บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำต้นเรื่อง

กระบวนการตรวจสอบคุณภาพผลไม้นั้นแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การตรวจสอบแบบทำลาย โดยเป็นการวัดค่าทางกายภาพ เช่น ค่า Firmness ซึ่งใช้วิธีการเจาะ (Penetration test) ปริมาณน้ำมันและน้ำหนักแห้ง (Oil and dry matter content; %DW) ค่าความเป็นกรดลดลง (Decreasing acidity) ค่าความหวานเพิ่มขึ้น (Increasing contents of sugar) ปริมาณน้ำผลไม้ (Soluble solids) และปริมาณเนื้อผลไม้ทั้งหมด (Total solids) ขนาด สี เป็นต้น (Mizrach, 2000) ซึ่งการตรวจสอบด้วยวิธีนี้ภายหลังจากการตรวจสอบแล้วจะทำให้เกิดความเสียหายกับผลไม้ที่ตรวจสอบ จึงไม่สามารถทำการตรวจสอบได้ทุกผล ดังนั้นการบ่งคุณภาพของผลไม้ชุดนั้นจึงเป็นเพียงการบอกถึงความน่าจะเป็น อีกวิธีคือการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย เช่น Nuclear Magnetic Resonance (NMR) การใช้แสง รวมถึง Near Infrared (NIR) และการถ่ายภาพเอ็กซเรย์ (X-ray radiograph) เป็นต้น(Abbott, 1999) วิธีเหล่านี้สามารถบ่งบอกถึงความสมบูรณ์หรือความบกพร่องของเนื้อผลไม้ได้ ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างของเนื้อผลไม้ โดยในงานวิจัยชิ้นนี้เลือกทำการศึกษาโดยใช้วิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ เนื่องจากราคาเครื่องมือเหมาะสมต่อการลงทุนในการพัฒนาระบบไปสู่เชิงพาณิชย์ และอีกทั้งราคาต้นทุนในการตรวจสอบคุ้มค่ากับผลตอบแทน ซึ่งขั้นตอนของการศึกษานั้นเป็นเพียงการศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานของความเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในของผลไม้ โดยทำการศึกษาผลไม้เศรษฐกิจของภาคใต้ ได้แก่ ส้มโชกุน และมังคุด

เนื่องจากส้มโชกุนนั้น จะมีปัญหาในเรื่องของความฟ่าม ซึ่งความฟ่ามที่มักจะพบ ได้แก่ ความฟ่ามแห้ง (Dry juice sac) โดยถุงเนื้อส้มมีสีขาวขุ่นและแห้ง ไม่มีน้ำ ผนังเซลล์จะหนากว่าปกติ ซึ่งพบมากบริเวณขั้วหรือก้นของผล ในผลที่มีมากอาจพบลามถึงครึ่งผลหรือเกือบหมดผล นอกจากนั้นก็มีความฟ่ามไต หรือข้าวสาร (Granulation) แดดเผา (Sunburn) และส้มหลวม (Puffiness) (ธงชัย และคณะ, 2542) และปัญหาของมังคุดที่พบนั้นก็คือ การเป็นเนื้อแก้ว (Crystal-like stones) โดยเนื้อแก้วนั้นจะมีลักษณะเป็นเนื้อใสและเป็นบริเวณที่มีน้ำมากกว่าบริเวณ

เนื้อดี ยางไหล (Exude latex) (Morton, 1987) จะมีลักษณะเป็นน้ำเยิ้ม ทำให้กลีบของเนื้อมังคุดรวมตัวกัน บางครั้งอาจทำให้เนื้อมังคุดบริเวณนั้นแข็ง ติดเปลือก และทำให้เกิดอาการเปลือกแข็ง ทำให้ผลไม้ขาดคุณภาพไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และไม่เหมาะสมต่อการส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นความบกพร่องของผลไม้ทั้ง 2 ชนิดนั้น มีความแตกต่างของความหนาแน่นของเนื้อผลไม้ระหว่างบริเวณเนื้อสมบูรณ์และเนื้อบกพร่อง ดังนั้นวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพภายในผลไม้ได้ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1. ประวัติการค้นพบรังสีเอกซ์

