เกตุษา, 2530) เนื่องจากผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังคงมีชีวิตจึงมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทางสรีรวิทยา ทางเคมี และทางกายภาพ เช่น การหายใจ การผลิตก๊าซเอทิลีน การคายน้ำ การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรต กรดอินทรีย์ วิตามินซี ความแน่นเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรส นอกจากนี้สภาพถิ่นกำเนิดซึ่งอยู่ในเขตร้อนและพฤติกรรมการสุกแบบ climacteric ทำให้ผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมาแล้วเน่าเสียได้ง่าย โดยทั่วไปวิธีการเก็บรักษาที่นิยมปฏิบัติกันมากคือ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำโดยอุณหภูมิต่ำจะมีผลในการลดอัตราการหายใจและเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การสุกและการเสื่อมสภาพของผลมะม่วง และลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย ถึงแม้ว่าอุณหภูมิต่ำสามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผลได้ แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านของระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลิตผลที่แตกต่างกันออกไปเพราะพืชผลแต่ละชนิดมีความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่เท่ากัน ดังนั้นการใช้อุณหภูมิต่ำในการเก็บรักษาจึงต้องเหมาะสมกับชนิดของผลิตผลโดยเฉพาะผลิตผลเขตร้อนและกึ่งร้อนซึ่งอ่อนแอต่อสภาพอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง (chilling temperature) เนื่องจากอุณหภูมิระดับนี้สามารถทำให้ผลิตผลเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury, CI) ได้ ซึ่งมะม่วงจัดเป็นผลไม้เขตร้อนชนิดหนึ่งที่อ่อนแอต่ออาการสะท้านหนาว สำหรับมะม่วงอุณหภูมิที่จะทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวได้คืออุณหภูมิที่ต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส โดยอาการสะท้านหนาวในมะม่วงทำให้ผลเกิดรอยช้ำที่เปลือก สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนเทาไม่สุกตามปกติหรือสุกไม่สม่ำเสมอ รสชาติผิดปกติและเน่าเสียได้ง่าย (สายชล เกตุษา, 2531) เป็นเหตุให้มะม่วงเสียคุณภาพไป การลดอุณหภูมิจึงควรทำควบคู่การเก็บรักษาด้วยวิธีอื่น เช่น การเคลือบผิว เพื่อลดการสูญเสียน้ำหนักและป้องกันการเหี่ยว ซึ่งการเคลือบทำให้ผิวของผักและผลไม้เป็นมันงาม และมีอายุการเก็บรักษาหรืออายุการวางขายนานขึ้น

ตารางที่ 2.4 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกมะม่วงสดและมังคุดสด

ปริมาณ : เมตริกตัน

มูลค่า : ล้านบาท

รายการ	2540		2541		2542		2543		2544	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
มะม่วงสด	**8,522**	**148.9**	**10,209**	**201.5**	**10,473**	**159.6**	**8,755**	**164.9**	**10,829**	**217.5**
มาเลเซีย	5,539	120.0	7,303	162.7	7,567	130.6	5,457	115.2	7,392	148.7
สิงคโปร์	2,178	11.7	2,333	13.2	2,308	14.8	2,153	20.4	2,182	14.3
ฮ่องกง	458	6.0	229	3.7	293	4.3	536	8.9	498	8.0
ไต้หวัน	70	3.2	26	1.4	2	0.1	-	-	4	0.1
ญี่ปุ่น	95	4.3	145	12.8	120	5.0	180	12.2	517	40.4
ประเทศอื่น ๆ	182	3.7	173	7.7	182	5.1	429	8.2	235	6.1
มังคุดสด	**2,812**	**62.3**	**2,319**	**44.0**	**5,001**	**104.8**	**12,886**	**257.7**	**18,388**	**408.4**
ไต้หวัน	1,557	34.3	574	11.4	1,538	33.5	3,582	85.3	6,208	162.7
ฮ่องกง	1,105	17.2	1,698	28.6	3,113	61.6	7,348	119.3	10,061	194.9
ญี่ปุ่น	81	7.7	@	0.2	37	4.8	119	15.7	97	11.8
ประเทศอื่น ๆ	69	3.1	47	3.8	292	4.9	1,837	37.4	2,023	39.0

ที่มา กรมศุลกากร, 2547

หมายเหตุ : @ มีการส่งออกน้อย

จากข้อจำกัดของระยะทางและการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วของผลไม้ประเภท climacteric ทำให้มีการศึกษาเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ การเคลือบผิวผลไม้เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยลดการสูญเสียภายหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดขึ้นได้ เนื่องจากสารเคลือบผิวจะถูกนำมาใช้ทดแทนชั้นของไขตามธรรมชาติที่อาจหลุดหายไปในขณะที่ทำการเก็บเกี่ยวหรือล้างทำความสะอาด ทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำ และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาต่างๆ นอกจากนี้สารเคลือบผิวยังมีผลต่ออัตราการหายใจ ลดการสูญเสียน้ำหนัก ลดการสูญเสียจากการเน่าเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ การแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลลดน้อยลง และยังทำให้ผลิตผลมีลักษณะดึงดูดใจผู้บริโภค การใช้สารเคลือบผิวผลไม้ต้องคำนึงถึงการยอมรับของผู้บริโภคต่อสารเคลือบผิวชนิดนั้นๆ ด้วย สารเคลือบผิวที่ใช้กันมาตั้งแต่อดีตมีหลายชนิด เช่น ไขจากธรรมชาติ ไขจาก

การสังเคราะห์ แต่สารเคลือบผิวเหล่านี้ยังมีข้อเสียอยู่หลายประการ และในปัจจุบันผู้บริโภคโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วให้ความสำคัญกับการใช้สารจากธรรมชาติ ลดการใช้สิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ โดยเฉพาะสารเคมี เช่น ในสหรัฐอเมริกาสารเคลือบผิวที่มีพอลิเอทิลีนเป็นองค์ประกอบสามารถใช้ได้เฉพาะกับผลไม้ที่ไม่ได้รับประทานทั้งเปลือก และในประเทศญี่ปุ่นสารเคลือบผิวที่ใช้ได้กับผักและผลไม้ต้องมีองค์ประกอบเป็นสารสกัดจากธรรมชาติที่รับประทานได้เท่านั้น

2.2 การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางชีวเคมีในผักและผลไม้

ในช่วงชีวิตของผักและผลไม้ก่อนจะถึงมือของผู้บริโภคจะต้องผ่านกระบวนการที่เกิดขึ้นในหลายกระบวนการ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในเนื้อของผักและผลไม้เอง เช่น การเจริญเติบโต การสุก (ripening) และท้ายที่สุดก็จะมีการเสื่อมสลาย (senescence) การเปลี่ยนแปลงที่แสดงให้เห็นในกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเคมีเป็นส่วนสำคัญ (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2526)

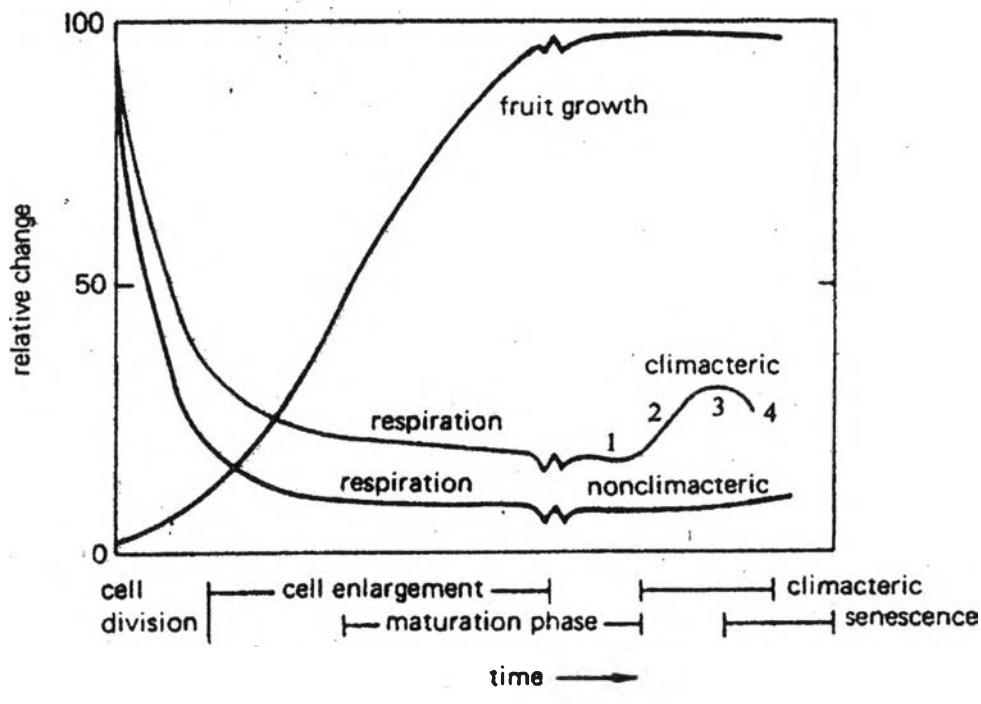
2.2.1 การหายใจ

การหายใจของผลิตผลเป็นขบวนการเผาผลาญสารประกอบจำพวกแป้ง น้ำตาล และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ ภายในผล เพื่อให้เกิดเป็นพลังงานสำหรับการทำงานของเซลล์ ผลที่ได้รับจากการหายใจคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน (การหายใจที่ใช้กลูโคสเป็นสารตั้งต้นแสดงในสมการ 2.1) แต่ถ้าเป็นการหายใจในสภาพที่ขาดก๊าซออกซิเจนก็จะได้แอลกอฮอล์เกิดขึ้นด้วย ผลไม้ที่มีอัตราการหายใจมากก็จะสุกเร็วเสียหายเร็ว การหายใจของผลิตผลทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อผลหลายอย่างคือ ทำให้ผลอ่อนนุ่ม สุก สีของผลเปลี่ยน สร้างกลิ่นบางอย่าง และรสชาติเปลี่ยนไป ดังนั้นหากสามารถควบคุมให้ผลมีอัตราการหายใจน้อย ผลก็จะสุกช้าเปลี่ยนแปลงช้า ทำให้เก็บผลไว้ได้นาน สามารถขนส่งไปได้ไกล ๆ

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{พลังงาน} \qquad (2.1)$$

ผลไม้หลายชนิดมีการหายใจเพิ่มขึ้นเมื่อผลไม้สุกเพิ่มขึ้น หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วพบว่าผลไม้มีการหายใจสูงขึ้น ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า climacteric ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.1

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 เปรียบเทียบอัตราการหายใจของผลไม้ประเภท climacteric และ non – climacteric ในช่วงของการเจริญเติบโตในระยะต่างๆ 1 = pre – climacteric 2= climacteric rise 3 = climacteric peak 4= post - climacteric
ที่มา จริงแท้ ศิริพานิช, 2546

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลานานขึ้นอัตราการหายใจจะมีค่าต่ำลง แต่ในผลไม้บางชนิดจะมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในขณะที่ผลไม้สุก เช่น มะม่วง มังคุด ทุเรียน เป็นต้น ลักษณะของการสูงขึ้นของอัตราการหายใจนี้ เรียกว่า climacteric ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ได้แก่ pre – climacteric, climacteric rise, climacteric peak และ post - climacteric ผลไม้ที่มีลักษณะการหายใจแบบนี้เรียกว่า climacteric fruit และผลไม้ที่มีอัตราการหายใจที่แตกต่างไปจาก climacteric เรียกว่า non – climacteric ซึ่งผลไม้พวกนี้มีจะอัตราการหายใจสม่ำเสมอ

การหายใจของผลมะม่วงเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญมากต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษา มะม่วงเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit คือเมื่อมะม่วงแก่จัดหรือเริ่มสุกจะมีอัตราการหายใจสูงขึ้น ซึ่งอัตราการหายใจจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ อายุของผล ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องเก็บรักษา และอัตราการผลิตเอทิลีน ผลของมะม่วงที่มีอัตราการหายใจสูงจะเก็บรักษาได้ไม่นานเพราะมีการใช้อาหารสะสมมากทำให้เกิดการสูญเสียคุณภาพได้เร็ว (สายชล เกตุษา, 2530) อุณหภูมิสำหรับเก็บรักษาผลมะม่วงโดยทั่ว ๆ ไปประมาณ 12-13 องสาเซลเซียส อาจทำให้มะม่วงบางพันธุ์เสียหายได้ เช่น ผิวจะเสียเมื่อนำไปบ่มอาจไม่สุก (กรมวิชาการเกษตร มะม่วงอุตสาหกรรม, ไม่ระบุวันที่) ในขณะที่ผลมะม่วงหายใจจะคายก๊าซ

