บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาวิธีการป้องกันและควบคุมโรครากเน่าของอะโวคาโด

กิจกรรมที่ 1.1 การคัดเลือกพันธุ์ต้นตออะโวคาโดที่มีคุณลักษณะทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า (ต่อเนื่องเป็นปีที่ 2)

ปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. ลงบนต้นตออะโวคาโด จำนวน 3 พันธุ์ คือ พันธุ์บูธ 7 หนองเขียว (วิธีการควบคุม) พันธุ์จากการเพาะเมล็ด (ขุนแปะ) และพันธุ์จากการเพาะเมล็ด (ปางดะ) ครั้งที่ 1 วันที่ 31 มกราคม 2568 ครั้งที่ 2 วันที่ 4 เมษายน 2568 โดยการทำแผลบริเวณลำต้น ขนาด 1.5 x 2.5 เซนติเมตร (กว้าง X ยาว) จากนั้นใส่เชื้อราที่เลี้ยงบนอาหาร PDA ตัดให้มีขนาด 1 x 1 เซนติเมตร พันด้วยเทปพันกิ่ง ให้คะแนนระดับความรุนแรงของโรคหลังใส่เชื้อ 4 เดือน ในด้านระดับความรุนแรงของโรค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างพันธุ์ต้นตอที่นำมาทดสอบ โดยพันธุ์บูท 7 หนองเขียว มีคะแนนระดับความรุนแรงของโรคต่ำที่สุดอยู่ที่ 0.00 ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มพันธุ์จากการเพาะเมล็ดอย่างชัดเจน ในขณะที่พันธุ์จากการเพาะเมล็ดจากแหล่งขุนแปะและปางดะ มีค่าคะแนนความรุนแรงของโรคเฉลี่ยเท่ากันที่ 0.80 พันธุ์ต้นตอบูท 7 หนองเขียว มีศักยภาพสูงในการนำมาใช้เป็นต้นตอสำหรับป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า เนื่องจากไม่พบร่องรอยความรุนแรงของโรค (คะแนน 0.00) ภายหลังการปลูกเชื้อนาน 4 เดือน ซึ่งแสดงถึงความต้านทานต่อเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้ดีกว่าพันธุ์จากการเพาะเมล็ด (ขุนแปะและปางดะ) ที่เริ่มแสดงอาการของโรค (คะแนน 0.80) (ตารางที่ 1)

สำหรับคะแนนการเจริญเติบโตของราก ผลการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างพันธุ์ต้นตอทั้ง 3 แหล่ง แม้ว่าพันธุ์บูท 7 หนองเขียว จะมีแนวโน้มค่าเฉลี่ยคะแนนสูงสุดที่ 4.80 รองลงมาคือพันธุ์จากการเพาะเมล็ดขุนแปะ (4.40) และพันธุ์จากการเพาะเมล็ดปางดะ (3.80) ตามลำดับ การเจริญเติบโตของราก แม้พันธุ์บูท 7 จะมีคะแนนสูงกว่าพันธุ์อื่นเล็กน้อย แต่การที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ อาจบ่งชี้ว่าในระยะเวลา 4 เดือนแรกหลังการรับเชื้อ ความรุนแรงของโรคในระดับเริ่มต้น (0.80) ในพันธุ์จากการเพาะเมล็ดอาจยังไม่ส่งผลกระทบต่อระบบรากโดยรวมอย่างรุนแรงถึงขั้นหยุดชะงัก หรืออาจเกิดจากปัจจัยทางพันธุกรรมของพันธุ์จากการเพาะเมล็ดที่มีความแปรปรวนสูง ทำให้การตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของรากมีความหลากหลาย (ตารางที่ 1 และภาพที่ 4)

ตารางที่ 1 คะแนนระดับความรุนแรงของโรค และคะแนนการเจริญเติบโตของรากต้นอะโวคาโดหลังจากปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. ระยะเวลา 4 เดือน

พันธุ์ต้นตอ	คะแนนระดับความรุนแรงของโรคหลังปลูกเชื้อ 4 เดือน	คะแนนการเจริญเติบโตของรากต้นอะโวคาโดที่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora sp.*
พันธุ์บูท 7 หนองเขียว	0.00b[1/]	4.80
พันธุ์จากการเพาะเมล็ด ขุนแปะ	0.80a	4.40
พันธุ์จากการเพาะเมล็ด ปางดะ	0.80a	3.80
F-test	*	ns
C.V. (%)	68.38	21.89

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ภาพที่ 1 ลักษณะการปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโด

ภาพที่ 2 ลักษณะต้นตอพันธุ์จากการเพาะเมล็ดขุนแปะ (ซ้าย) ปางดะ (กลาง) และพันธุ์บูท 7 หนองเขียว (ขวา) หลังจากปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. 4 เดือน

ภาพที่ 3 ลักษณะต้นตอพันธุ์จากการเพาะเมล็ดขุนแปะ (ซ้าย) ปางดะ (กลาง) และพันธุ์บูท 7 หนองเขียว (ขวา) หลังจากปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. 4 เดือน

ภาพที่ 4 ลักษณะการเกิดราก ต้นตอพันธุ์จากการเพาะเมล็ดขุนแปะ (ซ้าย) ปางดะ (กลาง) และพันธุ์บูท 7 หนองเขียว (ขวา) หลังจากปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. 4 เดือน

กิจกรรมที่ 1.2 การทดสอบวิธีการจัดการโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโดในสภาพแปลงปลูก

1.2.1 การประเมินการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโด สำรวจและวิเคราะห์สาเหตุในแปลงปลูกอะโวคาโดก่อนการทดสอบ

1) สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ในพื้นที่ปางดะมีการสำรวจพันธุ์อะโวคาโด 2 พันธุ์ ได้แก่ บัคคาเนีย และ แฮส พบว่าพันธุ์บัคคาเนีย ไม่แสดงอาการของโรคสูงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และมีอาการน้อยมาก 30เปอร์เซ็นต์ และอาการน้อย 20เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีต้นอะโวคาโดแสดงอาการในระดับปานกลางถึงมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าพันธุ์บัคคาเนีย มีความต้านทานโรคในระดับดี ส่วนพันธุ์แฮสมีอาการน้อยมากในอัตราสูง (55

เปอร์เซ็นต์) และไม่แสดงอาการเพียง 20เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าพันธุ์แฮสเริ่มแสดงอาการโรคในระดับอ่อนมากกว่าพันธุ์บัคคาเนีย เล็กน้อย แต่ยังคงอยู่ในระดับต่ำ (ตารางที่ 2)

2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงสบเมย

ผลการสำรวจพบว่าต้นอะโวคาโดส่วนใหญ่ในพื้นที่นี้ไม่แสดงอาการของโรค โดยเกษตรกรเกือบทั้งหมดมีอัตราการไม่แสดงอาการ มากกว่า 80–100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแปลงของนายสมบูรณ์ กูลโภชนา และนายทอง สะมา พบว่าไม่แสดงอาการโรคทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากสบเมยอาจมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้อต่อการระบาดของโรค หรือมีการจัดการแปลงปลูกที่ดี เช่น การระบายน้ำและการดูแลสุขอนามัยพืช ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ตารางที่ 2)

3) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง

พบระดับความรุนแรงของโรคในระดับเล็กน้อยถึงปานกลาง โดยมีบางแปลงที่เริ่มพบอาการโรคในระดับ 3 (อาการปานกลาง) คือแปลงของนายสุพจน์ แซ่ว้าง และนายอุดม แซ่ว้าง ซึ่งพบอาการในระดับ 3–4 คะแนน 10–15 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทั้งหมด โดยรวมแล้วพื้นที่ปางอุ๋งมีสัดส่วนของต้นที่ไม่แสดงอาการและมีอาการน้อยมากรวมกันราว 50–70 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงการเริ่มมีความชุกของโรค ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้นสูงหรือการระบายน้ำที่จำกัด (ตารางที่ 2)

4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน

พบความแตกต่างของระดับความรุนแรงระหว่างแปลงมากที่สุด แปลงของนายพรศักดิ์ สันโชติศิรศักดิ์ พบว่ามีต้นที่ไม่แสดงอาการถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่แปลงของนายคล้าย กูลสวัสดิ์มงคล และนายมานิตย์ วงศ์ยากิจ พบอาการน้อยถึงปานกลางในระดับ 10–30 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยพื้นที่ปางหินฝนมีต้นที่ไม่แสดงอาการประมาณ 60–70 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงมีบางส่วนที่เริ่มแสดงอาการในระดับอ่อนถึงปานกลาง ซึ่งควรมีการติดตามสาเหตุ เช่น การจัดการน้ำหรือสภาพดินที่อาจกระตุ้นการเกิดโรค (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ระดับความรุนแรงการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโดในแปลงของเกษตรกรก่อนการทดสอบ

ตัวอย่าง	พื้นที่	ระดับความรุนแรงของโรค (เปอร์เซ็นต์)						รวม (%)
		0 (ไม่แสดงอาการ)	1 (อาการน้อยมาก)	2 (อาการน้อย)	3 (อาการปานกลาง)	4 (อาการมาก)	5 (อาการมากที่สุด)	
พันธุ์บัคคาเนีย	ปางดะ	50	30	20	0	0	0	100
พันธุ์แฮส	ปางดะ	20	55	15	10	0	0	100
นายสมบูรณ์ กูลโภชนา	สบเมย	100	0	0	0	0	0	100
นายสัญญา สพประภาพร	สบเมย	100	0	0	0	0	0	100
นายสราวุธ จ่าทู	สบเมย	80	20	0	0	0	0	100
นายวิรัตน์ เลิศล้ำอุดม	สบเมย	90	10	0	0	0	0	100
นายทรงภพ หยกศิริผลลาภ	สบเมย	55	40	5	0	0	0	100
นายทอง สะมา	สบเมย	100	0	0	0	0	0	100
นายแปน กะวียัง	ปางอุ๋ง	30	60	10	0	0	0	100
นายสุพจน์ แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	20	45	30	5	0	0	100
นายนิกร แซ่เห่อ	ปางอุ๋ง	70	10	20	0	0	0	100
นายอุดม แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	20	35	30	10	5	0	100
นายชาญชัย แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	20	35	30	10	5	0	100
นางรุ่งฤดี เกิดอาชาชาญ	ปางหินฝน	10	60	25	5	0	0	100
นายพรศักดิ์ สันโชติศิรศักดิ์	ปางหินฝน	100	0	0	0	0	0	100
นายสุทัศน์ มาเมือง	ปางหินฝน	10	70	20	0	0	0	100
นายคล้าย กูลสวัสดิ์มงคล	ปางหินฝน	70	10	20	0	0	0	100
นายมานิตย์ วงศ์ยากิจ	ปางหินฝน	60	30	10	0	0	0	100

1.2.2 เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติของดินก่อนการทดสอบ

1) สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ผลการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ปางดะ พบว่าค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.85–6.52 จัดอยู่ในระดับเหมาะสมกับการปลูกอะโวคาโด (ค่ามาตรฐาน 5.5–6.5) โดยมีอินทรียวัตถุ (%OM) เฉลี่ย 3.3–4.2 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าค่ามาตรฐาน แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับดี ธาตุอาหารหลัก N และ K อยู่ในระดับเพียงพอ แต่ฟอสฟอรัส (P) ในพันธุ์บัคคาเนียค่อนข้างต่ำ (4.21 ppm) ซึ่งอาจจำกัดการเจริญของราก แนะนำให้เจ้าหน้าที่ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 18-46-0 ปริมาณ 500 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยคอก 2 กระสอบต่อต้น ใส่ปูนโดโลไมท์ในอัตรา 100–200 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นปุ๋ย 20-20-20+TE ทุก 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 3 และ 4)

2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงสบเมย

พื้นที่สบเมยมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.9–6.0 ส่วนใหญ่เป็นกรดค่อนข้างแรง โดยเฉพาะแปลงของนายสมบูรณ์ กูลโภชนา (pH 4.93) ซึ่งอาจกระทบต่อการดูดซึมธาตุอาหารพืชอินทรียวัตถุ (%OM) อยู่ในช่วง 3.1–4.3 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าสูง แต่ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำมาก (1–4 ppm) และโพแทสเซียมต่ำถึงปานกลาง (111–397 ppm) แนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 13-13-21 ปริมาณ 500 กรัมต่อต้น ปูนโดโลไมท์ ในอัตรา 300–400 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นปุ๋ย 20-20-20+TE ทุก 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 3 และ 4)

3) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง

ปางอุ๋งมีค่าความเป็นกรดสูง (pH 3.7–4.4) ต่ำกว่าค่ามาตรฐานอย่างชัดเจน ดินมีอินทรียวัตถุสูง (5–8 เปอร์เซ็นต์) แต่ธาตุอาหารหลัก โดยเฉพาะ Ca และ Mg อยู่ในระดับต่ำมาก (20–300 ppm) ขณะที่ฟอสฟอรัสในบางแปลงสูงเกินไป (สูงสุด 125 ppm) ซึ่งอาจทำให้เกิดการตรึงธาตุรอง แนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 ร่วมกับแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) 10–20 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยคอก 2 กระสอบต่อต้น ใส่โดโลไมท์ 400–600 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นปุ๋ย 20-20-20+TE ทุก 2 สัปดาห์ (ตารางที่ 3 และ 4)

