รายงานโครงการวิจัย

ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออก

On Farm Trial and Development on Cashew (Anacardium occidentale) Production Technology in the Eastern Region

กรมวิชาการเกษตร

สุชาดา ศรีบุญเรือง

Suchada Sreeboonruang

ปี พ.ศ.2564

รายงานโครงการวิจัย

ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออก

On Farm Trial and Development on Cashew (Anacardium occidentale) Production Technology in the Eastern Region

กรมวิชาการเกษตร

สุชาดา ศรีบุญเรือง

Suchada Sreeboonruang

ปี พ.ศ.2564

คำปรารภ

โครงการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออกดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2564 ดำเนินงาน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี แปลงเกษตรกรจังหวัดตราดและจังหวัดชลบุรี และสถานที่ผู้ประกอบการในภาคตะวันออก โดยใช้กระบวนการวิจัยเป็นเครื่องมือในการศึกษาเพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านการผลิตของมะม่วงหิมพานต์ให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด เพื่อให้เกษตรกรได้ผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่มีคุณภาพ ได้ผลผลิตสูง สามารถพึ่งตนเองได้ และผู้ประกอบการมีปริมาณและคุณภาพผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ สำหรับใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตอบสนองความต้องการของตลาดภายในประเทศลดการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากต่างประเทศและยังเพิ่มโอกาสแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากจะเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรแล้วยังเป็นการช่วยลดปัญหาการเกิดแหล่งเพาะเชื้อโรคในแปลงและการเกิดขยะเน่าเสียสู่สิ่งแวดล้อม (ลดปัญหาขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม) เพื่อเป็นแนวทางเลือกหนึ่งให้แก่ผู้สนใจได้นำเอาข้อมูลหรือองค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ ไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกประกอบอาชีพหลักหรืออาชีพเสริมรายได้ในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

สุชาดา ศรีบุญเรือง
นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
หัวหน้าโครงการวิจัย

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	5
ผู้วิจัย	6
บทนำ	7
บทคัดย่อ	9
กิจกรรมที่ 1 การทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก	11
กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาการเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะม่วงหิมพานต์ ที่เหมาะสมในพื้นที่	48
กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากมะม่วงหิมพานต์	72
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	102
บรรณานุกรม	104
ภาคผนวก ก	106
ภาคผนวก ข	115
ภาคผนวก ค	119

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณท่าน ผอ.พินิจ กัลยาศิลปิน ที่ช่วยสนับสนุนให้งานวิจัยนี้สามารถดำเนินการไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณสำเริง ช่างประเสริฐ คุณสาลี่ ชินสถิต และคุณเกษสิริ ฉันทพิริยะพูน ที่เป็นทั้งที่ปรึกษาผู้ให้การสนับสนุนข้อมูลทุกอย่างที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ขอขอบพระคุณคณะผู้เชี่ยวชาญและคณะกรรมการ ด้านวิชาการของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่ได้ติดตามงานและให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ยิ่งระหว่างดำเนินการ และขอขอบคุณพี่น้องนักวิชาการเกษตรและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ที่ร่วมดำเนินงานวิจัยและอำนวยความสะดวกด้วยดีตลอดการปฏิบัติงาน

สุชาดา ศรีบุญเรือง

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

สุชาดา ศรีบุญเรือง
ขนิษฐา วงษ์นิกร
หฤทัย แก่นลา
พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์
ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต
วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
ยุทธ ทนโม๊ะ
นภัสสร เจริญสุข
เพ็ญจันทร์ วิจิตร
อุมาพร รักษาพราหมณ์

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

มะม่วงหิมพานต์ถือเป็นพืชอุตสหกรรมชนิดหนึ่งและมีการปลูกกันมานานแล้วในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ดูแลง่าย ขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี อีกทั้งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับถั่วเปลือกแข็งอื่นๆที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศเช่น อัลมอนด์ แมคคาเดเมีย พิสตาชิโอและฮาเซลนัท (ตารางที่ 1) โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดประมาณ 103,050 ไร่ มีผลผลิตรวม 23,371 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) แหล่งปลูกมะม่วงหิมพานต์ในประเทศกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความหลากหลายและแตกต่างกันไปทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ 51,278.5 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 49.8 ของปริมาณพื้นที่ปลูกทั้งหมด โดยจังหวัดที่มีการปลูกมะม่วง หิมพานต์มากที่สุด คือ ชลบุรี ตราด จันทบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา โดยมีพื้นที่ปลูก 31,945.5 12,366 3,444 2,437 และ1,086 ไร่ ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) การส่งออกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของไทยมีไม่มากนัก เฉลี่ยปีละประมาณ 45 ตัน มูลค่าประมาณ 8-9 ล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.4-0.7 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด การส่งออกส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกหรือเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2556 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) แต่เนื่องจากเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ราคาจำหน่ายสูงจึงส่งผลให้มูลค่าตลาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูงตามไปด้วย โดยปี 2555 ปริมาณการบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศประมาณ 11,268 ตัน คิดเป็นมูลค่าตลาดประมาณ 2,700 ล้านบาท โดยเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตในประเทศสนองความต้องการบริโภคได้ร้อยละ 49 ของปริมาณการบริโภคทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 51 ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเวียดนามมีสัดส่วนนำเข้าร้อยละ 79.4 ของปริมาณนำเข้าทั้งหมด รองลงมาได้แก่ อินเดีย และ เมียนมาร์ สัดส่วนนำเข้าร้อยละ 14.1 และ 6.1 ตามลำดับ หากพิจารณาจากทิศทางการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พบว่า ปี 2551 ปริมาณนำเข้า 2,765 ตัน มูลค่า 670 ล้านบาท ปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 3,735 ตัน มูลค่า 1,462 ล้านบาท คิดเป็นอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 21.9 และ 21.5 ต่อปี ตามลำดับ อาจสรุปได้ว่าการบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นพิจารณาจากการขยายตัวของปริมาณและมูลค่าการนำเข้า การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC ทำให้ผู้ประกอบการในธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต้องเผชิญการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้ามากยิ่งขึ้น จากเดิมที่มีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกจากประเทศสมาชิกอาเซียนเป็นจำนวนมากอยู่แล้วโดยเฉพาะเวียดนาม ในทางตรงกันข้ามเป็นการเปิดโอกาสให้การนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ (ทั้งเปลือก) จากประเทศสมาชิกอาเซียนเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมากขึ้น ในปัจจุบันมีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งเปลือกจาก ลาว ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และเมียนมา (สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่จะใช้ให้เพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศ จึงมีความจำเป็นต้องมีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือก และ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ (ทั้งเปลือก) จากประเทศสมาชิกอาเซียนเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมากขึ้น

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ประเด็นปัญหาคือ ด้านวัตถุดิบ ปริมาณและคุณภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ภายในประเทศต่ำ เนื่องจากการเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน ขาดการดูแลบำรุงรักษาต้นมะม่วงหิมพานต์อย่างถูกต้องและเหมาะสมทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ เมล็ดเล็ก ไม่มีคุณภาพ รวมทั้งปริมาณสารอะฟลาท็อกซินในผลผลิตอีกด้วย ด้านคุณภาพการอบเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เป็นขั้นตอนที่สำคัญต่อคุณภาพของเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ และอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ หากควบคุมการผลิตไม่ดีจะส่งผลโดยตรงต่อราคาของผลิตภัณฑ์ นอกจากนั้น ในขั้นตอนกระเทาะเปลือกและลอกเยื่อหุ้มเมล็ดมีโอกาสปนเปื้อนได้มากหากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม ด้านสิ่งแวดล้อม ในกระบวนการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหินพานต์ให้เป็นผลิตภัณฑ์นั้น ยังมีวัตถุดิบเหลือใช้จากกระบวนการดังกล่าว ได้แก่ ผลเทียมหุ้มเมล็ดซึ่งเป็นส่วนของก้านผลที่มีเมล็ดติดอยู่ มีลักษณะคล้ายชมพู่ เปลือกหุ้มเมล็ดมะม่วง และเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วง เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวหากไม่มีการจัดการที่ดีก็อาจจะก่อให้เกิดปัญหาได้ ด้วยสาเหตุดังกล่าวทางคณะผู้ทำงานวิจัยจึงจำเป็นต้องทดสอบหาชุดเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่เพื่อช่วยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตดีมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของเกษตรกรที่เข้าไปดำเนินการทดสอบอย่างแท้จริง อีกทั้งควรมีงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่เพื่อลดปัญหาขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก
2. เพื่อทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวมะม่วงหิมพานต์
3. เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

ระเบียบวิธีการวิจัย

โครงการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออก ประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ

กิจกรรม 1 การทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาการเทคโนโลยีการจัดการหลักการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่

การทดลองที่ 2.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากมะม่วงหิมพานต์

การทดลองที่ 3.1 วิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี แปลงมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดตราด แปลงมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดชลบุรี และห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ระหว่างปี 2559-2564 มี 3 กิจกรรมดังนี้ **กิจกรรมที่ 1** การทดลองที่ 1.1 ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์หลังปลูก 4 ปี พบว่าด้านความสูงทรงพุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 มีความสูงทรงพุ่มสูงที่สุด เท่ากับ 355.7 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นรอบวงและขนาดทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้านปริมาณผลผลิตพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 327.7-1,084.5 กรัม/ต้น การทดลองที่ 1.2 การนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร จ.ตราด ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 313 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 293 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7 ด้านคุณภาพผลผลิตกรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ส่วนการทดลองที่ 1.3 การนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธี เกษตรกร จ.ชลบุรี ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 301 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 286 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11 ด้านคุณภาพผลผลิต กรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร **กิจกรรมที่ 2** ศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยลมร้อน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูป โดยเปรียบเทียบกับวิธีการอบลดความชื้นด้วยอุณหภูมิเดียวคงที่ ซึ่งเป็นวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิงและลดต้นทุนค่าใช้จ่าย ทำการศึกษาชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้น 5 รูปแบบได้แก่ รูปแบบที่ 1 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสคงที่ 12 ชั่วโมง, รูปแบบที่ 2 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 11 ชั่วโมง, รูปแบบที่ 3 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง, รูปแบบที่ 4 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมง และรูปแบบที่ 5 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้นรูปแบบที่ 5 มีความเหมาะสมที่สุดโดยใช้เวลาสั้น ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง โดยที่คุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ **กิจกรรมที่ 3** การคัดแยกและจำแนกสายพันธุ์ยีสต์และแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลและกรดอะซิติกตามลำดับจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สดจากแปลงเกษตรกรจังหวัดตราด จากการทดลองได้ยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์สูงสุดคือ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 (8.7± 0.4% v/v) และได้แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกสูงสุดคือ *Acetobacter tropicalis* A12 (5.91 ± 0.17% v/v) หลังจากนั้นทดสอบเปรียบเทียบวิธีที่ทำให้น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ใส โดยการตกตะกอนด้วยสารละลายเจลาตินที่ความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.2% ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้เจลาติน 0.2% ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะสามารถตกตะกอนน้ำคั้นให้ใสได้ดีที่สุด ต่อมาทำการ

ศรีวิชาการ

ทดสอบเปรียบเทียบสูตรถังหมักแอลกอฮอล์ที่มีอัตราส่วนน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำสะอาดแตกต่างกัน คือ 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* Y21 ในการหมัก พบว่าสูตร 1:4 สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดเท่ากับ 8.04 ± 0.4% v/v ภายใน 16 วัน สุดท้ายทดสอบเปรียบเทียบสูตรถังหมักน้ำส้มสายชูที่ปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกันคือ 5%, 6% และ 7% โดยใช้แบคทีเรีย *A. tropicalis* A12 พบว่าแต่ละสูตรสามารถผลิตกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 4.53 ± 0.18 %, 4.42 ± 0.41 % และ 5.03 ± 0.68 % ตามลำดับ และสูตรที่มีแอลกอฮอล์ตั้งต้น 7% จะผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดในเวลา 45 วัน แต่เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานของน้ำส้มสายชูหมักในผลิตภัณฑ์จะพบว่าทั้ง 3 สูตรสามารถใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ เพราะสามารถผลิตกรดอะซิติกได้มากกว่า 4% ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตรที่มีแอลกอฮอล์ตั้งต้น 5% ในการผลิตเพราะใช้เวลาในการหมักสั้นกว่าคือ 30 วัน คุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักที่ได้ มีดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9.7 ± 0.4 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.01 ± 0.03, ปริมาณกรดอะซิติก 4.53 ± 0.18 %, ปริมาณแอลกอฮอล์คงเหลือ 0.07 ± 0.00 % v/v และปริมาณวิตามินซี 2.23 ± 0.54 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

คำสำคัญ : มะม่วงหิมพานต์, ปรับปรุงปริมาณผลผลิต, การอบลดความชื้น, เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การแปรรูป, น้ำส้มสายชูหมัก, ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

Testing suitable cashew cultivars and production technology in the eastern region Conducted research at the Agricultural Research and Development Center, Chanthaburi Cashew plots of farmers in Trat Province Cashew plots of farmers in Chonburi Province and laboratory Agricultural Research and Development District 6 During 2016-2021, there were 3 activities as follows: Activity 1 Experiment 1.1 Studying the growth and yield of cashews four years after planting found that the height of the canopy There was a statistically significant difference. Sisaket 60-1 variety has the highest canopy height equal to 355.7 centimeters. The circumference and canopy size There were no statistically significant differences. In terms of yield, there was no statistically significant difference. There is an average between 327.7-1,084.5 g/plant Experiment 1.2 The application of cashew production technology of the Sisaket Horticultural Research Center to compare with the farmer's method in Trat province during 2016-2019 found that the recommended method (using fertilizer 13-13-21) yielded an average yield of 313 kg in 3 years, equal to 313 kg. /rai, which is higher than the farmer's process (using 15-15-15 fertilizers), yields an average yield of 3 years equal to 293 kg/rai or 7% In terms of yield quality, the recommended method tends to increase the quality of the produce more than the farmer's method. As for the experiment 1.3, the application of cashew production technology of the Sisaket Horticultural Research Center to compare with the farmer's method in Chonburi province during 2016-2019. It was found that the recommended method (using 13-13-21 fertilizer) yielded an average 3 year yield of 301 kg/rai, which was higher than the farmer's process (using 15-15-15 fertilizer) yielding an average 3-year yield of 286 kg/rai, representing a percentage. 11 In terms of yield quality, the recommended method tends to increase the quality of the produce more than the farmer's method. Activity 2 Study on suitable temperature set for cashew nut dehumidified drying that is part of the production process for processing with hot air. They were compared with the constant temperature conventional method. The objectives were to decrease operating time, power consumption, fuel consumption and cost. The study was carried out on 5 concept of dehumidified drying set, the first concept was constant 75 °C 12 hr, the second concept was 80° C 1 hr and continued 75 °C 11 hr, the third concept was 80° C 2 hr and continued 75 °C 9 hr, the fourth concept was 85° C 1 hr and continued 75 °C 10 hr, the fifth concept was 85° C 2 hr and continued 75 °C 8 hr The results showed that the fifth concept was optimal method. It used least time, saved power and fuel cost, in addition, the quality of cashew nuts could be accepted by entrepreneur. Activity 3 Screening and identification of yeast strains and acetic acid bacteria suitable for

ethanol and acetic acid production respectively from fresh cashew apple from farmer plots in Trat Province. From the experiment, the highest alcohol-producing yeast was *Saccharomyces cerevisiae* Y21 (8.7± 0.4% v/v), and the highest acetic acid bacteria was *Acetobacter tropicalis* A12 (5.91 ± 0.17% v/v). By precipitation with gelatin solutions at concentrations of 0, 0.1 and 0.2% at 30, 40 and 50 °C, it was found that using 0.2% gelatin at 50 °C for 15 min was the best precipitation. The later, a comparative test of the alcohol fermentation formula with different ratios of cashew apple juice to clean water was 1:3, 1:4 and 1:5 using *S. cerevisiae* Y21 yeast for fermentation. It was found that the formula 1: 4 able to produce a maximum alcohol content of 8.04 ± 0.4% v/v within 16 days. Finally, a comparative test of vinegar fermentation formulations adjusted for different alcohol content of 5%, 6% and 7% using *A. tropicalis* A12 for production. It was found that each formulation was able to produce a maximum acetic acid of 4.53 ± 0.18 %, 4.42 ± 0.41 % and 5.03 ± 0.68 %, respectively, and a formula containing 7% base alcohol produced a maximum acetic acid in 45 days. From the standard of fermented vinegar in the product, it was found that all 3 formulas can be used in the production of fermented vinegar. Because it can produce more than 4% acetic acid. A formula with 5% alcohol was chosen for its production because it took 30 days to ferment. The quality of the fermented vinegar is as follows. The soluble solids were 9.7 ± 0.4 deg Brix, the pH was 3.01 ± 0.03, the acetic acid content was 4.53 ± 0.18 %, the alcohol residue was 0.07 ± 0.00 % v/v, and the vitamin C content was 2.23. ± 0.54 mg per 100 ml

Key words : cashew, production improvement, dehumidified drying, cashew nut processing, fermented vinegar, cashew apple

ศูนย์วิทยทรัพยากร

การทดลองที่ 1

กิจกรรมที่ 1

ชื่อกิจกรรมงานวิจัย

ทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก

Testing Suitable Cashew Cultivars and Production Technology in the Eastern Region

ชื่อผู้วิจัย

สุชาดา ศรีบุญเรือง ยุทธ ทนโม๊ะ

Suchada Sreeboonruang, Yoot Thonmo

คำสำคัญ (Key words)