เอทิลีนออกมาตลอดเวลา ก๊าซตัวนี้จะช่วยเร่งให้ผลมะม่วงสุกเร็วขึ้น จึงควรใส่สารดูดก๊าซเอทิลีนไว้ในที่เก็บผลด้วย จะช่วยให้ผลสุกช้าลง นอกจากนี้ ในระหว่างที่ผลมะม่วงหายใจจะคายความร้อนออกมาด้วย ถ้าไม่ระบายความร้อนออกจะทำให้ผลเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว วิธีลดความร้อนอาจนำมาผึ่งในที่ลมโกรก อย่ากองผลมะม่วงทับถมกันมาก หากจำเป็นต้องกองทับถมกัน ควรให้อากาศถ่ายเทสะดวก หรือใช้พัดลมช่วยเป่า

มังคุดก็เช่นกันเป็นผลไม้ประเภท climacteric fruit คืออัตราการหายใจจะสูงขึ้นระหว่างกระบวนการสุก และจะค่อยๆ ลดต่ำลงพร้อมๆ กับสีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวตองอ่อนเป็นม่วง และมีการผลิตก๊าซเอทิลีนเพิ่มขึ้นด้วย โดยพบว่าอัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ โดยมังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงก็จะมีอัตราการหายใจสูงกว่ามังคุดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (สุวรรณี ปักกาสาร, 2540)

2.2.2 การผลิตเอทิลีน

เอทิลีนคือฮอร์โมนพืชที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว โดยปกติปริมาณการผลิตเอทิลีนในผลจะน้อย แต่เมื่อผลไม้สุกหรือเมื่อผลไม้ถูกกระทบกระเทือน จะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการสร้างเอทิลีนเพิ่มขึ้น และเอทิลีนจะไปกระตุ้นกระบวนการต่างๆ ให้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น กระบวนการสุก เร่งให้มีการหายใจมากขึ้น และเข้าสู่การเสื่อมสลายเร็วขึ้น ดังนั้นภายหลังการเก็บเกี่ยวจึงต้องป้องกันไม่ให้ผักและผลไม้ผลิตเอทิลีนออกมามาก และพยายามป้องกันไม่ให้มีเอทิลีนจากภายนอกเข้ามาสัมผัส ยกเว้นกรณีที่ต้องการบ่มผลไม้ให้สุก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

มะม่วงมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นแบบ autocatalytic ไปพร้อมกับการลดลงของคลอโรฟิลล์ในเปลือก การเพิ่มขึ้นของการหายใจ การอ่อนตัว โดยอัตราการผลิตเอทธิลีนจะเพิ่มเต็มที่เมื่อผลสุก (สายชล เกตุษา, 2531)

2.2.3 การคายน้ำ

การคายน้ำ หมายถึงการที่พืชสูญเสียน้ำออกจากในรูปของไอน้ำ แบ่งได้ 3 ประเภท คือ การคายน้ำทางปากใบ การคายน้ำทางผิวใบ และการคายน้ำทางเลนทิเซล ในผักและผลไม้ต่าง ๆ มีการคายน้ำอยู่ตลอดเวลาซึ่งเป็นการคายน้ำทางปากใบ และเลนทิเซล เพื่อระบายความร้อนที่เกิดจากการหายใจ ในขณะเดียวกันปริมาณความชื้นภายในมักจะมีอยู่มากกว่า 80% และสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก ดังนั้นน้ำภายในผักและผลไม้จึงพยายามเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกผลิตผลอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ผักและผลไม้จะมีโครงสร้างต่างๆ ที่สามารถป้องกันการระเหยของน้ำ เช่น ชั้นของไข (wax) และคอร์ก (cork) ที่ปกคลุมผิวอยู่ แต่ผักและผลไม้ก็ต้องมีช่องเปิดที่ยอมให้

น้ำและอากาศผ่านเข้าออกได้ เช่น ปากใบ และเลนติเซล จึงทำให้มีการสูญเสียน้ำอยู่ตลอดเวลา นอกจากจะทำให้น้ำหนักที่ขายได้ลดลงแล้วยังทำให้คุณภาพในการรับประทานลดลงด้วย โดยเฉพาะในแง่ของเนื้อสัมผัส (texture) เช่น ทำให้ไม่กรอบและทำให้ผิวเหี่ยวย่นไม่ดึงดูดใจต่อผู้บริโภค (จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดี, 2543)

สำหรับผลมะม่วงการคายน้ำจากผลเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการเก็บรักษาเพราะจะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อ ผลเหี่ยว สีผิวไม่สวย และอาจทำให้การสุกของผลไม่ปกติ ส่วนในผลมังคุดการคายน้ำส่งผลให้ส่วนก้านผลและกลีบเลี้ยงเหี่ยว พร้อมกับการเปลี่ยนจากสีเขียวไปเป็นสีน้ำตาล (เป็นผลเนื่องมาจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการวางขาย

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อชีววิทยาของผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

จากที่กล่าวไปแล้วว่าผลิตผลแม้ผ่านการเก็บเกี่ยวมาแล้ว แต่ก็ยังมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับผลิตผล ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เหล่านี้

2.3.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อผลิตผล เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ก็สามารถเกิดได้ในอัตราที่สูงขึ้น ทั้งกระบวนการหายใจ การคายน้ำ หรือการผลิตเอทิลีน ดังนั้นการรักษาอุณหภูมิของผลิตผลให้อยู่ในระดับต่ำทำให้กระบวนการหายใจลดลง เป็นการช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลได้ทางหนึ่ง แต่ในผลิตผลบางชนิดที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือกึ่งร้อน เช่น มะม่วงและมังคุด พบว่าเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 12 องศาเซลเซียส อัตราการหายใจจะเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ทั้งมะม่วงและมังคุดมีลักษณะผิดปกติขึ้น ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าอาการสะท้านหนาว หรือ chilling injury (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) นอกจากนี้การเก็บรักษาผลิตผลที่อุณหภูมิสูงเกินไปก็ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผล เช่น ถ้าเก็บผลิตผลพืชไว้ที่อุณหภูมิมากกว่า 40 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อ และหากเก็บที่ 60 องศาเซลเซียส กระบวนการเกี่ยวกับเอนไซม์ทุกชนิดจะหยุดและผลิตผลก็จะตาย เกิดความเสียหาย เนื่องจากอุณหภูมิสูง อาจสังเกตได้จากการเกิดกลิ่นแอลกอฮอล์และรสชาติเสียไปเพราะเกิดปฏิกิริยาการหมัก (fermentation) และการสลายตัวของเนื้อเยื่อ (กรมวิชาการเกษตร การปรับปรุงคุณภาพผักและผลไม้, ไม่ระบุวันที่)

2.3.2 บรรยากาศ

ปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศเป็นสิ่งสำคัญสำหรับกระบวนการหายใจและการสร้างเอทิลีนในผลิตผลต่าง ๆ ถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนลดต่ำลง จะทำให้ทั้งอัตราการหายใจและการสร้างเอทิลีนลดลง ส่งผลให้การเสื่อมสภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวเกิดช้าลงด้วย ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นก๊าซที่ได้จากการหายใจ ถ้ามีการสะสมมากในสภาพแวดล้อมของการเก็บรักษา จะทำให้ทั้งการหายใจและการผลิตเอทิลีนลดต่ำลงและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตผล อย่างไรก็ตามถ้าปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงเกินไป (น้อยกว่า 5 – 10%) หรือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศสูงมากเกินไป (มากกว่า 10 – 15%) จะกระตุ้นให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน หรือเกิดกระบวนการหมักขึ้นในผักและผลไม้ ทำให้เกิดการสะสมแอลกอฮอล์ และมีผลให้ผักและผลไม้มีกลิ่นรสผิดปกติ (จริงแท้ ศิริพานิช และธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดิ์, 2543)

2.3.3 ผลของความชื้น

ผลิตผลมีการสูญเสียน้ำออกจากภายในผลิตผลในรูปของไอน้ำ เนื่องจากความชื้นภายในผลิตผลมักสูงกว่าความชื้นของอากาศภายนอก ดังนั้นน้ำภายในผักและผลไม้จึงพยายามเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอกผลิตผลอยู่ตลอดเวลา หากต้องการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสดใดๆ เราต้องชะลอกระบวนการคายน้ำให้ช้าลง โดยกระบวนการคายน้ำเป็นการเคลื่อนที่ของไอน้ำไปตามระดับความเข้มข้นสูงสู่ระดับความเข้มข้นต่ำ ถ้าความชื้นในอากาศสูงความดันของไอน้ำก็จะสูงตามไปด้วย ที่อุณหภูมิใดๆปริมาณไอน้ำในอากาศจะถูกจำกัดเมื่ออากาศมีไอน้ำอิ่มตัว 100 % และอากาศร้อนสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นถ้าบรรยากาศโดยรอบมีความชื้นสัมพัทธ์ 50%และบรรยากาศภายในผลิตผลพืชมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% ไอน้ำจากผลิตผลจะสูญเสียให้กับอากาศที่ล้อมรอบ อากาศโดยรอบนี้ถ้ายิ่งแห้ง การสูญเสียน้ำของผลิตผลผ่านทางกระบวนการคายน้ำก็จะยิ่งเร็วขึ้นเพราะฉะนั้นถ้าเราสามารถควบคุมอิทธิพลที่มีต่อการคายน้ำ โดยการเก็บผลิตผลพืชไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงมากๆ ก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวได้มาก (กรมวิชาการเกษตร การปรับปรุงคุณภาพผักและผลไม้, ไม่ระบุวันที่)

2.3.4 การเกิดแผลและการบอบช้ำ

การกระทบกระเทือนของผลิตผลก่อให้เกิดแผลและการช้ำต่อผลิตผล ซึ่งนอกจากจะทำให้เซลล์แตกและเนื้อเยื่อเสียหายแล้ว ยังทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยตรง และที่สำคัญกว่านั้นคือทำให้กระบวนการหายใจของเนื้อเยื่อบริเวณที่ถูกทำลายสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเกิดความช้ำและส่งผลต่ออัตราการหายใจที่เพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจเนื่องจากความเครียดทางกายภาพ

เกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเพิ่มของอัตราการผลิตเอทิลีน หรืออาจเป็นผลเนื่องมาจากเอทิลีนก็ได้ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) โดยเฉพาะในมังคุดมักเกิดปัญหาในการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นผลมาจากแรงกระแทกระหว่างการขนส่ง ทำให้เปลือก (pericarp) มีลักษณะแข็ง ซึ่งมีผลเสียต่อเนื้อผลไม้ และการสูญเสียน้ำหนักอย่างรวดเร็ว จากการทดลองของ Bunsiri และ Ketsa (2003) พบว่าหลังการถูกกระแทกปริมาณสารจำพวกฟีนอล (phenolic compound) ลดลงและมีปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลไปเป็นลิกนิน ซึ่งอาจเป็นกลไกในการประสานรอยแผลที่เกิดจากการถูกกระแทก

2.4 ดัชนีบ่งบอกคุณภาพของผักและผลไม้

ผักและผลไม้เป็นสิ่งที่ยังมีชีวิต แม้ภายหลังการเก็บเกี่ยวก็ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ทำให้องค์ประกอบ รสชาติ และคุณค่าทางอาหารเปลี่ยนแปลงไปด้วย เราสามารถบ่งบอกคุณภาพของผักและผลไม้ได้จากดัชนีต่าง ๆ ซึ่งจะมีหลายดัชนีด้วยกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงสี ความแน่นเนื้อ ลักษณะเนื้อสัมผัส การเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส การเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต และการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล เป็นต้น

2.4.1 การเปลี่ยนแปลงของสี

การเปลี่ยนแปลงสีเป็นดัชนีที่สังเกตได้ง่ายที่สุด โดยสีที่พบในผักและผลไม้จะประกอบด้วยรงควัตถุ 3 กลุ่ม คือ แคโรทีนอยด์ (carotenoids) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll) และแอนโธไซยานิน (anthocyanin) โดยที่แคโรทีนอยด์ มีความสำคัญในการให้สีของผลิตผล และเป็นแหล่งวิตามินเอ โดยแคโรทีนอยด์ให้สีเหลือง คลอโรฟิลล์ให้สีเขียว และแอนโธไซยานินจะให้สีแดงและสีม่วงแก่ผักและผลไม้ การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมะม่วงที่อยู่ในระยะแก่จัด เมื่อเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีเขียวไปเป็นสีเหลือง ซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสลายของคลอโรฟิลล์ และมีการปรากฏของแคโรทีนอยด์ซึ่งมีสีเหลืองจึงทำให้เปลือกมะม่วงเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ศิวพร จินดนาวงศ์, 2539) และสำหรับการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกของมังคุด ผลมังคุดที่เก็บเกี่ยวในระยะสายเลือด จะมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกหลังการเก็บเกี่ยว โดยสีแดงของจุดประสายเลือดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนเห็นสีชมพู สีม่วงแดง จากนั้นผลจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้ม และสีดำในที่สุด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นเนื่องจากเปลือกมังคุดสร้าง แอนโธไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุสีม่วงแดงขึ้นมาบดบังหรือข่มสีเขียวซึ่งมีลักษณะด้อยกว่า

