บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และคุณสมบัติในการแปรรูป

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐาน และคุณสมบัติในการแปรรูปของสายต้นมะม่วงแก้ว พบทั้งที่เป็นความผันแปรระหว่างสายต้น และความแปรปรวนภายในสายต้น กล่าวคือ ในลักษณะหนึ่ง ๆ พบว่ามีหลายรูปแบบ หรือมีค่าที่แตกต่างกันมาก ในสายต้นเดียวกัน และลักษณะที่ไม่พบความแปรปรวน ดังนี้

ลักษณะทางคุณภาพที่ไม่พบความแปรปรวนภายในสายต้น ได้แก่ รูปทรงต้น มุมกิ่งเปลือกลำต้น สีของก้านช่อดอก รูปทรงของใบ (พบลักษณะเดียว) รูปร่างผล (พบลักษณะเดียว) และรูปร่างเมื่อมองจากด้านข้างผล (พบลักษณะเดียว)

ลักษณะทางคุณภาพที่พบความแปรปรวนภายในสายต้น ได้แก่ รูปทรงช่อดอก การติดของขั้วผล ไหล่ผลด้านหลัง ไหล่ผลด้านอก จะงอยผล ฐานผล ส่วนเว้าผล รูปร่างของปลายผลเมื่อมองจากด้านหน้าผล และโพรงที่ขั้วผล

ลักษณะทางปริมาณที่พบว่าสายต้นส่วนใหญ่มีความแปรปรวนภายในสายต้นค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับความผันแปรระหว่างสายต้น ได้แก่ ความเหนียวของก้านขั้วผล ความสว่างของเนื้อผลแก่จัดและผลสุก ค่าองศาของสีและความเข้มสีของสีเนื้อผลแก่จัด ความแน่นเนื้อของผลไม่รวมเปลือก ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลสุก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลแก่จัด ปริมาณกรดทั้งหมดของผลแก่จัด เปอร์เซ็นต์เส้นใยในน้ำหนักส่วนที่กินได้ เปอร์เซ็นต์เปลือก เปอร์เซ็นต์เมล็ด ซึ่งถือเป็นลักษณะเฉพาะที่ชัดเจนของแต่ละสายต้น

ลักษณะทางปริมาณที่มีค่าความแปรปรวนภายในสายต้นค่อนข้างสูง เช่น ขนาดของช่อดอก น้ำหนักผล น้ำหนักของเมล็ดรวมผนังผลชั้นใน ขนาดของกะลา สัดส่วนที่กินได้ และลักษณะอื่น ๆ (ค่าความแปรปรวนของบางลักษณะของแต่ละสายต้น และระหว่างสายต้น แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4.27-4.32)

อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้ทำให้สามารถแจกแจงลักษณะเด่นประจำสายต้นต่าง ๆ ได้ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13. ลักษณะเด่นประจำสายต้นต่าง ๆ ของมะม่วงแก้วสายต้นคัดจาก 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน

สายต้น	ลักษณะที่เด่นชัด
MCC 4	องศาของสีเนื้อผลแก่จัดสูงที่สุด คือมีสีเขียวค่อนข้างมาก
MCC 13	ฐานผลมีทั้งแบบ necked (คอขวด) และ rounded oblique (กลมเบี้ยว)
MCC 14	จะงอยผล 1 จุด หรือเห็นเด่นชัด
MCC 15	ฐานผลแบบ necked+rounded มีส่วนเว้าผลลึกชัดเจน ค่าความแน่นเนื้อของผลแก่จัดสูงสุด และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลแก่จัดต่ำสุด
MCC 17	ฐานผลมีทั้งแบบ necked และ necked+rounded
MCC 23	ไหล่ผลด้านหลังเป็นแบบ slope down มีโพรงที่ขั้วผลชัดเจน หรือไม่มี และฐานผลมีทั้งแบบ tapered และ rounded
MCC 25	มีฐานผลทั้งแบบ necked และ tapered+rounded (ฐานกว้างแต่ส่วนบนเรียวแหลมเล็กน้อย)
MCC 26	ความกว้าง ยาว และหนาของผลค่อนข้างสูง ไม่พบส่วนเว้าของผล มีจะงอยที่เด่นชัด โพรงที่ขั้วผลชัดเจน ค่าองศาของสีของเปลือกที่ค่อนข้างสูง เปลือกผลแก่จัดมีสีที่ค่อนข้างมืด คือมีสีเขียวค่อนข้างมากโดยเฉพาะที่ส่วนหัวและส่วนปลาย มีสัดส่วนที่รับประทานได้สูงสุด และมีสัดส่วนเส้นใยในน้ำหนักเนื้อส่วนที่กินได้ต่ำสุด
MCC 29	รูปทรงต้นกลมค่อนข้างแบน รูปร่างของปลายผลเมื่อมองจากด้านข้างเป็นแบบ acute (แหลม) เปลือกผลแก่จัดมีสีที่สว่างมาก และมีความเข้มสีมาก เปลือกผลสุกมีค่าองศาของสีมาก คือมีสีเขียวค่อนข้างมาก มีค่าความแน่นเนื้อของผลสุกสูงสุด และปริมาณกรดทั้งหมดของผลแก่จัดสูงสุด
MCC 30	ฐานผลมีทั้งแบบ necked และ tapered+rounded
MCC 40	ฐานผลมีทั้งแบบ tapered และ rounded เปลือกผลแก่จัดมีสีที่ค่อนข้างมืด และมีปริมาณกรดทั้งหมดของผลสุกสูงสุด
MCC 41	มีส่วนเว้าผลลึกชัดเจน และมีจะงอยที่เด่นชัด
MCC 43	ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลแก่จัดสูงสุด และมีความสม่ำเสมอของสีเปลือกผลสุกสูงที่สุด