ปี ค.ศ. 1895 วิลเฮล์มคอนราด เรินท์เกน (Wilhelm Conrad Roentgen) ได้ศึกษาคุณสมบัติของแสงในหลอดแคโทด กระทั่งในวันที่ 8 พฤศจิกายน ขณะที่เขากำลังทำการทดลองอยู่ในห้องมืด โดยใช้แผ่นกระดาษการ์ดดำ ปิดกั้นหลอดแคโทดไว้ เขาได้สังเกตุเห็นกระดาษการ์ดแผ่นหนึ่งซึ่งเคลือบด้วยสารประกอบของสารเรืองแสงแบเรียมแพลทิโนไซยาไนด์ ส่งแสงเรืองออกมา และเขาก็สรุปได้ว่าขณะที่จ่ายกระแสไฟให้กับหลอดแคโทดนั้นมีรังสีที่มองเห็นเกิดขึ้นด้วย ซึ่งเขาได้ให้ชื่อรังสีนั้นว่า “รังสีที่ไม่รู้จัก (Unknown = X)” หรือ “รังสีเอกซ์ (X-ray)”
(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2543)

1.2.2 อันตรกิริยาของรังสีเอกซ์กับสสาร

โมเลกุลของสารประกอบด้วยธาตุหลายชนิด รังสีเอกซ์จะทำอันตรกิริยาร่วมกับอะตอมของธาตุ โดยอาจเกิดขึ้นกับอิเล็กตรอนหรือกับนิวเคลียสก็ได้ รังสีเอ็กซ์ที่มีพลังงานระดับที่ใช้ทดลองจะเกิดอันตรกิริยากับอิเล็กตรอนมากกว่าแกนกลางนิวเคลียส และในการเกิดกริยาร่วม รังสีเอกซ์มีพฤติกรรมเสมือนอนุภาคที่เรียกว่า โฟตอน (ชัยวิทย์, 2525) โดยมีอันตรกิริยาของรังสีเอกซ์กับสสารอาจจำแนกได้ดังนี้

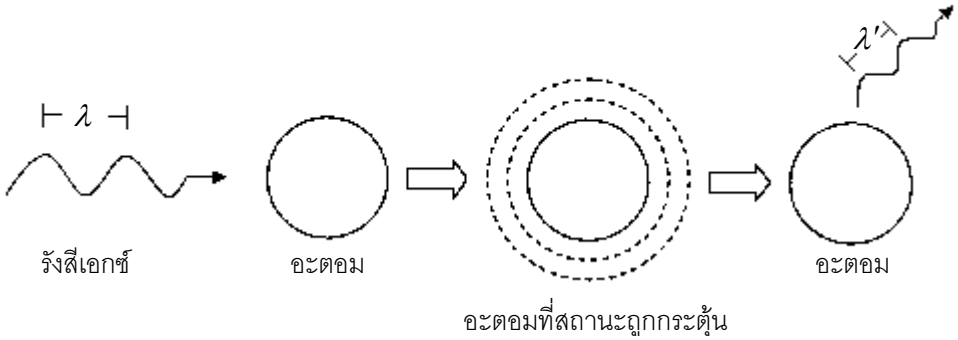
1.2.2.1. การกระเจิงอย่างเป็นระเบียบ (Coherent Scattering)

การกระเจิงอย่างเป็นระเบียบ หมายถึง รังสีที่เปลี่ยนทิศทางโดยไม่มีการเปลี่ยนความยาวคลื่น อาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การกระเจิงทอมป์สัน (Thompson Scattering) เป็นการกระเจิงที่เกิดขึ้นเมื่อรังสีเอกซ์ทำอันตรกิริยากับอิเล็กตรอนในวงโคจรนั้น อิเล็กตรอนจะดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไว้ จากนั้นอิเล็กตรอนจะอยู่ในสถานะกระตุ้นและจะปลดปล่อยรังสีเอกซ์ออกมาอีกครั้งในแบบสุ่มทุกทิศทาง (ธวัช, 2541)