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติ

กลิ่นและรสชาติเป็นลักษณะเฉพาะอย่างหนึ่ง ซึ่งแตกต่างกันตามชนิดของผักและผลไม้ เนื่องจากผักและผลไม้เป็นสิ่งมีชีวิตหลังการเก็บเกี่ยว และยังคงรักษาความสดอยู่ได้ตราบเท่าที่เมตาบอลิซึม (metabolism) ยังคงดำเนินอยู่ ได้แก่ การหายใจโดยการดูดซึมออกซิเจนไปย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตให้เป็น คาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ถ้าความเข้มข้นของออกซิเจนที่ใช้ได้มีจำกัด ปฏิกิริยาทางเคมีของผักและผลไม้จะเปลี่ยนไป กล่าวคือจะมีการผลิตแอลกอฮอล์ขึ้น ทำให้กลิ่นรสของผักและผลไม้เปลี่ยนไปและเซลล์ของพืชถูกทำลาย กระบวนการที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า anaerobic decay ซึ่งจะทำให้ผักและผลไม้เสียภายใน 2 – 3 ชั่วโมง (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2526)

สำหรับมะม่วงในขณะผลดิบจะมีแป้งสะสมอยู่ในผลแต่เมื่อผลสุกแป้งจะถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวานเมื่อสุก

2.4.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ในระหว่างการสุกเนื้อเยื่อของผักและผลไม้จะอ่อนตัวลง สาเหตุใหญ่ในการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์มีสารที่เกี่ยวข้องมากที่สุดได้แก่สารประกอบพวกเพคติน และมีเอมไซม์ที่สำคัญ 2 ตัว คือ pectinesterase และ polygalacturonase โดยสองตัวนี้รวมกันเรียกว่า protopectinase (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2526) จะทำการย่อยสลายสาร โปรโตเพคติน ให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้นที่เรียกว่า เพคติน (ทนง ภัครัชพันธุ์, 2526; Imsabai, Ketsa and Doorn, 2002)

การอ่อนตัวในระหว่างการสุกทำให้มีข้อจำกัดในการวางจำหน่ายในท้องตลาด ในมะม่วงหลายพันธุ์พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของ polysaccharides ที่ละลายน้ำได้ในระหว่างที่ผลสุก (อ้างถึงในนวรัตน์ พัฒนศิริ, 2544) ทำให้ผลอ่อนนิ่มลง ส่วนในมังคุดเปลือกของมังคุดจะเริ่มอ่อนตัวควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงสีเขียวตองอ่อนเป็นสีม่วงแดง ตามปกติเปลือกมังคุดประกอบไปด้วยสารที่มีรสฝาดจำพวกสารฟีนอล (phenolic compound) เมื่อผลสุกจะเกิดการอ่อนตัว แต่พบว่ามังคุดที่เก็บรักษาไว้บางผลจะเกิดอาการแข็งของเปลือก ความแข็งของเปลือกมังคุดขณะเก็บรักษามีสาเหตุจากการกระทบกระเทือนขณะหรือหลังการเก็บเกี่ยว (สุวรรณี ปักกาสาร, 2540)

2.4.4 น้ำตาลและแป้ง

โดยปกติผลไม้จำพวก climacteric เมื่อสุกจะมีปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ เช่น แป้ง เมื่อผลไม้สุก แป้งจะถูกเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลทำให้ผลไม้มีรสหวานขึ้น แต่ปริมาณน้ำตาลก็จะอาจลดลงถ้าผลิตผลมีการหายใจตลอดและ

ใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหาร หรือพลังงาน ทำให้ปริมาณน้ำตาลที่สะสมอยู่ลดน้อยลง (จริงแท้ ศิริพานิช และ ธีรนุต ร่มโพธิ์ภักดี, 2543)

แต่มังคุดภายหลังการเก็บเกี่ยวมีระดับความหวานเพิ่มขึ้นไม่เด่นชัดเหมือนในผลไม้พวก climacteric ทั่วไป เนื่องจากมังคุดสะสมอาหารในรูปของกรดและน้ำตาลแทนที่จะเป็นแป้ง ดังนั้น การสลายตัวของอาหารสะสมเพื่อเปลี่ยนเป็นน้ำตาลจึงเกิดขึ้นน้อย (กวิศร์ วานิชกุล, 2522) ส่วนในมะม่วงเมื่อผลสุกจะเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาล ทำให้ปริมาณน้ำตาลในผลเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำตาลอาจลดลงเนื่องจากผลิตผลที่มีการหายใจตลอดเวลาจะใช้น้ำตาลเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานเป็นส่วนใหญ่ดังที่กล่าวไปแล้ว

2.4.5 การสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล

โดยทั่วไปผักและผลไม้จะมีปริมาณน้ำที่สูงมากประมาณ 90 – 95 % ปกติถ้าวางอยู่ในอากาศจะเกิดการสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในสภาพบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เป็นผลให้เกิดการเหี่ยวของผลิตผล การป้องกันผลิตผลเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ อาจทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ฟิล์มมาห่อหุ้มผลิตผล เพื่อป้องกันการแพร่ผ่านของไอน้ำ หรืออาจใช้สารเคลือบผิวมาเคลือบผลิตผลไว้ เพื่อลดการสูญเสียดังกล่าว โดยสารเคลือบผิวจะไปปกคลุม ทับ หรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่แต่หลุดออกไประหว่างการเก็บเกี่ยวหรือทำความสะอาด และปิดช่องเปิดตามธรรมชาติต่างๆ ที่มีอยู่ในผลิตผล ทำให้การสูญเสียน้ำ และการแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลง (กรมวิชาการเกษตร การปรับปรุงคุณภาพผักและผลไม้, ไม่ระบุวันที่)

2.5 การใช้สารเคลือบผิวกับผักและผลไม้

ลักษณะผิวของผลิตผลทุกชนิดจะมีเนื้อเยื่อผิว (dermal tissue) ปกคลุมอยู่ ได้แก่ epidermis ซึ่งพบในผลิตผลที่มีการเจริญเติบโตเพียงระดับต้น (primary growth) และ peridermis ซึ่งพบในผลิตผลที่มีการเจริญเติบโตในระดับที่ 2 (secondary growth) ผักและผลไม้ส่วนใหญ่จะมีการเจริญเติบโตเพียงระดับต้นเท่านั้น ยกเว้นในพืชหัว โดยเนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิดนี้ทำหน้าที่อย่างเดียวกันคือ ป้องกันการสูญเสียน้ำและป้องกันตัวเองจากศัตรูต่าง ๆ

ปัญหาพบระหว่างการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวต่าง ๆ เช่น การเก็บเกี่ยว การคัดขนาดและคุณภาพ การทำความสะอาด ชั้นของไขที่มีอยู่ตามธรรมชาติอาจหลุดหาย ทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำและอ่อนแอต่อการเข้าทำลายจากศัตรูภายนอกมากขึ้น จึงได้มีความพยายามในการให้สารเคลือบผิวทดแทนส่วนที่หลุดหายไปเพื่อลดการสูญเสียน้ำและเพื่อปกป้องผลิตผล โดยอาจมีการใช้สารเคมีร่วมด้วยเพื่อทำให้ผลิตผลมีความต้านทานต่อโรคและแมลงเพิ่มขึ้น

ภายหลังการเคลือบสารเคลือบผิวจะไปปกคลุม ทับ หรือทดแทนไขที่เคยมีอยู่และปิดช่องเปิดต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ทำให้การสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซลดน้อยลง ปริมาณออกซิเจนภายในผลลดลงเนื่องจากถูกใช้ไปในการหายใจที่เกิดขึ้นตลอดเวลาภายในผลิตผล ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น ส่วนปริมาณเอทิลีนนั้น ถ้าผลิตผลเริ่มมีการสร้างเอทิลีนขึ้นแล้ว จะมีเอทิลีนสะสมอยู่ภายในมากกว่าผลที่ไม่ได้รับการเคลือบผิว แต่อิทธิพลของเอทิลีนต่อการเปลี่ยนแปลงต่างๆ อาจเกิดขึ้นได้น้อยเพราะปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่มากจะขัดขวางการทำงานของเอทิลีน ส่วนผลไม้ที่ยังไม่ได้ผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นการเคลือบผิวจะยับยั้งการผลิตและทำให้ความเข้มข้นของเอทิลีนภายในผลต่ำกว่าปกติ ซึ่งจะเป็นการชะลอทำให้ผลิตผลมีอายุยาวนานขึ้น การเลือกใช้สารเคลือบผิวต้องเลือกชนิดและความเข้มข้นให้เหมาะสมกับผักและผลไม้ด้วย เนื่องจากคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน มีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ไม่เท่ากัน การใช้สารเคลือบผิวความเข้มข้นที่ต่ำเกินไปจะลดการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไปหรือหนาไปนอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วยังอาจทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในผลต่ำเกินไป ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผลิตผลได้ เช่น อาจทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลให้เกิดการสะสมแอลกอฮอล์ ทำให้ผลิตผลมีอาการตลอดจนมีกลิ่นและรสชาติผิดปกติไปด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.1 ชนิดและคุณสมบัติของสารเคลือบ

สารเคลือบผิวที่ใช้สำหรับผักและผลไม้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ละชนิดมีองค์ประกอบแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสมในการใช้ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้มักจะเป็นความลับทางการค้า ส่วนใหญ่มักเป็นสารเคลือบผิวที่ใช้ไขหลายอย่างผสมกัน เพื่อดึงเอาคุณสมบัติที่ดีของไขแต่ละอย่างมารวมกันและทำให้เหมาะกับผลิตผลที่จะเคลือบผิว ในสารเคลือบผิวมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ ไข ตัวทำละลาย และ emulsifier และอาจมีสารเคมีป้องกันโรคและแมลงประกอบอยู่ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) สามารถแบ่งชนิดของสารเคลือบต่างๆ ตามแหล่งที่มาได้ดังนี้

2.5.1.1 สารเคลือบจากสัตว์ (animal wax)

สารเคลือบจากสัตว์สามารถแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือสารที่ได้จากการที่สัตว์ผลิตขึ้น (bee wax) และ สารเคลือบที่ได้จากสัตว์โดยตรง (สารพวกอนุพันธ์ของกรดไขมัน) และมีหลายชนิดที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ เช่น เชลแล็ก ซึ่งสกัดได้จากสารคัดหลั่งจากครั่ง มีความเป็นมันเงาสูงมาก มีจุดหลอมเหลวที่ 72-80 องสาเซลเซียส มักพบเป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวแทบทุกชนิด แต่ในปัจจุบันเป็นที่น่าเสียดายว่าในประเทศไทย

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยังไม่มีการผลิตสารละลายหรือสารแขวนลอยของเชลแล็กขึ้นเองเพื่อใช้ประโยชน์กายในประเทศทั้งๆ ที่มีวัตถุดิบในการผลิตอยู่เป็นจำนวนมาก โดยในการแปรรูปเชลแล็กนั้นผู้ส่งออกหยุดอยู่ที่การผลิตเชลแล็กขาวเกรดอาหารเท่านั้น (บริษัท เอกเชลแล็ก จำกัด) ทำให้ประเทศไทยยังคงต้องนำเข้าสารแขวนลอยและสารละลายของเชลแล็กเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งอยู่ในรูปที่มีราคาแพงกว่า ทำให้เสียเปรียบดุลการค้า ไขจากสัตว์อื่นๆ ได้แก่ spermaceti เป็นไขที่ได้จากปลาวาฬและขี้ผึ้งได้จากรังผึ้ง เป็นต้น (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.1.2 สารเคลือบจากพืช (vegetable wax)

สารเคลือบที่สกัดได้จากผิวของพืช มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น canauba เป็นไขที่สกัดได้จากผิวของใบปาล์มบราซิล เป็นไขที่มีคุณภาพดีที่สุดและมักเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของสารเคลือบผิวแทบทุกชนิด เป็นไขที่มีความแข็งสูงที่สุด มีความเป็นมันเงาสูง มีกลิ่นหอมและมีจุดหลอมเหลวสูง (84-96 ^{0}C) candelilla เป็นไขสกัดได้จากวัชพืช *Pediliamthus pavonis* มีความแข็งและเป็นมันเงารองมาจาก carnuba แต่มีความเปราะ ซึ่งไขทั้งสองต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง สำหรับในประเทศไทยเพิ่งจะมีการค้นคว้าวิจัยโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จนสามารถสกัดไขออกจากของเสียที่ได้จากการผลิตน้ำมันรำข้าว และพบว่ามีคุณสมบัติของไขที่ดีสามารถใช้เคลือบผิวผลไม้ได้เช่นกัน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.1.3 สารเคลือบจากน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax)