มะม่วงหิมพานต์, ปรับปรุงปริมาณผลผลิต

Cashew, production improvement

บทคัดย่อ

การทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ จ.จันทบุรี ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ระหว่างปี 2560-2564 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี ดังนี้ 1) พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 2) พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 3) พันธุ์ศิริชัย 25 4) พันธุ์พื้นเมือง 1 5) พันธุ์พื้นเมือง 2 และ 6) พันธุ์เกาะพยาม พบว่าด้านความสูงทรงพุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 มีความสูงทรงพุ่มสูงที่สุด เท่ากับ 355.7 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นรอบวงและขนาดทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 51.8-57.8 เซนติเมตร และ 408-467 เซนติเมตร ตามลำดับ ด้านปริมาณผลผลิตพบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 327.7-1,084.5 กรัม/ต้น สำหรับด้านคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการเก็บเกี่ยว เช่น ขนาดเมล็ดก่อนและหลังกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์พื้นเมือง 2 เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวดีที่สุด จากการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร จ.ตราด ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 313 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 293 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7 ด้านรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี พบว่ากรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เท่ากับ 14,480 และ 9,450 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 13,509 และ 8,437 บาทต่อไร่ ส่งผลทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.9 และ 2.7 ตามลำดับ ด้านคุณภาพผลผลิตกรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ

ศรีสะเกษ

65 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 9 อีกทั้งกรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 154 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 162 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค ส่วนการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร จ.ชลบุรี ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 301 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 286 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11 ด้านรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี พบว่ากรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เท่ากับ 12,724 และ 7,772 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 11,435 และ 6,464 บาทต่อไร่ ส่งผลทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.6 และ 2.3 ตามลำดับ ด้านคุณภาพผลผลิต กรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 3 อีกทั้งกรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 170 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 176 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเมล็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

Abstract

Suitable cashew cultivar testing in Chanthaburi province at Chanthaburi Agricultural Research and Development Center during 2017-2021. The RCB experiment was planned with 4 replications. consisting of 6 methods as follows: 1) Sisaket 60-1 2) Sisaket 60-2 3) Sirichai 25 4) Native 1 5) Native 2 and 6) Koh Phayam found that the height of the canopy There was a statistically significant difference. Sisaket 60-1 variety has the highest canopy height equal to 355.7 centimeters. The size of the girth and the size of the canopy There were no statistically significant differences. The mean is between 51.8-57.8 centimeters and 408-467 centimeters, respectively. In terms of yield, there was no statistically significant difference. There is an average between 327.7-1,084.5 g/plant The quality of cashew nut after harvesting was the seed size before and after shelling. percentage of good seeds and the number of seeds per kilogram found that there was a statistically significant difference. The native cultivar 2 is the cultivar with the best post-harvest seed quality. The application of cashew production technology of the Sisaket Horticultural Research Center to compare with the farmer's method in Trat Province during 2016-2019. It was found that the recommended method (using 13-13-21 fertilizer)

กรมวิชาการเกษตร

yielded an average 3-year yield of 313 kg/rai, which was higher than the farmer's process (using 15-15-15 fertilizer) yielding an average 3 year yield of 293 kg/rai, representing a percentage 7. In terms of income and average return for 3 years, it was found that the recommended method had more income and return than the farmer method, equal to 14,480 and 9,450 baht/rai, respectively. Farmer's process The average income and return for 3 years are 13,509 and 8,437 baht/rai As a result, the BCR value of the recommended method was higher than that of the farmer's method, averaging 3 years, at 2.9 and 2.7, respectively. In terms of yield quality, the recommended method tends to increase the quality of the produce more than the farmer's method. by recommended method The average percentage of good seed for 3 years was 74%, which was higher than the farmer's process. The average percentage of good seed for 3 years was 65%, representing a percentage 9. Moreover, the recommended method had better seed count per kilogram than the farmer's method. by recommended method The average number of seeds per kg for 3 years was 154 tablets/kg. Farmer's process The average number of seeds per kg for 3 years was 162 tablets/kg. This showed that the recommended method had a larger grain size and better weight than the farmer's method. which meets the needs of entrepreneurs and consumers. As for the use of cashew production technology of the Sisaket Horticultural Research Center to compare with the farmer's method in Chonburi province during 2016-2019 It was found that the recommended method (using 13-13-21 fertilizer) yielded an average 3 year yield of 301 kg/rai, which was higher than the farmer's process (using 15-15-15 fertilizer) yielding an average 3 year yield of 286 kg/rai, representing a percentage 11. In terms of income and average return for 3 years, it was found that the recommended method had more income and return than the farmer method, equal to 14,480 and 9,450 baht/rai, respectively. Farmer's process The average income and return for 3 years are 12,724 and 7,772 baht/rai As a result, the BCR value of the recommended method was higher than that of the farmer's method, averaging 3 years, at 2.6 and 2.3, respectively. In terms of yield quality, the recommended method tends to increase the quality of the produce more than the farmer's method. by recommended method The average percentage of good seed for 3 years was 50%, which was higher than the farmer's process. The average percentage of good seed for 3 years was 47%, representing a percentage 3. Moreover, the recommended method had better seed count per kilogram than the farmer's method. by recommended method The average number of seeds per kg for 3 years was 170 tablets/kg. Farmer's process The average number of seeds per kg for 3 years was 176 tablets/kg. This showed that the recommended method had a larger grain size

and better weight than the farmer's method. which meets the needs of entrepreneurs and consumers

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์ถือเป็นพืชอุตสหกรรมชนิดหนึ่งและมีการปลูกกันมานานแล้วในประเทศไทย เนื่องจากเป็นพืชทนต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งได้ดี ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็ว ดูแลง่าย ขึ้นได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี อีกทั้งเป็นพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับถั่วเปลือกแข็งอื่นๆที่มีการนำเข้าจากต่างประเทศเช่น อัลมอนด์ แมคคาเดเมีย พิสตาชิโอและฮาเซลนัท โดยประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดประมาณ 103,050 ไร่ มีผลผลิตรวม 23,371 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) แหล่งปลูกมะม่วงหิมพานต์ในประเทศกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความหลากหลายและแตกต่างกันไปทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ภาคตะวันออกมีพื้นที่ปลูกมะม่วงหิมพานต์ 51,278.5 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 49.8 ของปริมาณพื้นที่ปลูกทั้งหมด โดยจังหวัดที่มีการปลูกมะม่วงหิมพานต์มากที่สุด คือ ชลบุรี ตราด จันทบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา โดยมีพื้นที่ปลูก 31,945.5 12,366 3,444 2,437 และ1,086 ไร่ตามลำดับ (ดัดแปลงจาก กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) การส่งออกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของไทยมีไม่มากนัก เฉลี่ยปีละประมาณ 45 ตัน มูลค่าประมาณ 8-9 ล้านบาท หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 0.4-0.7 ของปริมาณการผลิตทั้งหมด การส่งออกส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกหรือเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์, 2556 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) แต่เนื่องจากเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ราคาจำหน่ายสูง จึงส่งผลให้มูลค่าตลาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สูงตามไปด้วย โดยปี 2555 ปริมาณการบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศประมาณ 11,268 ตัน คิดเป็นมูลค่าตลาดประมาณ 2,700 ล้านบาท โดยเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตในประเทศสนองความต้องการบริโภคได้ร้อยละ 49 ของปริมาณการบริโภคทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 51 ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเวียดนามมีสัดส่วนนำเข้าร้อยละ 79.4 ของปริมาณนำเข้าทั้งหมด รองลงมาได้แก่ อินเดีย และ เมียนมาร์ สัดส่วนนำเข้าร้อยละ 14.1 และ 6.1 ตามลำดับ หากพิจารณาจากทิศทางการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา พบว่า ปี 2551 ปริมาณนำเข้า 2,765 ตัน มูลค่า 670 ล้านบาท ปี 2555 เพิ่มขึ้นเป็น 3,735 ตัน มูลค่า 1,462 ล้านบาท คิดเป็นอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 21.9 และ 21.5 ต่อปี ตามลำดับ อาจสรุปได้ว่าการบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นพิจารณาจากการขยายตัวของปริมาณและมูลค่าการนำเข้า การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC ทำให้ผู้ประกอบการในธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต้องเผชิญการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้ามากยิ่งขึ้น จากเดิมที่มีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือกจากประเทศสมาชิกอาเซียนเป็นจำนวนมากอยู่แล้วโดยเฉพาะเวียดนาม ในทางตรงกันข้ามเป็นการเปิดโอกาสให้การนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ (ทั้งเปลือก) จากประเทศสมาชิกอาเซียนเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมากขึ้น ในปัจจุบันมีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งเปลือกจาก ลาว ฟิลิปปินส์ กัมพูชา และเมียนมา (สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) เนื่องจากขาดแคลนวัตถุดิบที่จะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่จะใช้ให้

กรมวิชาการเกษตร

เพียงพอกับความต้องการบริโภคภายในประเทศ จึงมีความจำเป็นต้องมีการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์กะเทาะเปลือก และ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ดิบ (ทั้งเปลือก) จากประเทศสมาชิกอาเซียนเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบมากขึ้น

ประเด็นปัญหาคือ ด้านวัตถุดิบ ปริมาณและคุณภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ภายในประเทศต่ำ เนื่องจากการเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน ขาดการดูแลบำรุงรักษาต้นมะม่วงหิมพานต์อย่างถูกต้องและเหมาะสมทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ เมล็ดเล็ก ไม่มีคุณภาพ รวมทั้งปริมาณสารอะฟลาท็อกซินในผลผลิตอีกด้วย ด้วยสาเหตุดังกล่าวทางคณะผู้ทำงานวิจัยจึงจำเป็นต้องทดสอบหาชุดเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่เพื่อช่วยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตดีมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของเกษตรกรที่เข้าไปดำเนินการทดสอบอย่างแท้จริง

การทบทวนวรรณกรรม

มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชอเนกประสงค์สามารถนำส่วนต่างๆ ของต้นมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ทั้งด้านการบริโภค การแพทย์ และอุตสาหกรรม ตั้งแต่ ราก ลำต้น เปลือก ใบ ยอดอ่อน ผลจริง ผลเทียม น้ำมันจากเปลือกผลเยื่อหุ้มเมล็ดใน และเมล็ดใน แต่มีเพียงสองส่วนเท่านั้นที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด คือ เมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ และน้ำมันจากเปลือกของเมล็ด ในส่วนของเมล็ดในนั้นนิยมนำมารับประทานเป็นของขบเคี้ยวหรือใช้เป็นส่วนประกอบในอาหารต่างๆ ปัจจุบันมีการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นของขบเคี้ยวหรืออาหาร เช่น เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทอด คั่ว อบเกลือหรืออบเนย เป็นต้น

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าทางอาหารของถั่วชนิดต่างๆในปริมาณ 100 กรัม (3.5 ออนซ์)

ถั่ว	พลังงาน (แคลอรี)	โปรตีน (กรัม)	ไขมันทั้งหมด (กรัม)	ไขมันอิ่มตัว (กรัม)	ไขมันเริ่มต้นเชิงเดี่ยว (กรัม)	ไขมันอิ่มตัวเชิงซ้อน (กรัม)
1. อัลมอนด์	575	21	49	3.7	3.1	12
2. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์	533	18.22	44	8	24	8
3.แมคคาเดเมีย	718	8	76	12	59	1.5
4.พิสตาชิโอ	562	20	45	6	24	14
5.ฮาเซลนัท	628	15	61	4.5	46	8

แหล่งที่มา: ดัดแปลงจาก USDA Nutrient database อ้างโดย Wikipedia. Online.

สรรพคุณของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เช่น เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อุดมไปด้วยธาตุทองแดง ช่วยบำรุงเส้นผมและผิวหนัง มีธาตุแมกนีเซียมในปริมาณมาก จึงช่วยบำรุงสุขภาพเหงือก สุขภาพฟันและกระดูกให้แข็งแรง ป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุนในผู้สูงอายุ และสามารถช่วยให้ลดความดันโลหิตได้ มีกรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid) ซึ่งช่วยป้องกันโรคไขมันอุดตันในเส้นเลือด ป้องกันโรคหัวใจ และโรคเกี่ยวกับทรวงอก การมีกรดไขมันอิ่มตัวในปริมาณมาก ช่วยในการป้องกันโรคไขมันตับและไม่สะสมในร่างกายมากจนเกินไป จึงไม่ทำให้อ้วน อย่างไรก็ตามไม่

กรมวิชาการเกษตร

ควรรับประทานเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในปริมาณที่มากเกินไป (หรือไม่ควรเกิน 10 เมล็ดต่อการรับประทาน 1ครั้ง) เนื่องจากเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะให้พลังงานสูง ซึ่งหากนำไป แปรรูปด้วยการอบหรือทอดเนยก็จะมีพลังงานมากขึ้นไปอีก อาจส่งผลให้ได้รับพลังงานมากเกินได้

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์สด คุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม (3.5 ออนซ์)			
พลังงาน		2,314 kJ (533 kcal)	
คาร์โบไฮเดรต	30.19 g	**น้ำ**	5.2 g
แป้ง	23.49 g	วิตามินบี 1	0.42 mg (37%)
น้ำตาล	5.91 g	วิตามินบี 2	0.6 mg (5%)
ใยอาหาร	3.3 g	วิตามินบี 3	1.06 mg (7%)
ไขมันทั้งหมด	44 g	วิตามินบี 5	0.86 mg (17%)
กรดไขมันอิ่มตัว	8 g	วิตามินบี 6	0.42 mg (32%)
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	24 g	วิตามินบี 9	25 µg (6%)
กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน	8 g	วิตามินซี	0.5 mg (1%)
โปรตีน	18.22 g	วิตามินอี	0.9 mg (6%)
ธาตุแคลเซียม	37 mg (4%)	ธาตุฟอสฟอรัส	593 mg (85%)
ธาตุเหล็ก	6.68 mg (51%)	ธาตุโพแทสเซียม	660 mg (14%)
ธาตุแมกนีเซียม	292 mg (82%)	ธาตุโซเดียม	12 mg (1%)
ธาตุแมงกานีส	1.66 mg (79%)	ธาตุสังกะสี	5.78 mg (4%)

แหล่งที่มา: USDA Nutrient database อ้างโดย Wikipedia. Online.

มะม่วงหิมพานต์ที่ปลูกอยู่ทั่วโลกมีไม่ต่ำกว่า 400 พันธุ์ แต่พันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าในปัจจุบันมีไม่มากนัก ซึ่งได้จากการคัดเลือกจากพันธุ์พื้นเมืองที่มีลักษณะดีตรงตามความต้องการ สำหรับประเทศไทยในปัจจุบัน กรมวิชาการเกษตรได้ทำการคัดเลือกและรับรองพันธุ์แล้วจำนวน 2 พันธุ์ คือพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และพันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 นอกจากพันธุ์ที่ได้กล่าวมาแล้วยังมีพันธุ์ที่เอกชนได้คัดเลือกอีก 1 พันธุ์ คือ พันธุ์ศิริชัย 25 (ยังไม่ได้ผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตร) และมี 1 สายพันธุ์ที่เกษตรกรได้คัดเลือกเอง คือ พันธุ์เกาะพยาม (ยังไม่ได้ผ่านการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรเช่นกัน)

ลักษณะทั่วไปของของมะม่วงหิมพานต์

1. พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1

เป็นพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษคัดเลือก และได้ผ่านการรับรองพันธุ์แล้วจากกรมวิชาการเกษตร ลักษณะทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปครึ่งวงกลมใบเป็นรูปไข่ ออกดอกก่อนพันธุ์อื่นเล็กน้อย ประมาณเดือนพฤศจิกายน อายุตั้งแต่ดอกบานจนถึงเก็บเกี่ยวระหว่าง 90-95 วัน ผลเทียมมีรูปร่างป้อม-รี สีแดงเข้ม เมล็ดมีสีเทาขนาดใหญ่ปานกลาง จำนวนเมล็ดทั้งเปลือก 158 เมล็ดต่อกิโลกรัม ผลผลิตรวม 8 ปี (อายุ 3-10 ปี) 98.0 กิโลกรัมต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 89 % การกะเทาะ 27 % จำนวนเมล็ดเนื้อในต่อปอนด์ 269 เมล็ดจัดอยู่ในเกรด 3 ของ

กรมวิชาการเกษตร

มาตรฐานตลาดโลก เป็นพันธุ์ที่ค่อนข้างทนทานต่อโรคยางไหล โรคผลเน่าและโรคช่อดอกแห้ง ซึ่งเป็นโรคที่สำคัญของมะม่วงหิมพานต์

2. พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2

เป็นพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษคัดเลือก และได้ผ่านการรับรองพันธุ์แล้วจากกรมวิชาการเกษตรเช่นกัน ลักษณะทรงพุ่มโปร่ง เป็นรูปครึ่งวงกลมใบเป็นรูปไข่ ฤดูออกดอกปกติ คือเดือนธันวาคม โดยมีอายุตั้งแต่ดอกบานถึงเก็บเกี่ยว ระหว่าง 100 – 110 วัน ผลเทียมมีรูปร่างรี-ยาว สีชมพูปนเหลือง เมล็ดมีสีน้ำตาลปนแดง ขนาดค่อนข้างใหญ่ จำนวนเมล็ดทั้งเปลือก 138 เมล็ดต่อกิโลกรัม ผลผลิตรวม 8 ปี (อายุ 3–10 ปี) 75.4 กิโลกรัมต่อต้น เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี 75 % การกะเทาะ 25 % จำนวนเมล็ดเนื้อในต่อปอนด์ 253 เมล็ด จัดอยู่ในเกรด 3 ของมาตรฐานตลาดโลก เป็นพันธุ์ที่ค่อนข้างทนทานต่อโรคยางไหล โรคผลเน่า และโรคช่อดอกแห้งเช่นกัน

3. พันธุ์ศิริชัย 25

พบเมื่อปี 2525 ที่จังหวัดจันทบุรี โดยบริษัทมาบุญครองศิริชัยมะม่วงหิมพานต์ จำกัด ซึ่งได้ขยายพันธุ์ส่งเสริมปลูกอย่างจริงจังในปี 2528 - 2533 เพื่อสนองนโยบายลดพื้นที่มันสำปะหลังของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลักษณะของพันธุ์นี้คือ ทรงพุ่มเป็นรูปครึ่งวงกลม ผลเทียมสีแดงเข้ม เมล็ดใหญ่ จำนวนเมล็ดใหญ่ทั้งเปลือก 153.7 เมล็ดต่อกิโลกรัม จำนวนเมล็ดเนื้อในต่อปอนด์ 240 เมล็ด เปอร์เซ็นต์การกะเทาะ 33.9 % ขนาดเมล็ดอยู่ในขนาดใกล้เคียงมาตรฐานโลก