2. การกระเจิงเรย์เลห์ (Rayleigh Scattering) เป็นการกระเจิงของรังสีเอกซ์จากอิเล็กตรอนทั้งหมดในอะตอม ในภาพประกอบที่ 1.1 รังสีเอกซ์พลังงานต่ำที่มีความยาวคลื่น ชนกับอิเล็กตรอนในอะตอมทำให้อิเล็กตรอนสั่นด้วยความถี่ของรังสี อิเล็กตรอนที่สั่นนี้จะเปล่งรังสีออกมาที่ความยาวคลื่นค่าหนึ่ง ไม่มีการถ่ายเทพลังงานและเกิดไอออไนเซชั่น เปอร์เซ็นต์ของรังสีเอกซ์

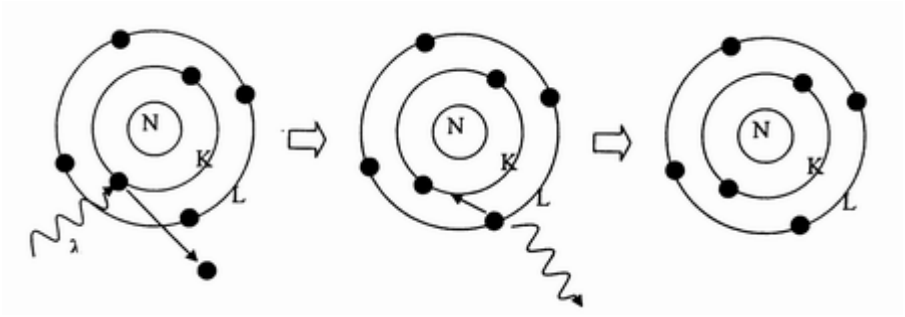
ที่ทำให้เกิดการกระเจิงนี้มีน้อยเพียง 5% ของทั้งหมด จึงไม่มีความสำคัญมากนักในการวิจัย นอกจากทำให้ฟิล์มรังสีเป็นหมอกมัว (ชัยวิทย์, 2525)



ภาพประกอบที่ 1.1 การกระเจิงของรังสีเอกซ์จากอิเล็กตรอนในอะตอม (ชัยวิทย์, 2525)

1.2.2.2. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric effect)

เป็นปรากฏการณ์ที่รังสีเอกซ์ทำปฏิกิริยากับอะตอม แล้วถ่ายเทพลังงานแก่อะตอมจนหมด อิเล็กตรอนในระดับชั้นพลังงาน K จะหลุดออกมา อิเล็กตรอนในระดับชั้นถัดไป คือ ชั้น L จะไปแทนที่ อิเล็กตรอนในระดับชั้นพลังงาน K แล้วมีการปลดปล่อยพลังงานในรูปของรังสีเฉพาะตัวออกมา ส่วนอะตอมจะเปลี่ยนสภาพเป็นไอออนประจุบวก (ชัยวิทย์, 2525)



ภาพประกอบที่ 1.2 ปรากฏการณ์ที่รังสีเอกซ์ทำปฏิกิริยากับอะตอม (ชัยวิทย์, 2525)

การเกิดปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กตริกขึ้นอยู่กับเงื่อนไขดังนี้