เป็นสารข้างเคียงที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีสูตรเคมีเป็น C_nH_{2n+2} เช่น พาราฟินมีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวอ่อนนุ่ม ลื่น ไม่มีกลิ่น เมื่อรวมตัวกับตัวทำละลายมักจะเหนียว microcrystalline wax เป็นไขจากน้ำมันปิโตรเลียมอีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นผลึกขนาดเล็ก เหนียว และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มี tensile strength และจุดหลอมเหลวสูงกว่าพาราฟิน มีความเป็นมันเงาน้อย ลื่นมือ สามารถรวมตัวกับไขจากพืชและเรซิน ซึ่งจะส่งผลให้จุดหลอมเหลวและความแข็งสูงขึ้น และ montan wax สกัดได้จากถ่านหินที่พบมากในเยอรมัน โดยจะมีไขเป็นส่วนประกอบประมาณ 10-15% ถ่านหินจะถูกบดและสกัดด้วยตัวทำละลาย จนได้ montan waxที่มีสีดำ ข้น และมีไขเป็นองค์ประกอบประมาณ 50-60% (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.1.4 สารเคลือบจากการสังเคราะห์ (synthetic wax)

สารเคลือบที่สังเคราะห์ขึ้น ได้แก่ polyethylene wax, polyethylene glycol (cabowax), chlorinated naphthalene (halowax), polyoxyethylene sorbitol และ ethylene glycol monostearate เป็นต้น สังเคราะห์มาจากเอทิลีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและจากการแยกก๊าซธรรมชาติ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

สารเคลือบที่ได้จากการสังเคราะห์อีกชนิดหนึ่งที่ไม่ได้เกิดจากเอทิลีนได้แก่ เอสเทอร์ของน้ำตาลซูโครสและกรดไขมัน (sucrose-fatty acid ester) เป็นสารสังเคราะห์จากน้ำตาลซูโครสให้เกิดเป็นเอสเทอร์ที่ hydroxy group ด้วยกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่รับประทานได้ เช่น โอเลอิก สเตรียริก และปาล์มิติก ไขสังเคราะห์นี้มีคุณสมบัติเป็น emulsifier ที่ดี ใช้ประโยชน์มากในอุตสาหกรรมอาหาร เมื่อนำมาเคลือบผิวผักและผลไม้พบว่ามีคุณภาพดีเป็นพิเศษคือ ขัดขวางการผ่านเข้าออกของออกซิเจนแต่ยอมให้คาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้สะดวก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.2 การเลือกใช้สารเคลือบผิว

การใช้สารเคลือบผิวต้องเลือกชนิดและความเข้มข้นให้เหมาะสมกับผลิตผล โดยอาจพิจารณาได้จากปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.5.2.1 ลักษณะของผลิตผลที่ต้องการ

ควรพิจารณาทั้งคุณภาพในการบริโภค ความสวยงามน่าซื้อน่ารับประทาน และสามารถเก็บรักษาได้นาน มีการสูญเสียน้ำหนักและการเปลี่ยนแปลงช้า ซึ่งสิ่งเหล่านี้สารเคลือบผิวสามารถช่วยให้เกิดขึ้นได้ สำหรับผลไม้บางชนิด เช่น ส้มและแอปเปิล หลังเคลือบทำให้ผิวมีลักษณะเป็นมันเงาสวยงาม ถ้าต้องการความเป็นมันเงามากสารเคลือบผิวควรประกอบด้วยไขที่ทำให้ความเป็นมันเงาสูง เช่น เชลแล็ก (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

สำหรับการลดการสูญเสียน้ำออกจากผลิตผลโดยใช้สารเคลือบผิวนั้นพบว่าสารเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำออกได้ประมาณร้อยละ 20-50 ในปริมาณและความเข้มข้นที่จะไม่ทำให้เกิดความผิดปกติขึ้นกับผลิตผล ซึ่งหากเปรียบเทียบกับการใช้พลาสติกห่อผลิตผลการใช้พลาสติกช่วยลดการสูญเสียน้ำได้ดีกว่าการเคลือบผิว เพราะสารเคลือบผิวเมื่อเคลือบให้เข้ากับผลิตผล ไม่ได้แผ่เป็นแผ่นฟิล์มปกคลุมผิวของผลิตผลอย่างแท้จริง เพราะมักจะมีรอยแยกหรือรอยแตกเกิดขึ้นบนแผ่นฟิล์มของสารเคลือบผิว อันเป็นช่องทางให้น้ำเล็ดลอดออกได้ ส่วนพลาสติกนั้นไม่มีรอยแยกหรือรอยแตกเกิดขึ้น

คุณสมบัติในการชะลอการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวของสารเคลือบผิวช่วยให้ผลไม้หลายชนิดสุกช้าลง เช่น มะม่วง ทุเรียน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) ผลไม้เหล่านี้ต้องการสารเคลือบผิวที่ป้องกันการเข้าออกของน้ำได้ดี อย่างไรก็ตามการใช้ความเข้มข้นของสารเคลือบผิวที่สูงเกินไปหรือหนาเกินไปอาจทำให้ผลไม่สุกและมีอาการผิดปกติขึ้นได้ ในทางตรงกันข้ามผลไม้บางอย่างไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นภายหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ส้ม ดังนั้นการเคลือบผิวจึงไม่ต้องการให้มีการถ่ายเทอากาศลดน้อยลงมากนัก สารเคลือบผิวที่เหมาะสำหรับส้มจึงควรให้ความเป็นมันเงาสูง ป้องกันการคายน้ำได้ดี แต่ไม่ลดการถ่ายเทอากาศ

Bai, Hagenmaier และ Baldwin (2002) ได้ทำการทดลองใช้สารเคลือบที่แตกต่างกัน ได้แก่ polyethylene, candelilla, carnauba-shellac และ shellac นำมาทดลองเคลือบกับแอปเปิ้ล พันธุ์ Delicious, Fuji, Braeburn และ Granny Smith จากการทดลองพบว่าสารเคลือบเชลแล็กให้ความมันเงา (gloss) มากที่สุดมีปริมาณออกซิเจนภายในผลน้อยที่สุด ขณะที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุด และมีค่าการลดลงของความแน่นเนื้อน้อยที่สุด ซึ่งเหมาะสำหรับแอปเปิ้ล Delicious แต่ไม่เหมาะสำหรับ Fuji, Braeburn และ Granny Smith เนื่องจากปริมาณออกออกซิเจนที่น้อยเกินไปทำให้เกิดการสะสมของเอทานอลภายในและทำให้เกิด browning ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้แต่ผลไม้ชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน ก็ยังต้องการสารเคลือบผิวที่แตกต่างกัน

2.5.2.2 การปฏิบัติในการเคลือบผิว

สารเคลือบอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภทกว้างๆ ตามความสามารถในการละลาย คือ ประเภทที่ละลายน้ำ และประเภทที่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เชลแล็กสามารถละลายได้ดีในแอมโมเนีย สารเคลือบผิวที่ละลายในตัวทำละลายมีข้อดีคือภายหลังการเคลือบผิว สารเคลือบแห้งเร็วทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำให้แห้ง แต่ข้อเสียคือมีกลิ่นของตัวทำละลายทำให้ไม่สะดวกในการปฏิบัติงานในการเคลือบ และก่อปัญหาด้านสภาวะแวดล้อมมากขึ้น สำหรับสารเคลือบผิวที่ละลายในน้ำนั้นแห้งช้า ต้องใช้ความร้อนและพัดลมช่วยในการทำให้แห้ง มิฉะนั้นสารเคลือบผิวจะไหลไปรวมกันอยู่ด้านล่างของผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน นอกจากนั้นการเตรียมสารเคลือบผิวชนิดนี้ยุ่งยากกว่าเพราะสารเคลือบผิวซึ่งมีไขเป็นองค์ประกอบละลายน้ำได้น้อย จำเป็นต้องมี emulsifier เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.5.2.3 กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ และความนิยม

การใช้สารเคลือบผิวต้องคำนึงถึงกฎระเบียบในประเทศที่จะจำหน่ายผลิตผลนั้นๆ ด้วย เช่นเดียวกับการใช้สารเคมีอื่น ๆ ในประเทศญี่ปุ่นสารเคลือบผิวที่จะใช้ได้กับผักและผลไม้ต้องมีองค์ประกอบเป็นสารธรรมชาติที่รับประทานได้เท่านั้น แต่ในสหรัฐอเมริกาสารเคลือบผิวที่มีพอลิเอทิลีนเป็นองค์ประกอบสามารถใช้ได้เฉพาะกับผลไม้ที่ไม่ได้รับประทานทั้งเปลือก นอกจากนี้ค่านิยมของผู้บริโภคก็เป็นปัจจัยสำคัญ ในปัจจุบันผู้บริโภคโดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วหันมานิยมความเป็นอยู่แบบใกล้ชิดธรรมชาติมากขึ้น พยายามลดการใช้สิ่งแปลกปลอมนอกเหนือจากธรรมชาติ เช่น สารเคมีต่างๆ จึงปรากฏว่าในปัจจุบันประเทศญี่ปุ่นลดการใช้สารเคลือบผิวกับผลไม้ไปมาก มีเหลือใช้กับผลส้มเท่านั้น (กรมวิชาการเกษตร การปรับปรุงคุณภาพผักและผลไม้, ไม่ระบุวันที่)

2.5.2.4 ข้อจำกัดในการเลือกใช้สารเคลือบผิว

สารเคลือบผิวที่มีขายในท้องตลาดปัจจุบันเป็นสารเคลือบผิวที่เตรียมหรือผลิตขึ้นในต่างประเทศทั้งสิ้น ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตขึ้นเพื่อให้เหมาะกับการใช้กับผลไม้ในเขตอบอุ่น เมื่อนำมาใช้กับผักและผลไม้ในเขตร้อน เช่น ในประเทศไทย ก็ได้ผลบ้างแต่ยังไม่ดีที่สุด เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะเฉพาะของผลไม้ต่างเขตกัน จึงสมควรให้มีการศึกษาและพัฒนาให้มีความเหมาะสมกับผลิตผลเขตร้อนมากขึ้น นอกจากนั้นยังควรต้องมีการศึกษาถึงความปลอดภัยของสารเคลือบที่ผลิตขึ้น เพื่อให้ได้รับอนุญาตให้ใช้เป็นการค้าทั้งในและต่างประเทศ (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

2.6 เชลแล็ก (Shellac)

เชลแล็กเป็นสารเคลือบผิวที่ผลิตจากเรซินธรรมชาติ (ครั่ง) ซึ่งเป็นสารคัดหลั่งที่ได้จากแมลง *Laccifer lacca* หรือที่รู้จักกันในชื่อของแมลงครั่ง พบได้ในหลายประเทศในเขตเอเชีย เช่น อินเดีย ปากีสถาน พม่า จีน รวมถึงประเทศไทย ประเทศไทยจึงสามารถส่งออกสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งในรูปครั่งดิบ และครั่งเม็ดได้เป็นอันดับต้นๆ ของโลก (มานี เหลืองธนะอนันต์ และธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพิพัฒน์, 2546 ; นิพนธ์ เดชะ, ไม่ระบุวันที่) โดยมีการเพาะเลี้ยงแมลงครั่งมากในภูมิภาคแถบตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ เช่น จังหวัดอุดรธานี นครพนม ขอนแก่น บุรีรัมย์ ลำพูน น่าน พิษณุโลก แพร่ ลำปาง เชียงใหม่ เชียงราย ตาก เป็นต้น (มานี เหลืองธนะอนันต์ และธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพิพัฒน์, 2546) ภายหลังจากกระบวนการทำให้ครั่งบริสุทธิ์มากขึ้น ผลผลิตที่นำมาใช้ประโยชน์ได้คือ ครั่งดิบ (sticklac) ครั่งเม็ด (seedlac) และเชลแล็ก (shellac) นอกจากนั้นยังมี ครั่งกระดุม หรือครั่งแผ่น (button lac) และ สีที่ได้จากการสกัดจากน้ำล้างครั่ง การแบ่งคุณภาพของเชลแล็กนั้นแบ่งได้หลายประเภท โดยมากมักใช้ความบริสุทธิ์และสีของเชลแล็กเป็นตัวแบ่งคุณภาพของเชลแล็ก (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2530) ส่วนสีแดงจากการล้างครั่งสามารถนำมาระเหยตัวทำละลายแล้วทำเป็นสีย้อมผ้า สีผสมอาหาร และส่วนผสมในเครื่องสำอาง

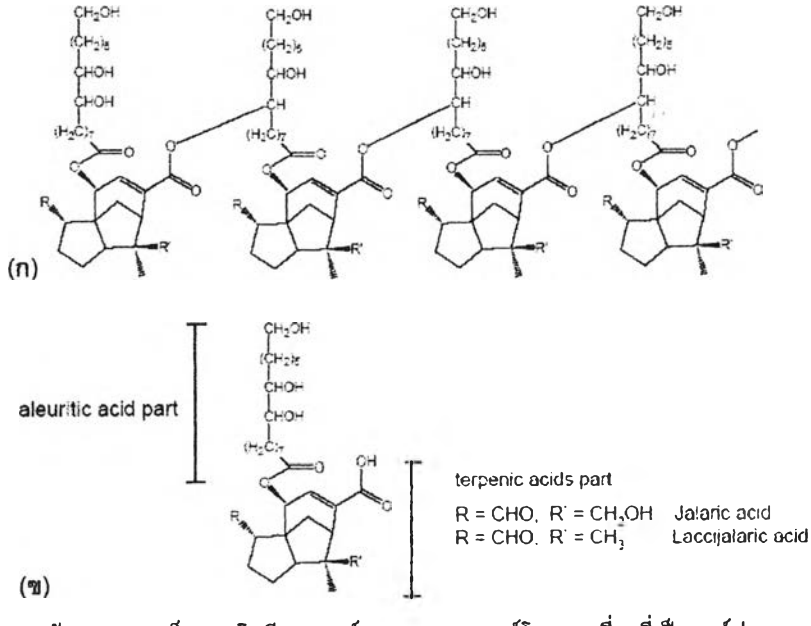
ครั่งที่ได้จากแมลงครั่งต้องนำมาผ่านกระบวนการทำให้มีความบริสุทธิ์มากขึ้น ก่อนจะเป็นเชลแล็ก สามารถแบ่งได้หลายประเภท หากแบ่งตามความบริสุทธิ์พบว่าแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้ ครั่งดิบ (sticklac) ครั่งเม็ด (seedlac) และเชลแล็ก (shellac) แสดงองค์ประกอบดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบของสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งหลังผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มากขึ้น