4. พันธุ์เกาะพยาม

เป็นพันธุ์ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดระนอง โดยปลูกมากในพื้นที่ตำบลเกาะพยาม ลักษณะพันธุ์ผลสุกเต็มที่มีสีเหลือง เมล็ดมีสีน้ำตาลปนเทา รูปร่างกลมมนโต ขนาดเมล็ดใหญ่ จำนวนเมล็ดทั้งเปลือก 100-110 เมล็ดต่อกิโลกรัม เนื้อแน่นเปอร์เซ็นต์การกะเทาะมากกว่า 25 % ผลผลิตเฉลี่ยเมื่ออายุ 25-30 ปี ประมาณ 20 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี

เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ ดังนี้

- ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ
- เมล็ดโต น้ำหนักเมล็ดมากกว่า 5 กรัม
- เมล็ดเนื้อในน้อยกว่า 320 เมล็ดต่อปอนด์ หรือจัดอยู่ในเกรด 4 ของตลาดโลก
- มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะไม่ต่ำกว่า 25%
- มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี (เมล็ดจมน้ำ) สูง
- มีลักษณะเด่นอื่นๆ เช่น ออกดอกเร็ว

กรมวิชาการเกษตร

มาตรฐานคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบสากล

เกรด	จำนวนเมล็ดต่อ 454 กรัม (1 ปอนด์)
ใหญ่พิเศษ	160-180
ใหญ่	180-200
เกรด1 W210	200-210
เกรด2 W240	220-240
เกรด3 W280	260-280
เกรด4 W320	300-320
เกรด5 W400	350-400
เกรด6 W450	400-450
เกรด7 W500	450-500

แหล่งที่มา: สุวิทย์ (2546) อ้างจาก สุชาติ เชิงทอง และสุทธิจิตต์ เชิงทอง. (2546)

กรมวิชาการเกษตร

การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

วิธีการเก็บเกี่ยว

ปกติมะม่วงหิมพานต์จะเริ่มให้ผลผลิตปีที่ 3 โดยจะเริ่มออกดอกประมาณเดือนธันวาคม- กุมภาพันธ์ หลังจากดอกบานประมาณ 2 เดือน ผลจะเริ่มแก่และเก็บเกี่ยวประมาณเดือนกุมภาพันธ์- พฤษภาคม โดยจะมีผลผลิตมากที่สุดเดือนมีนาคม – เมษายน การเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องควรปล่อยให้ผลแก่เต็มที่แล้วร่วงหล่นจึงเก็บเกี่ยวผลเอาที่พื้น ไม่ควรเก็บบนต้นเพราะจะได้เมล็ดอ่อนที่ไม่แก่เต็มที่ เมื่อเก็บมาแล้วให้บิดเมล็ดออกจากผลทันทีเพื่อป้องกันเชื้อราเข้าทำลายเมล็ด

การเก็บรักษา

ความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่สูงเกินไปจะทำให้เกิดผลเสียต่อเมล็ด เช่น เกิดรา เสียรสชาติ เกิดกลิ่นเหม็นหืน เป็นต้น จึงควรนำเมล็ดไปตากแดด 2-3 วัน ให้เมล็ดแห้งสนิท (ความชื้นไม่เกิน 12 %) เพื่อเก็บไว้ได้นานโดยไม่เน่าเสีย รอการจำหน่ายหรือกะเทาะเมล็ดต่อไป โดยเก็บรักษาไว้ในพื้นห้องที่แห้งและแข็งแรง ถ้าเป็นพื้นที่มีความชื้นสูงควรมีพัดลมดูดอากาศ ทั้งนี้อาจเก็บไว้ในกระสอบ หรือเทกองก็ได้ แต่การเก็บแบบเทกองจะต้องมีเครื่องมือ ในการเก็บรักษาอีกหลายชนิด จึงทำให้ต้นทุนการเก็บรักษาสูงกว่าแบบแรก

การแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

การกะเทาะเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1) *ทำความสะอาด* นำเมล็ดมะม่วงหินพานต์ดิบไปล้างน้ำทำความสะอาดให้ปราศจาก สิ่งเจือปน โรคแมลงและคัดเมล็ดเสียทิ้ง

2) *เตรียมเมล็ดก่อนการกะเทาะ* เพื่อลดปริมาณน้ำมันจากเปลือก ทำให้เปลือกแยกตัวจากเมล็ดใน ทำให้การกะเทาะง่ายขึ้น วิธีที่นิยมทำเป็นการค้ามักใช้วิธีต้มเมล็ดในน้ำเดือดประมาณ 30 นาที แล้วนำมาตากแดดประมาณ 1-2 แดด ให้เมล็ดมีความชื้นเหลือประมาณ 9 % ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมากะเทาะต่อไป

3) *การกะเทาะเมล็ด* ส่วนมากนิยมกะเทาะด้วยเครื่องกะเทาะเมล็ดแบบโยกมือเพราะราคา ถูก กะเทาะง่าย และได้เมล็ดดี 70-80 %

4) *การอบเมล็ดและเยื่อหุ้มเมล็ดใน* เพื่อให้เยื่อในเมล็ดแห้ง สามารถลอกเยื่อได้ง่าย และเป็นการลดความชื้นเมล็ดเพื่อป้องกันแมลงและเชื้อรา อาจใช้วิธีตากแดด 2-3 แดด แต่วิธีที่ทำกันโดยทั่วไป คือการอบด้วยความร้อนแห้งในตู้อบที่มีชั้นสำหรับวางถาดที่บรรจุเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลายชั้น โดยอบให้เมล็ดเหลือความชื้นประมาณ 4-5 % ถ้าความชื้นต่ำกว่านี้จะทำให้เมล็ดในกรอบหรือแตกหักง่าย

5) *การลอกเยื่อหุ้มเมล็ดใน* ในปัจจุบันใช้แรงงานคน โดยใช้มีดเล็กๆ ขูดเยื่อออกจากเมล็ด ให้คมมีดกดลงที่ส่วนเว้า เยื่อหุ้มก็จะหลุดออกแล้วใช้ปลายมีดแคะเยื่อหุ้มส่วนที่เหลือออก ในช่วงฤดูฝนที่มีความชื้นในอากาศสูง ควรเก็บเมล็ดที่ยังไม่ลอกเยื่อหุ้มไว้ในภาชนะที่สามารถป้องกันความชื้นได้ ขณะทำการลอกเยื่อหุ้มเมล็ดในควรเอาเมล็ดออกมาทำทีละน้อยให้ทันกับเวลาที่เมล็ดจะดูดความชื้นเข้าไป มิฉะนั้นเยื่อจะเหนียวติดเมล็ดใน ซึ่งจะต้องนำไปอบหรือตากแดดอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ต้องระวังเรื่องความสะอาด การแตกหักของเมล็ดในและรอยขูดลอกด้วย หลังจากนั้นจึงนำไปคัดขนาดบรรจุหีบห่อเพื่อการจำหน่าย

สถาบันวิจัยพืชสวน (2541) รายงานว่าในการเพิ่มผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ จะต้องมีการปฏิบัติดูแลรักษา โดยมีการตัดแต่งกิ่งที่ถูกต้องหลังการเก็บเกี่ยว มีการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง และการพ่นสารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูที่สำคัญ ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตได้เฉลี่ย 34% และการปลูกมะม่วงหิมพานต์ให้ได้ผลดีควรปลูกด้วยต้นต่อเปลี่ยนยอดหรือเปลี่ยนยอดภายหลังปลูกต้นไปแล้ว

จากการศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมต่อการออกดอกของมะม่วงหิมพานต์ พบว่าน่าจะถูกควบคุมโดยสภาวะเครียดของน้ำตามธรรมชาติ คือ ความแห้งแล้งในฤดูออกดอก ซึ่งตรงกับฤดูหนาว การลดต่ำของอุณหภูมิมีผลต่อการกระตุ้นการออกดอกเพียงเล็กน้อย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) เป็นส่วนของก้านผลที่มีเมล็ดติดอยู่ ลักษณะคล้ายผลชมพู่ผลนิ่มเนื้อใน มีสายเยื่อใยมากเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในปี 2555 ภาคตะวันออกมีพื้นที่การปลูกมะม่วงหิมพานต์ 51,278.5 ไร่ ได้ผลผลิตจำนวน 11,638.75 ตันต่อปี (ดัดแปลงจาก กรมส่งเสริมการเกษตร, 2555 อ้างโดยสถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) คิดเป็นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหลือทิ้งเกือบ 116,387.5 ตันต่อปี (ผลเทียมมีน้ำหนักมากกว่าเมล็ด 5-10 เท่า อ้างโดยภคินี และคณะ, 2532 ; รัตนาภรณ์และคณะ, 2525 ; Nanjundaswamy *et al*, 1984)

ศรัณย์และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลสดมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) ที่เป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าประกอบไปด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า และความชื้น ร้อยละ 2.32, 11.59, 0.35, 6.64, 0.43 และ 78.67 ตามลำดับ เมื่อนำผลสดมะม่วงหิมพานต์มาคั้นน้ำ พบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 9 องศาบริกซ์ และมีปริมาณสารพฤกษเคมีได้แก่ ฟีนอลิกและวิตามินซีเท่ากับ 38.1 กรัม/100 กรัม และ 238.07 mgAA/100 กรัม ตามลำดับ แต่เนื่องจากมีรสฝาดและกลิ่นเฉพาะตัวจึงไม่ได้รับความนิยมในการบริโภค แต่

กรมวิชาการเกษตร

เนื่องจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มีคุณค่าทางอาหาร เป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุจึงมีผู้วิจัยสนใจนำผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ไปแปรรูปเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและลดปัญหาขยะเหลือทิ้งทางการเกษตร ผลิตภัณฑ์แปรรูปดังกล่าวได้แก่ แยมจากผลมะม่วงหิมพานต์ ผลมะม่วงหิมพานต์แผ่น น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ ไวน์ และน้ำส้มสายชูหมัก เป็นต้น

น้ำส้มสายชูหมักเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือ น้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2544) กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอลซึ่งเป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศและอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ในการเปลี่ยนน้ำตาลในผลไม้ให้เป็นเอทานอล ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยอาศัยแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) อาศัยเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การเปลี่ยนในขั้นนี้ต้องการออกซิเจนมากเพื่อที่จะไปออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดน้ำส้ม (นฤมลและคณะ, 2558)

กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานของน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่นต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

1. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส
2. ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้
   2.1 สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   2.2 ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   2.3 ทองแดงและสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   2.4 เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
3. ไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น
4. ไม่มีกรดกำมะถัน (sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น
5. ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ
6. ไม่มีหนอนน้ำส้ม (Vinegar eel)
7. ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม
8. ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food additives) ได้ดังต่อไปนี้
   8.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
   8.2 กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
9. มีแอลกอฮอล์ตกค้าง (Residual alcohol) ไม่เกินร้อยละ 0.5
10. การแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักที่ได้ เช่น สายพันธุ์และอายุ เก็บเกี่ยวของผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ สายพันธุ์ของเชื้อยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอล และสายพันธุ์ของแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก เป็นต้น

ศรีปทุมกรุงเทพ

ภคินี และคณะ (2532a) ได้ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 5 สายพันธุ์ คือศรีสะเกษ 60-1, ศรีสะเกษ 60-2, ศก.11-18, ศก. 12-13 และ ศก.18-16 เพื่อการทำน้ำคั้น ทำการศึกษาที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 เมื่อผลเทียมยังไม่เจริญเต็มที่ ระยะที่ 2 เมื่อผลเทียมเจริญเต็มที่แต่เนื้อแน่น ระยะที่ 3 เมื่อ ผลสุก และระยะที่ 4 เมื่อผลร่วงจากต้นแต่ยังไม่เน่า พบว่าสายพันธุ์ที่ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำคั้นดีที่สุดคือศรีสะเกษ 60-1 รองลงมาคือ สายพันธุ์ ศรีสะเกษ 60-2, ศก. 11-18, ศก. 12-13 และ ศก.18-16 ตามลำดับ โดย ผลเทียมที่ระยะที่ 4 ให้น้ำคั้นดีที่สุดสามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 20.20, 20.80, 16.10, 16.73 และ 17.83 องศาบริกซ์ ตามลำดับ รองลงมาคือระยะที่ 3, และระยะที่ 2 ส่วนระยะที่ 1 ให้น้ำคั้นที่คุณภาพยอมรับต่ำที่สุด

ภคินี และคณะ (2532b) ได้ศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 2 สายพันธุ์คือ ศรีสะเกษ 60-1 และ ศรีสะเกษ 60-2 โดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 6 สายพันธุ์ คือ Y28, Y168, TISTR 5022, TISTR 5024, TISTR 5025 และ TISTR 5026 หมักในน้ำคั้นจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีการปรับความความหวานโดยวัดเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็น 21 องศาบริกซ์ หมักนาน 21 วัน ในสภาพอุณหภูมิปกติ 30+3 องศาเซลเซียส ใช้กล้าเชื้ออายุ 2-3 วัน ปริมาณ 5% โดยปริมาตรของน้ำคั้น เมื่อหมักเสร็จทำการฆ่าเชื้อด้วยการต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นตกตะกอนให้ไวน์ใสด้วย bentonite ความเข้มข้น 5% อัตรา 1% ของไวน์ ปล่อยทิ้งไว้ ให้ตกตะกอนจึงดูดส่วนใสออกและบ่มนาน 4 เดือนจึงนำมาทดสอบคุณภาพของไวน์พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ต่างกันจะหมักได้ไวน์ที่มีปริมาณ กรด pH และแอลกอฮอล์ในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไวน์จากสายพันธุ์ ศรีสะเกษ 60-1 และ ศรีสะเกษ 60-2 มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ย 10.78% และ 7.20% ตามลำดับ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์ พบว่าไวน์ที่ใช้ยีสต์ต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไวน์จากศรีสะเกษ 60-2 ให้กลิ่นรส และการยอมรับดีกว่าไวน์จากสายพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 ทั้งนี้เนื่องจากผู้ทดสอบนิยมไวน์ที่มีรสหวานอมเปรี้ยวและมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก ดำเนินการวิจัย ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี แปลงมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดตราด แปลงมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดชลบุรี และห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2559 จนถึง 30 กันยายน 2564 วิธีการดำเนินการ มี 3 การทดลอง ดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

1. วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำๆ เปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ จำนวน 5 พันธุ์ โดยมีพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ มี 6 กรรมวิธี ดังนี้ 1) พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 2) พันธุ์ศรีสะเกษ 60-2 3) พันธุ์ศิริชัย 25 4) พันธุ์พื้นเมือง 1 5) พันธุ์พื้นเมือง 2 และ 6) พันธุ์เกาะพยาม

กรมวิชาการเกษตร

2. การบันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต (ปีละ 2 ครั้ง) คือ ขนาดทรงพุ่ม ความสูงและเส้นรอบวงโคนต้นที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน ปริมาณผลผลิตและคุณภาพ คือจำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น ขนาดเมล็ดก่อนและหลังกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดดิบต่อกิโลกรัม **เป็นต้น**

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทำแปลงทดสอบ

1. เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี คือ วิธีแนะนำ โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และวิธีเกษตรกร

<u>วิธีปฏิบัติการทดลอง</u> ดังนี้

ดำเนินงานในแปลงเกษตรกรในจังหวัดตราด ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือวิธีแนะนำ ซึ่งนำมาจากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, 2536) วิธีเกษตรกร โดยใช้พื้นที่ 2 ไร่ต่อแปลงทดลอง จำนวน 10 แปลง แปลงละ 2 ซ้ำรวมพื้นที่ทำการทดลอง 20 ไร่ เริ่มดำเนินงานตั้งแต่ โดยมีเกษตรกรเป็นผู้ร่วมดำเนินการ

ขั้นตอน	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
1.การใส่ปุ๋ย	- ใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21แบ่งใส่ปุ๋ย 2-4 ครั้งต่อปี ครั้งละ 1-2 กิโลกรัม เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์ มีอายุ 8-12 ปี - ใช้ปุ๋ยสูตร13-13-21 แบ่งใส่ปุ๋ย 4 ครั้งต่อปี ครั้งละ 2 กิโลกรัม เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์ มีอายุ 12-20 ปี	- ใส่ปุ๋ยหลากหลายแต่ที่นิยม คือ 16-16-16 อัตราและเวลาการใส่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยที่เหลือจากการใช้ในแปลงไม้ผลหลัก
2.การตัดแต่งกิ่ง	- ตัดแต่งกิ่งกระโดงกิ่งที่โดนโรคแมลงทำลายและกิ่งแขนงออกบางส่วนที่ใบไม่ถูกแสง ให้มีช่องว่าง เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุผ่านเข้าในทรงพุ่มได้รวมทั้งทรงพุ่มที่เกิดชิดและชนกันระหว่างต้น	- เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ตัดแต่งกิ่ง แต่ก็มีบ้างบางราย มีการตัดแต่งกิ่งแขนงออกบ้างบางส่วน ให้มีช่องว่าง เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุผ่านเข้าในทรงพุ่มและง่ายต่อการปฏิบัติงาน
3.การป้องกันกำจัดโรคและแมลง	- ป้องกันกำจัดโรคและแมลง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร	- ไม่ป้องกันกำจัดโรคและแมลง

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน (2536)

กรมวิชาการเกษตร

2. การบันทึกข้อมูล ปริมาณน้ำฝน การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกร การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรู ปริมาณผลผลิต เช่น น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และจำนวนเมล็ดดิบต่อกิโลกรัม ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น ต้นทุน ผลตอบแทน รายได้ และวิเคราะห์สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กรรมวิธีแบบ Paired T-test และใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา

ขั้นตอนที่ 2 การทำแปลงต้นแบบ

1. คัดเลือกเกษตรกรต้นแบบจากแปลงทดลองของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ และปฏิบัติตามกรรมวิธีแนะนำที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