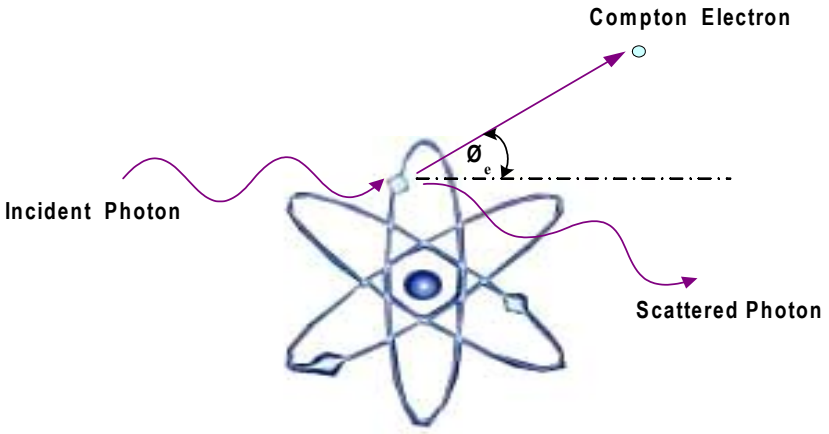
1. รังสีเอกซ์ชนกับอะตอมนั้น จะต้องมีพลังงานเพียงพอที่จะเอาชนะพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน ตัวอย่างเช่น ชั้น K ของอะตอมไอโอดีนจะมีพลังงานยึดเหนี่ยว 33.2 keV รังสีเอกซ์ที่มีพลังงานเพียง 33.0 keV จะไม่สามารถปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากชั้น K นี้ได้ แต่อาจมีกริยากับชั้นอื่น ๆ เช่น ชั้น L (4.9 keV) และชั้น M (0.6 keV)

2. ปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กตริกจะเป็นไปได้มากที่สุด เมื่อพลังงานของโฟตอนและพลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนมีค่าเกือบเท่ากัน เช่น โฟตอนพลังงาน 34 keV อาจทำปฏิกิริยากับอิเล็กตรอนในชั้นของไอโอดีนมากกว่าโฟตอน 100 keV ถ้าพลังงานของโฟตอนสูงขึ้นโอกาสเกิดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริกจะลดน้อยลง

3. อะตอมที่มีอิเล็กตรอนอยู่โดยรอบอย่างเหนียวแน่นจะมีโอกาสเกิดปฏิกิริยาโฟโตอิเล็กตริกได้ง่าย อย่างในอะตอมที่มีเลขอะตอมสูง โอกาสเกิดปฏิกิริยาจะแปรตามค่าเลขอะตอมยกกำลังสาม (ชัยวิทย์, 2525)

1.2.2.3. การกระเจิงคอมพ์ตัน (Compton Scattering)

โฟตอนพลังงานสูงจะชนกับอิเล็กตรอนอิสระในระดับชั้นพลังงานวงนอกแล้วทำให้มันหลุดออกไป โฟตอนจะกระเจิงไปทางหนึ่ง ส่วนอิเล็กตรอนจะกระดอนไปอีกทางหนึ่ง โฟตอนจะสูญเสียพลังงานบางส่วนให้แก่อิเล็กตรอน



ภาพประกอบที่ 1.3 การเกิดการกระเจิงแบบคอมพ์ตัน (ธวัช, 2541)

ผลลัพธ์ คือ อะตอมที่ถูกชนโฟตอนชนจะกลายเป็นไอออนประจุบวก ความยาวคลื่นของโฟตอนกระเจิงหาได้จากสูตร (ธวัช, 2541)

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$$

เมื่อ $\lambda' - \lambda$ คือ การเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่น มีหน่วยเป็นเมตร

θ คือ มุมองศาของการกระเจิง

เนื่องจากพลังงานของโฟตอนเกี่ยวข้องกับความยาวคลื่น ดังนั้นพลังงานโฟตอนที่กระเจิงจึงมีการกระจายค่าตามมุมที่กระเจิงด้วย การเกิดการกระเจิงคอมพ์ตันไม่ได้ขึ้นอยู่กับเลขอะตอมของวัสดุดูดกลืน ปฏิกิริยาจะลดลงเมื่อพลังงานโฟตอนเพิ่มขึ้น ดังนั้นในการใช้รังสีเอกซ์พลังงานสูง โฟตอนส่วนใหญ่จะผ่านตัวกลางไปมากกว่าโฟตอนของรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ อนึ่งคำว่าอิเล็กตรอนอิสระนี้หมายถึงอิเล็กตรอนที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวน้อยกว่าพลังงานโฟตอนที่เข้าชนมาก (สำหรับโฟตอนที่มีพลังงาน 10 – 150 keV) ธาตุซึ่งเลขอะตอมสูงจะมีอิเล็กตรอนอิสระในระดับชั้นพลังงานชั้นนอกเท่านั้น ส่วนธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำ จะถือว่าอิเล็กตรอนเป็นอิสระ (ชัยวิทย์, 2525)