4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน

ปางหินฝนมีค่าความเป็นกรด–ด่างอยู่ในช่วง 3.8–4.4 ซึ่งจัดว่าเป็นกรดจัด ดินมีอินทรียวัตถุสูง (4.5–6.5 เปอร์เซ็นต์) และมีไนโตรเจนเพียงพอ แต่พบว่า Ca, Mg, และ K อยู่ในระดับต่ำกว่ามาตรฐาน โดยเฉพาะแปลงของนายพรศักดิ์ สันโชติศิรศักดิ์ และนางรุ่งฤดี เกิดอาชาชาญ มี Fe และ Mn อยู่ในระดับสูง อาจเกิดพิษในสภาพดินกรดจัด แนะนำให้เกษตรกรใส่ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง เพื่อปรับสมดุลจุลธาตุ ใส่โดโลไมท์ 500–600 กิโลกรัมต่อไร่ และพ่นปุ๋ย 20-20-20+TE ทุก 2 สัปดาห์ หากพบอาการใบเหลืองหรือรากชะงัก ควรใช้สารปรับสภาพดินที่มีซิลิกา และฮิวมิคแอซิด (ตารางที่ 3 และ 4)

ตารางที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอินทรียวัตถุ (OM) ของดินก่อนการทดสอบในแปลงปลูกอะโวคาโด จำนวน 4 พื้นที่

ตัวอย่าง	แปลง	pH	%OM
พันธุ์บัคคาเนีย	ปางดะ	5.85	4.25
พันธุ์แฮส	ปางดะ	6.52	3.37
นายสราวุธ จ่าทู	สบเมย	5.28	3.53
นายทรงภพ หยกศิริผลลาภ	สบเมย	5.18	3.24
นายวิรัตน์ เลิศล้ำอุดม	สบเมย	5.44	3.15
นายสัญญา สพประภาพร	สบเมย	6.05	3.34
นายสมบูรณ์ กูลโภชนา	สบเมย	4.93	4.31
นายทอง สะมา	สบเมย	5.84	3.64
นายจักรพงศ์ ซื่อสันติกุล	ปางอุ๋ง	4.4	8.02
นายนิกร แซ่เห่อ	ปางอุ๋ง	3.74	7.00
นายแปน กะวียัง	ปางอุ๋ง	3.79	6.05
นายอุดม แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	3.82	3.13
นายชาญชัย แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	4.33	3.43
นายสุพจน์ แซ่ว้าง	ปางอุ๋ง	3.84	5.53
นายสุทัศน์ มาเมือง	ปางหินฝน	4.24	5.23
นายพรศักดิ์ สันโชติศิรศักดิ์	ปางหินฝน	3.78	5.72
นางรุ่งฤดี เกิดอาชาชาญ	ปางหินฝน	4.41	6.51
นายมานิตย์ วงศ์ยากิจ	ปางหินฝน	4.36	5.02
นายคล้าย กูลสวัสดิ์มงคล	ปางหินฝน	3.95	4.55
ค่ามาตรฐานระดับปานกลาง*		5.5-6.5	1.5-2.5

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2562)

ตารางที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดสอบในแปลงปลูกอะโวคาโด จำนวน 4 พื้นที่

ตัวอย่าง	แปลง	Total-N (%)	Availble-P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
พันธุ์บัคคาเนีย	ป่างดะ	0.184	4.21	448	1,699	453	2.7	382	53	5.9
พันธุ์แฮส	ป่างดะ	0.172	46.86	433	2,102	346	2.9	351	38	4.8
นายสราวุธ จ่าทู	สบเมย	0.237	4.7	175	1,469	131	1.2	138	57	4
นายทรงภพ หยกศิริผลลาภ	สบเมย	0.183	1	111	1,109	138	0.1	25	33	3
นายวิรัตน์ เลิศล้ำอุดม	สบเมย	0.207	1.1	167	1,282	129	0.1	72	37	3
นายสัญญา สพประภาพร	สบเมย	0.18	2.5	190	1,856	162	0.1	75	24	2
นายสมบูรณ์ กูลโภชนา	สบเมย	0.253	1.1	203	1,328	172	0.6	114	74	3
นายทอง สะมา	สบเมย	0.202	1.2	397	1,792	126	0.2	95	38	3
นายจักรพงศ์ ชื่อสันติกุล	ป่างอุ่ง	0.359	12	188	371	52	0.5	5	66	2
นายนิกร แซ่เห่อ	ป่างอุ่ง	0.279	88	116	61	4.2	3	8	114	2
นายแปน กะวียัง	ป่างอุ่ง	0.252	125	119	28	6.1	1.2	5	209	1
นายอุดม แซ่ว้าง	ป่างอุ่ง	0.469	33	196	51	13	1	35	23	1
นายชาญชัย แซ่ว้าง	ป่างอุ่ง	0.157	19	156	137	93	0.2	7	12	1
นายสุพจน์ แซ่ว้าง	ป่างอุ่ง	0.246	18	122	32	10	0.3	34	70	3
นายสุทัศน์ มาเมือง	ป่างหินฝน	0.246	35	150	19	7.6	0.7	2	191	2
นายพรศักดิ์ สันโชติศิรศักดิ์	ป่างหินฝน	0.238	26	88	33	36	0.6	5	126	1
นางรุ่งฤดี เกิดอาชาชาญ	ป่างหินฝน	0.249	55	98	20	0.8	0.7	6	62	2
นายมานิตย์ วงศ์ยากิจ	ป่างหินฝน	0.287	28	308	780	143	2	105	79	3
นายคล้าย กูลสวัสดิ์มงคล	ป่างหินฝน	0.2	9	249	186	65	2	61	56	4
ค่ามาตรฐานระดับปานกลาง*		0.5-1.0	10-30	150-250	2,000-4,000	100-150	5-10	30-50	50-150	0.3-1.0

ที่มา : Whiley *et al*. (2002)

1.2.3 การทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโด

1) สถานีเกษตรหลวงป่างดะ

ประเมินก่อนการทดสอบต้นอะโวคาโดแสดงอาการระดับความรุนแรงของโรคน้อยมาก ทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า โดยการปรับปรุงดินโดยการใช้โดโลไมท์หรือปูนขาว การคลุมฟางบริเวณโคนต้น การทาสีที่ผสมสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงบริเวณโคนต้น การพ่นกรดฟอสโฟนิก และการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า หลังใส่ 3 เดือน ประเมินความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าหลังการจัดการมีคะแนนเฉลี่ย 2.90 เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ทดสอบ 3.00 (ตารางที่ 5) โดยการใช้วิธีการจัดการการโรครากเน่าโคนเน่ามีต้นทุนอยู่ที่ 27,250 บาทต่อไร่ต่อปี ในขณะที่วิธีการปฏิบัติภายในสถานีมีต้นทุนเพียง 5,000 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 6)

2) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงสบเมย

ประเมินก่อนการทดสอบต้นอะโวคาโดแสดงอาการระดับความรุนแรงของโรคน้อยมาก ทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า โดยการปรับปรุงดินโดยการใช้โดโลไมท์หรือปูนขาว การคลุมฟางบริเวณโคนต้น การทาสีที่ผสมสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงบริเวณโคนต้น การพ่นกรดฟอสโฟนิก และการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า หลังใส่ 4 เดือน ประเมินความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าหลังการจัดการมีคะแนนเฉลี่ย 0.80 เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ทดสอบ 1.00 (ตารางที่ 5) โดยการใช้วิธีการจัดการการโรครากเน่าโคนเน่ามีต้นทุนอยู่ที่ 24,750 บาทต่อไร่ต่อปี ในขณะที่วิธีเกษตรปฏิบัติมีต้นทุนเพียง 3,750 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 6)

3) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง

ประเมินก่อนการทดสอบต้นอะโวคาโดแสดงอาการระดับความรุนแรงของโรคน้อยมาก ทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า โดยการปรับปรุงดินโดยการใช้โดโลไมท์หรือปูนขาว การคลุมฟางบริเวณโคนต้น การทาสีที่ผสมสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงบริเวณโคนต้น การพ่นกรดฟอสโฟนิก และการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า หลังใส่ 4 เดือน ประเมินความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าหลังการจัดการมีคะแนนเฉลี่ย 2.00 ซึ่งเท่ากับต้นที่ไม่ได้ทดสอบมีคะแนนเฉลี่ย 2.00 (ตารางที่ 5) โดยการใช้วิธีการจัดการการโรครากเน่าโคนเน่ามีต้นทุนอยู่ที่ 23,500 บาทต่อไร่ต่อปี ในขณะที่วิธีเกษตรปฏิบัติมีต้นทุนเพียง 11,250 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 6)

4) โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน

ประเมินก่อนการทดสอบต้นอะโวคาโดแสดงอาการระดับความรุนแรงของโรคน้อยมาก ทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า โดยการปรับปรุงดินโดยการใช้โดโลไมท์หรือปูนขาว การคลุมฟางบริเวณโคนต้น การทาสีที่ผสมสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงบริเวณโคนต้น การพ่นกรดฟอสโฟนิก และการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า หลังใส่ 4 เดือน ประเมินความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าหลังการจัดการมีคะแนนเฉลี่ย 1.00 เมื่อเทียบกับต้นที่ไม่ได้ทดสอบ 1.20 (ตารางที่ 5) โดยการใช้วิธีการจัดการการโรครากเน่าโคนเน่ามีต้นทุนอยู่ที่ 25,375 บาทต่อไร่ต่อปี ในขณะที่วิธีเกษตรปฏิบัติมีต้นทุนเพียง 4,375 บาทต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 คะแนนระดับความรุนแรงของโรค และคะแนนการเจริญเติบโตของรากต้นอะโวคาโดหลังจากปลูกเชื้อรา *Phytophthora sp.* ระยะเวลา 4 เดือน

กรรมวิธี	ปางดะ	สบเมย	ปางอุ๋ง	ปางหินฝน
การจัดการโรครากเน่าโคนเน่า	2.90	0.70	2.00	1.00
วิธีเกษตรกรปฏิบัติ	3.00	1.00	2.00	1.40
T-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**

หมายเหตุ: ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 6 ต้นทุนในการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโด

กรรมวิธี	ปางดะ	สบเมย	ปางอุ๋ง	ปางหินฝน
การจัดการโรครากเน่าโคนเน่า (บาท/ไร่/ปี)	27,250	24,750	23,500	25,375
วิธีเกษตรกรปฏิบัติ (บาท/ไร่/ปี)	5,000	3,750	11,250	4,375

ภาพที่ 5 ลักษณะต้นอะโวคาโดก่อนทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา)

ภาพที่ 6 ลักษณะต้นอะโวคาโดก่อนทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า ณ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงสบเมย (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา)

ภาพที่ 7 ลักษณะต้นอะโวคาโดก่อนทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงปางอุ๋ง (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา)

ภาพที่ 8 ลักษณะต้นอะโวคาโดก่อนทดสอบวิธีการควบคุมและป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า ณ โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงปางหินฝน (ซ้าย) และหลังทดสอบ (ขวา)

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดในเชิงพาณิชย์

กิจกรรมที่ 2.1 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์แฮสในเชิงพาณิชย์

ผลการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสเป็นเวลา 2 วัน (ตารางที่ 7) พบว่าวิธีการใช้เอทิฟอนมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและคะแนนการช้ำภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่คะแนนการช้ำภายในและคะแนนความสุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีพ่นเอทิฟอน 250 ppm (A2) ให้การสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (0.73 เปอร์เซ็นต์) แต่กลับมีคะแนนการช้ำภายนอกสูงที่สุด (1.33) ซึ่งสอดคล้องกับหลักสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวที่ระบุว่าเอทิลีนมีบทบาทเร่งการสุก ทำให้ผิวผลอ่อนและไวต่อแรงกดดันมากขึ้น จึงเกิดการช้ำได้ง่าย (Jeong *et al*., 2003; Wills *et al*., 2007) ส่วนวิธีพ่นเอทิฟอนในความเข้มข้นสูง เช่น 500 และ 750 ppm (A3–A4) มีการสูญเสียน้ำหนักสูงกว่า (1.26–1.54 เปอร์เซ็นต์) อันเป็นผลจากอัตราการหายใจและการคายน้ำที่เพิ่มขึ้นตามการตอบสนองต่อเอทิลีนในระดับสูง ทำให้ผลสูญเสียน้ำหนักมากกว่าวิธีที่มีความเข้มข้นต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ระบุว่าเอทิลีนสามารถเร่งกระบวนการเสื่อมคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวโดยเพิ่มอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำ (Kader, 2002)

สำหรับสภาพแวดล้อมในการบ่ม พบว่าระบบปิดและระบบเปิดไม่แตกต่างกันในทุกตัวแปรที่วัด รวมถึงไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย A และ B แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมการบ่มในช่วงระยะเวลาเพียง 2 วันยังไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้ผลเกิดความแตกต่างด้านคุณภาพอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นไปตามรายงานที่ระบุว่าผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) เช่น อะโวคาโด มักแสดงการตอบสนองต่อการจัดการบ่มหลังช่วง lag phase หรือหลังเก็บเกี่ยวไปแล้วหลายวัน (Kader, 2002) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าปฏิสัมพันธ์แบบคู่ พบว่าการพ่น 250 ppm ในระบบปิด (A2B1) ให้ค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (0.53 เปอร์เซ็นต์) แต่ในขณะเดียวกันระบบปิดร่วมกับเอทิฟอนความเข้มข้นสูง เช่น A4B1 กลับเพิ่มการสูญเสียน้ำหนักสูงที่สุด (2.05 เปอร์เซ็นต์) สะท้อนว่าเอทิฟอนความเข้มข้นสูงอาจเร่งอัตราการคายน้ำมากขึ้นภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซจำกัด

ตารางที่ 7 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮส ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 2 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	0.88	1.00b[1/]	1.00	1.00
A2 พ่นเอทิฟอน 250 ppm	0.73	1.33a	1.00	1.00
A3 พ่นเอทิฟอน 500 ppm	1.26	1.00b	1.00	1.00
A4 พ่นเอทิฟอน 750 ppm	1.54	1.11ab	1.00	1.00
A5 แช่เอทิฟอน 500 ppm 5 นาที	0.94	1.00b	1.00	1.00
A	ns	*	ns	ns
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	0.89	1.09	1.00	1.00
B2 ระบบเปิด	1.25	1.09	1.00	1.00
B	ns	ns	ns	ns
A1B1	0.58	1.00	1.00	1.00
A1B2	1.18	1.00	1.00	1.00
A2B1	0.53	1.22	1.00	1.00
A2B2	0.93	1.44	1.00	1.00
A3B1	0.59	1.00	1.00	1.00
A3B2	1.93	1.00	1.00	1.00
A4B1	2.05	1.22	1.00	1.00
A4B2	1.02	1.00	1.00	1.00
A5B1	0.70	1.00	1.00	1.00
A5B2	1.19	1.00	1.00	1.00
A x B	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.88	31.41	0	0

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการประเมินคุณภาพหลังการบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสเป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 8) พบว่าวิธีการใช้เอทิฟอนส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและคะแนนความสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยวิธีที่ทำให้สูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดคือการพ่นเอทิฟอน 250 ppm (2.18 เปอร์เซ็นต์) และ 500 ppm (2.23 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งต่ำกว่าการไม่พ่น (2.58 เปอร์เซ็นต์) และความเข้มข้นสูงกว่า เช่น 750 ppm (2.56 เปอร์เซ็นต์) หรือแบบแช่ 500 ppm (2.83 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม ผลชี้ให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเอทิฟอนเกินระดับที่เหมาะสม การสูญเสียน้ำหนักกลับสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ Kader (2002) และ Wills *et al*. (2007) ที่ระบุว่าเอทิลีนสามารถเร่งอัตราการหายใจและการคายน้ำของผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) จนทำให้สูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น สำหรับคะแนนความสุกพบว่าการพ่นเอทิฟอน 250–750 ppm และการแช่ 500 ppm ทำให้ผลมีความสุกสูงกว่าการไม่พ่นอย่างชัดเจน (คะแนน 2.75–3.00 เทียบกับ 1.25) ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของเอทิลีนที่กระตุ้นเอนไซม์ polygalacturonase และ pectin methylesterase ทำให้เนื้อผลนิ่มเร็วขึ้น (Jeong *et al*., 2003) โดยเฉพาะในผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit)

ด้านสภาพแวดล้อมในการบ่มพบว่า ระบบปิดทำให้ผลสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (2.28 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับระบบเปิด (2.67 เปอร์เซ็นต์) โดยอาจเนื่องจากระบบปิดรักษาความชื้นสัมพัทธ์ได้ดี ลดการคายน้ำของผล อันเป็นกลไกที่สอดคล้องกับหลักการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่แนะนำให้เก็บรักษาผลไม้ในสภาพแวดล้อมชื้นเพื่อลดการสูญเสียน้ำหนัก (Wills *et al*., 2007) อย่างไรก็ตาม ระบบปิดไม่ได้ทำให้คะแนนความสุกแตกต่างจากระบบเปิด ซึ่งสะท้อนว่าตัวแปรความสุกถูกควบคุมโดยฮอร์โมนเอทิลีนมากกว่าสภาพแวดล้อมในช่วงเวลาสั้น ๆ

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ A×B พบว่ามีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและความสุกอย่างมีนัยสำคัญ A1B1 (ไม่พ่นในระบบปิด) มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (2.05 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ A1B2 (ไม่พ่นในระบบเปิด) ให้ค่าสูงที่สุดถึง 3.10 เปอร์เซ็นต์ สะท้อนว่าระบบปิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้จริง ส่วนการพ่นเอทิฟอนระดับ 250–500 ppm ในระบบปิด (A2B1 และ A3B1) ให้ทั้งการสูญเสียน้ำหนักต่ำ (2.05–2.17 เปอร์เซ็นต์) และคะแนนความสุกสูง (2.83–3.00) ซึ่งเป็นผลที่สอดคล้องกับสรีรวิทยาการเร่งสุกแบบเหมาะสมโดยไม่กระตุ้นการคายน้ำจนเกินไป ในขณะที่ A5B2 (แช่ในระบบเปิด) และ A1B2 มีการสูญเสียน้ำหนักสูงมาก แสดงให้เห็นว่าความชื้นต่ำและอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซสูงในระบบเปิดอาจทำให้ผลสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 8 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮส ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	2.58a[1/]	1.00	1.00	1.25b[1/]
A2 พ่นเอทิฟอน 250 ppm	2.18b	1.00	1.00	2.75a
A3 พ่นเอทิฟอน 500 ppm	2.23b	1.00	1.08	3.00a
A4 พ่นเอทิฟอน 750 ppm	2.56a	1.00	1.00	2.92a
A5 แช่เอทิฟอน 500 ppm 5 นาที	2.83a	1.00	1.00	2.92a
A	*	ns	ns	*
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	2.28b	1.00	1.00	2.60
B2 ระบบเปิด	2.67a	1.00	1.03	2.53
B	*	ns	ns	ns
A1B1	2.05c[1/]	1.00	1.00	1.17b[1/]
A1B2	3.10a	1.00	1.00	1.33b
A2B1	2.17bc	1.00	1.00	2.83a
A2B2	2.18bc	1.00	1.00	2.67a
A3B1	2.05c	1.00	1.00	3.00a
A3B2	2.41b	1.00	1.17	3.00a
A4B1	2.52bc	1.00	1.00	3.00a
A4B2	2.60b	1.00	1.00	2.83a
A5B1	2.58b	1.00	1.00	3.00a
A5B2	3.08a	1.00	1.00	2.83a
A x B	*	ns	ns	*
C.V. (%)	15.22	0	12.82	17.42

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสในระยะ 6 วัน (ตารางที่ 9) พบว่าปัจจัยวิธีการใช้เอทิฟอนส่งผลต่อคะแนนความสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่ส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนัก การช้ำภายนอก และการช้ำภายใน ซึ่งแม้ว่าการใช้เอทิฟอนจะไม่กระทบความเสียหายทางกายภาพของผลโดยตรง แต่กลับมีผลเด่นชัดต่อระดับการสุก โดยวิธีพ่นเอทิฟอน 500 ppm (A3) ให้คะแนนความสุกสูงที่สุด (4.00) ตามด้วยวิธีแช่เอทิฟอน 500 ppm (3.83) ในขณะที่ไม่พ่นเอทิฟอน (A1) ให้คะแนนต่ำที่สุด (2.83) สะท้อนว่าเอทิฟอนช่วยเร่งกระบวนการสุกผ่านการกระตุ้นการสังเคราะห์เอทิลีนภายในผล ซึ่งเป็นกลไกสอดคล้องกับงานของ Jeong *et al*. (2003) ที่ระบุว่าเอทิลีนมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลาย Polysaccharide ในผนังเซลล์ ทำให้เนื้ออะโวคาโดนิ่มลงอย่างรวดเร็ว

สำหรับการสูญเสียน้ำหนัก แม้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธี แต่พบว่าค่ามีแนวโน้มสูงขึ้นตามระยะเวลาบ่ม โดยอยู่ในช่วง 3.52–4.28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการที่ว่าในระยะบ่มนานกว่า 4 วัน ผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) จะเข้าสู่ระยะหายใจสูง (climacteric rise) ทำให้การคายน้ำเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Kader, 2002) ขณะเดียวกันพบว่าสภาพแวดล้อมการบ่ม (ระบบปิด และ ระบบเปิด) ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทุกตัวแปร ซึ่งแตกต่างจากระยะบ่ม 4 วันเล็กน้อย โดยอาจเนื่องจากหลัง 6 วันผลอะโวคาโดโดยรวมเข้าสู่ระยะการสุกที่ก้าวหน้า ทำให้ผลตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมน้อยลงและถูกควบคุมโดยระดับฮอร์โมนเอทิลีนในผลมากกว่าปัจจัยภายนอกสภาพแวดล้อม

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยปฏิสัมพันธ์ (A×B) แม้ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่พบแนวโน้มที่ชัดเจน A1B1 (ไม่พ่นในระบบปิด) มีคะแนนความสุกต่ำที่สุด (2.00) ขณะที่ A2B1, A3B1 และ A5B1 ให้คะแนนความสุกสูงสุด (4.00) แสดงว่าการใช้เอทิฟอนร่วมกับระบบปิดช่วยเร่งให้ผลสุกได้ดีขึ้นในระยะ 6 วัน โดยไม่เพิ่มความเสียหายของผล

ตารางที่ 9 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮส ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	4.11	1.00	1.83	2.83b[1/]
A2 พ่นเอทิฟอน 250 ppm	3.73	1.00	1.33	3.50ab
A3 พ่นเอทิฟอน 500 ppm	3.52	1.00	1.17	4.00a
A4 พ่นเอทิฟอน 750 ppm	3.68	1.00	1.33	3.50ab
A5 แช่เอทิฟอน 500 ppm 5 นาที	4.28	1.00	1.83	3.83a
A	ns	ns	ns	*
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	3.70	1.00	1.47	3.53
B2 ระบบเปิด	4.03	1.00	1.53	3.53
B	ns	ns	ns	ns
A1B1	3.79	1.00	1.00	2.00b[1/]
A1B2	4.42	1.00	2.67	3.67a
A2B1	4.10	1.00	1.67	4.00a
A2B2	3.37	1.00	1.00	3.00a
A3B1	3.08	1.00	1.00	4.00a
A3B2	3.96	1.00	1.33	4.00a
A4B1	3.51	1.00	1.33	3.67a
A4B2	3.85	1.00	1.33	3.33a
A5B1	4.03	1.00	2.33	4.00a
A5B2	4.52	1.00	1.33	3.67a
A x B	ns	ns	ns	*
C.V. (%)	13.60	0	64.39	16.33

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการประเมินผลของวิธีการใช้เอทิฟอนและสภาพแวดล้อมการบ่มต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสในระยะเวลา 2, 4 และ 6 วัน แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการตอบสนองที่สอดคล้องกับสรีรวิทยาของผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) ที่อาศัยเอทิลีนในการควบคุมการสุกอย่างชัดเจน โดยผลทดลองทั้งสามช่วงเวลาชี้ว่า เอทิฟอนมีผลต่อน้ำหนักและความสุก แต่อยู่ภายใต้ระดับความเหมาะสม และระบบปิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก โดยเฉพาะในระยะเริ่มต้นของการบ่มอย่างมีนัยสำคัญต่อการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการบ่มในงานหลังการเก็บเกี่ยว

ในระยะหลังบ่ม 2 วัน พบว่าเอทิฟอนยังไม่ส่งผลต่อระดับความสุกของผลอะโวคาโด แต่เริ่มส่งผลต่อการสูญเสียน้ำหนักและความช้ำภายนอก โดยเอทิฟอนในความเข้มข้นต่ำ (250 ppm) ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด แต่กลับเพิ่มคะแนนการช้ำภายนอก ซึ่งเป็นผลมาจากการเร่งการ

ตอบสนองต่อเอทิลีนในระยะต้นของการสุกที่ยังไม่มั่นคงของเนื้อผล ขณะที่ความเข้มข้นสูงขึ้น (500–750 ppm) ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Kader (2002) ที่ระบุว่าการได้รับเอทิลีนมากเกินไปเร่งอัตราการหายใจ (respiration) และอัตราการคายน้ำ ทำให้ผลสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ในระบบปิดมีบทบาทสำคัญในการลดการสูญเสียน้ำหนัก เนื่องจากช่วยรักษาความชื้นสัมพัทธ์สูง ลดแรงขับเคลื่อนการคายน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของ Wills *et al*. (2007)

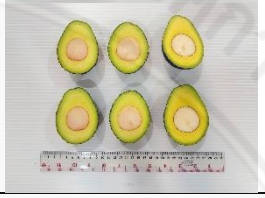
ในระยะหลังบ่ม 4 วัน ผลการทดลองชี้ให้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงชัดเจน โดยเอทิฟอนเริ่มมีผลต่อความสุกอย่างมีนัยสำคัญ การพ่นเอทิฟอนตั้งแต่ 250–750 ppm รวมทั้งการแช่ 500 ppm ทำให้ผลมีความสุกสูงกว่าการไม่พ่นอย่างชัดเจน แสดงว่าอะโวคาโดเข้าสู่ช่วงเร่งสุก (climacteric phase) และตอบสนองต่อเอทิลีนได้ดีมากขึ้น ขณะเดียวกันผลยังคงตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมการบ่ม โดยระบบปิดยังคงลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าระบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญ ผลทดลองระยะนี้จึงสะท้อนว่าการบ่ม 4 วัน เป็นจุดสมดุลที่เห็นอิทธิพลร่วมของสภาพแวดล้อมและเอธิลีนอย่างชัดเจน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ A×B เช่น วิธีพ่น 250–500 ppm ในระบบปิด (A2B1 และ A3B1) ให้ทั้งระดับความสุกสูงและการสูญเสียน้ำหนักต่ำ