องค์ประกอบ	ปริมาณ (%โดยน้ำหนัก)		
	ครั่งดิบ (sticklac)	ครั่งเม็ด (seedlac)	เชลแล็ก (shellac)
เรซิน	68.0	88.5	90.9
แวกซ์	6.0	4.5	4.0
สี	10.0	2.5	0.5
กลูเตน	5.5	2.0	2.8
ความชื้น	4.0	2.5	1.8
สิ่งเจือปนอื่น ๆ	6.5	-	-

ที่มา ดัดแปลงจาก Chatfield, 1953

องค์ประกอบหลักของเชลแล็ก ได้แก่ เรซินซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของเรซินแข็ง (ประกอบด้วยพอลิเอสเตอร์สายสั้นๆ) และเรซินอ่อน (ประกอบด้วยเอสเตอร์โมเลกุลเดี่ยวชนิดต่าง ๆ หลายชนิด) เมื่อนำส่วนของเรซินมาทำการไฮโดรไลซิส จะพบกรดไขมันอยู่หลายชนิด ได้แก่ กรดอะเลอริติก (aleuritic acid) กรดเทอร์พีนิก (terpenic acid) และกรดแลกซิจาร์ลาริก (laccijalaric acid) (มานี เหลืองธนะอนันต์ และธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพิพัฒน์, 2546)

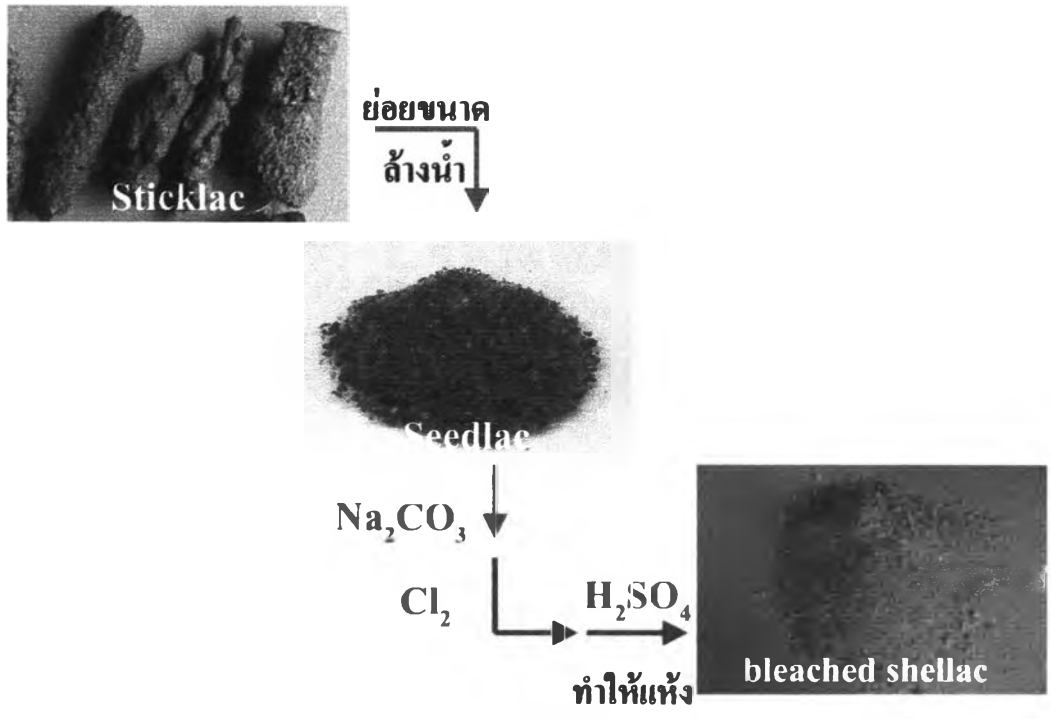


รูปที่ 2.2 โครงสร้างของเชลแล็ก (ก) โพลีเอสเตอร์และ (ข) เอสเตอร์โมเลกุลเดี่ยวที่เป็นองค์ประกอบของเรซิน
ที่มา มานี เหลืองธนะอนันต์ และ ธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพิพัฒน์, 2546

การแบ่งประเภทของเชลแล็กหากพิจารณาตามวิธีการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ เชลแล็กที่ได้จากวิธีผลิตดั้งเดิม (handmade) เชลแล็กที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่องจักร (machine–made) และเชลแล็กขาว (bleached shellac) (Orange Shellac (unbleached), 2002)ในปัจจุบันการผลิตเชลแล็กทางการค้าเป็นการผลิตด้วยเครื่องจักรที่ให้ความร้อน และกรองโดยใช้ความดันทำให้ครั่งมีความบริสุทธิ์มากขึ้นได้เป็นเชลแล็ก (Martin, 1982; Class, 1991) แต่ยังมีสิ่งเจือปนอยู่ ต้องนำไปกำจัดขี้ผึ้ง (wax) และสี จึงจะได้เชลแล็กขาวซึ่งมีความบริสุทธิ์ สามารถนำมาใช้ในอาหารได้ โดยองค์การอาหารและยา ประเทศสหรัฐอเมริกาให้การรับรอง

2.6.1 กระบวนการผลิตเชลแล็กขาวเกรดอาหาร

ในประเทศไทยการแปรรูปสารคัดหลั่งจากแมลงครั่งให้อยู่ในรูปเชลแล็กขาวเกรดอาหารนั้นมีเพียงไม่กี่บริษัทเท่านั้นที่สามารถทำการผลิตได้ ในกระบวนการผลิตเริ่มต้นจากนำตัวอ่อนของแมลงครั่งไปปล่อยบนต้นไม้ ประเภทต้นก้ามปู ต้นกระถินยักษ์ โดยตัวอ่อนจะเจริญอยู่บนต้นและดูดน้ำเลี้ยงจากกิ่งไม้เป็นอาหาร จากนั้นจะปล่อยสารคัดหลั่งออกมา สารคัดหลั่งที่ได้จะมีลักษณะเหนียว นิ่ม สีเหลืองทอง เมื่อปล่อยทิ้งไว้จะติดแน่นอยู่ที่กิ่งไม้ มีสีแดงคล้ำค่อนข้างดำ เรียกว่าสติ๊กแล็ก (sticklac) เมื่อถึงฤดูการเก็บ สารคัดหลั่งจะถูกแยกออกจากกิ่งไม้ โดยนำมาย่อยขนาด (บด) คัดแยกเศษไม้ ล้างด้วยน้ำ จนกระทั่งได้สารที่มีลักษณะเป็นก้อนกลม ๆ สีแดงเข้มที่เรียกว่า ครั่งเม็ด (seedlac) ซึ่งสามารถนำมาใช้ในงานเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทไม้ได้ โดยใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย (มานี เหลืองธนะอนันต์ และ ธนะเศรษฐ์ ง้าวหิรัญพิพัฒน์, 2546 ; Chatfield, 1953) แต่ยังไม่บริสุทธิ์พอที่จะใช้ในการบริโภค จากนั้นจะเป็นการกำจัดสี ล้างด้วยโซเดียมไบคาร์บอร์เนต หรือ โซเดียมคาร์บอร์เนต ต่อจากนั้นฟอกสีครั่งเม็ดด้วยสารละลายคลอรีนหรือสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ แล้วตกตะกอนเชลแล็กขาวออกมาด้วยสารละลายกรด ขั้นตอนต่อมาคือการกรองเอาสิ่งเจือปนออกไป และขั้นตอนสุดท้ายคือนำไปทำให้แห้งและทำเป็นแผ่นบางๆ หรือผงสีเหลืองอ่อน ผลิตภัณฑ์ที่ได้เรียกว่า เชลแล็กขาว (bleached shellac) ที่มีความบริสุทธิ์เนื่องจากมีการกำจัดสีและแวกซ์ออกไปแล้ว ขั้นตอนต่างๆ สามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กระบวนการผลิตเชลแล็กขาว (bleached shellac)

2.6.2 การใช้ประโยชน์จากเชลแล็ก

เชลแล็กที่ดีจะต้องละลายหมดในตัวทำลาย เช่น แอลกอฮอล์ จึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี การนำเอาเชลแล็กมาใช้ประโยชน์ได้เริ่มมานานแล้ว โดยเริ่มจากการตกแต่งบ้านเรือนให้สวยงามโดยใช้เชลแล็กผสมแอลกอฮอล์ทาพื้นบ้าน ประตู หน้าต่าง โดยเฉพาะเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ที่ทำด้วยไม้มักจะถูกทาและขัดด้วยเชลแล็กจนดูเงางาม นอกจากนี้แล้วเชลแล็กยังปกป้องความสกปรกเข้าถึงเนื้อไม้และเพิ่มความทนทานให้เนื้อไม้อีกด้วย ปัจจุบันมีการนำเอาเชลแล็กมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ได้แก่

- อุตสาหกรรมยา มีการนำเชลแล็กมาเคลือบยาเม็ดเพื่อป้องกันความชื้น (protective coating) ควบคุมการปลดปล่อยยา (controlled release coating) และป้องกันตัวยาทำปฏิกิริยากับกรดในกระเพาะอาหาร เนื่องจากเชลแล็กเริ่มละลายได้เมื่อค่าความเป็นกรด-เบสมีค่า 7 ขึ้นไป แต่ในกระเพาะอาหารที่ค่าความเป็นกรด-เบสอยู่ที่ 1-5 ดังนั้นฟิล์มของเชลแล็กที่เคลือบยาจะเริ่มละลายในลำไส้ที่มีค่าความเป็นกรด-เบส 5-8 จึงทำให้ยาสามารถออกฤทธิ์ที่ลำไส้ใหญ่ตามต้องการได้ (Sontaya Limmatvapirat et al., 2004)

- อุตสาหกรรมกระดาษ มีการนำเชลแล็กมาใช้เคลือบกระดาษเพื่อช่วยให้แข็งแรง ป้องกันความชื้น และเพื่อความสวยงาม มีความมันเงา ป้องกันการเปื้อนสกปรก และใช้เป็น

ตัวประสานในการผลิตกระดาษสำหรับทำภาชนะบรรจุอาหารที่ทำจากกระดาษ (The Japan Shellac Industries, ไม่ระบุวันที่)

- อุตสาหกรรมหมึกพิมพ์ มีการนำเอาเชลแล็กมาใช้ในการทำหมึกเขียนชนิดกันน้ำได้มานานแล้ว ปัจจุบันอุตสาหกรรมผลิตหมึกพิมพ์ได้ผลิตหมึกพิมพ์ชนิดใหม่ที่แห้งเร็วกันน้ำได้และพิมพ์ด้วยเครื่องจักรที่มีความเร็วสูงได้จึงได้และมีการนำเชลแล็กมาเป็นส่วนผสมในหมึกพิมพ์ชนิดใหม่นี้ ได้หมึกพิมพ์ที่มีคุณสมบัติ แห้งเร็วและกันน้ำได้โดยมีส่วนผสมเชลแล็กถึง 6 ส่วน (The Japan Shellac Industries, ไม่ระบุวันที่)
- อุตสาหกรรมเกี่ยวกับวัสดุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เนื่องจากเชลแล็กไม่นำไฟฟ้าจึงมีการนำมาใช้ในการประสานเชื่อมติดกับวัสดุพวกเซลลูโลส เพื่อทำผลิตภัณฑ์บางประเภท เช่น กระดาษแข็ง นอกจากนี้ยังใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เช่น หลอดไฟ วงจรไฟฟ้าและใช้ในการผลิตแผ่นไมก้า (The Japan Shellac Industries, ไม่ระบุวันที่)
- อุตสาหกรรมยาง มีการนำเชลแล็กเข้ามาเกี่ยวข้องได้แก่ การทำรองเท้า วัสดุที่ใช้ปูพื้น เบาะอะไหล่รถยนต์ จากการทดลองเมื่อไม่นานมานี้พบว่าแรงดึง ความยืดหยุ่นและความยาวสูงสุดและความแข็งของยางที่มีเชลแล็กผสมอยู่จะทำให้ยางมีอายุการใช้งานดีกว่ายางที่มีส่วนผสมอย่างอื่น (The Japan Shellac Industries, ไม่ระบุวันที่)
- อุตสาหกรรมอาหาร มีการนำเชลแล็กขาวมาทำเป็นฟิล์มเคลือบผลผลิตทางการเกษตรและขนมหวาน จากการศึกษาผลไม้ที่ผ่านการเคลือบแล้ว พบว่ามีการซึมผ่านของไอน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างภายในและภายนอกผลผลิตลดลง ทำให้อายุการเก็บรักษายาวขึ้น สวย มันเงา นอกจากนั้นยังป้องกันการกัดกินของแมลงและการเกิดโรคพืชบางชนิดด้วย (McGuire and Hagenmaier, 1996)