1.2.2.4. การเกิดอนุภาคคู่และการสลายตัวของโฟตอน (Pair production and photodisintegration)

ในช่วงพลังงานที่ใช้การทดลอง การเกิดอนุภาคคู่และการสลายตัวของโฟตอนจะไม่เกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นที่ระดับพลังงานโฟตอนสูง แต่จะกล่าวถึงเล็กน้อย การเกิดอนุภาคคู่เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนพลังงานสูงทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสของอะตอม โฟตอนจะสลายตัวเป็นอิเล็กตรอน (0.51 MeV) และโพสิตรอน (0.51 MeV) โฟตอนมีพลังงานไม่น้อยกว่า 1.02 MeV (ชัยวิทย์, 2525) ส่วนการสลายตัวของโฟตอน เมื่อโฟตอนชนกับนิวเคลียสจะเกิดการสลายตัวของนิวเคลียสให้อนุภาคนิวตรอน โปรตอน อนุภาคแอลฟา หรือกลุ่มอนุภาค

1.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิธีการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้สามารถอาศัยการสังเกตจากองค์ประกอบทางเคมี ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อ รวมทั้งความบกพร่องหรือความไม่สมบูรณ์ของผลไม้นั้น ๆ ในการวิเคราะห์คุณภาพผลไม้ของมนุษย์จะใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ ดูรูปทรงและขนาด ชิมรสชาด ดมกลิ่น ฟังเสียง และ การสัมผัส แต่เนื่องจากการที่ประสาทสัมผัส รวมทั้งความชำนาญ และ ประสบการณ์ของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกัน ทำให้มาตรฐานของคุณภาพผลไม้ต่างกันตามไปด้วย จึงมีแนวความคิดในการสร้างเครื่องมือโดยอาศัยพื้นฐานดังกล่าวเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ให้มีมาตรฐานมากขึ้น

สำหรับวิธีในการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้สามารถจำแนกได้เป็นวิธีหลัก ๆ ดังนี้

1.2.3.1 วิธีทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnatic technologies)

เทคนิคนี้อาศัยสเปกตรัมของความยาวคลื่น ได้แก่ คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ อัลตร้าไวโอเลต แสงปกติ อินฟาเรด เอ็กซเรย์ และ การแผ่รังสีแกมมา สำหรับตัวอย่างของเทคนิคทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น

ก. คุณสมบัติทางแสง (Optical properties)

วิธีการนี้เป็นคุณสมบัติพื้นฐานของการตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ ซึ่งแสงจะมีคุณสมบัติพื้นฐานดังนี้ การสะท้อน ส่งผ่าน ดูดกลืนหรือ การกระเจิงของแสง

ในปี ค.ศ.1976 Birth ได้ศึกษาว่าแสงที่ตกกระทบผลไม้จะมีการสะท้อนที่ผิว 4 เปอร์เซ็นต์ และ อีก 96 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นส่วนที่ส่งผ่านเข้าไปยังเนื้อเยื่อของผลไม้ ซึ่งในส่วนที่ส่งผ่านเข้าไปยังเนื้อของผลไม้ก็จะมีการกระเจิง และทะลุผ่านออกมา ซึ่งสามารถที่จะใช้จำแนกคุณภาพของผลไม้ได้