ในระยะหลังบ่ม 6 วัน พบว่าผลอะโวคาโดโดยรวมเข้าสู่ช่วงสุกก้าวหน้า ทำให้เอทิฟอนยังคงมีผลต่อความสุก แต่ผลทดลองแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างด้านการสูญเสียน้ำหนักและการชะลอลดลงและสภาพแวดล้อมการบ่มไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นลักษณะปกติของผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) หลังเข้าสู่จุดหายใจสูงสุด (climacteric peak) ที่ผลตอบสนองต่อปัจจัยภายนอกลดลงและถูกควบคุมโดยเมตาบอลิซึมภายในเป็นหลัก ความสุกสูงสุดปรากฏในกรรมวิธีพ่นเอทิฟอน 500 ppm และแช่ 500 ppm ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของเอทิลีนที่เร่งการสลายโครงสร้างผนังเซลล์และเพิ่มความนิ่มของผล (Jeong *et al*., 2003) ขณะที่การไม่พ่นเอทิฟอนแม้จะเริ่มสุกแต่ยังอยู่ในระดับต่ำกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งสะท้อนว่าการไม่ใช้เอทิฟอนทำให้ผลสุกช้ากว่าระบบที่มีการกระตุ้นด้วยฮอร์โมนอย่างมาก

แสดงให้เห็นว่าเอทิฟอนมีบทบาทสำคัญต่อการเร่งสุก โดยยิ่งมีผลชัดเจนในระยะบ่มที่ยาวขึ้น (4–6 วัน) การพ่นเอทิฟอนในระดับ 250–500 ppm ให้ความสมดุลที่ดีที่สุดระหว่างความสุกและการสูญเสียน้ำหนักระบบบ่มแบบปิดมีประสิทธิภาพสูงในการลดการสูญเสียน้ำหนัก โดยเฉพาะในช่วง 2–4 วันแรก การบ่มระยะยาว (6 วัน) ทำให้ความแตกต่างของระบบบ่มลดลง เนื่องจากผลเข้าสู่กระบวนการสุกภายในเป็นหลัก และการใช้ความเข้มข้นสูง เช่น 750 ppm หรือการแช่ 500 ppm มีแนวโน้มเร่งสุกได้ดี แต่ต้องระวังการสูญเสียน้ำหนักและความเสี่ยงต่อความเสียหายภายในในบางช่วงเวลา

ดังนั้น วิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการบ่มอะโวคาโดพันธุ์แฮสเพื่อให้ได้ผลที่สุกเร็ว ควบคุมคุณภาพได้ดี และลดความเสียหาย ควรเป็นการพ่นเอทิฟอน 250–500 ppm ภายใต้ระบบบ่มแบบปิด ซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงทั้งในด้านการลดการสูญเสียน้ำหนัก การเร่งสุก และการรักษาคุณภาพผิวผลออกสู่ตลาด

ภาพที่ 9 ลักษณะผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสหลังบ่ม ระยะเวลา 2 4 และ 6 วัน

กรรมวิธี	2 วัน	4 วัน	6 วัน
A4B2 พ่นเอทิฟอน 750 ppm ระบบเปิด			
A5B1 แช่เอทิฟอน 500 ppm 5 นาที ระบบปิด			
A5B2 แช่เอทิฟอน 500 ppm 5 นาที ระบบเปิด			

ภาพที่ 9 (ต่อ) ลักษณะผลอะโวคาโดพันธุ์แฮสหลังบ่ม ระยะเวลา 2 4 และ 6 วัน

ต้นทุนค่าสารเคมีในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์แฮสในเชิงพาณิชย์

ต้นทุนค่าสารเคมีในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์แฮสในเชิงพาณิชย์ การไม่ใช้สารเคมีมีต้นทุนเท่ากับ 0 บาทต่อ 100 กิโลกรัมผลผลิต การพ่นสารละลายเอทิฟอนที่ความเข้มข้น 250, 500 และ 750 ppm มีต้นทุนเท่ากับ 1.8, 3.5 และ 5.3 บาทต่อ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่การแช่ผลในสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 500 ppm นาน 5 นาที มีต้นทุนสูงสุดที่ 17.5 บาทต่อ 100 กิโลกรัม แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารและการเปลี่ยนวิธีจากการพ่นเป็นการแช่ส่งผลให้ต้นทุนสูงขึ้น (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ต้นทุนวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์แฮสในเชิงพาณิชย์

พันธุ์	กรรมวิธี	ต้นทุนค่าสารเคมี (บาท/100 กิโลกรัม)
แฮส	ไม่พ่น	0
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 250 ppm	1.8
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 500 ppm	3.5
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 750 ppm	5.3
	แช่ในสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 500 ppm ระยะเวลา 5 นาที	17.5

กิจกรรมที่ 2.2 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในเชิงพาณิชย์

ผลการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียเป็นเวลา 2 วัน (ตารางที่ 11) พบว่า ปัจจัยหลักด้านวิธีการใช้เอทิฟอนไม่ส่งผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อทุกตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การช้ำภายนอก การช้ำภายใน และคะแนนความสุก ซึ่งแสดงว่าความเข้มข้นของเอทิฟอนตั้งแต่ 100–300 ppm รวมถึงวิธีการแช่ในสารละลาย 200 ppm ไม่มีผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพผลผลิตในช่วงบ่มระยะสั้นเพียง 2 วัน สอดคล้องกับงานของ Hofman *et al*. (2019) ที่รายงานว่าเอทิฟอนจะมีผลต่อการเร่งสุกชัดเจนเมื่อมีระยะเวลาบ่มมากกว่า 3–5 วัน และเมื่อผลอะโวคาโดมีความแก่จัดในระดับที่เหมาะสมเท่านั้น

ในทางตรงกันข้าม สภาพแวดล้อมในการบ่ม (ระบบปิดและระบบเปิด) มีผลกระทบต่อการสูญเสียน้ำหนักและคะแนนความสุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลที่บ่มใน ระบบปิด มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุด (0.89 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งแตกต่างจากระบบเปิดอย่างมีนัยสำคัญ (1.79 เปอร์เซ็นต์) แสดงว่าระบบปิดสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักจากการคายน้ำได้ดี เนื่องจากมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าและลดการสูญเสียมวลน้ำในผลไม้ ตามหลักการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวที่ระบุว่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงมีบทบาทสำคัญต่อการลดการคายน้ำและการเหี่ยวของผลผลิตสด (Kader, 2002)

สำหรับคะแนนความสุก พบว่าระบบปิดมีระดับการสุกต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ (1.09) เมื่อเทียบกับระบบเปิด (1.38) ซึ่งสะท้อนว่าระบบเปิดเอื้อต่อการเร่งสุกมากกว่า อาจเนื่องมาจากการกระจายของเอทิลีนตามธรรมชาติในระบบเปิดที่รวดเร็วกว่า และความเครียดเชิงสรีรวิทยาจากการคายน้ำที่อาจกระตุ้นการสุกเร็วขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดของ Wills *et al*. (2014) ที่กล่าวว่าการสูญเสียน้ำมีส่วนกระตุ้นกระบวนการสุกในผลไม้บางชนิด

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย A × B พบว่า การบ่มใน ระบบปิด ร่วมกับทุกระดับของเอทิฟอน (A1B1–A5B1) ให้การสูญเสียน้ำหนักต่ำและมีคะแนนความสุกอยู่ในระดับช้าที่สุด (1.00–1.33) โดยเฉพาะ A1B1, A2B1 และ A3B1 ซึ่งมีคะแนนความสุกต่ำที่สุด (1.00) แสดงให้เห็นว่าการบ่มในระบบปิดช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ดี แม้ว่าจะมีการใช้หรือไม่ใช้เอทิฟอนก็ตาม ในทางกลับกัน การบ่มในระบบเปิดร่วมกับเอทิฟอน 200–300 ppm (A3B2, A4B2) ส่งผลให้ผลอะโวคาโดสุกเร็วที่สุด โดยเฉพาะ A3B2 ที่มีคะแนนความสุกสูงที่สุด (1.67) สะท้อนประสิทธิภาพของเอทิฟอนในการเร่งสุกจะชัดเจนเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการระเหยของเอทิลีน

ตารางที่ 11 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 2 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	1.41	1.00	1.00	1.11
A2 พ่นเอทิฟอน 100 ppm	1.25	1.00	1.00	1.11
A3 พ่นเอทิฟอน 200 ppm	1.35	1.06	1.00	1.33
A4 พ่นเอทิฟอน 300 ppm	1.34	1.17	1.00	1.44
A5 แช่เอทิฟอน 200 ppm 5 นาที	1.36	1.00	1.00	1.17
A	ns	ns	ns	ns
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	0.89b	1.00	1.00	1.09b
B2 ระบบเปิด	1.79a	1.09	1.00	1.38a
B	*	ns	ns	*
A1B1	1.03b	1.00	1.00	1.00c
A1B2	1.78a	1.00	1.00	1.22abc
A2B1	0.85b	1.00	1.00	1.00c
A2B2	1.65a	1.00	1.00	1.22abc
A3B1	0.83b	1.00	1.00	1.00c
A3B2	1.88a	1.11	1.00	1.67a
A4B1	0.80b	1.00	1.00	1.33abc
A4B2	1.88a	1.33	1.00	1.56ab
A5B1	0.95b	1.00	1.00	1.11bc
A5B2	1.76a	1.00	1.00	1.22abc
A x B	*	ns	ns	*
C.V. (%)	17.50	23.65	0	35.60

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียเป็นเวลา 4 วัน (ตารางที่ 12) พบว่าปัจจัยหลักด้านวิธีการใช้เอทิฟอน (A) ไม่ส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกตัวแปร ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การช้ำภายนอก การช้ำภายใน และคะแนนความสุก สอดคล้องกับข้อมูลในตารางที่ 4 (บ่ม 2 วัน) ซึ่งระบุว่าเอทิฟอนยังไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างชัดเจนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผลอะโวคาโดยังไม่ถึงระยะตอบสนองต่อเอทิลีนเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hofman *et al*. (2019) ที่ระบุว่าเอทิฟอนจะเริ่มส่งผลเด่นชัดเมื่อเข้าสู่ช่วงเร่งสุกภายหลังบ่ม 5–7 วัน

สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B) มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อ การสูญเสียน้ำหนัก โดยผลที่บ่มในระบบปิด มีการสูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าอย่างชัดเจน (1.80 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเทียบกับระบบเปิด (3.62 เปอร์เซ็นต์) แสดงให้เห็นว่าระบบปิดช่วยรักษาความชื้นสัมพัทธ์และลดการคายน้ำในผลอะโวคาโดได้ดีกว่า สอดคล้องกับหลักสรีรวิทยาของผลไม้ที่ระบุว่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักและการเหี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Kader, 2002) สำหรับตัวแปรการช้ำภายนอก การช้ำภายใน และคะแนนความสุก ไม่พบความแตกต่างระหว่างระบบเปิดและระบบปิดในระดับปัจจัยหลัก ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าภายหลังบ่ม 4 วัน ผลอะโวคาโดยังไม่เข้าสู่สภาวะสุกเต็มที่ ดังนั้นกระบวนการสลายเนื้อเยื่อและการช้ำยังไม่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (A × B) พบว่า มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญ โดยชุดทดลองที่บ่มในระบบปิด (A1B1–A5B1) มีค่าการสูญเสียน้ำหนักต่ำที่สุดในทุกระดับของเอทิฟอน (1.55–1.94 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งต่ำกว่าค่าที่พบในระบบเปิดอย่างสม่ำเสมอ ขณะที่ชุด A3B2 และ A4B2 มีการสูญเสียน้ำหนักมากที่สุด (3.79–3.87 เปอร์เซ็นต์) และมีระดับการช้ำภายนอกสูงขึ้นตามลำดับ แสดงว่าการใช้เอทิฟอนความเข้มข้นสูงในระบบเปิดอาจทำให้สุกเร็วขึ้น ทำให้เนื้อผลอ่อนเร็วและไวต่อความเสียหายมากขึ้น ซึ่งเป็นไปตามแนวคิดการเร่งสุกด้วยเอทิลีนของ Wills *et al*. (2014) ด้านคะแนนความสุก (1.67–2.67) โดยรวมพบว่าผลอะโวคาโดหลังบ่ม 4 วันมีระดับการสุกเริ่มต้นจนถึงปานกลาง แต่ยังไม่ถึงระดับสุกบริโภค ซึ่งสอดคล้องกับพฤติกรรมของพันธุ์บัคคาเนียที่ต้องใช้เวลาบ่ม 5–7 วันเพื่อให้เนื้อผลนิ่มสม่ำเสมอ (Chen *et al*., 2020)

ตารางที่ 12 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	2.80	1.42	1.00	2.08
A2 พ่นเอทิฟอน 100 ppm	2.52	1.14	1.00	2.15
A3 พ่นเอทิฟอน 200 ppm	2.83	1.67	1.00	2.33
A4 พ่นเอทิฟอน 300 ppm	2.67	1.50	1.17	2.33
A5 แช่เอทิฟอน 200 ppm 5 นาที	2.72	1.14	1.00	2.07
A	ns	ns	ns	ns
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	1.80b	1.22	1.00	2.10
B2 ระบบเปิด	3.62a	1.52	1.07	2.30
B	*	ns	ns	ns
A1B1	1.94c	1.17	1.00	2.00
A1B2	3.67ab	1.67	1.00	2.17
A2B1	1.79c	1.00	1.00	2.17
A2B2	3.26b	1.29	1.00	2.14
A3B1	1.78c	1.33	1.00	2.17
A3B2	3.87a	2.00	1.00	2.50
A4B1	1.55c	1.33	1.00	2.00
A4B2	3.79ab	1.67	1.33	2.67
A5B1	1.92c	1.29	1.00	2.14
A5B2	3.51ab	1.00	1.00	2.00
A x B	*	ns	ns	ns
C.V. (%)	15.75	38.16	65.06	17.00