ตารางที่ 13. ลักษณะเด่นประจำสายต้นต่าง ๆ ของมะม่วงแก้วสายต้นคัดจาก 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน (ต่อ)

สายต้น	ลักษณะที่เด่นชัด
MCC 45	เปลือกลำต้นขรุขระมาก และฐานผลมีทั้งแบบ rounded และ rounded oblique มีจะงอยที่เด่นชัด และมีความสม่ำเสมอของสีเปลือกผลแก่จัดสูงที่สุด
MCC 51	มีส่วนเว้าผลลึกชัดเจน ค่าองศาของสีเนื้อผลแก่จัดสูงที่สุด คือมีสีเขียวค่อนข้างมาก และมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักของเมล็ดรวมกะลาต่ำสุด
MCC 53	ฐานผลแบบ necked+rounded
MCC 54	เปลือกลำต้นขรุขระมาก มีโพรงที่ขั้วผลชัดเจน ฐานผลเป็นแบบ tapered และมีปริมาณกรดทั้งหมดของผลสุกสูงสุด
MCC 56	เปลือกลำต้นขรุขระมาก
MCC 62	รูปทรงช่อดอกส่วนใหญ่เป็นพีระมิดกว้าง ฐานผลแบบ extended (กว้าง) ค่าองศาของสีเนื้อผลแก่จัดต่ำที่สุด คือมีสีค่อนข้างเหลืองอมส้ม และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลสุกต่ำสุด
MCC 63	ฐานผลเป็นแบบ tapered
MCC 65	สีของก้านช่อดอกสีเขียวโดนสีชมพูเข้ม และฐานผลมีทั้งแบบ tapered และ rounded oblique
MCC 70	มีจะงอยที่เด่นชัด
MCC 75	สีงก้านช่อดอกมีสีเขียวโดนสีชมพูเข้ม มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลสุกสูงสุด มีความกว้าง ยาว และหนาของกะลาต่ำสุด และมีอายุการเก็บเกี่ยวหลังออกดอกยาวที่สุด
MCC 77	สีก้านช่อดอกมีสีเขียวโดนสีเขียวอมชมพู มีจะงอยที่เด่นชัด ความสว่างของสีเปลือกของผลสุกค่อนข้างต่ำ และค่าความเป็นกรดเป็นด่างของผลสุกสูงสุด
MCC 81	ความสม่ำเสมอของขนาดผลสูงที่สุด มีเปลือกผลแก่จัดมีสีที่ค่อนข้างมืด
MCC 85	รูปทรงต้นกลมค่อนข้างแบน และฐานผลแบบ tapered
MCC 87	เปลือกลำต้นขรุขระมาก
MCC 88	รูปทรงต้นกลมค่อนข้างแบน และไม่พบจะงอยผล

ตารางที่ 13. ลักษณะเด่นประจำสายต้นต่าง ๆ ของมะม่วงแก้วสายต้นคัดจาก 8 จังหวัด ภาคเหนือตอนบน (ต่อ)

สายต้น	ลักษณะที่เด่นชัด
MCC 90	รูปทรงช่อดอกส่วนใหญ่แบบพีระมิดกว้าง ค่าองศาของสีเนื้อผลสุกต่ำที่สุด คือ มีสีเหลืองอมส้ม และมีความเข้มของสีมากที่สุด และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของเนื้อผลแก่จัดสูงสุด
MCC 91	อายุการเก็บเกี่ยวหลังดอกบานมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สั้นที่สุด
MCC 92	โพรงที่ขั้วผลชัดเจนชัดเจน และมีเล็กน้อย
MCC 93	ฐานผลแบบ necked+rounded และมีความสว่างของสีเปลือกผลสุกค่อนข้างสูง
MCC 94	มีความกว้าง ยาว และหนาของผลค่อนข้างสูง