ต่อมาในปี ค.ศ.1967 Norris และปี ค.ศ.1997 Lancaster และ คณะ ได้ข้อมูลที่ว่ารงค์วัตถุ (Pigments) สามารถที่จะใช้เป็นดัชนีในการบ่งชี้ถึงคุณภาพของผลไม้ได้ ซึ่งสีจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสุก นอกจากนี้ยังสามารถใช้สเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometers) ในการ

ตรวจสอบความสุกของผลไม้ได้ด้วยวิธีการอาศัยความยาวคลื่นจำเพาะของพลังงานแสงที่ดูดกลืนโดยพันธะเคมีในการพิจารณา

ปี ค.ศ.1987 Williams และ Norris ศึกษาพบว่า แสงปกติที่มีความยาวคลื่นในช่วง 400 – 700 นาโนเมตร จะถูกดูดกลืนโดย chlorophylls carotenoids anthocyanins และ องค์ประกอบของสีอื่นๆ สำหรับ near infared ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380 – 770 นาโนเมตร แสงจะถูกดูดกลืนโดย น้ำ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน

ต่อมาในปี ค.ศ.1994 Upchurch และ คณะ ใช้กล้องไฮเปอร์สเปกตรัม (Hyperspectral cameras) สามารถที่จะตรวจสอบความสมบูรณ์ และ สิ่งบกพร่องของเนื้อเยื่อผลไม้ได้โดยอาศัยสเปกตรัมของความยาวคลื่น

ข. การเรืองแสง (Fluorescence)

ในปี ค.ศ.1987 Uozumi และ คณะ ได้ศึกษาการเรืองแสงที่ไม่ได้มาจาก chlorophylls เพื่อตรวจหาความเสียหายที่เกิดกับส้มโดยอาศัยการเรืองแสงที่มาจากน้ำมันที่ไหลออกมาจากเซลล์ที่เสียหาย

ต่อมาในปี ค.ศ.1997 Abbott และ คณะ ได้ศึกษาวิธีการเรืองแสงโดยอาศัยการสังเคราะห์แสงของพืชในการตรวจสอบคุณภาพ ซึ่งในการสังเคราะห์แสงนั้นพืชจะให้การเรืองแสงออกมา โดยแสงเรืองนั้นถูกปลดปล่อยจากการกระตุ้น chlorophylls แสงเรืองนี้สามารถที่จะนำมาตรวจสอบคุณภาพของผลไม้ได้

ค. เอ็กซเรย์ (X – ray)

เป็นวิธีการที่ใช้สำรวจภายในของผลไม้ สำหรับความเข้มของพลังงานกระตุ้นที่จะทำให้เกิดเอ็กซเรย์จะขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การดูดกลืน ความหนาแน่น และ ความหนาของผลไม้ จากหลักการนี้จึงสามารถที่จะใช้เอ็กซเรย์ในการตรวจสอบคุณภาพได้

ในปี ค.ศ.1950 Nylund และ Lutz ประสบความสำเร็จในการตรวจสอบอาการ Hollow heart ของมะเขือเทศ และในปัจจุบันเทคนิคนี้ได้นำมาใช้ในเชิงการค้า

ต่อมาในปี ค.ศ. 1971 Lenker และ Adrian ใช้เทคนิคทางรังสีเอกซ์ตรวจหาแกนน้ำภายในผลแอปเปิล รอยแตกของเมล็ดลูกพีช และความเสียหายจากการแช่แข็งที่เกิดขึ้นกับส้ม

ในปี ค.ศ.1992 Tollner และ คณะ ใช้เครื่องเอ็กซเรย์แบบ Linescan ทำการตรวจสอบหาอาการเน่าเปื่อยเพียงเล็กน้อยภายในหัวหอมได้สำเร็จ

ง. NMR (Nuclear magnetic resonance)

ใน ปีค.ศ.1993 Chen และคณะ พบว่าอัตราส่วนระหว่าง spin-lattice relaxation time (T1) และ spin-spin relaxation time (T2) ของน้ำภายในผลอโวกาโดร มีความสัมพันธ์กับความสุกของผลอโวกาโดร