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ผลการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียเป็นเวลา 6 วัน (ตารางที่ 13) พบว่าปัจจัยการใช้เอทิฟอน (A) ไม่ส่งผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนัก การช้ำภายนอก การช้ำภายใน และคะแนนความสุก ซึ่งสอดคล้องกับผลที่พบจากการบ่มหลัง 2 วันและ 4 วัน (ตารางที่ 11–12) แสดงให้เห็นว่าเอทิฟอนในระดับ 100–300 ppm หรือการแช่ 200 ppm 5 นาที ยังไม่ก่อให้เกิดผลเด่นชัดต่อการเร่งสุกของพันธุ์นี้ในกรอบระยะเวลา 6 วัน อาจเนื่องจากพันธุ์บัคคาเนียมีความตอบสนองต่อเอทิลีนต่ำหรือจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาบ่มที่นานกว่าเพื่อให้เห็นผลชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Chen *et al*. (2020) ที่รายงานว่าอะโวคาโดบางพันธุ์มีความแปรผันต่อความไวต่อเอทิลีน และอาจต้องบ่มมากกว่า 7 วันเพื่อให้เกิดการเร่งสุกที่ชัดเจน

สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B) ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการสูญเสียน้ำหนักและการช้ำภายใน โดยผลที่บ่มในระบบปิด สูญเสียน้ำหนักต่ำกว่าระบบเปิดอย่างชัดเจน (3.52 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับ 5.86 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับหลักการสรีรวิทยาหลังการเก็บเกี่ยวที่ระบุว่า ความชื้นสัมพัทธ์สูงในระบบปิดช่วยลดการคายน้ำและลดการสูญเสียน้ำหนักของผลไม้ (Kader, 2002) ขณะเดียวกันระบบปิดกลับมีค่าการช้ำภายในสูงกว่า (2.40) เมื่อเทียบกับระบบเปิด (1.53) ซึ่งอาจเป็นผลจากสภาวะอับอากาศ การสะสมความร้อน และระดับเอทิลีนภายในระบบปิดที่สูงกว่า ทำให้เนื้อผลนิ่มเร็วขึ้นและเกิดการสลายเนื้อเยื่อมากกว่า เป็นแนวโน้มที่พบได้ในผลไม้ Climacteric เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีเอทิลีนสะสม (Wills *et al*., 2014)

สำหรับคะแนนความสุก พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างระบบปิดและเปิด (3.27) ซึ่งบ่งชี้ว่าหลังบ่ม 6 วัน ผลอะโวคาโดของทุกกรรมวิธีอยู่ในระดับสุกปานกลางถึงสุกบริโภคแล้ว โดยมีคะแนนความสุกเด่นชัดกว่าช่วงบ่มวันแรก ๆ แสดงถึงจุดเปลี่ยนผ่านของกระบวนการ softening ซึ่งเกิดราววันที่ 4–6 ตามที่ Hofman *et al*. (2019) รายงานไว้

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ของปัจจัย A × B พบว่าไม่แตกต่างกันในทุกตัวแปร ซึ่งแสดงว่าผลของระบบปิด–เปิดมีผลชัดเจนมากกว่าการใช้หรือไม่ใช้เอทิฟอน ทั้งนี้รูปแบบข้อมูลพบว่าในระบบปิดร่วมกับเอทิฟอน 200–300 ppm (A3B1, A4B1) มีค่าการช้ำภายในสูงที่สุด (2.67–3.00) แสดงว่าเมื่อผลอยู่ในภาวะชื้นสูงจนเสี่ยงต่อ anaerobic respiration อาจกระตุ้นให้เกิดความเสียหายเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีผลไม้ในสภาวะ low-oxygen stress (Kader, 2002)

ตารางที่ 13 การประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ด้านการสูญเสียน้ำหนัก คะแนนการช้ำภายในและภายนอก คะแนนความสุก ระยะเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	การสูญเสียน้ำหนัก (%)	คะแนนการช้ำภายนอก	คะแนนการช้ำภายใน	คะแนนความสุก
วิธีการใช้เอทิฟอนและความเข้มข้น (A)				
A1 ไม่พ่น	4.80	2.83	2.33	3.33
A2 พ่นเอทิฟอน 100 ppm	5.55	2.33	1.50	3.17
A3 พ่นเอทิฟอน 200 ppm	4.73	2.83	2.17	3.33
A4 พ่นเอทิฟอน 300 ppm	3.99	2.50	2.17	3.33
A5 แช่เอทิฟอน 200 ppm 5 นาที	4.39	2.17	1.67	3.17
A	ns	ns	ns	ns
สภาพแวดล้อมในการบ่ม (B)				
B1 ระบบปิด	3.52b	2.87	2.40a	3.27
B2 ระบบเปิด	5.86a	2.20	1.53b	3.27
B	*	ns	*	ns
A1B1	3.35	3.33	2.67	3.33
A1B2	6.24	2.33	2.00	3.33
A2B1	5.47	2.33	1.67	3.00
A2B2	5.63	2.33	1.33	3.33
A3B1	3.29	3.33	3.00	3.33
A3B2	6.16	2.33	1.33	3.33
A4B1	2.57	2.67	2.67	3.33
A4B2	5.41	2.33	1.67	3.33
A5B1	2.91	2.67	2.00	3.33
A5B2	5.86	1.67	1.33	3.00
A x B	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	35.99	40.12	49.11	15.82

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการประเมินคุณภาพหลังบ่มของผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียเป็นเวลา 2, 4 และ 6 วัน แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการตอบสนองต่อ วิธีการใช้เอทิฟอน และสภาพแวดล้อมการบ่ม โดยผลการทดลองทั้งสามช่วงเวลาให้ข้อมูลที่สอดคล้องกันว่า พันธุ์บัคคาเนียมีความไวต่อเอทิลีนต่ำกว่า และระบบบ่มปิดมีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักมากกว่าการเร่งสุก ซึ่งเป็นจุดเด่นที่สามารถนำไปใช้กำหนดแนวทางการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวให้เหมาะสมกับพันธุ์นี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้เอทิฟอนในระดับ 100–300 ppm รวมถึงการแช่ 200 ppm ไม่ทำให้เกิดความแตกต่างทางสถิติในทุกตัวแปรที่ศึกษาในทั้งสามระยะเวลา ได้แก่ การสูญเสียน้ำหนัก การช้ำภายนอก การช้ำภายใน และคะแนนความสุก ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าในพันธุ์บัคคาเนีย เอทิฟอนยังไม่ก่อให้เกิดการเร่งกระบวนการสุกอย่างชัดเจนภายในระยะเวลา 6 วัน โดยเฉพาะในช่วง 2–4 วันแรก ซึ่งผลผลิตยังคงมี

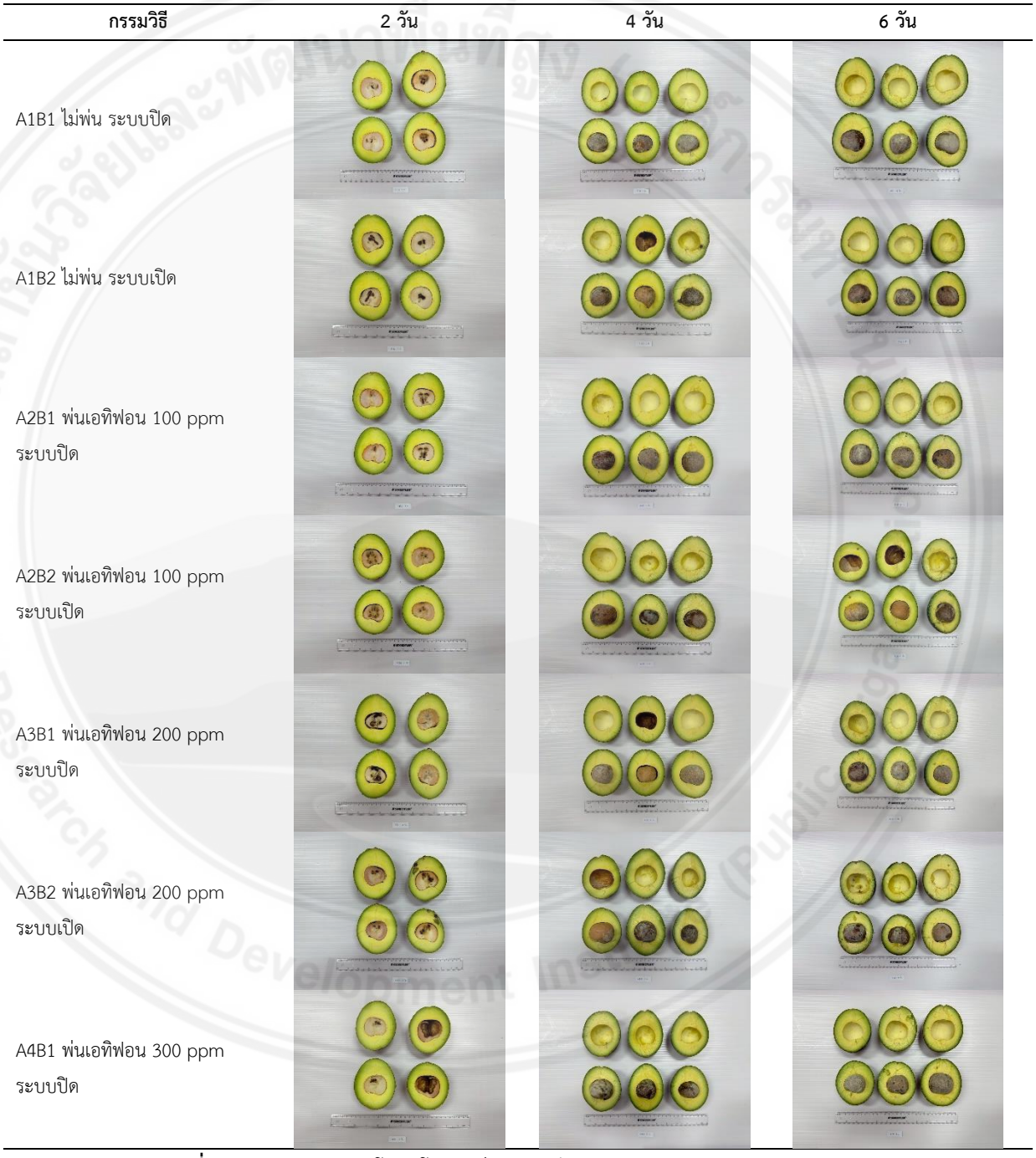
ลักษณะคงตัวและเริ่มตอบสนองต่อฮอร์โมนอย่างจำกัด สอดคล้องกับรายงานของ Hofman *et al*. (2019) ที่พบว่าผลอะโวคาโดบางพันธุ์มีความไวต่อเอทิลีนต่ำกว่าพันธุ์แฮส และต้องใช้ระยะเวลาบ่มมากกว่า 5–7 วันก่อนที่เอทิลีนจะส่งผลอย่างชัดเจนต่อระดับความนิ่มของเนื้อและความสุกในภาพรวม นอกจากนี้ Chen *et al*. (2020) ยังชี้ว่าอะโวคาโดบางพันธุ์ต้องการระดับการแก่จัดสูงกว่าก่อนตอบสนองต่อเอทิลีน การไม่พบความแตกต่างจากการใช้เอทิฟอนในชุดข้อมูลนี้จึงเป็นลักษณะสอดคล้องตามธรรมชาติสรีรวิทยาของพันธุ์บัคคาเนีย

แม้วิธีใช้เอทิฟอนไม่ก่อให้เกิดความแตกต่าง แต่ระบบบ่มกลับส่งผลต่อคุณภาพผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญในหลายด้าน โดยเฉพาะการสูญเสียน้ำหนักและการช้ำภายใน ผลการทดลองชี้ว่า ระบบปิดช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก อย่างต่อเนื่องในทุกระยะเวลา โดยหลังบ่ม 2 วัน 0.89 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำกว่าระบบเปิด 1.79 เปอร์เซ็นต์) 4 วัน 1.80 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำกว่าระบบเปิด 3.62 เปอร์เซ็นต์) และ 6 วัน 3.52 เปอร์เซ็นต์ (ต่ำกว่าระบบเปิด 5.86 เปอร์เซ็นต์) ผลดังกล่าวสอดคล้องกับหลักการของ Kader (2002) ที่ระบุว่าความชื้นสัมพัทธ์สูงช่วยลดการคายน้ำของผลไม้สด ชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และยืดอายุคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้าม เมื่อพิจารณาตัวแปรด้านความสุกและการช้ำ พบว่าระบบบ่มมีผลแตกต่างกันในบางช่วงเวลา เช่น หลังบ่ม 2 วัน ระบบเปิดมีความสุกสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดจากความเครียดจากการคายน้ำที่กระตุ้นกระบวนการเร่งสุกตามรายงานของ Wills *et al*. (2014) 4 วัน ระบบบ่มไม่ส่งผลต่อคะแนนความสุก และ 6 วัน ระบบปิดมีค่าการช้ำภายในสูงกว่า ซึ่งอาจเกิดจากสภาวะอับอากาศและระดับเอทิลีนสะสมที่สูงกว่า ทำให้เนื้ออ่อนเร็วขึ้นตามกลไกที่พบในผลไม้ที่บ่มให้สุกได้ (climacteric fruit) หลายชนิด ผลการทดลองลักษณะนี้สะท้อนว่า ระบบบ่มปิดเหมาะกับการลดการสูญเสียน้ำหนัก แต่ต้องระวังการสะสมความร้อนและเอทิลีนที่อาจกระตุ้นการช้ำภายในเมื่อบ่มนานกว่า 6 วัน