การศึกษาลักษณะที่ใช้ในการแปรรูป

จากการศึกษาลักษณะต่าง ๆ ข้างต้น ในกลุ่มของมะม่วงแก้วสายต้นคัดทั้ง 52 สายต้น พบว่ามีลักษณะที่เหมาะสมในการนำมาใช้แปรรูป ตามความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วงในภาคเหนือตอนบน (ธวัชชัยและคณะ, 2543) ดังแสดงในตารางที่ 14 กล่าวคือ พบลักษณะสีผิวเปลือกผลแก่จัดที่เป็นสีเขียวเข้ม สายต้นที่มีผิวของเปลือกสีเข้มมากที่สุด ได้แก่ MCC 4, 26 และ 87 ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบสายต้นที่มีขนาดผลที่เหมาะสมทั้งในการนำไปดอง ตามที่ผู้ค้าขายปลีกต้องการ คือมีจำนวน 7-8 ผล/กิโลกรัม หรือมีน้ำหนักอยู่ในช่วง 125-142 กรัม ซึ่งมีราคาถูกทำให้ต้นทุนต่ำ และขายได้กำไร แต่พบสายต้นที่มีน้ำหนักใกล้เคียงคือ MCC 51 ที่มีน้ำหนัก 103 กรัม และมีจำนวนผลที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 167 กรัม 95 เปอร์เซ็นต์ MCC 53 มีน้ำหนัก 165 กรัม และมีจำนวนผลที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 167 กรัม 60 เปอร์เซ็นต์ และ MCC 60 มีน้ำหนัก 160 กรัม และมีจำนวนผลที่มีน้ำหนักต่ำกว่า 167 กรัม 53 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการแปรรูปที่ต้องการปริมาณเนื้อมาก พบสายต้นที่มีส่วนที่กินได้มาก ได้แก่ MCC 26 ซึ่งมีส่วนที่กินได้สูงสุด 78 เปอร์เซ็นต์ และ MCC 23, 40 และ 65 ซึ่งมีส่วนที่กินได้เท่ากับ 77, 77 และ 76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบสายต้นที่มีขนาดสม่ำเสมอซึ่งเป็นลักษณะที่ต้องการเนื่องจากจะช่วยลดค่าแรงงานในการแยกขนาดของผลหรือชิ้นเนื้อมะม่วง พบว่า MCC 91, 88, และ 14 มีความสม่ำเสมอของขนาดผลมากที่สุด ตามลำดับ และมีน้ำหนักผล 242, 253 และ 223 ตามลำดับ พบกลุ่มสายต้นที่มีความแน่นเนื้อในผลแก่จัดสูง ได้แก่ MCC 15, 5 และ 51 มีค่า 4.8, 4.6 และ 4.6

กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ มีปริมาณเส้นใยน้อย ได้แก่ MCC 26, 91 และ 77 มีปริมาณเส้นใยในส่วนที่กินได้น้อยที่สุดคือ 0.28, 0.44 และ 0.46 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ลักษณะที่ความหวานของผลสุกมากเป็นที่ต้องการในการทำมะม่วงในน้ำเชื่อม เพื่อประหยัดน้ำตาล (ในกรณีที่ไม่ผ่านกระบวนการดองเค็มมาก่อน) พบว่ามีสายต้นที่มีปริมาณน้ำตาลสูง โดยเทียบกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ MCC 75, 90, 23 และ 64 มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 21, 20, 20, และ 20 องศาบริกซ์ ตามลำดับ เนื้อผลสุกมีสีเหลืองส้มที่มีความสม่ำเสมอทั้งผลเป็นที่ต้องการของโรงงานฯ พบใน MCC 90, 14 และ 7 โดยเทียบจากค่าองศาของสีที่มีค่าองศาของสีที่เข้าใกล้ค่าศูนย์มากที่สุด มีค่า 68, 71 และ 71 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มสายต้นที่มีเปอร์เซ็นต์ผลแก่สูง ซึ่งทางโรงงานฯ ต้องการให้มีค่ามากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า MCC 15, 25, 26, 41, 43, 53, 60, 62, 63, 85, 87, 88, 91, 92, 93 และ 94 มีเปอร์เซ็นต์ผลแก่ 100 เปอร์เซ็นต์

แต่อย่างไรก็ตามการเลือกสายต้นที่ต้องการ ต้องพิจารณาว่าลักษณะใดมีความสำคัญที่สุด และพิจารณาลักษณะต่าง ๆ ที่มีความสำคัญรองลงไปควบคู่กันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการแปรรูปในลักษณะต่าง ๆ ด้วย

ตารางที่ 14. ลักษณะ และคุณสมบัติของมะม่วงแก้ว ที่เป็นความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วงแก้วในภาคเหนือตอนบน