นอกจากประโยชน์ดังกล่าวแล้ว ยังมีการนำเอาเชลแล็กมาใช้ประโยชน์อย่างอื่นอีก เช่น ใช้ในการผลิตน้ำยาล้างฟิล์มถ่ายรูป เคลือบลูกกวาด เป็นส่วนประกอบในสารฆ่าเชื้อราสำหรับหนังสือสารฆ่าแมลง ยาทาเล็บ เป็นต้น (นิพนธ์ เดชะ, ไม่ระบุวันที่)

2.6.3 กระบวนการผลิตสารละลายเชลแล็ก

การใช้งานในรูปของฟิล์มเชลแล็กเพื่อเคลือบผลิตผลทางการเกษตรเกิดจากการนำสารละลายหรือสารแขวนลอยของเชลแล็กมาเคลือบบนผิวผลผลิต และระเหยส่วนที่เป็นของเหลวเช่น น้ำหรือสารเคมีบางชนิดออกไป (Cook, 1996) มีวิธีเตรียมได้หลายวิธี ซึ่งมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน

2.6.2.1 กระบวนการผลิตสารละลายเซลแล็กโดยใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลาย

เป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกเนื่องจากเซลแล็กสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ (Cook, 1996) แต่ข้อเสียคือ

- ฟิล์มที่ได้มีการตกค้างของแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค
- ฟิล์มไม่คงทน เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันได้เอง
- อันตรายจากการลุกติดไฟของแอลกอฮอล์

วิธีโดยทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในการผลิตเซลแล็กเพื่อใช้ในการเคลือบผิวอาหารที่มีกำหนดวันหมดอายุนั้น มักนิยมใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายเซลแล็ก ตัวอย่างของแอลกอฮอล์ที่นิยมใช้เป็นตัวทำละลายคือ เอธานอล แต่การใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายก็มีปัญหาหลายประการที่เกิดขึ้น เช่น มีการต่อต้านการใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลายอย่างกว้างขวาง จนมีการออกกฎเกณฑ์ในการในการควบคุมและจำกัดการใช้เอธานอล ยิ่งไปกว่านั้นในการเก็บรักษาสารละลายแอลกอฮอล์นั้นจำเป็นต้องเก็บไว้ในถังเก็บที่เพดานของถังเก็บสามารถเลื่อนขึ้นลงเองได้ (explosion-proof storage tank) เพื่อป้องกันไม่ให้แอลกอฮอล์ระเหยขึ้นมามากเกินไปจนอาจนำไปสู่การเกิดระเบิดได้ นอกจากนี้เอธานอลยังเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ซึ่งหลังจากที่นำไปเคลือบแล้วจะไม่สามารถระเหยออกไปได้ทั้งหมด จะมีบางส่วนตกค้างอยู่ที่พื้นผิวที่ถูกเคลือบ ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ และปัญหาสำคัญอีกประเด็นหนึ่งคือ เซลแล็กที่ละลายอยู่ในแอลกอฮอล์สามารถเกิดปฏิกริยาพอลิเมอไรเซชันได้เอง (Cook, 1996)

2.6.2.2 กระบวนการผลิตสารละลายเซลแล็กโดยใช้สารละลายแอมโมเนียเป็นตัวทำละลาย

นอกจากวิธีที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นตัวทำละลายแล้ว ยังมีวิธีอื่นที่ใช้ในการผลิตเซลแล็กที่สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผิวได้อีก นั่นคือการนำสารละลายแอมโมเนียมาเป็นตัวทำละลายแทนที่ของแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นอีกวิธีที่นิยมและมีการใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเซลแล็กสามารถละลายในแอมโมเนียได้ดี แต่ปัญหาใหญ่ที่เกิดจากการใช้วิธีนี้คือ สารระเหยของแอมโมเนียมีความเป็นพิษ นอกจากนี้ค่าความหนืดของสารละลายเซลแล็กจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ และจะความหนืดจะสูงมากเมื่อเวลาผ่านไปแล้วสามถึงสี่เดือน และเมื่อเวลาผ่านไปถึงหกเดือนแล้วสารละลายเซลแล็กจะเกิดการตกตะกอนขึ้น จึงสามารถสรุปได้ว่าสารละลายเซลแล็กที่ใช้สารละลายแอมโมเนียเป็นตัวทำละลายมีอายุการใช้งานต่ำมากเมื่อเทียบกับกรณีที่ใช้เอธานอลเป็นตัวทำละลาย (Cook, 1996)

2.6.2.3 กระบวนการผลิตสารละลายเชลแล็กโดยทำให้เป็นสารแขวนลอย

นอกจากสองวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีวิธีผลิตเชลแล็กที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่ง นั่นคือการผลิตให้เกิดเป็นอนุภาคเล็กๆ ของเชลแล็กกระจายตัวอยู่ในของเหลว (Berner and Zastrow, 2001) ซึ่งวิธีนี้สามารถทำได้โดยการนำเอาเชลแล็กมาละลายในสารละลายเบสเกิดเป็นสารละลายเคลือของเชลแล็ก จากนั้นนำเอาสารละลายที่ได้มาผสมกับสารละลายกรด ซึ่งหลังจากที่ได้ผสมกันแล้วจะทำให้มีอนุภาคเล็ก ๆ ของเชลแล็กตกตะกอนลงมาและกระจายตัวอยู่ทั่วไปในสารละลาย เมื่อนำไปทำการเคลือบผิวของผลไม้ส่วนที่เป็นสารละลายจะระเหยขึ้นไปจนหมด เหลือไว้เพียงเชลแล็กอนุภาคเล็ก ๆ หลอมรวมกันเป็นฟิล์มบาง ๆ เคลือบอยู่บนผิวของอาหารที่เราต้องการเคลือบ ซึ่งข้อดีของวิธีการนี้คือไม่ละลายในน้ำที่สัมผัสโดน และไม่ทำให้รสชาติของสารอาหารที่ถูกเคลือบสูญเสียไป นอกจากนี้ยังมีอายุการเก็บและการใช้งานที่ยาวนานอีกด้วย แต่วิธีนี้จำเป็นต้องมีการเติมสาร plasticizer ลงไปเพื่อทำให้อนุภาคเล็ก ๆ ของเชลแล็กหลอมตัวบนผิวของอาหารได้ดีขึ้นด้วย

2.7 สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นสิทธิบัตร พบว่ามีสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเชลแล็กอยู่หลายรายการ โดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการผลิตสารแขวนลอยของเชลแล็กในน้ำ เช่น

สิทธิบัตรของ Cook, 1996 (US5567438)

Shellac dispersions and coating, and method of forming aqueous-based Shellac dispersions and coatings

กล่าวถึงกระบวนการผลิตสารแขวนลอยของเชลแล็กในน้ำไว้สองวิธีด้วยกันโดยวิธีแรกจะมีอัตราส่วนของสารละลายเบสเชลแล็กต่อสารละลายกรดเป็น 1:5 ส่วนวิธีที่สองจะมีอัตราส่วนของสารละลายเบสเชลแล็กต่อสารละลายกรดเป็น 1:1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>วิธีที่1</u> เริ่มด้วยการเตรียมสารละลายเบสเชลแล็กโดยละลายผงเชลแล็ก 100 กรัม ในสารละลายเบส 1 N 170 มิลลิลิตร ให้ความร้อนที่ 80 องศาเซลเซียสจนผงเชลแล็กละลาย จากนั้นเติมสารละลายเบสจนได้ 770 มิลลิลิตร pH ประมาณ 7-7.5 สารละลายกรดที่ใช้เตรียมโดยน้ำ 950 มิลลิลิตร เอธิลแอลกอฮอล์ 100 มิลลิลิตร และสารละลายกรดอะซิติกเข้มข้น 10 %โดยปริมาตร ปริมาณ 50 มิลลิลิตร ผสมกันโดยใช้เครื่องโฮโมจิไนเซอร์ความเร็ว 5,000-10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ในขั้นตอนของการตกตะกอนเชลแล็กจะจัดให้สารละลายเบสเชลแล็กฉีดลงในสารละลายกรดอะซิติกด้วยความเร็ว 2,000-15,000 หยดต่อนาที โดยให้ปลายเข็มอยู่ใกล้กับหัวปั่นของเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ และใช้อัตราส่วนของสารละลายเบสเชลแล็กต่อสารละลายกรดเป็น 1:5

เพิ่มปริมาณของเชลแล็กในสารละลายด้วยวิธี diaflitration จนได้สารแขวนลอยของเชลแล็ก 26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

<u>วิธีที่ 2</u> จะใช้อัตราส่วนของสารละลายเบสเชลแล็กต่อสารละลายกรดโดยปริมาตรเป็น 1:1 และหลังจากตกตะกอนเสร็จแล้ว จะมีการปรับ pH ด้วยสารละลายกรดอะซิติก 10 %โดยน้ำหนัก ให้มีค่าประมาณ 5.5-6 แล้วทำให้สารแขวนลอยเข้มข้นขึ้นด้วยวิธี evaporation หรือใช้ความดัน

และจากการสืบค้นสิทธิบัตรเกี่ยวกับสารละลายเชลแล็กที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบผลไม้ทั้งสองชนิดคือ มะม่วงน้ำดอกไม้ และมังคุด ไม่พบการจดสิทธิบัตรใด ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรง ส่วนมากมักจะกล่าวว่าสารละลายเชลแล็กสามารถประยุกต์ใช้กับการเคลือบผิวทั่วไป

สิทธิบัตรของ Rednick et al., 1968 (3,390,049)

Pharmaceutical tablets coated with wax-free ammonia solubilized water soluble shellac

สิทธิบัตรนี้กล่าวถึงการนำสารละลายเชลแล็กมาใช้เคลือบฟิล์มกับผลิตภัณฑ์ประเภทยา (pharmaceutical) มีข้อดีคือเป็นกระบวนการที่รวดเร็วและราคาถูก โดยเน้นไปที่การผลิตฟิล์มเคลือบที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักในการทำละลายเชลแล็ก (water soluble shellac) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการเคลือบเม็ดยาแทนการใช้น้ำตาลเคลือบ โดยการใช้เชลแล็กซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นสูงนี้ มีข้อได้เปรียบกว่าการใช้น้ำตาลคือทำให้น้ำไม่สามารถผ่านเข้าไปในแกนเม็ดยาได้

องค์ประกอบของสารเคลือบที่มีการอ้างสิทธิ์ในสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วยเชลแล็กที่ไม่มีแวกซ์เจอปน (free wax) นำไปละลายในสารละลายแอมโมเนียเข้มข้น และน้ำ นอกจากนี้อาจมีการเติมสารเติมแต่งๆ เช่น พลาสติกไซเซอร์ หรือ สารแต่งสี เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของสารเคลือบ เมื่อนำไปเคลือบเม็ดยาที่ถูกเคลือบจะมีผิวเรียบมันเงา และมีความคงตัวของเม็ดยาดีขึ้น

2.8 สรุปสูตรสารละลายเชลแล็ก

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปสูตรเชลแล็กที่มีการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 2.6 สรุปสูตรสารละลายเชลแล็กจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลไม้ที่ทดสอบ	เชลแล็ก	สารเคลือบอื่น ๆ	ผลการทดลอง	รายการอ้างอิง
ส้ม (Valencia)	- HIGROSS เป็นสารเคลือบทางการค้าที่มีความมันวาวสูง ที่มีการผลิตใน Florida และ California องค์ประกอบหลักประกอบด้วย shellac:wood resin ในอัตราส่วน 3:1 และประกอบด้วย fatty acid soaps, propylene glycol และส่วนประกอบอื่นเล็กน้อย แต่ไม่มีแวกซ์ - สารเคลือบเชลแล็กที่เตรียมขึ้นในห้องปฏิบัติการ มีองค์ประกอบดังนี้ 15.4%Shellac, 3.0%polyethylene glycol 600, 1.8%whey protein, 0.5% oleic acid, 0.3%NH_3, 150 ppm SE21 และน้ำ	สารเคลือบที่เตรียมจาก Polyethylene-candelilla wax (150 g polyethylene, 100 g candelilla wax, 47 g oleic cid, 13 g myristic acid, 42 g of 30% NH_3 และ 865 g water)	- ส้มที่เคลือบด้วยแวกซ์จะมีคะแนนรสชาติสูง (8.9-10.4) ในขณะที่ส้มที่เคลือบด้วย HIGROSS จะมีคะแนนรสชาติต่ำกว่า (3.7-4.1) - ส้มที่เคลือบด้วย HIGROSS จะมีผิวมันกว่าที่เคลือบด้วยแวกซ์ แต่จะสูญเสียความมันเงานี้หลังจากเก็บไว้ 8 วัน	Hagenmaier, 2000