โดยรวมแล้วปัจจัยการใช้เอทิฟอนไม่ก่อให้เกิดผลต่าง แต่เมื่อพิจารณาเชิงปฏิสัมพันธ์ พบว่าในระยะหลังบ่ม 2 วัน และ 4 วัน การบ่มในระบบปิดร่วมกับทุกระดับเอทิฟอน (A1B1–A5B1) ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีที่สุด แต่ในระบบเปิดร่วมกับเอทิฟอน 200–300 ppm (A3B2, A4B2) มีแนวโน้มเร่งสุกเร็วขึ้นและเพิ่มความเสียหายของเนื้อในช่วง 4 วัน อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงระยะหลังบ่ม 6 วัน การตอบสนองต่อทั้งเอทิฟอนและระบบบ่มมีลักษณะแผ่วลง ทำให้ปฏิสัมพันธ์ไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ยังเห็นแนวโน้มว่าระบบปิดยังคงลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีกว่าเสมอ

การใช้เอทิฟอน 100–300 ppm ไม่ได้เร่งการสุกของอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียอย่างมีนัยสำคัญภายใน 6 วันแรก ซึ่งอาจเป็นลักษณะเฉพาะพันธุ์ที่ต้องการเวลาในการบ่มมากกว่า 7 วันจึงจะเห็นผลของเอทิลีนอย่างชัดเจน การตอบสนองต่อเอทิฟอนจึงถือว่าต่ำในระยะสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์แฮส ในทางกลับกัน สภาพแวดล้อมในการบ่มเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงอย่างต่อเนื่อง ตลอดทั้งสามช่วงเวลา โดยในระบบปิด เหมาะสำหรับการลดการคายน้ำ ยืดอายุผลผลิต และควบคุมความสุกให้ช้าลงในช่วงต้น (2–4 วัน) และระบบเปิด เหมาะสำหรับการเร่งสุกเนื่องจากอัตราการระเหยของ

เอทิลีนและการสูญเสียน้ำสูงกว่า อย่างไรก็ตาม ช่วงท้ายของการบ่ม (6 วัน) ระบบปิดเริ่มมีความเสี่ยงต่อการช้ำภายในสูงจากการสะสมความร้อนและเอทิลีน จึงควรจำกัดระยะเวลาบ่มในระบบปิดไม่ให้เกิน 4–5 วัน หากต้องการรักษาคุณภาพเนื้อผล ก่อนย้ายไปยังระบบเปิดเพื่อเร่งสุกในช่วงสุดท้ายก่อนการจำหน่าย



ภาพที่ 10 ลักษณะผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียหลังบ่ม ระยะเวลา 2 4 และ 6 วัน

กรรมวิธี	2 วัน	4 วัน	6 วัน
A4B2 พ่นเอทิฟอน 300 ppm ระบบเปิด			
A5B1 แช่เอทิฟอน 200 ppm 5 นาที ระบบปิด			
A5B2 แช่เอทิฟอน 200 ppm 5 นาที ระบบเปิด			

ภาพที่ 10 (ต่อ) ลักษณะผลอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียหลังบ่ม ระยะเวลา 2 4 และ 6 วัน

ต้นทุนค่าสารเคมีในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในเชิงพาณิชย์

ต้นทุนค่าสารเคมีในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในเชิงพาณิชย์ การไม่ใช้สารเคมีมีต้นทุน 0 บาทต่อ 100 กิโลกรัม การพ่นสารละลายเอทิฟอนที่ความเข้มข้น 100, 200 และ 300 ppm มีต้นทุนเท่ากับ 0.7, 1.4 และ 2.1 บาทต่อ 100 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนการแช่ในสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 200 ppm นาน 5 นาที มีต้นทุนสูงสุดเพียง 7 บาทต่อ 100 กิโลกรัม (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ต้นทุนวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในเชิงพาณิชย์

พันธุ์	กรรมวิธี	ต้นทุนค่าสารเคมี (บาท/100 กิโลกรัม)
บัคคาเนีย	ไม่พ่น	0
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 100 ppm	0.7
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 200 ppm	1.4
	พ่นสารละลายเอทิฟอน 300 ppm	2.1
	แช่ในสารละลายเอทิฟอนความเข้มข้น 200 ppm ระยะเวลา 5 นาที	7.0

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปพลับที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรบนพื้นที่สูง

กิจกรรมที่ 3.1 การวิจัยและพัฒนากระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์

ผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ของผลพลับพันธุ์ P2 (ตารางที่ 15) ภายใต้กรรมวิธีที่แตกต่างกัน ได้แก่ วิธีเกษตรกรปฏิบัติ กล่องพลาสติก และถุงสุญญากาศ ในช่วงเวลาการบ่ม 0, 2, 4 และ 6 วัน แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของแทนนินซึ่งสัมพันธ์กับความฝาดของผลผลิตอย่างชัดเจน โดยข้อมูลในระยะ 0 วัน พบว่าผลพลับทุกกรรมวิธีมีค่าแทนนินที่ละลายน้ำได้ในระดับสูงที่สุด (คะแนน 5.00) และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (ns) ซึ่งสะท้อนว่าความฝาดของผลพลับในช่วงเริ่มต้นอยู่ในระดับเดียวกัน

เมื่อบ่มเป็นเวลา 2 วัน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย กล่องพลาสติก มีค่าแทนนินต่ำลงช้าที่สุด (3.90) ในขณะที่ วิธีเกษตรกรปฏิบัติ มีค่าลดลงมากกว่า (1.60) และถุงสุญญากาศ ลดลงเร็วที่สุด (1.00) แสดงว่าการบ่มในภาวะกึ่งปิดของกล่องพลาสติกอาจมีการแลกเปลี่ยนก๊าซและอัตราการสะสมก๊าซ CO_2 ที่ไม่มากพอจะเร่งการเปลี่ยนรูปแทนนินเมื่อเทียบกับระบบสุญญากาศ ซึ่งมีสภาพจำกัดออกซิเจนสูงกว่า ทำให้เกิดการเร่งการเปลี่ยนแปลงแทนนินได้ดีกว่า งานวิจัยของ Matsuo และ Ito (1982) และ Xu *et al*. (2017) รายงานตรงกันว่า การลดออกซิเจนร่วมกับการเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 จะช่วยเร่งปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของแทนนิน ทำให้ความฝาดลดลงได้เร็วขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ในระยะหลังบ่ม 4 วัน พบความแตกต่างทางสถิติอีกครั้ง โดย กล่องพลาสติก ยังคงมีค่าความฝาดสูงกว่า (1.60) เมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกรปฏิบัติและถุงสุญญากาศ (1.00) ซึ่งมีค่าลดลงจนใกล้ศูนย์ในระดับที่ไม่ฝาดแล้ว สอดคล้องกับลักษณะสรีรวิทยาในผลพลับที่แทนนินจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเกิดสภาวะจำกัดออกซิเจนและผลมีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ส่งผลให้แทนนินอิสระถูกเปลี่ยนเป็นรูปไม่ละลายน้ำ (insoluble tannin) ซึ่งไม่ก่อให้เกิดรสฝาด (Sugiura *et al*., 2011)

ในระยะหลังบ่ม 6 วัน ค่าแทนนินของผลพลับทุกกรรมวิธีลดลงจนเหลือระดับเดียวกัน (1.00) และไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ns) แสดงว่าทุกกรรมวิธีสามารถทำให้ผลพลับพันธุ์ P2 ลดความฝาดได้สำเร็จภายใน 6 วัน อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีสุญญากาศทำให้แทนนินลดลงรวดเร็วที่สุด รองลงมาคือวิธีเกษตรกรปฏิบัติ และช้าที่สุดคือการบ่มด้วยกล่องพลาสติก ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดว่าสภาพแวดล้อมที่มีออกซิเจนต่ำและ CO_2 สะสมสูงสามารถเร่งการลดแทนนินได้อย่างรวดเร็ว (Arnal & del Río, 2004)

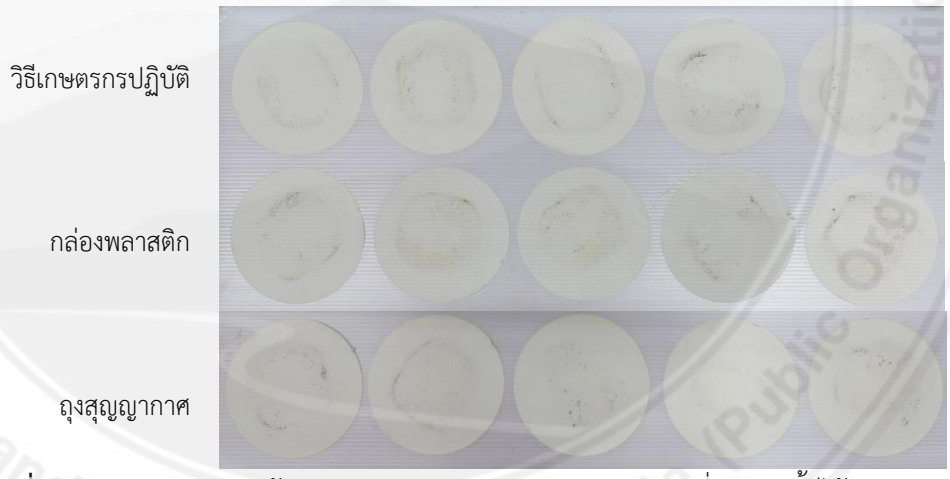
การบ่มพลับพันธุ์ P2 ด้วย ถุงสุญญากาศเป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการลดปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ในช่วงเวลาสั้นที่สุด รองลงมาคือวิธีเกษตรกรปฏิบัติ ในขณะที่กล่องพลาสติกมีอัตราการลดความฝาดช้าที่สุด ทั้งนี้ การเลือกกรรมวิธีสำหรับภาคเกษตรกรควรพิจารณาร่วมกับ

ต้นทุน อุปกรณ์ที่มีอยู่ และการควบคุมสภาพแวดล้อมระหว่างบ่ม ซึ่งจะช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตและลดเวลาการปรับสภาพให้พร้อมบริโภคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 15 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้ ก่อน-หลังบ่มของพลับพันธุ์ P2 ระยะเวลา 0 2 4 และ 6 วัน

กรรมวิธี	ประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้			
	0 วัน	2 วัน	4 วัน	6 วัน
วิธีเกษตรกรปฏิบัติ	5.00	1.60b[1/]	1.00b[1/]	1.00
กล่องพลาสติก	5.00	3.90a	1.60a	1.00
ถุงสุญญากาศ	5.00	1.00c	1.00b	1.00
F-test	**ns**	*****	*****	**ns**
C.V. (%)	**0.00**	**16.12**	**24.86**	**0.00**

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 11 การประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของปริมาณแทนนินที่ละลายน้ำได้หลังบ่มของพลับพันธุ์ P2 ระยะเวลา 6 วัน

ต้นทุนกระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์

จากการศึกษาต้นทุนกระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์ พบว่า กรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติทั่วไปมีต้นทุนเฉลี่ยอยู่ที่ 250 บาทต่อผลผลิต 30 กิโลกรัม ในส่วนของ กรรมวิธีการใช้กล่องพลาสติก ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาให้เหมาะกับการจัดการเชิงพาณิชย์ พบว่ามีต้นทุนเฉลี่ย 555 บาทต่อผลผลิต 30 กิโลกรัม เป็นกรรมวิธีที่มีต้นทุนสูงที่สุด สำหรับ กรรมวิธีการใช้ถุงสุญญากาศ มีต้นทุนเฉลี่ย 189 บาทต่อผลผลิต 30 กิโลกรัม ซึ่งเป็นวิธีที่มีต้นทุนต่ำที่สุด (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ต้นทุนกระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์

กรรมวิธี	**ต้นทุนกระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์ (บาท/30 กิโลกรัม)**
วิธีเกษตรกรปฏิบัติ	250
กล่องพลาสติก	555
ถุงสุญญากาศ	189

ภาพที่ 12 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวพลับพันธุ์ P2

กิจกรรมที่ 3.2 การวิจัยและพัฒนาวิธีการแปรรูปผลผลิตจากพลับที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรบนพื้นที่สูง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์พลับอบแห้ง (แบบชิ้น) ด้วยกระบวนการแบบมีส่วนร่วม (Participatory action research, PAR) โดยมีกลุ่มเป้าหมาย คือ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรบ้านป่าเกี๊ยะ-น้ำรู อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ โดยนำผลพลับสดพันธุ์ P2 จากแปลงเกษตรกรบ้านน้ำรู ที่ผ่านกรรมวิธีการขจัดความฝาดด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แล้วมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก แล้วหั่นพลับเป็นชิ้นๆ ตามกรรมวิธีที่กำหนดไว้ จากนั้นแช่น้ำเกลือ (ความเข้มข้น 1เปอร์เซ็นต์) เป็นเวลา 5 นาที แล้วตักขึ้นพักให้สะเด็ดน้ำ เรียงบนตะแกรงสแตนเลสมีรู นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนพลับที่อบมีสีเหลืองอมน้ำตาล เนื้อใส เมื่อบีบเบาๆ จะรู้สึกมีความนุ่มหนุบหนับ (ภาพที่ 13) ซึ่งมีผลการทดลอง ดังนี้

ภาพที่ 13 กระบวนการแปรรูปพลับอบแห้ง

สีผิวของพลับอบแห้ง

ผลการทดลองพบว่า วิธีการหั่น (A) และวิธีการนวด (B) ไม่มีผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อค่า L* ทั้งในปัจจัยเดี่ยวและค่าปฏิสัมพันธ์ A×B ($p > 0.05$) ค่าความสว่างโดยรวมอยู่ในช่วง 23–26 (ตารางที่ 7 และภาพที่ 14) ซึ่งหมายถึงพลับอบมีสีค่อนข้างเข้มตามธรรมชาติของพันธุ์และกระบวนการอบแห้ง การที่ค่า L* ของทุกกรรมวิธีต่ำกว่าค่าของพลับเกาหลีอย่างมาก (44.03) สะท้อนว่ากระบวนการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงเมลานินและสารฟีนอลมากกว่า เนื่องจากไม่มีขั้นตอนฟอกสี

หรือการควบคุมอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ (Kim & Choi, 2017) ดังนั้นค่า L* จึงเป็นลักษณะจำเพาะของกระบวนการผลิตมากกว่าผลของการหั่นและนวด

ค่า C* ได้รับผลจากทั้งการหั่นและการนวดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการหั่น 6 ส่วน (A2) ให้ค่า C* สูงกว่า (28.44) เทียบกับการหั่น 4 ส่วน (24.41) ส่วนการนวดพลับ (B1) ให้ค่า C* สูงกว่าอย่างเด่นชัด (29.91) เมื่อเทียบกับไม่นวด (22.94) ผลปฏิสัมพันธ์ A×B แสดงชัดว่า วิธี A2B1 (หั่น 6 ส่วนร่วมกับการนวด) ให้ค่า C* สูงที่สุด (33.33) (ตารางที่ 17) สะท้อนว่าสีสดและเข้มกว่า เนื่องจากการหั่นเป็นชิ้นเล็กเพิ่มพื้นที่ผิวให้ความร้อนเข้าสู่เนื้อผลได้สม่ำเสมอ ทำให้ปฏิกิริยา Maillard และการกระจุกตัวของน้ำตาลเกิดมากขึ้น ขณะเดียวกันการนวดช่วยให้โครงสร้างเซลล์อ่อนตัวและเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของเม็ดสี (Lee & Kim, 2018; Park *et al*., 2020)

ค่า h° ได้รับผลจากวิธีการนวดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยการนวด (B1) ให้ค่า h° สูง (54.89) และไม่นวด (B2) ให้ค่า h° ต่ำกว่า (44.61) (ตารางที่ 17) เนื่องจากการนวดช่วยเร่งการกระจายตัวของน้ำตาลและเพกติน ทำให้การเกิดสีน้ำตาลแบบไม่ใช่ออกซิเดชันเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้สีออกโทนเหลืองส้มชัดเจนขึ้นในผลิตภัณฑ์พลับอบแห้ง การเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gao et al. (2019) ที่ระบุว่าการกด นวด หรือปรับโครงสร้างก่อนการอบมีผลต่อค่า h° ของสีอย่างเด่นชัด ในปฏิสัมพันธ์ A×B วิธีย่อยที่ให้ค่า h° สูงที่สุดคือ A2B1 (56.15) ซึ่งใกล้เคียงค่าของพลับเกาหลี (64.71) มากที่สุด แสดงถึงคุณภาพสีที่ดีและเป็นที่ยอมรับของตลาด

ภาพที่ 14 ลักษณะของพลับอบแห้งแต่ละกรรมวิธี

ความแน่นเนื้อ

ค่าความแน่นเนื้อได้รับผลจากวิธีนวดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยไม่นวด (B2) เนื้อแน่นกว่า (0.75 N) นวด (B1) เนื้ออ่อนนุ่มกว่า (0.66 N) ผลเกิดจากแรงกระทำทางกายภาพที่ทำให้โครงสร้างเพกตินอ่อนตัวลงในผลที่ถูกนวด ซึ่งตรงกับงานของ Park *et al*. (2020) ว่าการนวดช่วยลดความแน่นของเนื้อ persimmon และทำให้เนื้อนุ่มสม่ำเสมอ สำหรับปฏิสัมพันธ์ A×B พบว่า A2B1 (หั่น 6 ส่วนร่วมกับการนวด) ให้ค่าความแน่นต่ำที่สุด (0.64 N) = เนื้อนุ่ม A2B2 (หั่น 6 ส่วนร่วมกับไม่นวด) ให้ค่าความแน่นสูงที่สุด (0.76 N) = เนื้อแข็ง

ตารางที่ 17 ผลของวิธีการหั่นพลับร่วมกับวิธีการนวดพลับที่แตกต่างกันต่อสีผิว และความแน่นเนื้อของพลับอบแห้ง

กรรมวิธี	สีผิวของพลับอบแห้ง			ความแน่นเนื้อ (N)
	L*	C*	h°	
วิธีการหั่นพลับ (A)				
หั่นพลับเป็น 4 ส่วน (A1)	23.92	24.41b[1/]	51.32	0.70
หั่นพลับเป็น 6 ส่วน (A2)	25.68	28.44a	48.18	0.70
A	ns	*	ns	ns
วิธีการนวดพลับ (B)				
นวดพลับ (B1)	24.88	29.91a[1/]	54.89a[1/]	0.66b
ไม่นวดพลับ (B2)	24.72	22.94b	44.61b	0.75a
B	ns	*	*	*
A1B1	23.91b[1/]	26.48c[1/]	53.63bc[1/]	0.67b[1/]
A1B2	23.93b	22.33c	49.01c	0.73a
A2B1	25.85b	33.33b	56.15b	0.64b
A2B2	25.51b	23.54c	40.21d	0.76a
พลับอบเกาหลี (Control)	44.03a	44.59a	64.71a	0.44c
A x B	*	*	*	*
C.V. (%)	10.18	13.11	7.74	5.70

หมายเหตุ: [1/]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี DMRT
ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

วิธีการหั่นพลับเป็น 6 ส่วนรวมกับการนวดพลับ (A2B1) เป็นกรรมวิธีที่ให้คุณภาพใกล้เคียง Control มากที่สุดทั้งด้านสีและความนุ่ม แต่ด้านความสว่าง (L*) และความนุ่ม (N) ของผลผลิตที่ทำการวิจัยยังด้อยกว่า พลับอบเกาหลี (Control) อย่างชัดเจน จึงควรพิจารณาพัฒนาเทคโนโลยีอบ เช่น การควบคุมอุณหภูมิหลายช่วง การอบไล่ความชื้นช้า (slow drying) หรือการใช้ลมร้อนร่วมกับลดความดันบางส่วน เพื่อให้ได้คุณภาพที่ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ของเกาหลีมากขึ้น

อายุการวางจำหน่าย

อายุการวางจำหน่าย (Shelf life) เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดคุณภาพและศักยภาพทางการตลาดของผลิตภัณฑ์พลับอบ เนื่องจากกระบวนการอบแห้งมีผลต่อความชื้นคงเหลือ การเปลี่ยนแปลงทางเนื้อสัมผัส และความคงตัวของสี กลิ่น และรสชาติ โดยเปรียบเทียบอายุการเก็บรักษาของพลับอบที่ได้จากงานวิจัยกับพลับอบเกาหลี (Control) ผลการศึกษา พบว่าพลับอบเกาหลี (Control) มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด (มากกว่า 90 วัน) เนื่องจากมีการหั่นชิ้นบาง ทำให้การระเหยของน้ำเป็นไปอย่างทั่วถึง ส่งผลให้ความชื้นคงเหลือในผลิตภัณฑ์ต่ำ จึงชะลอการเจริญของจุลินทรีย์และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้ดีกว่าทุกสูตรทดลอง ในขณะที่ พลับอบจากการวิจัยทุกกรรมวิธีมีอายุการวางจำหน่ายในอุณหภูมิห้อง 30 วัน (ตารางที่ 18) โดยกรรมวิธีนวดพลับก่อนอบมีลักษณะเนื้อสัมผัสนุ่มมากกว่า ทำให้เนื้อสัมผัสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค แต่มีแนวโน้มที่จะเก็บรักษาได้สั้นกว่าสูตรที่ไม่นวดเนื่องจากมีโอกาสเกิดการเสื่อมสภาพเร็วกว่า

ตารางที่ 18 อายุการวางจำหน่ายพลับอบกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	หมายเหตุ
A1B1 (หั่น 4 ส่วนร่วมกับการนวด)	30	เนื้อค่อนข้างนิ่ม
A1B2 (หั่น 4 ส่วนร่วมกับไม่นวด)	30	เนื้อแข็ง
A2B1 (หั่น 6 ส่วนร่วมกับการนวด)	30	เนื้อค่อนข้างนิ่ม
A2B2 (หั่น 6 ส่วนร่วมกับไม่นวด)	30	เนื้อแข็ง
พลับอบเกาหลี (Control)	>90	เนื้อบาง แห้งนุ่ม

วิธีการหั่น (A) และ วิธีการนวด (B) มีผลต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ โดยชิ้นที่บางและมีความชื้นคงเหลือต่ำจะมีอายุการเก็บรักษานานกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Kang et al. (2020) ที่รายงานว่า ผลิตภัณฑ์พลับอบแบบชิ้นบาง (Thin slice dried persimmon) ที่มีความชื้นต่ำกว่า 20เปอร์เซ็นต์ สามารถคงคุณภาพด้านสีและรสชาติได้นานกว่า 90 วันในอุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีที่ผ่านการนวด (A1B1 และ A2B1) มีข้อดีคือให้เนื้อสัมผัสนุ่ม ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ผู้บริโภคชื่นชอบ (ตามผลการทดสอบความพึงพอใจ) แต่ควรศึกษาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยยืดอายุให้เก็บรักษาได้นานขึ้น

ดังนั้นพลับอบจากการวิจัยทุกกรรมวิธีมีอายุการเก็บรักษาเฉลี่ย 30 วัน โดยกรรมวิธีที่นวดพลับร่วมกับการอบ (A1B1, A2B1) ให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มน่ารับประทาน แต่มีความคงตัวต่ำกว่า Control (พลับเกาหลี) ซึ่งมีอายุการเก็บรักษายาวนานกว่า 90 วัน เนื่องจากมีลักษณะชิ้นบาง ความชื้นต่ำ และการบรรจุในระบบที่ควบคุมอากาศได้ดี

ต้นทุนการผลิตพลับอบ

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตเป็นขั้นตอนสำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์พลับอบ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการผลิตเชิงพาณิชย์และการกำหนดราคาจำหน่ายอย่างเหมาะสม ในส่วนของต้นทุนการผลิตคำนวณจากกระบวนการผลิตพลับอบโดยใช้วัตถุดิบพลับสด 10 กิโลกรัม ที่ผ่านกระบวนการขจัดความฝาดแล้ว นำมาปอกเปลือกและตัดแต่ง จนได้เนื้อพลับสำหรับนำไปอบจำนวน 6 กิโลกรัม จากนั้นนำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนได้พลับอบแห้งจำนวนทั้งสิ้น 1.2 กิโลกรัม (คิดเป็นร้อยละ 12 ของวัตถุดิบสด) ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 การคำนวณต้นทุนพลับอบเบื้องต้น

รายการ	ต้นทุน (บาท)	หมายเหตุ
พลับสด 10 กิโลกรัม x 20 บาท	200	พลับบ่มแล้ว
ค่าไฟฟ้า (6 kW × 24 ชั่วโมง × 4 บาท/หน่วย)	96	ใช้ตู้อบไฟฟ้าขนาด 6Kw
ค่าแรงงาน (2 คน x 300 บาท/วัน)	600	เหมาจ่ายต่อวัน
ค่าเสื่อมเครื่องอบ	109.59	ราคาเครื่องอบ 200,000 บาท อายุใช้งาน 5 ปี
รวมทั้งสิ้น	**1,005.59**	

เมื่อนำผลผลิตพลับอบแห้งที่ได้ 1.2 กิโลกรัม มาคำนวณต้นทุนต่อกิโลกรัม จะได้ดังนี้

$$\text{ต้นทุนพลับอบแห้งต่อกิโลกรัม} = \frac{1{,}005.59}{1.2} = 837.99 \text{ บาทต่อกิโลกรัม}$$

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตพลับอบแห้ง พบว่าต้นทุนรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 837.99 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการผลิตในระดับต้นแบบยังมีต้นทุนค่อนข้างสูง โดยเฉพาะต้นทุนค่าแรงงานซึ่งเป็นต้นทุนหลัก คิดเป็นร้อยละ 59.7 ของต้นทุนรวม แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตยังคงพึ่งพาแรงงานคนเป็นสำคัญ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานมีข้อจำกัดเมื่อพิจารณาการขยายการผลิตสู่ระดับกึ่งอุตสาหกรรมหรือเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ตาม โครงสร้างต้นทุนดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะการผลิตในระดับชุมชนหรือวิสาหกิจขนาดย่อม ซึ่งมักใช้แรงงานภายในครัวเรือนหรือชุมชนเป็นหลัก และมุ่งเน้นการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาของศศิธร และคณะ (2566) ซึ่งรายงานต้นทุนการผลิตผลไม้อบแห้งในระดับชุมชนเฉลี่ย 750–900 บาทต่อกิโลกรัม พบว่าต้นทุนการผลิตพลับอบแห้งในงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ และสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการแปรรูปให้แก่เกษตรกร

หรือผู้ประกอบการรายย่อยได้ นอกจากนี้ ต้นทุนค่าไฟฟ้าและค่าเสื่อมราคาเครื่องอบ ซึ่งรวมกันคิดเป็นประมาณร้อยละ 20 ของต้นทุนทั้งหมด สะท้อนให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของเทคโนโลยีการอบแห้งที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานต่อโครงสร้างต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะในบริบทของการผลิตอย่างต่อเนื่องในระยะยาว