ลักษณะ	คุณสมบัติที่ต้องการ	หมายเหตุ
พันธุ์	มะม่วงแก้ว (เขียว)	เป็นพันธุ์ที่โรงงานส่วนใหญ่ต้องการ ขณะที่มะม่วงพันธุ์ตลับนาก และพันธุ์งา เป็นทางเลือกของผู้ประกอบการบางโรงงาน เมื่อมะม่วงแก้วมีราคาต่อหน่วยสูง
ขนาดผล	7-8 ผล/กิโลกรัม	เหมาะสำหรับการดอง เพราะเป็นขนาดที่ผู้ขายปลีกสามารถขายได้กำไร
	3-6 ผล/กิโลกรัม (เกรด 1 : 3-4 ผล/กิโลกรัม) (เกรด 2 : 5-6 ผล/กิโลกรัม)	
	น้อยกว่า 3 ผล/กิโลกรัม	เหมาะสำหรับการแปรรูปที่ต้องการปริมาณเนื้อมะม่วงมากเป็นหลัก

ตารางที่ 14. ลักษณะ และคุณสมบัติของมะม่วงแก้ว ที่เป็นความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปมะม่วงแก้วในภาคเหนือตอนบน (ต่อ)

ลักษณะ	คุณสมบัติที่ต้องการ	หมายเหตุ
ความสม่ำเสมอของขนาด	ขนาดของผลในแต่ละกลุ่ม/เกรด มีความสม่ำเสมอกันสูง	สามารถลดค่าแรงงานที่ใช้ในการแยกขนาดของผล/ชิ้นเนื้อมะม่วงแปรรูปลง
ความสด	สด ไม่บอบช้ำจากการเก็บเกี่ยว หรือจากธรรมชาติ เช่น ลมพายุ	ถึงโรงงานภายใน 12 ชั่วโมง หลังการเก็บเกี่ยว และเมื่อเด็ดก้านผลออกแล้วยังมียางไหลซึมให้เห็นอยู่
ความแก่	ผลควรแก่จัดแต่ยังไม่สุก	เป็นผลที่จมน้ำ และหัวยังไม่เหลืองมีผลอ่อนปนต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์
ความสม่ำเสมอในความสุกแก่	สม่ำเสมอ	
ความแน่นเนื้อ/ความกรอบ	เนื้อแน่น กรอบ ไม่เละ	พันธุ์แก้วเขียวมีความแน่นเนื้อ/ความกรอบกว่าพันธุ์แก้วขาว
ปริมาณเส้นใย	มีปริมาณเส้นใยหรือเสี้ยนในเนื้อน้อย	พันธุ์แก้วมีเสี้ยนมากกว่าพันธุ์การค้าอื่น เช่น โชคอนันต์
ความหวาน	เนื้อมีความหวานมาก	โดยเฉพาะในการทำมะม่วงในน้ำเชื่อมเพื่อประหยัดน้ำตาล แต่ไม่จำเป็นต้องหวาน หากต้องผ่านกระบวนการดองเค็มก่อนนำไปแปรรูปในภายหลัง
สีเนื้อ	มีสีเข้ม (เหลืองส้ม) และสม่ำเสมอกันทั้งผล	แก้วเขียวเมื่อสุกมีสีเข้มกว่าแก้วขาว และอีกหลายพันธุ์ที่ใช้ในต่างประเทศ
เปลือก	หนาพอสมควร	หนาพอที่จะไม่ช้ำง่ายขณะขนส่ง แต่ไม่หนามากจนทำให้ปอกเปลือกยาก
ศัตรูพืช	ไม่มีหนอนด้วงเจาะเมล็ดมะม่วงอยู่ภายใน	เป็นปัญหาในสวนที่ต้นมะม่วงขาดการดูแล

ที่มา : ธวัชชัยและคณะ (2543)

การจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วด้วยลักษณะทางสัณฐาน

จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของมะม่วงแก้ว พบว่ามีทั้งลักษณะที่มีความแปรปรวนในสายต้น ซึ่งไม่เหมาะในการนำมาจำแนกสายต้นมะม่วงแก้ว และลักษณะที่ไม่มีความแปรปรวนในสายต้น ได้แก่ รูปทรงต้น มุมกิ่ง เปลือกลำต้น สีของก้านช่อดอก รูปทรงของใบ รูปร่างของผล และรูปร่างเมื่อมองจากด้านข้างผล ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วได้ แต่รูปทรงของใบ รูปร่างของผล และรูปร่างเมื่อมองจากด้านข้างผล ที่พบเพียงรูปแบบเดียวซึ่งก็นำมาใช้ในการจำแนกสายต้นไม่ได้ จึงเหลือลักษณะทางสัณฐาน 4 ลักษณะ คือ รูปทรงต้น มุมกิ่ง เปลือกลำต้น และสีของก้านช่อดอก ที่สามารถนำมาใช้จำแนกสายต้นมะม่วงแก้วในครั้งนี้