ผลไม้ที่ทดสอบ	เชลแล็ก	สารเคลือบอื่น ๆ	ผลการทดลอง	รายการอ้างอิง
แอปเปิล 4 พันธุ์ -Delicious - Fuji - Braeburn - Granny Smith	- Carnuba-shellac มีส่วนประกอบดังนี้ 9.5%shellac, 8.3%carnuba wax, 3.3% morpholine, 1.7% oleic acid, 0.17%NH_3, 0.01%polydimethysiloxzne antifoam - Shellac มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ 19%shellac, 1.0%oleic acid, 4.4%morpholine, 0.3%NH_3, 0.01%polydimethysiloxzne antifoam - Shellac-WPI มีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้ 13.3%shellac, 3.0%whey protein isolate, 3.1%morpholine, 0.7%oleic acid, 0.2%NH_3, 0.01%polydimethysiloxzne antifoam	- Polyethylene ประกอบด้วย 18.6%oxidized polyethylene, 3.4%oleic acid, 2.8%morpholine, 0.01%polydimethysiloxzne antifoam - Candelilla ประกอบด้วย 18.3% candelilla wax, 2.1%oleic acid, 2.4% morpholine, 0.02%polydimethysiloxzne antifoam	- ผลของการใช้เชลแล็กในการเคลือบ จะให้ความมันวาวสูง O_2 ภายในต่ำสุด CO_2 ภายในสูงสุดสำหรับทุกชนิดของแอปเปิล - ผลของสารเคลือบต่อแอปเปิลแต่ละพันธุ์พบว่าสารเคลือบเชลแล็กจะเหมาะสมกับ Delicious และ Carnuba-shellac เหมาะกับ Braeburn และ Fuji สำหรับ Granny Smith เหมาะกับสารเคลือบพวก Polyethylene	Bai et al., 2003

ผลไม้ที่ทดสอบ	เชลแล็ก	สารเคลือบอื่น ๆ	ผลการทดลอง	รายการอ้างอิง
Mandarin	- Shellac-wax มีส่วนประกอบดังนี้ 12.3% polyethylene wax, 8.8% candelilla wax, 3.8% oleic acid, 1.1% myristic acid, 1.1% NH_3 และน้ำ	- Polyethylene-candelilla wax มีส่วนประกอบดังนี้ 12.3% polyethylene wax, 8.8% candelilla wax, 3.8% oleic acid, 1.1% myristic acid, 1.1% NH_3 และน้ำ - Polyethylene มีส่วนประกอบดังนี้ 18.3% polyethylene wax, 3.7% oleic acid, 2.6% morpholine, 1.1% NH_3 และน้ำ	- เมื่อเก็บผลไม้ไว้ 7 วันที่อุณหภูมิ 21 ^{0}C พบว่าความสามารถในการแพร่ผ่านลดลง<$1.1x10^{-16}$ mol-m/s-m-Pa - การเกิดกลิ่นส่วนมากจะเกิดควบคู่กับการมีO_2ภายใน <4% และ CO_2 ภายใน>14% ที่อุณหภูมิ 21 ^{0}C - สารเคลือบทุกสูตรเหมาะสมสำหรับผลไม้รสเปรี้ยว โดยสามารถเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 ^{0}C เป็นเวลา 7 วัน	Hagenmaier et al., 2000

ผลไม้ที่ทดสอบ	เชลแล็ก	สารเคลือบอื่น ๆ	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
มังคุด	- สารเคลือบทางการค้า Citurs Shine เข้มข้น 60 และ 10 %	- สารเคลือบทางการค้า Semper Fresh เข้มข้น 1 และ 2% - ห่อด้วยฟิล์มพลาสติก PVC บนถาดโฟม - เคลือบด้วย Citurs Shine 60 % และห่อด้วยฟิล์มพลาสติก PVC บนถาดโฟม	- การใช้ Semper Fresh ให้ผลไม่ต่างจากไม่เคลือบ - การใช้ Citurs Shine ทั้งสองความเข้มข้นสามารถลดการคายน้ำ ชะลอการแห้งของขั้วผลและกลีบเลี้ยง เก็บรักษามังคุดได้นานขึ้น 4 วัน - การใช้ฟิล์มพลาสติก ลดการสูญเสียได้ดีกว่าการใช้สารเคลือบผิว 1 เท่า - การใช้ฟิล์มพลาสติกร่วมกับการใช้สารเคลือบผิว ทำให้เนื้อมังคุดภายในเน่า	ชุลีพร พูลสวัสดิ์, 2531

ผลไม้ที่ทดสอบ	เซลแล็ก	สารเคลือบอื่น ๆ	ผลการทดลอง	เอกสารอ้างอิง
มังคุด	- สารเคลือบทางการค้า Sta-fresh#7055 เข้มข้น 15 20 และ 25%	-	- ทำให้คุณภาพภายนอกดูดีขึ้น การใช้สารเคลือบทุกความเข้มข้นสามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ชะลอการเหี่ยวของกลีบเลี้ยง	รุจิรา เชื้อหอม, 2540
มะม่วง น้ำดอกไม้	- สารเคลือบทางการค้า Sta-fresh#360 เข้มข้น 30 และ 40% - สารเคลือบทางการค้า Citurs Shine เข้มข้น 40 และ 60 %	-	- มะม่วงที่เคลือบและเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้สุกช้า มีการสูญเสียน้ำหนักน้อย TSS ต่ำ และการเน่าเสียน้อย แต่ความแน่นเนื้อ TA TNC และวิตามินซีมาก - มะม่วงที่เคลือบด้วย Sta-fresh 40% และ Citurs Shine เข้มข้น 40 และ 60 % เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ แต่มะม่วงที่เคลือบด้วย Sta-fresh 30% ไม่เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติ	ธรรมภรณ์ ประภาสะวัต, 2534

2.9 เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของมังคุดและมะม่วง

นับจากอดีตถึงปัจจุบันโครงสร้างการผลิตในภาคเกษตรกรรมยังคงมีบทบาทและความสำคัญต่อประเทศไทย โดยเฉพาะการผลิตผลไม้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะประเทศไทยมีภูมิศาสตร์และลักษณะดินฟ้าอากาศที่เอื้ออำนวยสามารถเพาะปลูกผลไม้ได้หลายชนิด ซึ่งนอกจากจะใช้บริโภคกันภายในประเทศแล้ว ปัจจุบันผลไม้กลายเป็นสินค้าที่มีบทบาทต่อประเทศในเชิงเศรษฐกิจด้วย มังคุดและมะม่วงก็เป็นผลไม้สำคัญที่มีการส่งออกและทำรายได้เข้าสู่ประเทศ การผลิตและปฏิบัติต่อผลิตผลเพื่อการค้าโดยเฉพาะเพื่อการส่งไปขายยังตลาดต่างประเทศต้องมีวิธีการที่เหมาะสมเพื่อให้ผลิตผลมีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ แต่จากข้อจำกัดของระยะทาง และการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วของผลไม้ประเภท climacteric ทำให้มีการศึกษาเพื่อชะลอการเสื่อมสภาพและยืดอายุการเก็บรักษาของผลไม้ เพื่อให้ผลิตผลอยู่ในสภาพที่ดีเมื่อถึงปลายทางผู้บริโภค

มังคุดเป็นผลไม้ที่มีรูปแบบการหายใจแบบ climacteric คืออัตราการหายใจจะสูงขึ้นระหว่างกระบวนการสุก และจะค่อยๆ ลดต่ำลงพร้อมๆ กับสีผิวจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็น สีม่วงและมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นด้วย (สมโภชน์ น้อยจินดา, 2535) โดยพบว่าอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เก็บรักษา ปัจจุบันได้มีวิธีการต่างๆ ที่นำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษามังคุดให้ได้นานขึ้นโดยไม่ทำให้คุณภาพเสียไปหลายวิธีเช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสำหรับมังคุดความเสียหายเนื่องจากการเก็บรักษาที่ระดับอุณหภูมิต่ำเกินพอดีนั้น สังเกตได้จากเปลือกด้านในเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลตลอดทั่วทั้งผลและแข็ง กลีบเลี้ยงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลซีดไม่สุก และหมดอายุการวางจำหน่ายในเวลาอันรวดเร็ว สุรพงษ์ โกสิยจินดา (2529) รายงานว่าการเก็บรักษามังคุดในสภาพอุณหภูมิต่ำที่ 1 ^{0}C ผลมังคุดจะแสดงอาการสะท้านหนาวภายใน 3-4 วัน โดยกลีบเลี้ยงแห้งและเหี่ยว เปลือกแข็งและมีสีน้ำตาลม่วงหมองคล้ำ เนื้อมีรสชาติผิดปกติ อาการเหล่านี้จะรุนแรงขึ้นถ้านำผลมังคุดออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง นอกจากนี้มีรายงานของ Martin (1980) ว่าสามารถเก็บรักษามังคุดได้นาน 3 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 9-12 ^{0}C แต่ Kosittrakun (1991) พบว่ามังคุดเริ่มแสดงอาการสะท้านหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 9 ^{0}C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และ McGregor (1987) แนะนำว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษามังคุดไม่ควรต่ำกว่า 13 ^{0}C นอกจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแล้ว การเคลือบก็เป็นอีกวิธีที่น่าสนใจ สมโภชน์ น้อยจินดา (2535) รายงานว่ามังคุดที่เคลือบผิวด้วย Sta-fresh#7055 ที่ความเข้มข้น 10 % ทำให้ความเข้มข้นของออกซิเจนภายในผลเพิ่มขึ้น ขณะที่ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลีนภายในผลลดลงระหว่างการเก็บรักษา สารเคลือบผิวที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นสารพวกเอสเทอร์ของซูโครสและกรดไขมัน (sucrose fatty acid ester) และเกลือโซเดียมของคาร์บอกซิลเซลลูโลส (carboxyl cellulose) ซึ่งองค์การอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกายินยอมให้ใช้กับผักและผลไม้ได้ (Rondolph, 1982) จากรายงานของจิติมา สิงหวรกิจ (2536) พบว่ามังคุดที่เคลือบด้วย Johnson wax ความ

เข้มข้น 100 % มีการสูญเสียน้ำหนักเพียงร้อยละ 1.81 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 ^{0}C เป็นเวลา 9 วัน นอกจากนี้ ชุลีพร พูลสวัสดิ์ (2531) ทดลองเคลือบผิวด้วย Citrus Shine สามารถลดการสูญเสียน้ำ ชะลอการแห้งของขั้วผลและกลีบเลี้ยงได้ ทำให้สามารถเก็บรักษามังคุดได้นานกว่าไม่ใช้สารเคลือบผิว 4 วัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 29 ^{0}C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 64

นอกจากการเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิต่ำและการใช้สารเคลือบผิวแล้วยังมีการเก็บรักษาผลิตผลด้วยวิธีการเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere: CA) การหุ้มผลิตผลด้วยพลาสติกหรือบรรจุในถุงพลาสติก และการใช้สารดูดซับเอทิลีนได้นำมาใช้ในการยืดอายุการเก็บรักษามังคุด มีรายงานของเบญจมาส รัตนชินกร (2544) ว่าความเข้มข้นของออกซิเจนที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษามังคุดคือ ร้อยละ 2-4 ใช้ร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถช่วยเก็บรักษามังคุดได้นาน 7 สัปดาห์

สำหรับมะม่วงจะมีรูปแบบการหายใจและการสุกแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วง สภาพภูมิอากาศ ภูมิประเทศที่มะม่วงเจริญเติบโต (Krishnamurth and Subramanyam, 1970) จากการศึกษาของ Karmarkar and Joshi (1941) มะม่วงพันธุ์ Alphonso พบว่าอัตราการหายใจสูงสุดจะเกิดวันที่ 5 ภายหลังการเก็บเกี่ยวและมะม่วงจะสุกภายใน 7 หรือ 8 วัน ขณะที่มะม่วงพันธุ์ Kent และ Haden มีอัตราการหายใจสูงสุดในวันที่ 9 หรือ 11 ภายหลังการเก็บเกี่ยว อัตราการหายใจจะลดลงขณะที่ผลมะม่วงแก่จัด อัตราการหายใจมีการเพิ่มขึ้นในขณะที่ผลมะม่วงอยู่ในระหว่างสุก ส่วนการผลิตเอทิลีนจะลดลงเมื่อผลมะม่วงแก่จัด (Burg, 1962) ธนะชัย พันธ์เกษมสุข (2531) พบว่ามะม่วงพันธุ์เขียวเสวยซึ่งเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุตั้งแต่ 11-14 สัปดาห์หลังดอกบานเต็มที่ มีการเกิด climacteric peak ขึ้น 2 ครั้ง ครั้งแรกเกิดขึ้นในระยะที่เนื้อผลบริเวณใกล้เปลือกหุ้มเมล็ดเริ่มสุก และครั้งที่สองเกิดขึ้นเมื่อเนื้อบริเวณใกล้ผิวสุก สำหรับอัตราการหายในของมะม่วงพันธุ์เบาจะสูงกว่าพันธุ์หนัก มีรายงานว่าผลมะม่วงพันธุ์ทองดำ (อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 95 วันหลังติดผล) มีอัตราการหายใจสูงกว่าพันธุ์เขียวเสวยและพันธุ์หนังกลางวัน (อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 109-118 วันหลังติดผล) (สุรพงษ์ โกสิยจินดา, 2529)