ผลการศึกษาด้านต้นทุนและกระบวนการผลิตพลับอบแห้งในงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานทดลองของ Kim *et al*. (2019) ซึ่งศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้งพลับ (*Diospyros kaki* L.) ต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพการผลิต โดยรายงานว่าการควบคุมสภาวะการอบที่เหมาะสมสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักผลผลิต ลดการใช้พลังงานต่อหน่วย และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยรวม งานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบไม่เพียงส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและเคมีของพลับอบแห้งเท่านั้น แต่ยังมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างต้นทุนการผลิต ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ การประเมินศักยภาพในการลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยลงร้อยละ 10–15 จากการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการอบ และการลดการสูญเสียวัตถุดิบในขั้นตอนการปอกเปลือกและการตัดแต่ง มีความเป็นไปได้ในเชิงปฏิบัติและเชิงเทคนิค ทั้งนี้แนวทางดังกล่าวควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการพัฒนาวิธีการเตรียมวัตถุดิบที่ลดการสูญเสียเนื้อผล หรือการประยุกต์ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบและการอบแห้ง ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนแรงงานและต้นทุนพลังงานต่อหน่วย อันจะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์พลับอบแห้งในตลาดผลไม้อบเพื่อสุขภาพ และสนับสนุนการพัฒนาเชิงพาณิชย์อย่างยั่งยืนในระยะยาว

การทดสอบความพึงใจของผู้บริโภค

การศึกษาความพึงพอใจผลิตภัณฑ์แปรรูปพลับอบแห้ง โดยให้อาสาสมัครทั้งสิ้น 50 ราย อายุระหว่าง 30-50 ปี เป็นเพศหญิง 39 ราย ชาย 11 ราย เป็นผู้ประเมินความพึงพอใจด้วยการทดสอบการชิมพลับอบแห้งจากการวิจัยเปรียบเทียบกับพลับอบแห้งที่มีจำหน่ายในท้องตลาด โดยใช้ hedonic scale แบบ 5 ระดับ ประเมินความพึงใจของผู้บริโภค (5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด) ของสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส รสชาติและความพึงพอใจโดยรวม แล้วแปลงเป็นคะแนนตัวเลขและคำนวณค่าเฉลี่ยเพื่อดูระดับการยอมรับของผลิตภัณฑ์ พบว่า ทั้ง พลับอบจากการวิจัย (A2B1) และ พลับอบเกาหลี ได้รับคะแนนความพึงพอใจโดยรวมในระดับ มาก ทุกด้าน มีค่าเฉลี่ยทุกตัวแปรอยู่ในช่วง 3.96–4.08 แสดงถึงระดับความพึงพอใจที่ดีและสม่ำเสมอ พลับอบเกาหลีมีค่าเฉลี่ย “สี–กลิ่น–เนื้อสัมผัส” สูงกว่าเล็กน้อย ส่วน รสชาติและความพึงพอใจโดยรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากันทั้งสองกลุ่ม (4.00 และ 3.96) (ตารางที่ 20) และมีข้อเสนอแนะอื่นๆ ได้แก่ บางชิ้นมีความนุ่มแข็งไม่สม่ำเสมอ บางชิ้นยังติดฝาดเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะขึ้นอยู่กับกระบวนการขจัดความฝาด จัดทำบรรจุภัณฑ์และฉลากให้สวยงาม ทันสมัย

ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครอายุ 30–50 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มผู้บริโภคหลักของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง มีความพึงพอใจต่อพลับอบทั้งสองรูปแบบในระดับมากทุกด้าน โดยเฉพาะสีและกลิ่น ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญในการรับรู้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ผลไม้อบแห้ง (Meilgaard *et al*., 2016; Park *et al*., 2018) คะแนนด้านสีและกลิ่นสูงในทั้งสองผลิตภัณฑ์แสดงถึงกระบวนการผลิตที่สามารถคงคุณลักษณะภายนอกและความหอมของพลับได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่า พลับอบเกาหลี จะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อยในบางมิติ เช่น สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส แต่ผลต่างดังกล่าวอยู่ในระดับที่ไม่มากนัก สะท้อนว่า พลับอบจากการวิจัย (A2B1) สามารถทำคุณภาพได้ “ใกล้เคียงผลิตภัณฑ์เกาหลี” ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์มาตรฐานในตลาด ถือเป็นผลลัพธ์ที่ชี้ให้เห็นถึงศักยภาพของกระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

สำหรับ รสชาติและความพึงพอใจโดยรวม ผลทั้งสองแบบได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากันที่ 4.00 และ 3.96 ตามลำดับ สะท้อนว่าผู้บริโภครับรู้คุณภาพโดยรวมใกล้เคียงกัน ซึ่งตรงกับทฤษฎีเกี่ยวกับการรับรู้คุณภาพผลิตภัณฑ์อาหารที่ว่า ปัจจัยด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความหวานเป็นตัวกำหนดความชอบโดยรวมมากที่สุด (Calkins et al., 2011) และทั้งสองผลิตภัณฑ์ไม่มีข้อด้อยที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนในปัจจัยเหล่านี้

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยหญิงเป็นสัดส่วนมากกว่าชาย (ประมาณ 78เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีรายงานว่าเพศหญิงมีแนวโน้มให้คะแนนความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์ผลไม้อบสูงกว่าเพศชายเล็กน้อยในงานวิจัยด้าน sensory consumer test หลายฉบับ (Kim & Chung, 2015) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าทั้งสองเพศมีแนวโน้มความพึงพอใจในทิศทางเดียวกัน

ผลการประเมินชี้ให้เห็นว่า กรรมวิธีการผลิตพลับอบจากงานวิจัย มีคุณภาพเพียงพอต่อการพัฒนาเชิงพาณิชย์ และสามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์เกาหลีได้อย่างเหมาะสม หากมีการปรับปรุงด้านบรรจุภัณฑ์และการนำเสนอผลิตภัณฑ์เพิ่มเติม อาจส่งผลให้ความพึงพอใจในระดับโดยรวมสูงขึ้นได้

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์แปรรูปพลับอบแห้ง

คุณลักษณะ	พลับอบจากการวิจัย (A2B1)			พลับอบเกาหลี		
	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	SD	ระดับความพึงพอใจ	คะแนนเฉลี่ย (คะแนน)	SD	ระดับความพึงพอใจ
สี	4.02	0.74	มาก	4.08	0.72	มาก
กลิ่น	4.02	0.74	มาก	4.06	0.68	มาก
เนื้อสัมผัส	3.96	0.81	มาก	4.04	0.73	มาก
รสชาติ	4.00	0.78	มาก	4.00	0.78	มาก
ความพึงพอใจโดยรวม	3.96	0.73	มาก	3.96	0.73	มาก

หมายเหตุ: ระดับคะแนนความพึงพอใจ 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย และ 1 = น้อยที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาวิธีการป้องกันและควบคุมโรครากเน่าของอะโวคาโด

กิจกรรมที่ 1.1 การคัดเลือกพันธุ์ต้นตออะโวคาโดที่มีคุณลักษณะทนต่อโรครากเน่าโคนเน่า (ต่อเนื่องเป็นปีที่ 2)

การประเมินความต้านทานต่อเชื้อรา *Phytophthora* sp. ของต้นตออะโวคาโด 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์บูท 7 หนองเขียว พันธุ์จากการเพาะเมล็ด (ขุนแปะ) และพันธุ์จากการเพาะเมล็ด (ปางดะ) โดยวิธีทำแผลบนลำต้นและใส่อาหารวุ้น PDA ที่มีเชื้อรา พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญด้านความรุนแรงของโรคหลังปลูกเชื้อ 4 เดือน โดยพันธุ์บูท 7 หนองเขียวไม่พบอาการของโรค (0 คะแนน) แสดงความทนทานสูงสุด ขณะที่พันธุ์จากการเพาะเมล็ดขุนแปะและปางดะมีความรุนแรงเฉลี่ยเพียง 0.8 คะแนน จัดอยู่ในระดับอาการน้อยมาก ด้านคะแนนการเจริญของรากไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในพันธุ์บูท 7 หนองเขียว (4.8 คะแนน) แสดงถึงศักยภาพของพันธุ์นี้ในการใช้เป็นต้นตอสำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อโรครากเน่าโคนเน่าและพื้นที่ชื้นหรือดินระบายน้ำไม่ดี

กิจกรรมที่ 1.2 การทดสอบวิธีการจัดการโรครากเน่าโคนเน่าของอะโวคาโดในสภาพแปลงปลูก

การสำรวจโรครากเน่าโคนเน่าใน 4 พื้นที่ (ปางดะ สบเมย ปางอุ๋ง ปางหินฝน) พบการระบาดของโรคแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ โดยสบเมยพบการระบาดต่ำที่สุด (80–100เปอร์เซ็นต์ ไม่แสดงอาการ) รองลงมาคือปางดะ ส่วนปางอุ๋งและปางหินฝนเริ่มพบอาการระดับ 2–4 บางแปลง สะท้อนผลกระทบของสภาพดินกรดจัด การระบายน้ำไม่ดี และธาตุอาหารไม่สมดุล จากนั้นทดสอบวิธีจัดการแบบบูรณาการ ได้แก่ การใช้โดโลไมท์/ปูนขาว คลุมฟาง ใส่ไตรโคเดอร์ม่า พ่นกรดฟอสโฟนิก และทาสีป้องกันโคนต้น ผลพบว่า สบเมยและปางหินฝนตอบสนองดีที่สุด ลดความรุนแรงโรค 20 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ปางดะลดได้ 10เปอร์เซ็นต์ และปางอุ๋งไม่แตกต่างจากวิธีเดิม อย่างไรก็ตามวิธีจัดการมีต้นทุนค่อนข้างสูง (23,500–27,250 บาท/ไร่/ปี) จึงควรปรับใช้ร่วมกับวิธีเกษตรกรตามความเหมาะสมของพื้นที่

กิจกรรมที่ 2 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอะโวคาโดในเชิงพาณิชย์

การทดลองพบว่าอะโวคาโดพันธุ์แฮสตอบสนองต่อเอทิฟอนอย่างชัดเจน โดยช่วงบ่ม 4 วัน เป็นระยะที่ให้ผลดีที่สุด การพ่นเอทิฟอน 250–500 ppm ในระบบบ่มแบบปิดช่วยเร่งความสุก ลดการสูญเสียน้ำหนัก และรักษาคุณภาพได้เหมาะสมที่สุด ส่วนระยะ 6 วัน ผลเข้าสู่สุกก้าวหน้า ความแตกต่างจากสภาพแวดล้อมลดลง ด้านต้นทุนพบว่าการพ่น 250–750 ppm มีต้นทุน 1.8–5.3 บาทต่อ

100 กิโลกรัม และการแช่ 500 ppm มีต้นทุนสูงสุดที่ 17.5 บาทต่อ 100 กิโลกรัมโดยต้นทุนเพิ่มตามความเข้มข้นและวิธีการใช้สาร

อะโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียมีความไวต่อเอทิลีนต่ำ ทำให้เอทิฟอน 100–300 ppm ไม่เร่งการสุกภายใน 6 วันแรก และไม่ทำให้ตัวแปรด้านคุณภาพแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ระบบบ่มปิด ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดีตลอดการบ่ม แต่ต้องระวังการช้ำภายในเมื่อบ่มเกิน 4–5 วัน ส่วน ระบบเปิด ทำให้สุกเร็วกว่าเพราะคายน้ำสูง ผลลัพธ์สะท้อนว่าควรใช้ระบบปิดในช่วงต้นและเปลี่ยนเป็นระบบเปิดก่อนจำหน่าย และมีต้นทุนการใช้เอทิฟอนต่ำมาก (0.7–7 บาทต่อ 100 กิโลกรัม)

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาวิธีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปพลับที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรบนพื้นที่สูง

กิจกรรมที่ 3.1 การวิจัยและพัฒนากระบวนการขจัดความฝาดของผลพลับพันธุ์ P2 เชิงพาณิชย์

ทั้งสามกรรมวิธีลดความฝาดได้หมดภายใน 6 วัน แต่มีความแตกต่างด้านความเร็ว โดย ถุงสุญญากาศ ลดความฝาดเร็วที่สุดตั้งแต่วันที่ 2 รองลงมาคือ วิธีเกษตรกรปฏิบัติ ส่วน กล่องพลาสติกลดช้าที่สุดและยังมีค่าความฝาดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2–4 เศรษฐศาสตร์การผลิตชี้ว่า ถุงสุญญากาศมีต้นทุนต่ำที่สุด (189 บาทต่อ 30 กิโลกรัม) จึงเหมาะสมที่สุดเชิงพาณิชย์ ทั้งด้านประสิทธิภาพและต้นทุน ขณะที่กล่องพลาสติกเหมาะกับระบบการจัดการเป็นชุดใหญ่แต่มีต้นทุนสูงและบ่มช้ากว่า

กิจกรรมที่ 3.2 การวิจัยและพัฒนาวิธีการแปรรูปผลผลิตจากพลับที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มเกษตรกรบนพื้นที่สูง

การพัฒนาพลับอบแห้งพันธุ์ P2 แบบมีส่วนร่วมพบว่า การหั่นผลพลับเป็น 6 ส่วน (น้ำหนัก 20-25 กรัม/ชิ้น) ร่วมกับการนวด ให้สีผิวดีที่สุดใกล้เคียงพลับอบเกาหลี และมีเนื้อนุ่มเป็นที่ยอมรับมากที่สุด โดยการนวดช่วยลดความแน่นเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ ทุกสูตรมีอายุเก็บรักษาประมาณ 30 วัน ขณะที่พลับอบเกาหลีเก็บได้มากกว่า 90 วัน สะท้อนข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีอบในระดับชุมชน แต่ยังพัฒนาต่อยอดได้ ต้นทุนผลิตประมาณ 837.99 บาท/กก. อยู่ในช่วงที่แข่งขันได้ และผลประเมินความพึงพอใจชี้ว่าพลับอบสูตร A2B1 มีคุณภาพทัดเทียมสินค้านำเข้า จึงเหมาะต่อการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์สำหรับเกษตรกรบนพื้นที่สูง