จากการใช้ลักษณะทางสัณฐานจำแนกสายต้นมะม่วงแก้ว พบว่าลักษณะรูปทรงต้นสามารถแบ่งกลุ่มของสายต้นมะม่วงแก้วจำนวน 46 สายต้น ออกได้เป็น 3 กลุ่ม ลักษณะมุมกิ่ง สามารถแบ่งกลุ่มของสายต้นมะม่วงแก้วจำนวน 46 สายต้น ออกได้เป็น 2 กลุ่ม ลักษณะเปลือกลำต้น สามารถแบ่งกลุ่มของสายต้นมะม่วงแก้วจำนวน 46 สายต้น ออกได้เป็น 3 กลุ่ม และสีของก้านช่อดอก สามารถแบ่งกลุ่มของสายต้นมะม่วงแก้วจำนวน 37 สายต้น ออกได้เป็น 5 กลุ่ม ซึ่งมีเพียง 1 กลุ่มที่จำแนกได้เป็นสายต้นเดียว สำหรับอีก 6 สายต้นที่ไม่ได้นำมาจำแนกด้วยเนื่องจากขาดข้อมูลทางสัณฐานเนื่องจากต้นถูกตัด และ อีก 9 ต้นที่ไม่นำมาจำแนกด้วยสีของก้านช่อดอกเนื่องจาก ไม่ออกดอก และไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ และต้นถูกตัด

เมื่อใช้ลักษณะทางสัณฐานทั้ง 4 ลักษณะดังกล่าวข้างต้นร่วมกันในการจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วจำนวน 52 สายต้น สามารถจำแนกมะม่วงแก้วออกได้ 11 สายต้น และอีก 26 สายต้น ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 10 กลุ่ม สำหรับอีก 15 สายต้นที่ไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจนเนื่องจาก ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ ไม่ออกดอก ไม่ติดผล หรือต้นถูกตัด

อย่างไรก็ตามลักษณะทางสัณฐานทั้ง 4 ที่กล่าวไว้แล้วตอนต้น สำหรับใช้ในการจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วต้นจำเป็นต้องมีอายุมากพอที่จะเห็นลักษณะรูปทรงต้น มุมกิ่ง และผิวเปลือกที่ชัดเจน

สำหรับลักษณะอื่นๆ ที่ไม่เหมาะสมในการจำแนกสายต้นมะม่วงแก้ว ได้แก่ ความสูง และความกว้างทรงพุ่มของต้น เนื่องจากต้นมีอายุแตกต่างกัน และอาจจะถูกตัดแต่งกิ่งออกไปบางส่วน ขณะที่จำนวนหรือสัดส่วนของดอกมีความแปรปรวนภายในสายต้นค่อน

ข้างสูง และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และช่วงการบานของดอก ส่วนสีของเปลือกผล นอกจากมีความแปรปรวนภายในสายต้นสูงแล้วยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของผลในทรงพุ่มและลักษณะการบ่มด้วย

การศึกษาลักษณะไอโซไซม์ และจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วด้วยเทคนิคทางอิเล็กโทรโฟรีซิส

การทำอิเล็กโทรโฟรีซิสเพื่อจำแนกสายต้นของมะม่วงแก้วทั้ง 52 สายต้น โดยใช้ไอโซไซม์ 3 ชนิดคือ acid phosphatase, esterase และ peroxidase สามารถแสดงรูปแบบของไอโซไซม์ได้ทั้งสามชนิด

การศึกษานี้ใช้ส่วนของตัวอย่างที่นำมาสกัดเอนไซม์คือ ใบแก่ที่มีอายุ 7 เดือน เนื่องจากสามารถให้แถบที่ชัดเจนกว่าใบที่มีอายุต่ำกว่า โดยเปรียบเทียบกับการศึกษาไอโซไซม์ peroxidase ในใบมะม่วงของเพิ่มพงษ์และคณะ (2538) ที่ใช้ใบมะม่วงที่มีอายุ 3-4 เดือน โดยเฉพาะในมะม่วงแก้วพบว่าให้แถบสีที่ชัดเจนกว่า ตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Eiadthong *et al.* (1998) ที่ใช้ใบอ่อนของมะม่วงที่กำลังเจริญ และพบว่าให้ผลที่ดีกว่าการใช้ส่วนของใบมะม่วงที่แก่กว่า อาจเป็นเพราะงานดังกล่าวไม่ได้ใช้ไอโซไซม์ peroxidase แต่อย่างไรก็ตาม เพิ่มพงษ์และคณะ (2538) พบว่าในช่วงที่ใบมะม่วงมีอายุ 2-3 เดือน ถ้าสามารถเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นได้สูงขึ้น และเทคนิคการเตรียมถูกต้อง มีการสูญเสียหรือสลายตัวของเอนไซม์น้อย ก็สามารถจะเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาดังกล่าวมาศึกษาได้เช่นกัน