2. การบันทึกข้อมูลพิกัดแปลง ปริมาณน้ำฝน สมบัติของดิน เช่น ความเป็นกรดด่าง อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ค่านำไฟฟ้า ความต้องการปูน และเนื้อดิน ปริมาณผลผลิต ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ รายได้ ต้นทุน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การทำแปลงทดสอบ

1. เปรียบเทียบ 2 กรรมวิธี คือ วิธีแนะนำ โดยปฏิบัติตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และวิธีเกษตรกร

<u>วิธีปฏิบัติการทดลอง</u> ดังนี้

ดำเนินงานในแปลงเกษตรกรในจังหวัดชลบุรี ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี คือวิธีแนะนำ ซึ่งนำมาจากคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, 2536) วิธีเกษตรกร โดยใช้พื้นที่ 2 ไร่ต่อแปลงทดลอง จำนวน 10 แปลง แปลงละ 2 ซ้ำรวมพื้นที่ทำการทดลอง 20 ไร่ เริ่มดำเนินงานตั้งแต่ โดยมีเกษตรกรเป็นผู้ร่วมดำเนินการ

ขั้นตอน	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
1.การใส่ปุ๋ย	- ใช้ปุ๋ยสูตร 13-13-21แบ่งใส่ปุ๋ย 2-4 ครั้งต่อปี ครั้งละ 1-2 กิโลกรัม เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์ มีอายุ 8-12 ปี - ใช้ปุ๋ยสูตร13-13-21 แบ่งใส่ปุ๋ย 4 ครั้งต่อปี ครั้งละ 2 กิโลกรัม เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์ มีอายุ 12-20 ปี	- ใส่ปุ๋ยหลากหลายแต่ที่นิยม คือ 15-15-15 อัตราและเวลาการใส่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยที่เหลือจากการใช้ในแปลงไม้ผลหลัก
2.การตัดแต่งกิ่ง	- ตัดแต่งกิ่งกระโดงกิ่งที่โดนโรคแมลงทำลายและกิ่งแขนงออกบางส่วนที่ใบไม่ถูกแสง ให้มีช่องว่าง เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุผ่านเข้าในทรงพุ่มได้รวมทั้งทรงพุ่มที่เกิดชิดและชนกันระหว่างต้น	- เกษตรกรส่วนใหญ่มีการตัดแต่งกิ่งแต่ก็มีบ้างบางราย มีการตัดแต่งกิ่งแขนงออกบ้างบางส่วน ให้มีช่องว่าง เพื่อให้แสงแดดส่องทะลุผ่านเข้าในทรงพุ่มและง่ายต่อ

กรมวิชาการเกษตร

		การปฏิบัติงาน
3.การป้องกันกำจัดโรคและแมลง	- ป้องกันกำจัดโรคและแมลง ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร	- ไม่ป้องกันกำจัดโรคและแมลง

ที่มา : ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน (2536)

2. การบันทึกข้อมูล ปริมาณน้ำฝน การใช้ปัจจัยการผลิตของเกษตรกร การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรู ปริมาณผลผลิต เช่น น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และจำนวนเมล็ดดิบต่อกิโลกรัม ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น ต้นทุน ผลตอบแทน รายได้ และวิเคราะห์สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 กรรมวิธีแบบ Paired T-test และใช้สถิติค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา

ขั้นตอนที่ 2 การทำแปลงต้นแบบ

1. คัดเลือกเกษตรกรต้นแบบจากแปลงทดลองของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ และปฏิบัติตามกรรมวิธีแนะนำที่ได้จากขั้นตอนที่ 1

2. การบันทึกข้อมูล พิกัดแปลง ปริมาณน้ำฝน สมบัติของดิน เช่น ความเป็นกรดด่าง อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ค่านำไฟฟ้า ความต้องการปูน และเนื้อดิน ปริมาณผลผลิต ข้อมูลด้านเศรษฐศาสตร์ รายได้ ต้นทุน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ สัดส่วนรายได้ต่อการลงทุน (BCR)

ผลการวิจัยและอภิปราย

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

1. ด้านการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิต

จากการทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ จ.จันทบุรี เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์มีอายุ 4 ปี หลังเปลี่ยนพันธุ์ พบว่าด้านความสูงทรงพุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 มีความสูงทรงพุ่มเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 355.7 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์พื้นเมือง 2 และพันธุ์เกาะพะยาม มีความสูงเฉลี่ย 317.7 และ 310.3 เซนติเมตรตามลำดับ ส่วนขนาดเส้นรอบวงและขนาดทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 51.8-57.8 เซนติเมตร และ 408-467 เซนติเมตร ตามลำดับ และด้านปริมาณผลผลิตพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 327.7-1,084.5 กรัม/ต้น (ตารางที่ 1)

ศรีษะเกษ

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ 6 พันธุ์ ที่ปลูกในจังหวัดจันทบุรี อายุ 4 ปี

กรรมวิธี	การเจริญเติบโต			ปริมาณผลผลิตต่อต้น	
	ความสูง [y] (เซนติเมตร)	ขนาดทรงพุ่ม [x] (เซนติเมตร)	เส้นรอบวง [x] (เซนติเมตร)	จำนวนเมล็ด [x] (เมล็ด)	น้ำหนักเมล็ด [x] (เมล็ด)
กรรมวิธีที่ 1 ศก 60-1	355.7 a	428.00 a	51.80 a	90.94 a	540.51 a
กรรมวิธีที่ 2 ศก 60-2	297.7 ab	408.33 a	51.03 a	35.85 a	327.66 a
กรรมวิธีที่ 3 ศิริชัย 25	266.3 ab	421.83 a	55.57 a	126.10 a	1084.53 a
กรรมวิธีที่ 4 พื้นเมือง 1	262.3 b	432.17 a	52.73 a	73.27 a	438.87 a
กรรมวิธีที่ 5 พื้นเมือง 2	317.7 ab	425.50 a	55.07 a	104.62 a	908.12 a
กรรมวิธีที่ 6 เกาะพะยาม	310.3 ab	467.00 a	57.77 a	46.89 a	348.49 a
c.v. (%)	15.1	10.7	8.1	15.6	73.7

หมายเหตุ [x] ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[y] ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตและปริมาณผลผลิตของมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่ไม่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2. ด้านปริมาณผลผลิต

ด้านคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการเก็บเกี่ยว เช่น ขนาดเมล็ดก่อนและหลังกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์พื้นเมือง 2 เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวดีที่สุด (ตารางที่ 2 และ 3)

ตารางที่ 2 ขนาดเมล็ดของมะม่วงหิมพานต์ 6 พันธุ์ ที่ปลูกในจังหวัดจันทบุรี อายุต้น 4 ปี

กรรมวิธี	ก่อนกะเทาะเมล็ด		หลังกะเทาะเมล็ด	
	ความกว้าง [y] (มิลลิเมตร)	ความยาว [y] (มิลลิเมตร)	ความกว้าง [y] (มิลลิเมตร)	ความยาว [y] (มิลลิเมตร)
กรรมวิธีที่ 1 ศก 60-1	18.243 b	29.220 c	12.243 b	21.213 b
กรรมวิธีที่ 2 ศก 60-2	19.690 a	32.030 b	11.227 c	21.707 b
กรรมวิธีที่ 3 ศิริชัย 25	18.313 b	31.683 b	12.450 ab	22.253 b
กรรมวิธีที่ 4 พื้นเมือง 1	16.513 c	31.593 b	11.713 bc	24.650 a
กรรมวิธีที่ 5 พื้นเมือง 2	19.357 a	35.370 a	13.133 a	26.093 a
กรรมวิธีที่ 6 เกาะพะยาม	17.547 b	33.927 a	12.167 b	25.283 a
c.v. (%)	2.4	2.5	3.7	3.4

กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ [x] ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[y] ค่าเฉลี่ยขนาดเมล็ดของมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่ไม่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 คุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 6 พันธุ์ ที่ปลูกในจังหวัดจันทบุรี อายุต้น 4 ปี

กรรมวิธี	คุณภาพของเมล็ด		
	น้ำหนัก 100 เมล็ด [y] (กรัม)	จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม [y] (กิโลกรัม)	เมล็ดดีต่อ 100 เมล็ด [y] (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีที่ 1 ศก 60-1	599.73 c	173.3 a	79.3 ab
กรรมวิธีที่ 2 ศก 60-2	708.79 b	143.7 bc	58.0 c
กรรมวิธีที่ 3 ศิริชัย 25	697.49 b	142.3 bc	66.7 bc
กรรมวิธีที่ 4 พื้นเมือง 1	608.94 c	168.0 ab	34.7 d
กรรมวิธีที่ 5 พื้นเมือง 2	837.94 a	139.7 c	74.3 ab
กรรมวิธีที่ 6 เกาะพะยาม	724.16 b	137.7 c	80.7 a
c.v. (%)	4.0	9.6	10.4

หมายเหตุ [x] ค่าเฉลี่ยคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

[y] ค่าเฉลี่ยคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ตามด้วยอักษรที่ไม่เหมือนกันหมายถึงค่าเฉลี่ยของทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด

1. ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน

ฤดูกาลผลิต ปี 2559/60

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดตราด ในปี 2559/2560 สรุปผลการทดสอบพบว่า กรรมวิธีแนะนำได้ผลผลิตเฉลี่ย 306 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิต 4,862 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 15,300 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ยน้อยกว่ากรรมวิธีแนะนำ 299 กิโลกรัม/ไร่ มีต้นทุนการ 5,005 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 14,950 บาท/ไร่ ในด้านผลตอบแทน พบว่ากรรมวิธีแนะนำ มีผลตอบแทน 10,438 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรมีผลตอบแทน 9,945 บาท/ไร่ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำมีค่า BCR เฉลี่ยสูงกว่า (3.2) กรรมวิธีแนะนำ (3.0) เล็กน้อย จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต และรายได้

ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนต้นทุนการผลิต พบความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 4 และ 5) กรรมวิธีเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีแนะนำเป็นเงินเฉลี่ย 143 บาท/ไร่ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นค่าปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นมะม่วงหิมพานต์ กรรมวิธีเกษตรกรมีต้นทุนที่สูงกว่าเนื่องจากกรรมวิธีแนะนำใช้ปุ๋ยผสมใช้เองเพื่อลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี ส่วนวิธีเกษตรกรเลือกใช้ปุ๋ยพร้อมใช้ที่มีขายตามท้องตลาด จากการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีแนะนำและกรรมวิธีเกษตรกร เนื่องจากตามปกติในปีแรกของการตัดแต่งทรงพุ่มจะมีส่วนทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง (ชมภูและคณะ, 2557) จึงยังไม่สามารถเห็นความแตกต่างจากเทคโนโลยีได้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณผลผลิต รายได้ และต้นทุนผันแปรการผลิตของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2559/60

ชื่อ	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	290	283	14,500	14,150	4,752	4,895
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	290	283	14,500	14,150	4,752	4,895
3. นางวิรัช แสงบุญ	270	250	13,500	12,500	4,612	4,664
4. นายเดชา รัตนวาล	224	215	11,200	10,750	4,290	4,419
5. นางลี้ แก้วมณีโชติ	260	249	13,000	12,450	4,542	4,657
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	220	217	11,000	10,850	4,262	4,433
7. นางอรนุช พานัง	534	525	26,700	26,250	6,460	6,589
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	230	200	11,500	10,000	4,332	4,314
9. นางสาวปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	400	421	20,000	21,050	5,522	5,861
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	300	289	15,000	14,450	4,822	4,937
11. น.ส.ศรัญรักษ์ เพียรบัญญัติ	350	375	17,500	18,750	5,172	5,539
12. น.ส.สุภา เพียรบัญญัติ	300	278	15,000	13,900	4,822	4,860
เฉลี่ย	**306**	**299**	**15,283**	**14,938**	4,862	5,005
t-test	**0.16** ^{ns}		**0.16** ^{ns}		*	

หมายเหตุ 1/ราคาผลผลิตเฉลี่ยในปี 2559/2562 ราคา 50 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2559/60

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	306	299
ราคาขาย (บาท/กก.)	50	50
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	4,862	5,005
รายได้ (บาท/ไร่)	15,300	14,950
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	10,438	9,945
BCR $^{1/}$	3.2	3.0

กรมวิชาการเกษตร

หมายเหตุ 1/ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)

ฤดูกาลผลิต ปี 2560/61

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดตราด ในปี 2560/2561 โดยภาพรวมพบว่าเกษตรกรมีผลผลิตน้อยกว่าปี 2559/2560 ซึ่งอาจเกิดจากสภาพอากาศในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม มีลักษณะอากาศมีฝนตกสลับอากาศหนาวเย็น ร่วมกับความชื้นสัมพัทธ์สูง จึงทำให้โรคและแมลงของมะม่วงหิมพานต์มีการระบาด ซึ่งพบว่ามีหนอนเจาะลำต้นเข้าทำลายต้นมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดลองของเกษตรกรบางราย เมื่อเทียบกับปีที่แล้วพบว่ามีจำนวนที่เพิ่มขึ้น ส่วนโรคและแมลงศัตรูที่พบการระบาดมากในสวนมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ช่อดอกแห้ง หนอนผีเสื้อกลางคืน และหนอนเจาะผลไม้ เป็นต้น (รูปที่ 1) ส่งผลทำให้ผลผลิตมะม่วงหิมพานต์เสียหาย และมีปริมาณผลผลิตลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่แล้ว สรุปผลการทดสอบพบว่า กรรมวิธีแนะนำได้ ผลผลิตเฉลี่ย 293 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิต 5,020 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 13,455 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ย 270 กิโลกรัม/ไร่ มีต้นทุนการผลิต 5,056 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 12,432 บาท/ไร่ ในด้านผลตอบแทน พบว่ากรรมวิธีแนะนำ มีผลตอบแทน 8,458 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรมีผลตอบแทน 7,364 บาท/ไร่ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำ มีค่า BCR เฉลี่ยสูงกว่า (2.7) กรรมวิธีเกษตรกร (2.6) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต รายได้ และต้นทุนการผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 6 และ 7) อาจเกิดจากผลของอิทธิพลของปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นมะม่วงหิมพานต์และการดูแลรักษาภายในแปลง จึงทำให้เห็นความแตกต่างของเทคโนโลยี

ตารางที่ 6 แสดงผลผลิต รายได้ และต้นทุนผันแปรการผลิตของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2560/61

ชื่อ-สกุล	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	279	253	12,834	11,638	4,925	4,935
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	284	260	13,064	11,960	4,960	4,984
3. นางวิรัช แสงบุญ	252	235	11,592	10,810	4,736	4,809
4. นายเดชา รัตนวาล	226	206	10,396	9,476	4,554	4,606
5. นางลี้ แก้วมณีโชติ	242	221	11,132	10,166	4,666	4,711
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	254	223	11,684	10,258	4,750	4,725
7. นางอรนุช พานัง	495	475	22,770	21,850	6,437	6,489
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	210	179	9,660	8,234	4,442	4,417
9. นางสาวปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	363	345	16,698	15,870	5,513	5,579
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	279	253	12,834	11,638	4,925	4,935

กรมวิชาการเกษตร

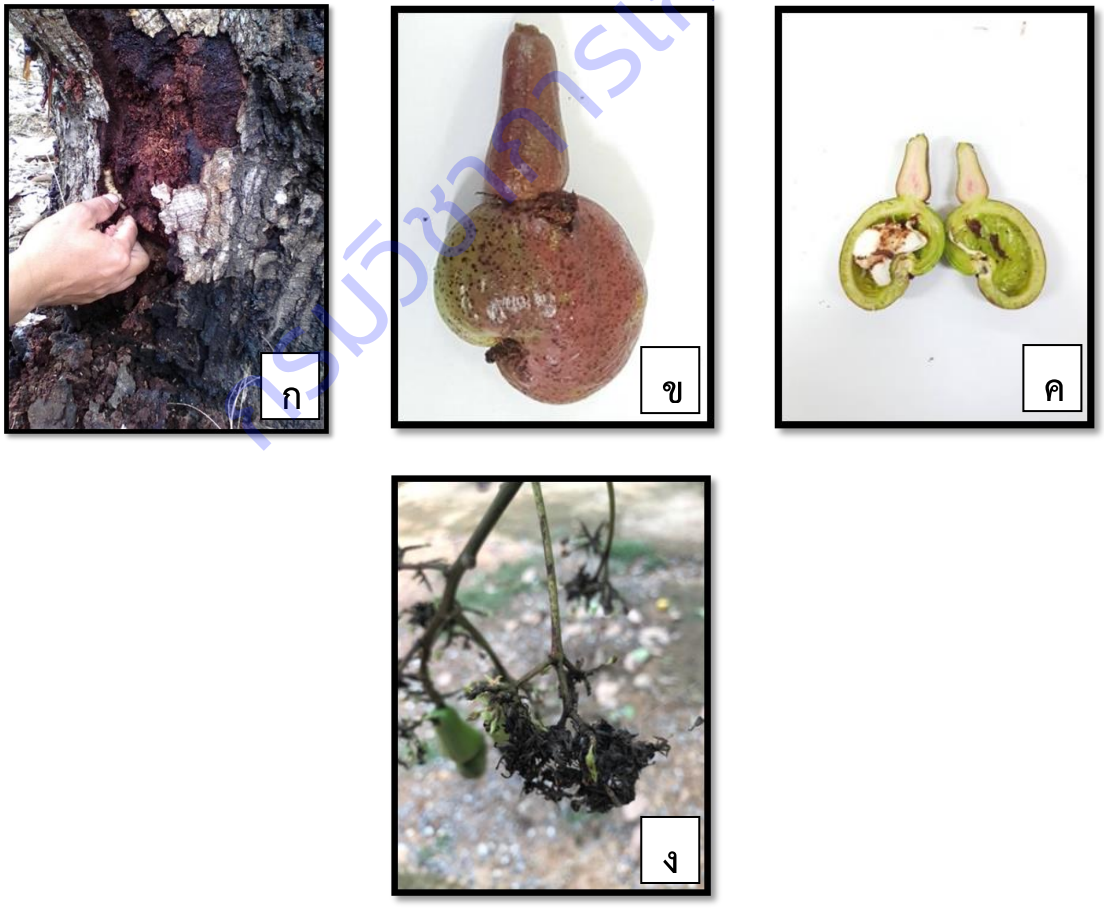
11. น.ส.ศรัญรักษ์ เพียรบัญญัติ	347	335	15,962	15,410	5,401	5,509
12. น.ส.สุภา เพียรบัญญัติ	279	258	12,834	11,868	4,925	4,970
เฉลี่ย	**293**	**270**	13,455	12,432	5,020	5,056
t-test	*		*		*	