ต่อมาในปี ค.ศ.1997 Yantarasri และคณะ ได้ศึกษาหาความผิดปกติภายในผลไม้ เช่น หนอนเจาะ ไส้น้ำ และอาการช้ำที่เกิดจากความร้อน

ในปี ค.ศ.1998 Sornsrivichai ได้ศึกษาอัตราส่วนระหว่าง total soluble solid (TSS) ต่อความเป็นกรดของสัปปะรด จะมีความสัมพันธ์กับการตรวจสอบโดยวิธีลอยน้ำในการแยกเกรดของสัปปะรด

1.2.3.2 วิธีทางกลศาสตร์ (Mechanical technologies)

เป็นการตรวจสอบคุณภาพโดยอาศัยความสัมพันธ์ของเนื้อเยื่อของพืช โดยการวัดค่าสภาพยืดหยุ่นยังส์มอดูลัส ซึ่งเป็นการทำให้เกิดการบิดรูปไปและวัดค่าสภาพยืดหยุ่น และวัดค่าอัตราส่วนความเค้นต่อความเครียด

ในปี ค.ศ.1968 Abbott และคณะ ได้ใช้วิธีการทางเสียงที่มีความถี่ในช่วง 20 Hz ถึงประมาณ 15 kHz และ อัลตร้าโซนิกที่มี ความถี่มากกว่า 20 kHz ซึ่งโดยวิธีการเหล่านี้ใช้เพื่อตรวจสอบหาค่า firmness ของผลไม้นั่นเอง

ต่อมาในปี ค.ศ.1997 Harker และ คณะ ทำการตรวจสอบเนื้อเยื่อของผลไม้โดยเลียนแบบการสัมผัสของมนุษย์ในการตรวจสอบนั้นคือใช้วิธีการเจาะ อัด และ เฉือน

ในปี ค.ศ.1997 Abbott และ คณะ ได้เสนอทฤษฎีและวิธีการทดสอบทางกลศาสตร์ โดยใช้คลื่นอัลตร้าโซนิก โดยอาศัยการสะท้อน และการส่งผ่านของคลื่นผ่านตัวกลาง โดยวัดความเร็วของคลื่น การลดทอน และการสะท้อน ค่าเหล่านี้เป็นสิ่งที่สำคัญในการอธิบายคุณสมบัติของเนื้อเยื่อ

1.2.3.3 วิธีทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical technologies)

เป็นเทคนิคที่ใช้การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยตรวจสอบสารระเหยที่ออกมาจากผลไม้ เช่น ethylene ethyl esters acetaldehyde ethanol และ acetate asters โดยใช้หัววัดที่เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีส่วนประกอบของพอลีเมอร์และออกไซด์ของโลหะ ซึ่งจะทำให้ได้ลักษณะลายพิมพ์เฉพาะตัว(fingerprint) ที่สามารถบ่งบอกถึงความสุกหรือการเป็นโรคของผลไม้ได้

ในปี ค.ศ.1995 Benady และคณะ ได้ทำการศึกษาโดยใช้หัววัดสารกึ่งตัวนำวัดสารระเหยที่ออกมาจาก ผลแอปเปิ้ล บลูเบอร์รี่ และสตอเบอร์รี่ และได้สร้างลายพิมพ์เฉพาะตัวเพื่อบ่งบอกถึงคุณภาพ

1.3. วัตถุประสงค์

1. วิเคราะห์คุณภาพผลไม้ ได้แก่ ส้มโชกุนและมังคุด โดยวิธีถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์
2. เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามต่อพื้นที่จากฟิล์มเอ็กซเรย์กับเปอร์เซ็นต์ความฟ่ามต่อพื้นที่จากการผ่าของส้มโชกุน
3. เพื่อศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วต่อพื้นที่จากฟิล์มเอ็กซเรย์กับเปอร์เซ็นต์เนื้อแก้วต่อพื้นที่จากการผ่าของมังคุด