การศึกษาไอโซไซม์ทั้งสามชนิด ใช้ความเข้มข้นของ stacking gel เท่ากันคือ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ที่ความเข้มข้น 3-5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง stacking gel จะมีขนาดของรูพรุนใหญ่กว่าส่วนของ separating gel ทำให้โมเลกุลของเอนไซม์เคลื่อนที่ผ่านในชั้นเจลนี้ได้อย่างรวดเร็วแล้วเกิดการสะสมของโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์เป็นชั้น ๆ ตามอัตราการเคลื่อนที่ที่ต่างกัน ก่อนที่จะเคลื่อนที่ไปในชั้นของ separating gel ซึ่งจะมีค่าความเข้มข้นที่สูงขึ้น โมเลกุลจะเคลื่อนที่ได้ช้าลง และแบ่งแยกกันได้ชัดขึ้น (พิสสวรรณ, 2531) การศึกษาไอโซไซม์ peroxidase พบว่าเมื่อใช้ separating gel ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเปอร์เซ็นต์ T เท่ากับ 30 และค่าเปอร์เซ็นต์ C เท่ากับ 2.67 จะสามารถให้แถบสีที่ชัดเจน และกระจายดีที่สุด แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของเจลสูงกว่านี้ แถบสีที่ได้จะติด ๆ กัน ในส่วนบนของเจล ซึ่งทำให้ยากแก่การแยกแถบสีออกจากกัน นอกจากนี้ยังใช้เวลาในเคลื่อนที่นานกว่า ในขณะที่เมื่อใช้ความเข้มข้นของเจลต่ำกว่า 7.5 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้แถบสีของไอโซไซม์ที่ปรากฏออกมาไม่ชัดเจน สำหรับไอโซไซม์ acid phosphatase

และ esterase ต้องใช้ความเข้มข้นของ separating gel สูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ เจลมีค่าเปอร์เซ็นต์ T เท่ากับ 30 และค่าเปอร์เซ็นต์ C เท่ากับ 6 จึงจะสามารถเห็นแถบสีของไอโซไซม์ได้ หากใช้ความเข้มข้นของเจลต่ำกว่า 22 เปอร์เซ็นต์ จะไม่สามารถเห็นแถบสีได้เลย แม้ว่าจะใช้ความเข้มข้นของเจลสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ แถบสีที่ปรากฏก็ยังไม่ชัดเจน และการเคลื่อนที่ของแถบสีก็ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ยากต่อการวัดแถบสี นอกจากนั้นยังมีการแพร่ของโมเลกุลออกมาด้านข้างด้วย การเพิ่มความเข้มข้นของเจลให้สูงกว่านี้ จะทำให้แผ่นเจลที่ได้มีความแข็งเปราะ และแตกหักง่ายไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงานต่อไป

การที่ใช้ความเข้มข้นของเจลสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ T เท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ และค่าเปอร์เซ็นต์ C เท่ากับ 6 ซึ่งปกติเจลที่เหมาะสมสำหรับการแยกโปรตีนมีค่าเปอร์เซ็นต์ T ประมาณ 5-15 และค่าเปอร์เซ็นต์ C ประมาณ 2-4 นั่นแสดงให้เห็นว่าไอโซไซม์ acid phosphatase และ esterase ประกอบด้วยโมเลกุลที่มีมวลโมเลกุลต่ำมาก กล่าวคือมีขนาดมวลโมเลกุลต่ำกว่า 15,000 (อภัสสรา, 2537) และเป็นที่สังเกตว่ามีบางโมเลกุลที่มีขนาดเล็กมากจนเคลื่อนที่ได้ไกลกว่า marker จึงทำให้ค่าการเคลื่อนที่สัมพัทธ์บางค่า มีค่ามากกว่า 1

สำหรับปริมาณสารสกัดเอนไซม์ที่ได้จากตัวอย่างใบมะม่วงแก้วที่ใช้ในการศึกษาไอโซไซม์ peroxidase นั้นได้ทดลองใช้ 50, 70 และ 100 พบว่า 50 ไมโครลิตร เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด สำหรับไอโซไซม์ acid phosphatase และ esterase ได้ทดลองใช้ 10, 30, 50, 70 และ 90 ไมโครลิตรพบว่า 70 ไมโครลิตรเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ ทำให้เห็นแถบสีจำนวนมาก และชัดเจนที่สุด ถ้าใช้สารสกัดเอนไซม์ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ไม่สามารถสังเกตเห็นแถบสีที่มีความเข้มน้อยกว่าที่อยู่ใกล้เคียงกับแถบสีที่มีความเข้มมาก ๆ ได้ ในขณะที่ถ้าใช้ปริมาณสารสกัดเอนไซม์ที่ต่ำเกินไปจะทำให้จำนวนแถบสีที่สามารถเห็นได้มีจำนวนน้อย โดยเฉพาะแถบสีที่มีความเข้มน้อยจะไม่สามารถสังเกตเห็นได้เลย