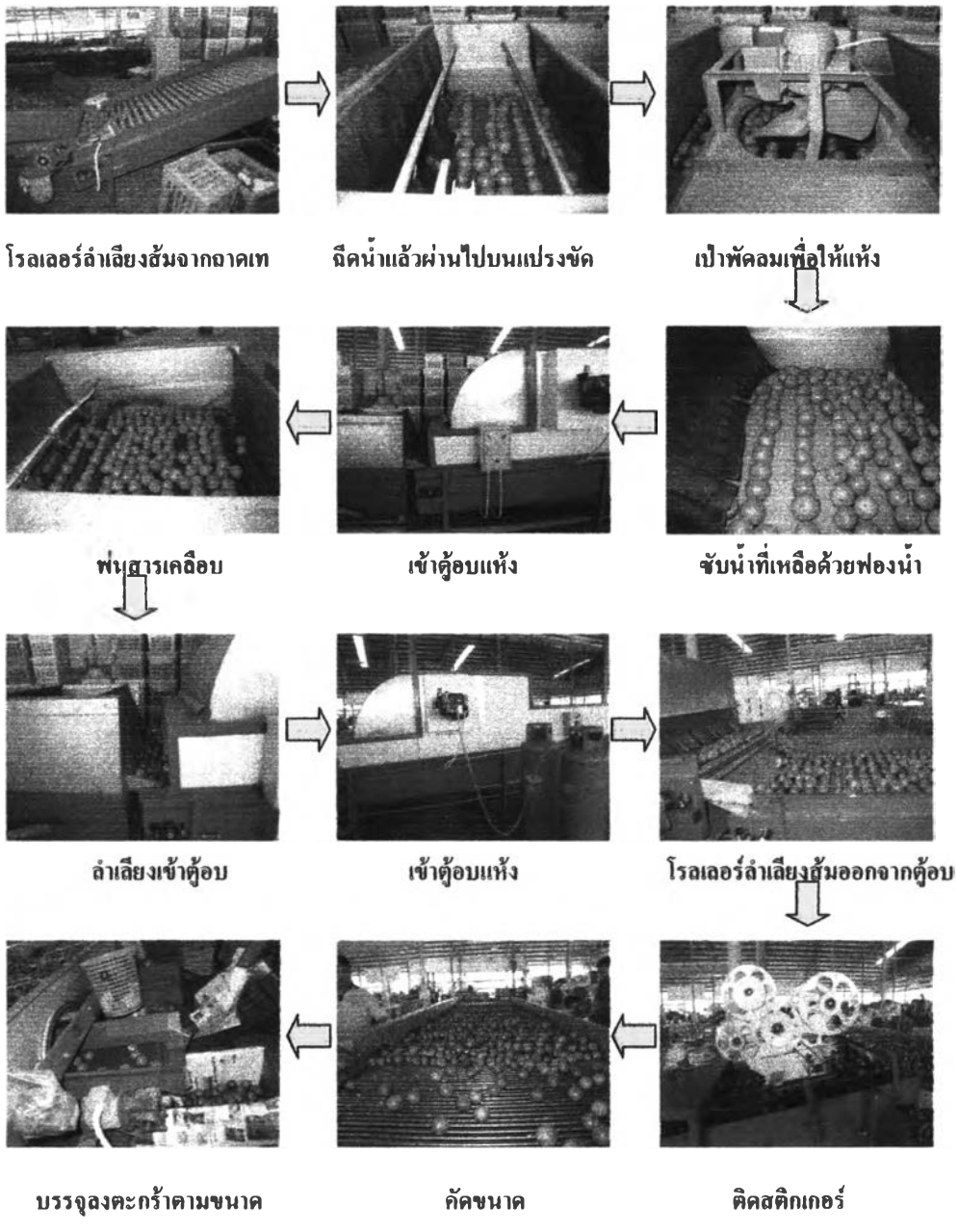
การเก็บรักษาผลมะม่วงให้สดอยู่ได้นานมีหลักการสำคัญคือจะต้องให้ผลมะม่วงมีการหายใจอยู่ในระดับต่ำอยู่เสมอ และเมื่อเลิกควบคุมแล้วผลต้องสามารถสุกได้ตามปกติ (Chaplin, 1984) วิธีการปฏิบัติที่นับว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดและเป็นที่นิยมปฏิบัติคือ การเก็บรักษาผลมะม่วงในสภาพอุณหภูมิต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิต่ำมีผลทำให้อัตราการหายใจและกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ ของผลลดลง ลดอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโรคเน่าในระหว่างการเก็บรักษา ชะลอการสร้างเอทิลีนและการตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อเอทิลีน (สายชล เกตุษา, 2530 ; Will et al., 1981) โดยผลมะม่วงทั่วไปสามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิประมาณ 10-12 ^{0}C เก็บรักษาได้นาน 2-3 สัปดาห์ (Lutz and Hardenburg, 1968) ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ จากการ

ทดลองของเรณู ขำเลิศ (2547) พบว่ามะม่วงพันธุ์อกร่องทองเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 ^{0}C เก็บได้นาน 20 วัน แต่ถ้าเก็บรักษาผลมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายจากความหนาวเย็นที่เรียกว่าอาการสะท้านหนาว (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546)

จากการรายงานของทวี รักษ์ศรีทอง (2533) ศึกษาผลของการห่อฟิล์มพลาสติกและอุณหภูมิต่ำกับมะม่วงน้ำดอกไม้ โดยห่อด้วยฟิล์มพลาสติกพีวีซี Reynolds Mitsubishi Sun Wrap และ Nanya Wrap เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 และ 10 ^{0}C พบว่ามะม่วงผลดิบที่ห่อด้วยฟิล์มพลาสติกพีวีซี Renolds และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.5 ^{0}C สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานที่สุดและคุณภาพดีที่สุด 28 วัน ผลมะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ^{0}C นานกว่า 24 วันแสดงอาการสะท้านหนาวที่บริเวณเนื้อติดกับ endocarp และจากการทดลองของธรรมภรณ์ ประภาสะวัต (2534) ใช้สารเคลือบผิว Semperfresh ความเข้มข้นต่างๆ เคลือบผิวมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ผลมะม่วงที่เคลือบด้วยความเข้มข้นต่ำมีอายุการเก็บรักษา 12 วันและสุกเป็นปกติ ขณะที่มะม่วงที่เคลือบความเข้มข้นสูงมีอาการผิดปกติเมื่อเก็บรักษานานกว่า 4 วัน และผลมะม่วงที่ไม่ได้เคลือบผิวเกิดโรคแอนแทรคโนสมากกว่าผลมะม่วงที่เคลือบ นอกจากนี้มีรายงานการเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์หนังกลางวันด้วยสารเคลือบผิวชนิดอื่นคือ Citrus Shine ที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่ามะม่วงที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเริ่มสุกเมื่อเก็บรักษาได้ 7-15 วัน ขณะที่ผลซึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 11 ^{0}C สามารถเก็บรักษาได้ 32-39 วันซึ่งนานกว่าผลที่ไม่เคลือบ 2-9 วัน ส่วนผลที่ได้รับการเคลือบผิวที่ความเข้มข้น 100 % มีอายุการเก็บรักษา 27 วัน ซึ่งถ้านานกว่านั้นจะเกิดกลิ่นหมักและรสชาติผิดปกติขึ้น และผลที่ไม่ได้รับการเคลือบมีการเน่าเสียมากกว่าผลที่ได้รับการเคลือบเช่นเดียวกับการทดลองของธรรมภรณ์ (ศรบุปผา วงศกรวุฒิ, 2533)

2.10 กระบวนการเคลือบ

หลังจากศึกษาสูตรสารเคลือบแล้ว ขั้นต่อไปคือการนำสารเคลือบไปใช้งาน จากการที่ได้ไปศึกษากระบวนการเคลือบส้มที่บริษัท นเรศผลไม้ 94 จำกัด ตลาดเอื้ออารี ตำบลหนองกระโดน อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าการเคลือบส้มมีกระบวนการเคลือบดังที่แสดงในรูปที่ 2.4 โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือส้มที่เพิ่งถูกขนส่งมาจากสวนจะถูกนำมาเทลงบนถาดเท ต่อจากนั้นส้มจะถูกลำเลียงผ่านสายพานไปยังส่วนของการล้างส้ม โดยใช้วิธีการพ่นน้ำใส่ แล้วผ่านส้มไปยังส่วนที่มีแปรงล้างเพื่อกำจัดคราบดิน หรือสิ่งสกปรกที่ติดมาซึ่งจะทำให้สารเคลือบติดไม่ดี ต่อจากนั้นผ่านส้มต่อไปยังฟองน้ำเพื่อซับน้ำให้แห้ง แล้วผ่านเข้าสู่ตู้อบเพื่ออบส้มให้แห้งสนิท ไม่ให้มีน้ำเกาะอยู่เพราะจะทำให้การเคลือบไม่ติด โดยใช้ความร้อนอบเพื่อระเหยน้ำออก ใช้อุณหภูมิ 35 ^{0}C ควบคุมอุณหภูมิโดยตัวควบคุมอัตโนมัติ (controller) ต่อจากนั้นส้มจะถูกผ่านเข้าสู่กระบวนการเคลือบโดยใช้วิธีการพ่น โดยอัตราการพ่นจะขึ้นอยู่ขนาดและชนิดของส้ม ซึ่งสามารถปรับได้โดยผู้ควบคุม (ต้องใช้ความชำนาญและการสังเกต) ต่อจากนั้นส้มจะถูกลำเลียงเข้าตู้อบเพื่อระเหยตัวทำละลายออกให้หมดโดยในขั้นตอนนี้จะใช้อุณหภูมิสูงกว่าขั้นตอนการระเหยน้ำคือ 45 ^{0}C เพื่อทำให้สารเคลือบที่เคลือบผิวแห้ง ต่อจากนี้ส้มจะถูกลำเลียงเข้าสู่ขั้นตอนการติดสติกเกอร์และคัดขนาดผลเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนนำไปขาย โดยสรุปในกระบวนการเคลือบมีค่าใช้จ่ายดังนี้ คือ ค่าเครื่องจักร น้ำประปาและสารเคมีในการทำความสะอาดผลไม้ ไฟฟ้าสำหรับคำเนินเครื่องจักร แก๊สในการทำความร้อนเพื่ออบผิวผลไม้ให้แห้ง ค่าแรงงาน และค่าสารเคลือบ ซึ่งจากแหล่งเคลือบที่ไปศึกษาพบว่าใช้สารเคลือบที่นำเข้าจากต่างประเทศ 2 ชนิดคือ Citrus Shine (จากประเทศอิตาลี) ราคา 22,000 บาทต่อ 200 ลิตร และ Zivda wax (จากประเทศอิสราเอล) ราคา 18,000 บาทต่อ 200 ลิตร โดยในการเคลือบจะใช้สารเคลือบทั้งสองชนิดมาผสมกันการในอัตราส่วน Citrus Shine : Zivda wax เท่ากับ 1 : 1 (จากการสอบถามอัตราส่วนของสารเคลือบที่นำมาใช้จะไม่เท่ากันในแต่ละแหล่ง ขึ้นอยู่กับสูตรของแต่ละคน) โดยผู้รับเคลือบคิดราคาการเคลือบทั้งหมด 1 บาทต่อ 1 กิโลกรัมส้ม และเมื่อเคลือบแล้วเกษตรกรสามารถขายส้มได้ราคามากขึ้นกิโลกรัมละ 3 บาท (นเรศ รุกขเจริญ, 2549)



รูปที่ 2.4 กระบวนการเคลือบผิวส้ม บริษัท นเรศผลไม้ 94 จำกัด ต.หนองกระโดน อ.เมือง จ.นครสวรรค์

จากการศึกษาเครื่องเคลือบส้มและกระบวนการเคลือบส้ม พบว่าน่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเคลือบมังคุด และมะม่วงได้ โดยอาจจะต้องปรับปรุงบางขั้นตอนตามความเหมาะสม เช่น ขั้นตอนการทำความสะอาด อุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้แห้ง และในส่วนของการคัดขนาดอาจจะต้องปรับเป็นการแบ่งเกรดตามน้ำหนักแทนเพราะมะม่วงไม่มีรูปทรงเป็นทรงกลมเหมือนส้ม ซึ่งต้องมีการทดลองเพื่อนำไปใช้จริงต่อไป