ในการจำแนกสายต้นของมะม่วงแก้วนี้ ได้พิจารณาจากการมีและไม่มีแถบสีเพียงอย่างเดียว เนื่องจากความเข้มของแถบสี และความหนาของแถบสีมีความแปรปรวนหลายระดับมากไม่อาจจะแบ่งแยกได้อย่างเด่นชัด แม้ว่าการใช้ความเข้มของแถบสี และความหนาของแถบสีมาพิจารณาในการแบ่งสายต้นร่วมด้วยจะทำให้แบ่งได้เป็นกลุ่มย่อยกว่านี้ แต่ก็อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

ไอโซไซม์ peroxidase แสดงแถบสีที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ 18 แถบ ใกล้เคียงกับการศึกษาลักษณะไอโซไซม์ peroxidase ในใบมะม่วงในพันธุ์ในประเทศไทย

ของ เพิ่มพงษ์และคณะ (2538) ซึ่งใช้ตัวกลางเป็นพอลิอะคริลาไมด์ เจล เช่นเดียวกัน แต่ใช้ความเข้มข้นของ separating gel ต่ำกว่าคือใช้ 7 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีแถบสีอยู่ระหว่าง 16-19 แถบ และมะม่วงแก้วมี 17 แถบ เท่า ๆ กับพันธุ์ หนองแซง พิมเสนมัน อกร่อง และหนังกลางวัน

ไอโซไซม์ acid phosphatase และ esterase ไม่พบว่ามีผู้ศึกษาโดยใช้ตัวกลางเป็นพอลิอะคริลาไมด์ เจล ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ไอโซไซม์ acid phosphatase แสดงแถบสีที่ชัดเจนและนำมาเปรียบเทียบได้ 10 แถบ ในขณะที่ไอโซไซม์ esterase แสดงแถบสีที่นำมาเปรียบเทียบได้ 7 แถบ

อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสในการศึกษาลักษณะไอโซไซม์ เพื่อจำแนกสายต้นมะม่วงแก้ว สามารถใช้จำแนกสายต้นได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะไอโซไซม์ peroxidase ที่แสดงแถบสีได้ถึง 18 แถบ และแสดงความแตกต่างได้พอสมควร ในขณะที่ไอโซไซม์ acid phosphatase และ esterase แสดงแถบที่ชัดเจน และแบ่งกลุ่มได้น้อยกว่า และเมื่อใช้ทั้ง 3 ไอโซไซม์ พิจารณาร่วมกันทำให้แบ่งกลุ่มได้ละเอียดยิ่งขึ้น ซึ่งถ้าเพิ่มชนิดของไอโซไซม์ที่ศึกษาอีก ก็อาจจะแยกสายต้นของมะม่วงแก้วทั้งหมดออกจากกันได้

การใช้ลักษณะทางสัณฐานและไอโซไซม์ร่วมกันเพื่อการจำแนกสายต้นมะม่วงแก้ว

เมื่อนำเอาลักษณะทางสัณฐานมาร่วมจำแนกสายต้นมะม่วงแก้วต่อจากการใช้ลักษณะทางไอโซไซม์ ทำให้สามารถแยกมะม่วงออกได้ถึง 44 สายต้น และอีก 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 แยกไม่ได้เนื่องจากมีลักษณะทางไอโซไซม์ และทางสัณฐาน 4 ลักษณะที่เหมือนกันทุกประการ กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 2 สายต้น ไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจนเนื่องจาก MCC 17 ไม่มีข้อมูลทางสัณฐานเนื่องจากต้นถูกตัด และกลุ่มสุดท้าย มีจำนวน 4 สายต้น ไม่สามารถจำแนกได้ชัดเจน เนื่องจากขาดข้อมูลทางสัณฐานเพราะต้นถูกตัดไป

การที่ต้องใช้ลักษณะทางไอโซไซม์ร่วมกับลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกสายต้นของมะม่วงแก้วจนสามารถแยกสายต้นมะม่วงออกได้ถึง 44 สายต้นนั้น สอดคล้องกับคำกล่าวของ McKee (1973) อ้างโดย เพิ่มพงษ์ (2531) ที่ว่าการใช้ไอโซไซม์ เพียง 2-3 ชนิด ก็เพียงพอถ้าจำนวนสายพันธุ์ที่ทำการตรวจสอบไม่มากนัก แต่ถ้ามีจำนวนมากจะต้องเพิ่มชนิดของไอโซไซม์ให้มากขึ้น หรือใช้ลักษณะอื่น ๆ เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางสัณฐาน และลักษณะทางไอโซไซม์

เมื่อศึกษาถึงลักษณะที่เป็นคุณสมบัติเด่นต่าง ๆ เฉพาะกลุ่มสายต้นทั้ง 9 กลุ่มของมะม่วงแก้ว 32 สายต้นที่ไม่สามารถแยกออกมากเป็นสายต้นเดี่ยว ๆ โดยใช้ลักษณะทางไอโซไซม์ทั้ง 3 ชนิด พบว่า

กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 9 สายต้น ได้แก่ MCC 41, 46, 54, 60, 71, 84, 85, 89 และ 93 พบลักษณะเด่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มนี้ คือ มีผลแก่จัดมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และมีความสม่ำเสมอของขนาดผลสูง สายต้นที่ไม่มีข้อมูล ได้แก่ MCC 46 ไม่ออกดอก 71 และ 84 ต้นถูกตัด

กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 6 สายต้น ได้แก่ MCC 13, 14, 25, 50, 66 และ 77 ไม่พบลักษณะเด่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 3 มีจำนวน 4 สายต้น ได้แก่ MCC 5, 30, 53 และ 56 ไม่พบลักษณะเด่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 4 มีจำนวน 3 สายต้น ได้แก่ MCC 37, 65 และ 92 พบลักษณะเด่นที่เป็นลักษณะเฉพาะของกลุ่มนี้ คือ มีผลแก่จัดมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ สายต้นที่ไม่มีข้อมูล ได้แก่ MCC37 ต้นถูกตัด

กลุ่มที่ 5 มีจำนวน 2 สายต้น ได้แก่ MCC 2 และ 29 ตัดสินไม่ได้เนื่องจาก MCC 2 ไม่ติดผล

กลุ่มที่ 6 มีจำนวน 2 สายต้น ได้แก่ MCC 17 และ 43 ตัดสินไม่ได้เนื่องจาก MCC 17 ต้นถูกตัด ไม่ติดผล

กลุ่มที่ 7 มีจำนวน 2 สายต้น ได้แก่ MCC 63 และ 81 ไม่พบลักษณะเด่นที่เหมือนกันในกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 8 มีจำนวน 2 สายต้น ได้แก่ MCC 64 และ 70 ไม่พบลักษณะเด่นที่เหมือนกันในกลุ่มนี้

กลุ่มที่ 9 มีจำนวน 2 สายต้น ได้แก่ MCC 90 และ 91 ไม่พบลักษณะเด่นที่เหมือนกันในกลุ่มนี้

จากการศึกษานี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของไอโซไซม์กับลักษณะทางสัณฐานที่เด่นชัด เนื่องจากมีลักษณะทางสัณฐานหลายลักษณะที่มีความแปรปรวนภายในสายต้น ความแตกต่างของลักษณะทางสัณฐานที่พืชแสดงออกมาระหว่างสายพันธุ์นั้น จะมีความแตกต่างกันในทางชีวเคมี แต่ความแตกต่างทางชีวเคมีทั้งหมดพบว่าพืชสามารถแสดง

ความแตกต่างกันในทางสัณฐานในทุกกรณีไป ชี้ว่าความแตกต่างทางเคมีและชีวเคมีจะมีมากกว่าความแตกต่างลักษณะทางสัณฐาน จึงต้องหาความแตกต่างทางเคมีและชีวเคมีเพื่อการประเมินความแตกต่างทางสายพันธุ์เป็นหลัก (Larsen, 1969 อ้างโดย เพิ่มพงษ์ (2531))

ลักษณะทางสัณฐานที่ต้องการในอุตสาหกรรมการแปรรูป และลักษณะเด่นอื่น ๆ ซึ่งพบใน 20 สายต้น ที่สามารถแยกออกมาได้อย่างชัดเจนด้วยลักษณะทางไอโซไซม์ คาดว่าจะเป็นลักษณะที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม ซึ่งจะนำมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ได้ในภายหลัง

ลักษณะทางสัณฐานและไอโซไซม์ของมะม่วงแก้วได้ชี้ว่ามะม่วงแก้วจาก 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนที่รวบรวมมาได้นั้น มีความหลากหลายทางพันธุกรรมและแตกต่างกันเกือบทั้งหมด แต่เมื่อคัดเลือกสายต้นใดสายต้นหนึ่งไปใช้ตามความต้องการของอุตสาหกรรมการแปรรูป มะม่วงเหล่านี้ก็สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมของภาคเหนือตอนบนได้ทันที

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University