หมายเหตุ [1/] ราคารับซื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ปี 2560/61 เฉลี่ย 46 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2560/61

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	293	270
ราคาขาย (บาท/กก.)	46	46
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	5,020	5,056
รายได้ (บาท/ไร่)	13,478	12,420
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	8,458	7,364
BCR [1/]	2.7	2.6

หมายเหตุ [1/] อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)



รูปที่ 1 สำรวจพบการเข้าทำลายของ ก) หนอนเจาะลำต้น ข) และ ค) หนอนเจาะผลไม้เน่าเจาะผลอ่อน/ผลแก่ และ ง) เชื้อรา ทำให้ช่อดอกแห้งเป็นสีน้ำตาล ทำให้ผลมะม่วงหิมพานต์หลุดร่วงก่อนเก็บเกี่ยว ส่งผลทำให้ผลผลิตเสียหาย

กรมวิชาการเกษตร

ฤดูกาลผลิต ปี 2561/62

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดตราด ในปี 2561/2562 โดยภาพรวมพบว่าเกษตรกรมีผลผลิตมากกว่าปี 2560/2561 และด้วยผลผลิตมีมากกว่าปี 2560/2561 ราคาขายผลผลิตจึงต่ำกว่าปีที่ผ่านโดยมีราคา 43 บาทต่อกิโลกรัม สรุปผลการทดสอบพบว่า กรรมวิธีแนะนำได้ ผลผลิตเฉลี่ย 341 กิโลกรัม/ไร่ ต้นทุนการผลิต 5,208 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 14,663 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ย 306 กิโลกรัม/ไร่ มีต้นทุนการผลิต 5,155 บาท/ไร่ สรุปรายได้ 13,158 บาท/ไร่ ในด้านผลตอบแทนพบว่ากรรมวิธีแนะนำ มีผลตอบแทน 9,455 บาท/ไร่ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกรมีผลตอบแทน 8,003 บาท/ไร่ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำมีค่า BCR เฉลี่ยสูงกว่า (2.8) กรรมวิธีเกษตรกร (2.6) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต และรายได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8 และ 9) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยและการดูแลรักษาไปส่งผลต่อปริมาณของผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนการผลิต ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณผลผลิต รายได้ และต้นทุนการผลิตของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2561/62

ชื่อ-สกุล	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	334	295	14,362	12,685	5,160	5,079
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	340	303	14,620	13,029	5,202	5,135
3. นางวิรัช แสงบุญ	303	271	13,029	11,653	4,943	4,911
4. นายเดชา รัตนวาล	264	231	11,352	9,933	4,670	4,631
5. นางลี้ แก้วมณีโชติ	293	259	12,599	11,137	4,873	4,827
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	276	250	11,868	10,750	4,754	4,764
7. นางอรนุช พานัง	554	529	23,822	22,747	6,700	6,717
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	258	201	11,094	8,643	4,628	4,421
9. น.ส.ปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	408	377	17,544	16,211	5,678	5,653
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	335	301	14,405	12,943	5,167	5,121
11. น.ส.ศรัญรักษ์ เพียรบัญญัติ	390	364	16,770	15,652	5,552	5,562
12. น.ส.สุภา เพียรบัญญัติ	335	289	14,405	12,427	5,167	5,037
เฉลี่ย	**341**	**306**	**14,656**	**13,151**	**5,208**	**5,155**
t-test	*		*		0.02^{ns}	

หมายเหตุ [1/] ราคารับซื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ปี 2561/62 เฉลี่ย 43 บาท/กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี2561/62

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	341	306
ราคาขาย (บาท/กก.)	43	43
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	5,208	5,155
รายได้ (บาท/ไร่)	14,663	13,158
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	9,455	8,003
BCR [1/]	2.8	2.6

หมายเหตุ [1/] อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)

2. การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์

ฤดูกาลผลิต ปี 2559/60

ผลการสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดสอบจังหวัดตราด ปี 2559/2560 พบว่าด้านผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดตราด กรรมวิธีแนะนำ มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 640 และ 635 กรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีแนะนำผลผลิตมีคุณภาพมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด ร้อยละ 66 มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ร้อยละ 55 และพบค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ในกรรมวิธีแนะนำน้อยกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 159 และร้อยละ 163 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เม็ด ร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2559/60

ชื่อ-สกุล	กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด (เปอเซ็นต์)		จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	543	598	36	30	184	190
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	567	578	70	53	182	175
3. นางวิรัช แสงบุญ	542	584	69	41	143	169
4. นายเดชา รัตนวาล	684	627	51	50	150	167
5. นางกิมลี้ แก้วมณีโชติ	672	597	78	74	152	164
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	670	600	51	54	150	150
7. นางอรนุช พานัง	654	646	82	67	159	156
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	786	761	58	78	142	145

กรมวิชาการเกษตร

9. น.ส.ปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	704	700	49	34	152	146
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	519	584	87	36	183	180
11. นางศรัญลักษณ์ เพียรบัญญัติ	683	694	82	62	151	149
12. นางสุภา เพียรบัญญัติ	654	648	73	79	159	163
เฉลี่ย	**640**	**635**	**66**	**55**	159	163
t-test	**0.71^{ns}**		**0.67^{ns}**		**0.20^{ns}**	

ฤดูกาลผลิต ปี 2560/61

ผลการสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดสอบจังหวัดตราด ปี 2560/2561 พบว่าด้านผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดตราด กรรมวิธีแนะนำมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 679 และ 645 กรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีแนะนำผลผลิตมีคุณภาพมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด ร้อยละ 69 มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรเล็กน้อย ร้อยละ 59 และพบค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ในกรรมวิธีแนะนำน้อยกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 156 และร้อยละ 160 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เม็ด และร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไปส่งผลต่อน้ำหนักและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 11 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2560/61

ชื่อ-สกุล	**กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน**					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		**% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด (เปอเซ็นต์)**		**จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)**	
	แนะนำ	**เกษตรกร**	**แนะนำ**	**เกษตรกร**	**แนะนำ**	**เกษตรกร**
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	587	602	39	31	179	182
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	578	599	70	55	177	168
3. นางวิรัช แสงบุญ	726	603	73	44	138	166
4. นายเดชา รัตนวาล	710	637	53	53	153	163
5. นางกิมลี้ แก้วมณีโชติ	745	683	82	82	150	161
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	682	607	54	62	147	151
7. นางอรนุช พานัง	666	663	85	73	153	156
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	821	778	68	86	135	140
9. น.ส.ปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	710	726	51	37	145	138
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	528	485	89	38	193	175
11. น.ส.ศรัญลักษณ์ เพียรบัญญัติ	690	670	89	65	143	153

กรมวิชาการเกษตร

12. น.ส.สุภา เพียรบัญญัติ	702	659	80	81	156	160
เฉลี่ย	**679**	**645**	**69**	**59**	**156**	**160**
t-test	**0.55^{ns}**		**0.08^{ns}**		*****	

ฤดูกาลผลิต ปี 2561/62

การสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิต ปี 2561/2562 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด กรรมวิธีแนะนำ มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 700 และ 646 กรัม ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อ 100 เมล็ด กรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 86 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม กรรมวิธีเกษตรกรมีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมสูงกว่ากรรมวิธีแนะนำ 162 และ 147 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ตารางที่ 12) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไปส่งผลต่อน้ำหนักและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 12 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2561/62

ชื่อ-สกุล	**กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน**					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		**% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด (เปอเซ็นต์)**		**จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)**	
	แนะนำ	**เกษตรกร**	**แนะนำ**	**เกษตรกร**	**แนะนำ**	**เกษตรกร**
1. สจ.จำเนียร ไชยริปู	672	648	74	76	148	156
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์	584	535	85	79	190	198
3. นางวิรัช แสงบุญ	571	488	98	68	179	225
4. นายเดชา รัตนวาล	624	623	89	78	161	166
5. นางกิมลี้ แก้วมณีโชติ	711	566	92	96	138	164
6. น.ส.มะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์	721	694	86	73	139	143
7. นางอรนุช พานัง	709	682	96	93	143	155
8. นายเอี่ยม เกตุทึก	796	786	78	69	130	135
9. น.ส.ปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ	829	701	75	62	122	143
10. นางสละ เพียรบัญญัติ	671	641	88	94	141	149
11. น.ส.ศรัญลักษณ์ เพียรบัญญัติ	828	707	90	88	122	140
12. น.ส.สุภา เพียรบัญญัติ	680	679	80	78	152	167
เฉลี่ย	**700**	**646**	**86**	**80**	**147**	**162**
t-test	*****		*****		*****	

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 313 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 293 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7 ด้านรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี พบว่ากรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เท่ากับ 14,480 และ 9,450 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 13,509 และ 8,437 บาทต่อไร่ ส่งผลทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.9 และ 2.7 ตามลำดับ ด้านคุณภาพผลผลิตกรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 9 อีกทั้งกรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 154 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 162 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเมล็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

1. ผลผลิต ต้นทุน และผลตอบแทน

ฤดูกาลผลิต ปี 2559/60

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี ในปี 2559/2560 พบว่า ปริมาณผลผลิตมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธีแนะนำและวิธีของเกษตรกรที่ได้เท่ากับ 295 และ 292 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ราคาเฉลี่ยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เกษตรกรขายได้อยู่ที่ 50 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นรายได้จากการขายมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธีแนะนำและวิธีของเกษตรกรคือ 14,750 และ 14,600 บาท/ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำมีค่า BCR (Benefit Cost Ratio: B/C) เฉลี่ยสูงกว่า (3.1) กรรมวิธีเกษตรกร (2.9) (ตารางที่ 13 และ 14) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 กรรมวิธี โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต และรายได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนต้นทุนการผลิต พบความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 13 และ 14) กรรมวิธีเกษตรกรมีต้นทุนการผลิตเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีแนะนำเป็นเงินเฉลี่ย 172 บาท/ไร่ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นค่าปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นมะม่วงหิมพานต์ กรรมวิธีเกษตรกรมีต้นทุนที่สูงกว่าเนื่องจากกรรมวิธีแนะนำใช้ปุ๋ยผสมใช้เองเพื่อลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี ส่วนวิธีเกษตรกรเลือกใช้ปุ๋ยพร้อมใช้ที่มีขายตามท้องตลาด จากการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิต ไม่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างกรรมวิธีแนะนำและกรรมวิธีเกษตรกร เนื่องจากตามปกติในปีแรกของการตัดแต่งทรงพุ่มจะมีส่วนทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง (ชมภูและคณะ, 2557) จึงยังไม่สามารถเห็นความแตกต่างจากเทคโนโลยีได้ (ตารางที่ 13)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 13 ปริมาณผลผลิต และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2559/60

ชื่อ	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	257	246	12,850	12,300	4,521	4,636
2. นายจรัส อาษาดี	260	258	13,000	12,900	4,542	4,720
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	310	305	15,500	15,250	4,892	5,049
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	280	278	14,000	13,900	4,682	4,860
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	364	360	18,200	18,000	5,270	5,434
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	276	272	13,800	13,600	4,654	4,818
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	280	278	14,000	13,900	4,682	4,860
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	265	261	13,250	13,050	4,577	4,741
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	273	269	13,650	13,450	4,633	4,797
10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	395	408	19,750	20,400	5,487	5,770
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	312	309	15,600	15,450	4,906	5,077
12. นายสมควร ชมถิ่น	268	262	13,400	13,100	4,598	4,748
เฉลี่ย	**295**	**292**	**14,750**	**14,608**	**4,787**	**4,959**
t-test	0.11 ns		0.11 ns		*	

หมายเหตุ 1/ราคาผลผลิตเฉลี่ยในปี 2559/2562 ราคา 50 บาท/กิโลกรัม

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯปี 2559/60

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	295	292
ราคาขาย (บาท/กก.)	50	50
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	4,787	4,959
รายได้ (บาท/ไร่)	14,750	14,600
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	9,963	9,641
BCR 1/	3.1	2.9

หมายเหตุ 1/ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)

ฤดูกาลผลิต ปี 2560/61

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี ในปี 2560/2561 พบว่าปริมาณผลผลิตมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธีแนะนำและวิธีของเกษตรกรที่ได้เท่ากับ 289 และ 224 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ราคาเฉลี่ยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เกษตรกรขายได้อยู่ที่ 38 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นรายได้จากการขายมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธี

กรมวิชาการเกษตร

แนะนำและวิธีของเกษตรกรคือ 10,982 และ 8,512 บาท/ไร่ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำมีค่า BCR (Benefit Cost Ratio: B/C) เฉลี่ยสูงกว่า (2.2) กรรมวิธีเกษตรกร (1.8) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต รายได้ และต้นทุนการผลิต มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 15 และ 16) อาจเกิดจากผลของอิทธิพลของปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นมะม่วงหิมพานต์และการดูแลรักษาภายในแปลง จึงทำให้เห็นความแตกต่างของเทคโนโลยี ส่วนผลการสำรวจศัตรูมะม่วงหิมพานต์พบว่ามีหนอนเจาะลำต้นเข้าทำลายต้นมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดลองของเกษตรกรบางราย เมื่อเทียบกับปีที่แล้วพบว่ามีจำนวนที่เพิ่มขึ้น ส่วนโรคและแมลงศัตรูที่พบการระบาดมากในสวนมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ช่อดอกแห้ง หนอนกัดกินใบสีชมพู หนอนรัง และเพลี้ยอ่อน เป็นต้น (รูปที่ 2)

ตารางที่ 15 แสดงปริมาณผลผลิต และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2560/61

ชื่อ-สกุล	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	278	240	10,564	9,120	4,918	4,844
2. นายจรัส อาษาดี	240	200	9,120	7,600	4,652	4,564
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	300	240	11,400	9,120	5,072	4,844
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	292	210	11,096	7,980	5,016	4,634
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	330	230	12,540	8,740	5,282	4,774
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	276	214	10,488	8,132	4,904	4,662
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	272	228	10,336	8,664	4,876	4,760
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	240	208	9,120	7,904	4,652	4,620
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	350	250	13,300	9,500	5,422	4,914
10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	310	216	11,780	8,208	5,142	4,676
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	292	232	11,096	8,816	5,016	4,788
12. นายสมควร ชมถิ่น	290	225	11,020	8,550	5,002	4,739
เฉลี่ย	289	224	**10,982**	**8,512**	**4,990**	**4,743**
t-test	*		*		*	

หมายเหตุ [1/] ราคารับซื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ปี 2560/61 เฉลี่ย 38 บาท/กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯปี 2560/61

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	289	224
ราคาขาย (บาท/กก.)	38	38
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	4,990	4,743
รายได้ (บาท/ไร่)	10,982	8,512
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	5,992	3,769
BCR [1/]	2.2	1.8

หมายเหตุ [1/] อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)

รูปที่ 2 สำรวจพบการเข้าทำลายของ ก) หนอนเจาะลำต้น ข) หนอนกัดกินใบสีชมพู ค) หนอนรัง และ ง) เพลี้ยอ่อน

ฤดูกาลผลิต ปี 2561/62

ผลการคำนวณผลผลิต ต้นทุนและผลตอบแทน ในการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี ในปี 2561/2562 พบว่าปริมาณผลผลิตมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธีแนะนำและวิธีของเกษตรกรที่ได้เท่ากับ 319 และ 287 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ราคาเฉลี่ยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เกษตรกรขายได้อยู่ที่ 39 บาท/กิโลกรัม คิดเป็นรายได้จากการขายมะม่วงหิมพานต์เฉลี่ยในกรรมวิธีแนะนำและวิธีของเกษตรกรคือ 12,441 และ 11,193 บาท/ไร่ ทั้งนี้กรรมวิธีแนะนำมีค่า BCR (Benefit Cost Ratio: B/C) เฉลี่ยสูงกว่า (2.4) กรรมวิธีเกษตรกร (2.1) จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าปริมาณผลผลิต และรายได้ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 17 และ 18) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยและการดูแลรักษาไปส่งผลต่อปริมาณของผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนต้นทุนการผลิตไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณผลผลิต และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2561/62

ชื่อ-สกุล	รายการ					
	ปริมาณผลผลิต (ก.ก./ไร่)		รายได้ (บาท/ไร่)		ต้นทุน (บาท/ไร่)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	277	242	10,803	9,438	4,761	4,708
2. นายจรัส อาษาดี	275	236	10,725	9,204	4,747	4,666
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	361	329	14,079	12,831	5,349	7,620
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	300	271	11,700	10,569	4,922	4,911
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	363	330	14,157	12,870	5,363	5,324
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	298	261	11,622	10,179	4,908	4,841
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	316	284	12,324	11,076	5,034	5,002
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	295	260	11,505	10,140	4,887	4,834
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	312	285	12,168	11,115	5,006	5,009
10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	314	282	12,246	10,998	5,020	4,988
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	346	315	13,494	12,285	5,544	5,219
12. นายสมควร ชมถิ่น	370	344	14,430	13,416	5,412	5,422
เฉลี่ย	**319**	**287**	**12,437**	**11,177**	5,079	5,212
t-test	*		*		**0.51^{ns}**	

หมายเหตุ $^{1/}$ ราคารับซื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ปี 2561/62 เฉลี่ย 39 บาท/กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ยผลผลิต ต้นทุนผันแปร รายได้ และผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯปี 2561/62

รายการ	กรรมวิธีแนะนำ	กรรมวิธีเกษตรกร
ปริมาณผลผลิต (กก./ไร่)	319	287
ราคาขาย (บาท/กก.)	39	39
ต้นทุนผันแปร (บาท/ไร่)	5,079	5,212
รายได้ (บาท/ไร่)	12,441	11,193
ผลตอบแทน (บาท/ไร่)	7,362	5,981
BCR [1/]	2.4	2.1

หมายเหตุ [1/] อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit and Cost ratio : BCR)

2. การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์

ฤดูกาลผลิต ปี 2559/60

ผลการสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี ปี 2559/2560 พบว่าด้านผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดชลบุรี กรรมวิธีแนะนำมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 600 และ 593 กรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีแนะนำผลผลิตมีคุณภาพมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด ร้อยละ 50 มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรเล็กน้อย ร้อยละ 54 และพบค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ในกรรมวิธีแนะนำน้อยกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 174 และร้อยละ 178 เมล็ด ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด และจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด พบความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 19) อาจเกิดจากผลของอิทธิพลของปุ๋ยที่ใส่บำรุงต้นมะม่วงหิมพานต์และการดูแลรักษาจึงทำให้เห็นความแตกต่าง

ตารางที่ 19 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2559/60

ชื่อ-สกุล	กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด (เปอเซ็นต์)		จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	523	504	35	31	190	194
2. นายจรัส อาษาดี	624	599	48	37	175	178
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	596	576	47	43	174	182
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	673	685	54	51	170	175
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	605	624	43	38	168	172
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	654	664	42	45	167	174
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	536	564	60	55	179	186
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	523	537	48	37	174	189
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	616	545	65	57	172	176

ศูนย์วิชาการเกษตร

10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	593	611	49	42	185	174
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	600	593	50	48	171	176
12. นายสมควร ชมถิ่น	654	618	56	49	158	160
เฉลี่ย	**600**	**593**	**50**	**44**	**174**	**178**
t-test	**0.45^{ns}**		*****		*****	

ฤดูกาลผลิต ปี 2560/61

ผลการสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ในแปลงทดสอบจังหวัดชลบุรี ปี 2560/2561 พบว่าด้านผลผลิตมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดชลบุรี กรรมวิธีแนะนำมีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 629 และ 614 กรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีแนะนำผลผลิตมีคุณภาพมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด ร้อยละ 64 มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกรเล็กน้อย ร้อยละ 58 และพบค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ในกรรมวิธีแนะนำน้อยกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 165 และร้อยละ 169 เมล็ด ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของทั้ง 2 วิธีการ โดยใช้ t-test พบว่าผลผลิตและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่ ค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เม็ด และค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 20) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไปส่งผลต่อน้ำหนักและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 20 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2560/61

ชื่อ-สกุล	**กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน**					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		**% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด** (เปอเซ็นต์)		**จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)**	
	วิธีแนะนำ	**วิธีเกษตรกร**	**วิธีแนะนำ**	**วิธีเกษตรกร**	**วิธีแนะนำ**	**วิธีเกษตรกร**
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	616	507	39	53	184	199
2. นายจรัส อาษาดี	688	615	73	50	152	143
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	598	589	62	58	170	172
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	698	698	77	70	152	164
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	618	642	59	48	158	165
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	746	695	82	73	145	136
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	540	559	71	65	182	191
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	494	576	51	54	176	203
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	646	589	72	61	165	160
10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	629	622	62	56	183	169
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	610	609	57	42	169	174
12. นายสมควร ชมถิ่น	666	671	63	61	151	147
เฉลี่ย	**629**	**614**	**64**	**58**	**165**	**169**
t-test	**0.33^{ns}**		*****		**0.34^{ns}**	

ศรีชาการเกษตร

ฤดูกาลผลิต ปี 2561/62

การสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิต ปี 2561/2562 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด กรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 622 และ 576 กรัม ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อ 100 เมล็ด กรรมวิธีแนะนำมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร 36 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม กรรมวิธีเกษตรกรมีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมสูงกว่ากรรมวิธีแนะนำ 172 และ 182 เมล็ด ตามลำดับ (ตารางที่ 21) อาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของปุ๋ยไปส่งผลต่อน้ำหนักและคุณภาพของมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 21 การสุ่มประเมินผลผลิตและคุณภาพมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการฯ ปี 2561/62

ชื่อ-สกุล	กิจกรรมที่ทำการสุ่มประเมิน					
	น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด (กรัม)		% เมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ด (เปอเซ็นต์)		จำนวนเมล็ด ต่อ กิโลกรัม (เมล็ด)	
	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร	แนะนำ	เกษตรกร
1. น.ส.พิมพ์พร แก้วตา	537	436	43	42	205	206
2. นายจรัส อาษาดี	638	600	30	28	177	185
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์	664	601	55	49	157	176
4. น.ส.คุลิกา ศรจันทร์	601	586	37	40	176	182
5. น.ส.เพลินตา อินทรา	617	592	48	35	173	177
6. นางเทพ พงษ์รัตน์	576	561	18	12	185	192
7. น.ส.ทวี คำอินทร์	634	633	19	10	163	166
8. นายเต็กคิม แซ่อึ้ง	583	550	22	21	185	190
9. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์	555	535	26	23	180	187
10. น.ส.ของขวัญ ศรอินทร์	690	573	36	27	155	181
11. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	693	656	47	21	147	160
12. นายสมควร ชมถิ่น	671	586	48	30	162	187
เฉลี่ย	**622**	**576**	**36**	**28**	**172**	**182**
t-test	*		*		*	

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 301 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 286 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11 ด้านรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี พบว่ากรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เท่ากับ 12,724 และ 7,772 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 11,435 และ 6,464 บาทต่อไร่ ส่งผลทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.6 และ 2.3 ตามลำดับ ด้านคุณภาพผลผลิตกรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 3 อีกทั้งกรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 170 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 176 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี

1. จากการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ศิริชัย 25 และสายพันธุ์พื้นเมือง 2 เมื่ออายุต้น 4 ปี มีปริมาณผลผลิตต่อต้นสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ คือ ศรีสะเกษ 60-1 มากกว่า 100.65-112.19 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ 177.15-230.99 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ดีควรเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติม เนื่องจากมะม่วงหิมพานต์จะเริ่มให้ผลผลิตสูงสุดเมื่ออายุ 7 ปี ขึ้นไป

2. จากการทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ จ.จันทบุรี ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี เมื่อต้นมะม่วงหิมพานต์มีอายุ 4 ปีหลังเปลี่ยนพันธุ์ พบว่าด้านความสูงทรงพุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 มีความสูงทรงพุ่มสูงที่สุด เท่ากับ 355.7 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นรอบวงและขนาดทรงพุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 51.8-57.8 เซนติเมตร และ 408-467 เซนติเมตร ตามลำดับ

3. ด้านปริมาณผลผลิต พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 327.7-1,084.5 กรัม/ต้น และจำนวนเมล็ดต่อต้น มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 35.85-126.1 เมล็ด/ต้น

4. ด้านคุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการเก็บเกี่ยว เช่น ขนาดเมล็ดก่อนและหลังกะเทาะ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัม พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์พื้นเมือง 2 เป็นพันธุ์ที่มีคุณภาพเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวดีที่สุด

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด

1. จากการทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ โดยการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 313 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 293 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7

2. กรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร กรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 14,480 และ 9,450 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 13,509 และ 8,437 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่งผลทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.9 และ 2.7 ตามลำดับ ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน

3. กรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ดเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 673 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด 3 ปี เท่ากับ 642 กรัม คิดเป็นร้อยละ 5

4. กรรมวิธีแนะนำ ทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ดเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดี ต่อ 100 เมล็ดเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 9

5. กรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 154 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 162 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเมล็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

6. ความพึงพอใจของเกษตรกรด้านใส่ปุ๋ยและดูแลรักษาแปลงมะม่วงหิมพานต์ตามคำแนะนำเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจระดับมากในการใส่ปุ๋ยเคมี 13-13-21 และดูแลรักษาแปลงมะม่วงหิมพานต์ตามคำแนะนำของกรมวิชาการ เพราะผลผลิตติดดีขึ้น เมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีน้ำหนักดีขึ้น ส่งผลให้เป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

1. จากการทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ โดยการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร ระหว่างปี 2559-2562 พบว่ากรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 301 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 268 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11

กรมวิชาการเกษตร

2. กรรมวิธีแนะนำมีรายได้และผลตอบแทนมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร กรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 12,724 และ 7,772 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) มีรายได้และผลตอบแทนเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 11,435 และ 6,464 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ส่งผล ทำให้ค่า BCR ของกรรมวิธีแนะนำสูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกร เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 2.6 และ 2.3 ตามลำดับ ซึ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน

3. กรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ดเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 617 กรัม ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ค่าน้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด 3 ปี เท่ากับ 594 กรัม

4. กรรมวิธีแนะนำ ทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) ให้ค่าเฉลี่ยร้อยละเมล็ดดีเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 47 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นร้อยละ 3

5. กรรมวิธีแนะนำมีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมดีกว่ากรรมวิธีของเกษตรกร โดยกรรมวิธีแนะนำ (ใช้ปุ๋ย 13-13-21) มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 170 เมล็ด/กิโลกรัม ส่วนกรรมวิธีเกษตรกร (ใช้ปุ๋ย 15-15-15) มีค่าจำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมเฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 176 เมล็ด/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีแนะนำมีขนาดเม็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค

6. ความพึงพอใจของเกษตรกรด้านใส่ปุ๋ยและดูแลรักษาแปลงมะม่วงหิมพานต์ตามคำแนะนำเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเม็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่าเกษตรกรมีความพึงพอใจระดับพอใช้ ในการใส่ปุ๋ยเคมี 13-13-21 และดูแลรักษาแปลงมะม่วงหิมพานต์ตามคำแนะนำของกรมวิชาการ เพราะผลผลิตติดดีขึ้น เม็ดมะม่วงหิมพานต์มีน้ำหนักดีขึ้น ส่งผลให้เป็นที่ต้องการของตลาด ขายได้ราคาดี

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

นฤมล จันทิมา ศศิธร แท่นทอง และเบญจพร ศรีสุวรมาศ. 2558. การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย. หน้า 47-62 ใน : รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceedings) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา(เคมี). มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 204) พ.ศ.2543 เรื่อง น้ำส้มสายชู, ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 6 ง. ลงวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2544.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิฐกระจัน ปัญจรัศมิ์ นันทพล ประเสริฐ อนุพันธ์ สุนันทา เวสอุรัย. 2532a. ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลปลอมมะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อการทำน้ำคั้น. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 116-125.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน และ ปัญจรัศมิ์ นันทพล. 2532b. ศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์จากผลปลอมมะม่วงหิมพานต์. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 126-132.

รัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา อดุลย์ สุวรรณเนตร และสุชาดา ชัยกัมลาส. 2525. ศึกษาคุณค่าทางอาหารของผลปลอมมะม่วงหิมพานต์ รายงานผลงานวิจัย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์. *ว.วิทย์.กษ.* 43(2)(พิเศษ) : 409-412.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2541. เอกสารวิชาการ พืชสวนพันธุ์ดีและเทคโนโลยีที่เหมาะสม. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. มีเดีย เพรส, กรุงเทพฯ. 153 หน้า.

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม. 2556. วิเคราะห์อุตสาหกรรมสินค้าท้องถิ่น เรื่อง ธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. สืบค้นจาก http://www.thaifoodnfi.com/Admin/File/201311211629350.Cashew_2013.pdf [15 พฤษภาคม 2560].

วิกีวิถีพีเดีย. 2558. อัลมอนล์ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แมคคาเดเมีย พิสตาชิโอ และฮาเซลนัต. สืบค้นจาก http://www.wikipedia.org วันที่หาข้อมูล 8/8/58

Nanjundaswamy, A M., C.R. Setty and M.V. Patwardhan. 1984. Utilization of Cashew Apple for the Development of Processed in Products. International Cashew Symposium.

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2

ชื่อกิจกรรมงานวิจัย

วิจัยและพัฒนาการเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์
จากมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่

Research and Develop Technology for Postharvest Management and Appropriate Processing of Cashews Suitable in the Area.

ชื่อผู้วิจัย

ธนาวัฒน์ ทิพย์ชิต พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์

Thanawat Tipchit Puttinun Jarruwat

คำสำคัญ (Key words)

การอบลดความชื้น, เมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การแปรรูป

dehumidified drying, cashew nut, processing

บทคัดย่อ

ศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูป โดยเปรียบเทียบกับวิธีการอบแห้งด้วยอุณหภูมิเดียวคงที่ซึ่งเป็นวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิง และต้นทุนค่าใช้จ่ายทำการศึกษาชุดอุณหภูมิการอบแห้ง 5 กรรมวิธี ได้แก่กรรมวิธีที่ 1 อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส คงที่ 12 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 2 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 11 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 3 อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง, กรรมวิธีที่ 4 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 10 ชั่วโมงและกรรมวิธีที่ 5 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าชุดอุณหภูมิการอบลดความชื้นกรรมวิธีที่ 5 มีความเหมาะสมที่สุด ใช้เวลาสั้น ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิง โดยที่คุณภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นที่ยอมรับของผู้ประกอบการ

Abstract

Study on suitable temperature set for cashew nut dehumidified drying that is part of the produc Study on suitable temperature set for cashew nut dehumidified drying that is part of the production process for processing with hot air. They were compared with the constant temperature conventional method. The objectives were to decrease operating time, power consumption, fuel consumption and cost. The study was carried out on 5 concept of dehumidified drying set, the first concept was constant 75 ℃ 12 hr, the second concept was 80° C 1 hr and continued 75 ℃ 11 hr, the third concept was 80° C 2 hr and continued 75 ℃ 9 hr, the fourth concept was 85° C 1 hr and continued 75 ℃ 10 hr, the fifth concept was 85° C 2 hr and continued 75 ℃ 8 hr

ศรีปทุมเกษตร

The results showed that the fifth concept was optimal method. It used least time, saved power and fuel cost, in addition, the quality of cashew nuts could be accepted by entrepreneur.

คำนำ

มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชอุตสาหกรรมชนิดหนึ่ง ในปีพ.ศ. 2555 มีการบริโภคเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ภายในประเทศ 11,268 ตัน คิดเป็นมูลค่าตลาดประมาณ 2,700 ล้านบาท โดยเป็นผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตในประเทศสนองความต้องการบริโภคได้ร้อยละ 49 ของปริมาณการบริโภคทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 51 ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศได้แก่ประเทศ เวียดนาม อินเดียและพม่า โดยมีการบริโภคเพิ่มขึ้นในทุกปี และจากการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หรือ AEC ทำให้ผู้ประกอบการธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต้องเผชิญการแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้ามากยิ่งขึ้น (สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม, 2556) ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องพัฒนาตัวเองในทุกๆด้าน เพื่อให้สามารถแข่งขันและลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้งจากต่างประเทศได้ เช่น กระบวนการผลิตต้องผลิตได้เร็วขึ้น มีคุณภาพดีและลดการสูญเสียลง จึงจะสามารถแข่งขันกับสินค้านำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านซึ่งมีราคาถูก ในขณะที่แรงงานภายในประเทศประสบภาวะขาดแคลนและมีราคาแพงขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมานต์เพื่อการแปรรูปสูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพัฒนากระบวนการผลิต โดยอาศัยเครื่องจักรเข้ามาช่วยในขั้นตอนการผลิตมากขึ้น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีการวิจัยและพัฒนาด้านเครื่องอบแห้งลมร้อนมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้ต้นแบบที่สามารถอบแห้งผักและผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการกระจายลมร้อนสม่ำเสมอ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแปรรูปขั้นตอนการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อให้ได้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง สำหรับนำไปเป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ และการส่งจำหน่ายสู่ผู้บริโภค ปัจจุบันผู้ประกอบการใช้วิธีการอบลดความชื้นที่อุณหภูมิเดียวคงที่ 70 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลานาน คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ โดยใช้อุณหภูมิสูงในช่วงแรกและอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิลดลงตามความชื้นที่ลดลง ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาการอบแห้ง ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตในด้านแรงงาน พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าได้ โดยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มีคุณภาพที่ดี

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

<u>อุปกรณ์</u>

1. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 100 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
2. เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลพิกัด 2 กิโลกรัม ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เครื่องวัดกระแสไฟฟ้า
5. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

กรมวิชาการเกษตร

6. เครื่องวัดความเร็วลม

7. นาฬิกาจับเวลา

วิธีดำเนินการ

1. ทำการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ กระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับจำหน่ายเพื่อการแปรรูป และศึกษาทดสอบวิธีการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น โดยร่วมมือกับเกษตรกรผู้ผลิตและผู้ประกอบการเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง

2. ศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด ค่าสี และคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความชื้น (Moisture content; %), ค่าโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

3.ทำการทดสอบหาปริมาณลมและชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยแต่ละการทดลองใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 40 กิโลกรัม แบ่งเป็น 4 ถาด ถาดละ 10 กิโลกรัม ในสถานที่ของผู้ประกอบการ เพื่อให้ผู้ประกอบการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในแต่ละช่วงเวลาการอบ

4. นำชุดอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นในข้อ 3 มาทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องและเทคโนโลยีการอบของผู้ประกอบการ โดยบรรจุเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เต็มตู้ อบครั้งละ 200 กิโลกรัม เท่ากันในทุกการทดลอง และเก็บข้อมูลผลการทดสอบได้แก่ค่าความชื้นเริ่มต้นและความชื้นสุดท้ายหลังอบของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (เปอร์เซ็นต์), ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (L*,a*,b*), อัตราการลอกเยื่อ (กิโลกรัม/ชั่วโมง), ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ชั่วโมง), และการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์/ชั่วโมง)

5. ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องอบแห้งต้นแบบให้มีความเหมาะสม และปลอดภัยในการใช้งานในการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เช่น เปลี่ยนระบบการจุดแก๊สจากการใช้หัวล่อแก๊สเป็นแบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า และทำการปรับปรุงระบบควบคุมให้สามารถตั้งเวลาได้เองอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่

6. ทำการทดสอบเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ และทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งของผู้ประกอบการ

7. จัดทำรายงานผลการวิจัย วิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

8. เผยแพร่ผลงานวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เวลาและสถานที่ดำเนินการ

โดยเริ่มวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 และสิ้นสุดการวิจัยเดือนกันยายน 2560

1. ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี อ.เมือง จ.จันทบุรี

2. ผู้ประกอบการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จ.ชลบุรี

3. กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะม่วงหิมพานต์วัดเนินสูง จ.ตราด

ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรม

ผลการวิจัยและอภิปราย (Results)

1. ผลการสำรวจเก็บข้อมูลกระบวนการจัดการเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และกระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปสำหรับจำหน่าย ของผู้ประกอบการและกลุ่มวิสาหกิจชุมชน มีขั้นตอนดังนี้

1.1 การเก็บผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จะไม่เก็บเมล็ดที่สุกบนต้น แต่จะเก็บเมล็ดที่สุกจัดจนร่วงหล่นแล้วเท่านั้น (ภาพที่ 1) จึงจะได้เมล็ดที่แก่จัดเหมาะแก่การแปรรูปหลังจากนั้นจะนำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาตากแดดประมาณ 2-3 แดด จนแห้งสนิท (ภาพที่ 2) ซึ่งเกษตรกรจะทำการทดสอบโดยการโยนและฟังเสียงกระทบกันจะมีเสียงดังกังวาน แสดงถึงความแห้งและแกร่งของเมล็ด ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้นาน 5-6 เดือน หลังจากนั้นจะนำเมล็ดไปต้มในน้ำเดือดประมาณครึ่งชั่วโมง (ภาพที่ 3) แล้วนำมากะเทาะเปลือกแข็งด้วยเครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบ (ภาพที่ 4) ซึ่งจะได้เมล็ดในของมะม่วงหิมพานต์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่ (ภาพที่ 5) หลังจากนั้นจะนำมาอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด (ภาพที่ 6) โดยใช้อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำไปลอกเยื่อหุ้มเมล็ด (ภาพที่ 7) และนำไปคัดขนาดเมล็ด (ภาพ 8) บรรจุถุงเพื่อจำหน่ายต่อไป

ภาพที่ 1 เก็บเมล็ดที่สุกจัดจนร่วงหล่น

ภาพที่ 2 นำเมล็ดมะม่วงหิมพานต์มาตากแดดประมาณ 2-3 แดด

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3 ต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในน้ำเดือด ครึ่งชั่วโมง

ภาพที่ 4 เครื่องกะเทาะเปลือกแข็งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบเท้าเหยียบ

ภาพที่ 5 เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดอยู่

ภาพที่ 6 เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาด

ภาพที่ 7 ลอกเยื่อหุ้มเมล็ด

ภาพที่ 8 คัดขนาดเมล็ด

1.2 อุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูป ซึ่งพบในหลายขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนของการตากเมล็ดซึ่งต้องใช้เวลา 2-3 วัน ในพื้นที่จังหวัดตราดหรือจังหวัดที่มีฝนตกชุกพบปัญหาต้องคอยเก็บเมล็ดเวลาฝนตก ขั้นตอนการต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีปัญหาเรื่องเชื้อเพลิงขาดแคลนหรือมีต้นทุนเชื้อเพลิงราคาสูง โดยปกติผู้ประกอบการหรือเกษตรผู้ผลิตที่อยู่ในเขตใกล้ชุมชนจะใช้ไม้ฟืนซึ่งมีราคาแพงและหายากในการต้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ในขณะที่เชื้อเพลิงต้นทุนต่ำได้แก่เศษเหลือใช้จากกระบวนการผลิตคือเปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ซึ่งให้ค่าพลังงานความร้อนสูงและราคาถูก ไม่สามารถใช้ได้ในเขตใกล้ชุมชน เนื่องจากควันที่เกิดจากกระบวนการเผาไหม้เปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จะมีฤทธิ์เป็นกรด เมื่อลอยไปสัมผัสคน จะทำให้เกิดอาการแพ้เช่นแสบตา แสบจมูก เกิดผื่นคัน และในควันที่เกิดจากการเผาไหม้มียางดำหรือทาร์ ซึ่งจะไปติดตามเสื้อผ้าที่ตากไว้หรือติดตามผนังบ้านทำให้บ้านใกล้ๆเดือดร้อน ดังนั้นผู้ประกอบการที่จะใช้เปลือกแข็งของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เป็นเชื้อเพลิงต้องไปตั้งโรงต้มเมล็ดให้ไกลจากบริเวณชุมชน และในกระบวนการต่อมาคือการกะเทาะเปลือกแข็งซึ่งไม่มีเครื่องจักรที่กะเทาะเปลือกแข็งทดแทนแรงงานคน มีแต่เครื่องที่ช่วยให้ใช้แรงงานคนกะเทาะได้เร็วขึ้น เช่นเครื่องกะเทาะแบบเท้าเหยียบ (ภาพที่ 4) และเครื่องกะเทาะแบบใช้มือโยก ในขั้นตอนการอบแห้งเมล็ดในของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ผู้ประกอบการยังใช้เครื่องอบแห้งแบบถาดรุ่นเก่า (ภาพที่ 6) ซึ่งมีการกระจายลมร้อนไม่ดี ทำให้ใช้เวลาในการอบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์นาน และถ้าอบที่อุณหภูมิสูงจำเป็นต้องกลับเมล็ดทุกๆ 1 ถึง 2 ชั่วโมง นอกจากนั้นเครื่องอบชนิดนี้ยังมีปัญหาเรื่องระบบการควบคุมไฟหัวเตา ซึ่งส่วนใหญ่ผู้ประกอบการยังใช้หัวเตาแบบเตาแก๊สหัวเร่ง ซึ่งถ้าไฟฟ้าดับ พัดลมจะไม่ทำงานและหัวเตาแก๊สจะไม่ตัด ทำให้เมล็ดภายในห้องอบไหม้ ทำให้ผู้ประกอบการบางรายเปลี่ยนมาใช้การตัดต่อหัวเตาด้วยโซลินอยวาวล์และมีหัวล่อไฟ แต่ในกรณีที่หัวล่อไฟดับ ในจังหวะที่โซลินอยด์เปิดแก๊สเข้า หัวเตาจะไม่ติดไฟทำให้แก๊สเกิดการสะสมภายในตู้อบ ซึ่งหากเกิดประกายไฟหรือมีคนมาจุดไฟโดยไม่ทำการระบายแก๊สในห้องอบแห้งออกก่อนก็จะเกิดการระเบิดขึ้นได้ และในขั้นตอนต่อไปคือการลอกเยื่อเมล็ดใน ยังไม่มีเครื่องลอกเยื่อที่ทำงานได้ดี ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับคน โดยเครื่องลอกเยื่อที่มีใช้ส่วนใหญ่จะมีเปอร์เซ็นต์การแตกหักของเมล็ดค่อนข้างสูง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2. ผลการศึกษาคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทางกายภาพและทางเคมี มีดังนี้

2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

- ขนาดของเมล็ด ค่าเฉลี่ยขนาดของเมล็ดที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากผู้ประกอบการ 2 ราย ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 9) แสดงไว้ในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ภาพที่ 9 การวัดหาขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ตารางที่ 1 ขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

	ขนาดเมล็ดของผู้ประกอบการรายที่ 1 (ม.ม.)			**ขนาดเมล็ดของผู้ประกอบการรายที่ 2 (ม.ม.)**		
เมล็ดที่	a	b	c	a	b	c
1	29.00	11.65	12.70	25.60	10.60	12.80
2	22.90	10.00	11.66	25.80	10.00	15.30
3	26.00	9.70	10.55	26.40	10.70	10.85
4	25.40	10.70	10.90	26.50	10.30	10.90
5	25.30	10.25	11.40	24.90	11.20	10.60
6	25.65	9.80	10.25	25.30	9.60	12.20
7	26.80	11.70	11.60	25.70	10.30	10.50
8	30.90	10.75	11.60	31.30	11.90	10.80
9	28.80	10.60	12.70	24.50	10.35	12.40
10	24.90	9.30	11.85	24.80	8.50	13.15
11	26.40	9.40	12.40	14.20	9.90	13.80
12	25.10	10.75	11.80	26.40	10.75	12.00
13	24.25	10.50	12.40	22.50	9.90	11.80
14	28.40	9.90	13.20	26.60	9.50	12.00
15	23.90	9.30	13.10	24.40	8.10	11.80
16	26.90	10.80	12.35	27.20	9.30	13.00
17	28.00	10.70	13.60	26.80	10.70	10.35
18	26.80	11.30	11.45	24.25	9.50	11.80
19	29.40	10.80	13.50	26.85	9.60	15.45
20	23.85	9.00	10.60	27.80	11.90	11.05
เฉลี่ย	26.43	10.35	11.98	25.39	10.13	12.33

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยขนาดเม็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

ผู้ประกอบการรายที่	a	b	c
1	26.43	10.34	11.980
2	25.39	10.13	12.33
เฉลี่ย	**25.91**	**10.24**	**12.16**

ขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์โดยเฉลี่ยของผู้ประกอบการทั้ง 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรีพบว่า

a คือ ความสูงของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีความสูงเฉลี่ย 25.91 ม.ม.

b คือ ความกว้างของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ม โดยมีความกว้างเฉลี่ย 10.24 ม.ม.

c คือ ความหนาของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ โดยมีความหนาเฉลี่ย 12.16 ม.ม.

การแบ่งขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการซื้อขายของโรงงานวีระพงษ์เม็ดมะม่วงหิมพานต์ อ.บ่อทอง จ.ชลบุรี มีดังนี้

1. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดจัมโบ้ AA ขนาดไม่เกิน 40 เมล็ด/100 กรัม
2. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรด A ขนาดไม่เกิน 60 เมล็ด/100 กรัม
3. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดรวม
4. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดผ่าซีก
5. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดท่อนใหญ่
6. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดท่อนกลาง (เหมาะสำหรับทำขนมหรือเบเกอรี่ต่างๆ)
7. เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดงา (เหมาะสำหรับทำขนมหรือเบเกอรี่ต่างๆ)

ภาพที่ 10 ลักษณะของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เกรดต่างๆ

(โรงงานวีระพงษ์เม็ดมะม่วงหิมพานต์, 2559)

กรมวิชาการเกษตร

- ค่าสี การวัดสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี โดยใช้เครื่องวัดสีรุ่น Konica Minolta CR-400 (ภาพที่ 11) ของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี กรมวิชาการเกษตร โดยวัดสีในรูปแบบ L*a* b* ตามมาตรฐานของ CIE (Commission Internationale d' Eclarirage) ได้ผลออกมาแสดงในตารางที่ 3 และตารางที่ 5

ภาพที่ 11 เครื่องวัดสี

ตารางที่ 3 ค่าสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

จำนวนตัวอย่าง	ซ้ำที่	ผู้ประกอบการราย 1			ผู้ประกอบการราย 2		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
1	1	77.5	1.7	21.2	77.00	1.00	25.30
	2	76.2	3.5	23.5	78.30	1.40	27.70
	3	71	4	23.8	76.20	3.00	19.90
	เฉลี่ย	74.9	3.1	22.8	77.20	1.80	24.30
2	1	77.9	2.6	21.2	79.50	1.30	23.80
	2	77.5	2.1	25	77.40	1.80	27.40
	3	79.2	2.5	23.3	75.20	2.00	27.90
	เฉลี่ย	78.2	2.4	23.2	77.40	1.70	26.40
3	1	78.6	2.2	23.8	76.30	2.00	23.90
	2	75.2	2.8	20.6	73.60	2.40	23.50
	3	79.3	2.3	26.8	72.40	2.30	23.70
	เฉลี่ย	77.7	2.4	23.7	74.10	2.20	23.70
4	1	75.3	3	26.5	77.80	1.50	23.40
	2	65.2	6.2	29.3	75.80	2.40	25.00
	3	76	2	21.3	78.30	1.50	24.10
	เฉลี่ย	72.2	3.7	25.7	77.30	1.80	24.20
5	1	79	2.9	22.9	81.00	1.00	20.00
	2	79.1	2.8	27	78.60	2.10	25.10
	3	77.2	3.6	22	77.70	1.20	30.70
	เฉลี่ย	78.4	3.1	24	79.10	1.40	25.30
เฉลี่ยรวม		**76.3**	**2.9**	**23.9**	**77.00**	**1.80**	**24.80**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ค่าสีเฉลี่ยเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

ผู้ประกอบการรายที่	หลังอบเมล็ดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์		
	L*	a*	b*
1	76.30	2.90	23.90
2	77.00	1.80	24.80
รวม	**76.75**	**2.35**	**24.35**

L* = 100 คือค่าความขาวมากที่สุด **a*** = คือค่าสีทางสีแดง **b*** = คือค่าสีทางสีเหลือง

L* = 0 คือค่าความขาวน้อยที่สุด **-a*** =คือค่าสีทางสีเขียว **-b*** = คือค่าสีทางสีน้ำเงิน

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบค่าสีระหว่างเมล็ดดีกับเมล็ดไม่ได้คุณภาพ

	สีเนื้อดี			เนื้อสีเหลืองไม่ได้คุณภาพ		
เมล็ดที่	**L***	**a***	**b***	**L***	**a***	**b***
1	76.9	0.8	33.3	74.0	3.4	32.0
2	77.5	2.8	2.4	71.8	3.6	25.6
3	75.5	2.7	26.9	72.1	5.0	31.6
4	72.2	2.5	27	74.0	5.8	31.0
5	76.1	2.2	27.2	67.8	3.6	28.7
เฉลี่ย	**75.64**	**2.2**	**23.36**	**71.94**	**4.28**	**29.78**

สีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่มีคุณภาพดีควรมีค่าสีดังนี้ (ภาพที่ 12)

L*≥75 , a*≤3.5 ,b*≤26

เมล็ดได้คุณภาพ (ขาว)

เมล็ดไม่ได้คุณภาพ (เหลือง)

เมล็ดเสีย (ไหม้)

ภาพที่ 12 ลักษณะสีเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบทีมีคุณภาพแตกต่างกัน

กรมวิชาการเกษตร

- ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density)

ตารางที่ 6 แสดงค่าความหนาแน่นรวมของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนอบแห้งและหลังอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการ 2 รายในจังหวัดชลบุรี

ครั้งที่	ความแน่นรวมก่อนอบ (ก.ก./ลบ.ม.)	ความแน่นรวมหลังอบ (ก.ก./ลบ.ม.)
1	474.75	473.25
2	468.50	464.75
3	478.50	477.00
เฉลี่ย	**473.92**	**471.67**

2.2 คุณสมบัติทางเคมีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้แก่

- ค่าความชื้น (Moisture content; %)

ซาฟีนี ลาเต๊ะ และคณะ (2552) ได้รายงานว่าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ได้รับการบรรจุควรมีความชื้นประมาณร้อยละ 5 โดยผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการจังหวัดชลบุรีจำนวน 2 รายแสดงไว้ในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการจังหวัดชลบุรี

ตัวอย่างที่	ผู้ประกอบการรายที่ 1		ผู้ประกอบการรายที่ 2	
	ก่อนอบเยื่อหุ้มเมล็ด	หลังอบเยื่อหุ้มเมล็ด	ก่อนอบเยื่อหุ้มเมล็ด	หลังอบเยื่อหุ้มเมล็ด
1	14.04	7.78	10.56	8.71
2	12.82	6.95	10.76	8.67
3	10.35	4.95	11.11	8.71
เฉลี่ย	**12.40**	**6.56**	**10.81**	**8.70**

จากผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของผู้ประกอบการที่ผ่านการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของเกษตรกรพบว่าเมล็ดมีค่าความชื้นประมาณ 6.5-8.7% เนื่องจากเกษตรกรใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนที่มีการกระจายลมร้อนไม่ดีและหัวเตามีขนาดเล็กไม่สามารถเร่งอุณหภูมิได้ตามต้องการ ทำให้ได้ค่าความชื้นของเมล็ดหลังการอบแห้งที่สูงเกินค่าแนะนำ

กรมวิชาการเกษตร

- ค่าโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ จากมาตรฐานของ USDA Nutrient Database 2016 (http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods) แสดงไว้ในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณค่าทางโภชนาการของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์/100 กรัม

พลังงาน	2,314 กิโลจูล (553 กิโลแคลอรี)
คาร์โบไฮเดรด	30.19 กรัม
น้ำตาล	5.91 กรัม
ใยอาหาร	3.3 กรัม
ไขมัน	43.85 กรัม
โปรตีน	18.22 กรัม
วิตามิน	
ไทอามีน (บี 1)	0.42 มิลลิกรัม
ไรโบเฟลวิน (บี 2)	0.06 มิลลิกรัม
ไนอาซิน (บี 3)	1.06 มิลลิกรัม
กรดแพนโทเทนิก (บี 5)	0.83 มิลลิกรัม
วิตามินบี (บี 6)	0.42 มิลลิกรัม
โฟเลต (บี 9)	25 ไมโครกรัม
วิตามินซี	0.5 มิลลิกรัม
โลหะรอง	
แคลเซียม	37 มิลลิกรัม
เหล็ก	6.68 มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	292 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	593 มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	660 มิลลิกรัม
สังกะสี	5.78 มิลลิกรัม

3. จากการทดสอบหาปริมาณลมที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม (ภาพที่ 13) พบว่าความเร็วลมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1-1.5 เมตร/นาที ถ้าความเร็วลมต่ำกว่า 1 เมตร/นาที จะเป็นความเร็วลมที่ต่ำเกินไปทำให้ลมร้อนกระจายไม่ทั่วห้องอบ สำหรับการหาชุดอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในห้องทดลองนั้น ได้ใช้เครื่องอบ

กรมวิชาการเกษตร

แห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยใช้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 40 กิโลกรัมแบ่งเป็น 4 ถาดถาดละ 10 กิโลกรัม ทุกการทดลองที่ทำการศึกษา

ภาพที่ 13 ทำการทดสอบในห้องทดลองด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

การทดสอบอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ครั้งที่ 1

มี 4 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่1 อบที่อุณหภูมิ 70°C คงที่ 13 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 อบที่อุณหภูมิ 75°Cคงที่ 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 อบที่อุณหภูมิ 80°C 1 ชั่วโมง และ 70°C คงที่ 12 ชั่วโมง รวม 13 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 อบที่อุณหภูมิ 90°C 1 ชั่วโมง และ 70°Cคงที่ 12 ชั่วโมง รวม 13 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่ากรรมวิธีที่ 1 การอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ 70°C คงที่ ซึ่งเป็นตัวแทนเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรใช้เวลา 13 ชั่วโมง ส่วนกรรมวิธีที่ 2 การอบแห้งที่อุณหภูมิ 75°C คงที่ ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงกว่ากรรมวิธีที่ 1 อยู่ 5°C ส่งผลให้ใช้เวลาในการอบแห้งสั้นกว่ากรรมวิธีที่ 1 อยู่ 1 ชั่วโมง คือใช้เวลาเพียง 12 ชั่วโมง โดยไม่ทำให้เมล็ดมะม่วงหิมพานต์เสียคุณภาพ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 และ 4 ได้เพิ่มอุณหภูมิการอบแห้งในช่วง 1 ชั่วโมงแรกเป็น 80°C และ 85°C ตามลำดับ ผลปรากฏว่าความชื้นในช่วงแรกลดลงไปมากกว่ากรรมวิธีที่ 1 และ 2 แต่ยังไม่เพียงพอที่จะส่งผลให้ลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ เนื่องจากระยะเวลาการอบแห้งยังเหลืออีกมาก คือ 12 ชั่วโมง รวมเป็น 13 ชั่วโมง ซึ่งจะทำการอบต่อที่อุณหูมิ 70°C คงที่ โดยทั้ง 4 กรรมวิธี มีค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งอยู่ในเกณฑ์ดี ดังแสดงในตารางที่ 9 และตารางที่ 10

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดสอบครั้งที่ 1

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1	กรรมวิธีที่ 2	กรรมวิธีที่ 3	กรรมวิธีที่ 4
ชม.0	9.12	8.84	9.02	8.73
ชม.1	7.73	6.58	6.86	8.26
ชม.2	7.42	2.93	5.71	6.87
ชม.3	6.88	2.86	4.32	4.87
ชม.4	6.22	2.80	3.97	4.63
ชม.5	5.74	2.73	3.05	3.69
ชม.6	4.10	2.37	2.69	2.71
ชม.7	3.32	2.01	2.52	2.60
ชม.8	2.70	1.89	2.34	2.39
ชม.9	2.63	1.64	2.10	2.14
ชม.10	1.95	1.60	1.96	1.67
ชม.11	1.68	1.40	1.45	1.59
ชม.12	1.44	1.12	1.44	1.42
ชม.13	1.36		1.43	1.42

ตารางที่10 ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในการทดสอบครั้งที่ 1

ชั่วโมงที่	กรรมวิธีที่ 1 สีเนื้อ			กรรมวิธีที่ 2 สีเนื้อ			กรรมวิธีที่ 3 สีเนื้อ			กรรมวิธีที่ 4 สีเนื้อ		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
ชม.0	77.08	-2.12	24.17	74.44	3.09	25.77	75.61	2.86	24.07	73.04	2.34	26.13
ชม.1	74.87	-1.58	23.10	77.05	2.82	24.25	73.41	2.12	23.64	71.36	2.22	25.26
ชม.2	66.92	-1.77	22.77	76.98	3.08	23.68	77.28	2.20	22.47	76.27	2.43	21.08
ชม.3	74.28	-1.63	23.68	76.27	2.85	22.43	74.83	4.23	22.68	74.19	1.83	24.88
ชม.4	76.12	-1.38	23.35	78.37	2.63	23.20	75.58	2.30	22.08	75.94	2.62	20.28
ชม.5	75.08	-1.22	22.92	77.03	3.29	25.50	76.43	1.13	22.63	75.19	1.95	24.20
ชม.6	74.27	-1.00	23.90	77.34	2.94	26.63	74.08	0.13	28.25	74.71	2.44	25.78
ชม.7	71.70	-1.23	25.08	77.17	2.98	25.78	73.54	1.38	24.83	75.08	2.43	24.46
ชม.8	75.90	-1.63	26.00	76.98	2.84	24.98	75.38	3.16	24.16	75.23	2.78	25.07
ชม.9	76.62	-1.60	26.02	76.49	3.63	25.21	76.26	2.32	25.21	70.31	2.55	25.41
ชม.10	76.13	-1.27	25.17	76.00	2.38	26.42	76.23	2.13	25.79	75.70	2.52	25.97
ชม.11	76.08	-1.02	25.88	76.09	2.68	26.98	76.03	1.78	24.69	75.61	2.42	25.29
ชม.12	75.02	-1.38	26.83	75.63	3.13	27.61	76.53	2.09	23.93	75.15	2.50	24.90
ชม.13	75.27	2.77	27.30				75.49	2.15	28.98	76.34	2.36	26.13

กรมวิชาการเกษตร

ในการทดสอบครั้งต่อไปจะเพิ่มกรรมวิธีที่เพิ่มเวลาการอบแห้งช่วงแรกให้นานขึ้นเป็น 2 ชั่วโมง และอบต่อด้วยอุณหภูมิคงที่ 75°C

การทดสอบอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ครั้งที่ 2

มี 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบที่อุณหภูมิ 75°C คงที่ 12 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 2 อบที่อุณหภูมิ 80°C 1 ชั่วโมง และ 75°C อีก 11 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 อบที่อุณหภูมิ 80°C 2 ชั่วโมง และ 75°C อีก 9 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 อบที่อุณหภูมิ 85°C 1 ชั่วโมง และ 75°C อีก 10 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 อบที่อุณหภูมิ 85°C 2 ชั่วโมง และ 75°C อีก 8 ชั่วโมง

ผลการทดสอบพบว่า ชุดอุณหภูมิการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในกรรมวิธีที่ 5 คือการอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงมีความเหมาะสมที่สุด โดยมีค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งต่ำที่สุด ในขณะที่คุณภาพด้านค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์และด้านคุณค่าทางโภชนาการที่มีอยู่ในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบลดแห้งไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธีที่ทำการศึกษา นอกจากนั้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการอบแห้งด้วยกรรมวิธีที่ 5 สามารถลอกเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ได้ง่าย มีอัตราการลอกเยื่อสูง ได้จำนวนเมล็ดเต็มและเมล็ดซีกที่สูง ซึ่งส่งผลต่อราคาขายและรายได้ที่สูงขึ้นตามเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และผลจากการที่สามารถลดระยะเวลาการอบแห้งลงได้ ทำให้การสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่ายลงได้มาก ผลการทดลองทั้งหมดแสดงใน ตารางที่ 11, ตารางที่ 12 และภาพที่ 14-20

ตารางที่ 11 ค่าความชื้น, ค่าสี และค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	ค่าสีเมล็ดใน			ค่าสารอาหาร(g/100g)			
		L^*	a^*	b^*	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า
1	1.33a	76.77ns	3.12ns	24.02ns	41.05ns	33.37ns	20.25ns	2.74ns
2	1.28ab	75.97ns	3.35ns	25.37ns	39.97ns	33.75ns	21.27ns	2.69ns
3	1.21bc	76.57ns	3.25ns	25.32ns	41.69ns	32.29ns	20.32ns	2.72ns
4	1.25bc	77.85ns	4.03ns	26.38ns	40.35ns	34.00ns	20.33ns	2.68ns
5	1.19c	77.42ns	3.90ns	26.13ns	40.89ns	33.8ns	19.87ns	2.73ns

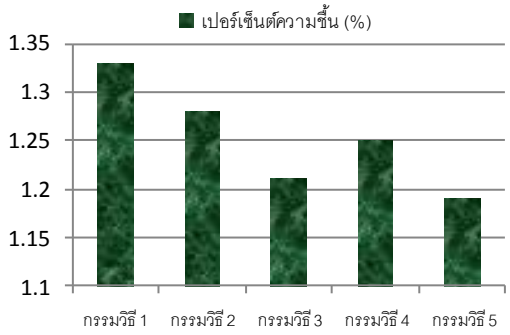
หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่ P<0.05

กรมวิชาการเกษตร

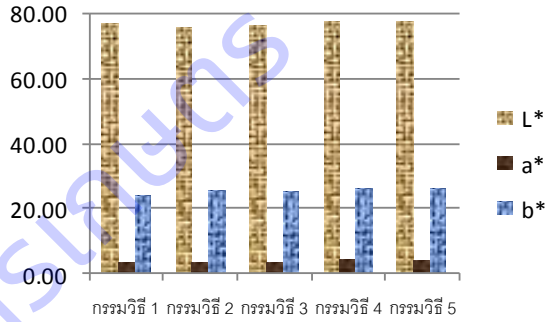
ตารางที่ 12 อัตราการลอกเยื่อและชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง

กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์				พลังงานเชื้อเพลิง (kg/hr)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	0.71c	63.56c	21.10a	3.06a	3.66ns	0.51a	9.57a
2	0.78bc	66.84b	18.54ab	2.94a	3.04ns	0.42b	7.66b
3	0.89a	68.34ab	18.60ab	1.40b	3.04ns	0.43b	7.02c
4	0.82ab	69.40ab	16.36b	2.50ab	3.14ns	0.41b	7.02c
5	0.85a	69.90a	16.70b	1.29b	3.50ns	0.43b	6.38d

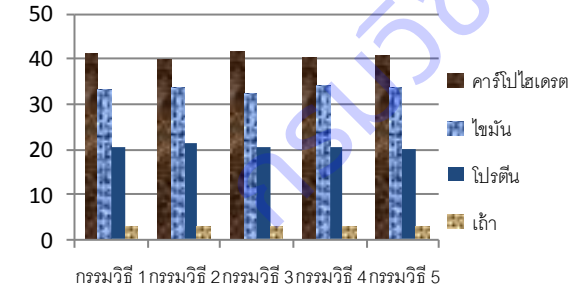
หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่นที่P<0.05



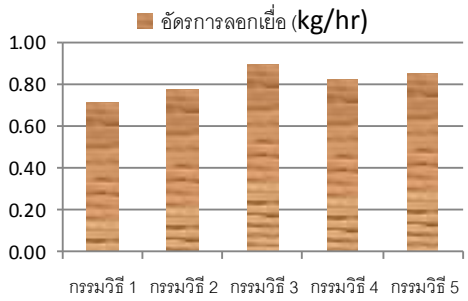
ภาพที่ 14 ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง



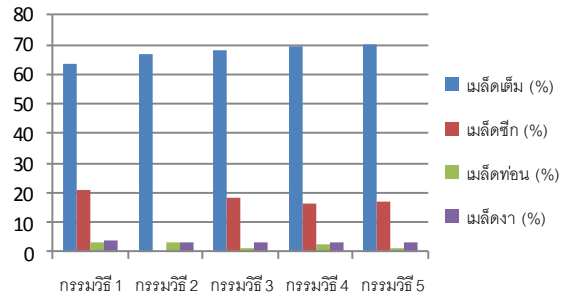
ภาพที่ 15 ค่าสีเมล็ดมะม่างหิมพานต์หลังอบแห้ง



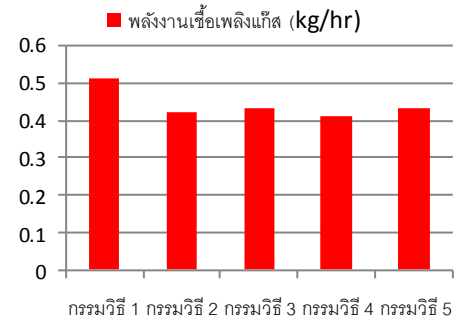
ภาพที่ 16 ปริมาณสารอาหารเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง



ภาพที่ 17 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง

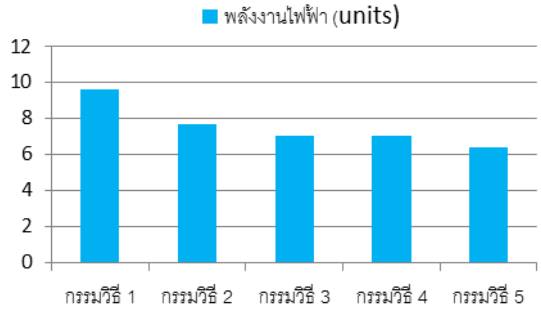


ภาพที่ 18 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่ 19 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 20 ค่าพลังงานไฟฟ้าในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

4. นำชุดอุณหภูมิที่ได้จากการทดสอบเบื้องต้นใน ข้อ 3 มาทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องและเทคโนโลยีการอบแห้งของผู้ประกอบการ โดยวางแผนการทดลองเป็น 2 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสคงที่ 24 ชั่วโมง (เครื่องผู้ประกอบการ)

กรรมวิธีที่ 2 อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง (เครื่องของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม)

ผลการทดสอบพบว่ากรรมวิธีที่ 2 คือการอบลดความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ด้วยเครื่องของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมมีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้งเยื่อหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่การผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปของผู้ประกอบการได้ โดยมีค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งต่ำสุดคือ 1.19% ในขณะที่ค่าสีและค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการอบแห้งทั้ง 2 กรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างกัน นอกจากนั้นมีค่าอัตราการลอกเยื่อ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงที่สุด ซึ่งส่งผลต่อราคาขายที่เพิ่มขึ้นตามเกรดเมล็ดเต็มของมะม่วงหิมพานต์ที่ผลิตได้ ดังแสดงในตารางที่ 15, ตารางที่ 16 และภาพที่ 21-27

ตารางที่15 ค่าความชื้น, ค่าสีและค่าสารอาหารของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น(%)	ค่าสีเมล็ดใน			ค่าสารอาหาร (g/100g)			
		L^*	a^*	b^*	คาร์โบไฮเดรต	ไขมัน	โปรตีน	เถ้า
1	1.30a	76.30ns	2.90ns	23.90ns	41.67ns	32.39ns	20.37ns	2.75ns
2	1.19b	77.42ns	3.90ns	26.13ns	40.89ns	33.8ns	19.87ns	2.73ns

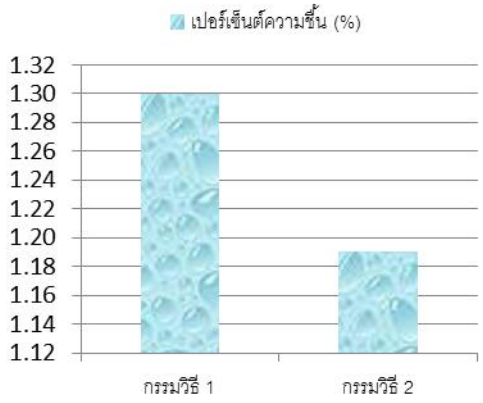
หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05

ตารางที่ 16 อัตราการลอกเยื่อ, ชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอบแห้ง

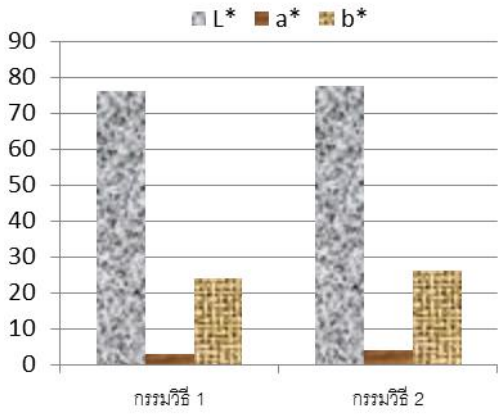
กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (%)				พลังงานแก๊ส (kg)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	0.76b	65.84b	19.54ab	3.80a	2.84b	11.28a	14.80a
2	0.85a	69.90a	16.70b	1.29b	3.50a	4.3c	6.38c

หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น<0.05

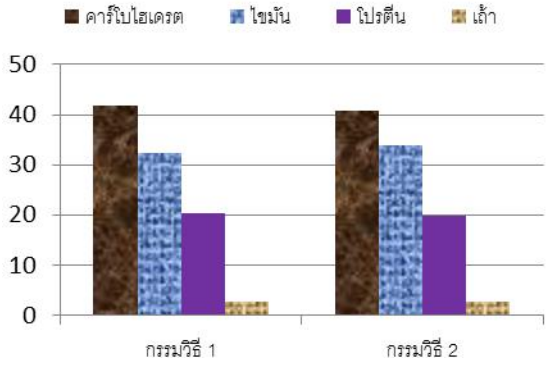
กรมวิชาการเกษตร



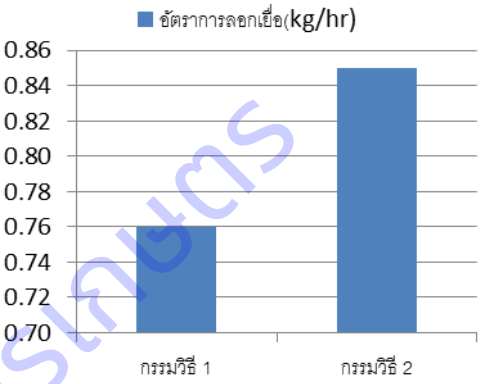
ภาพที่ 21 ค่าความชื้นของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง



ภาพที่ 22 ค่าสีเมล็ดในเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

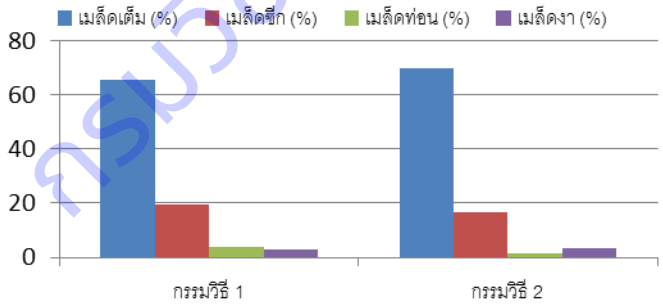


ภาพที่ 23 ปริมาณสารอาหารเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง

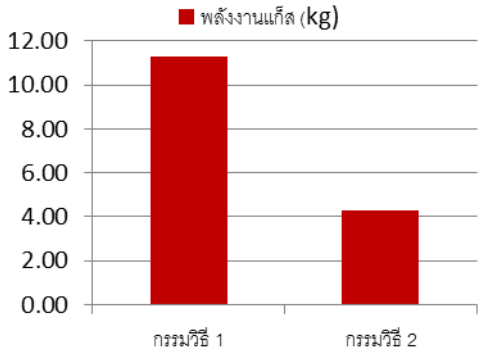


ภาพที่ 24 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง

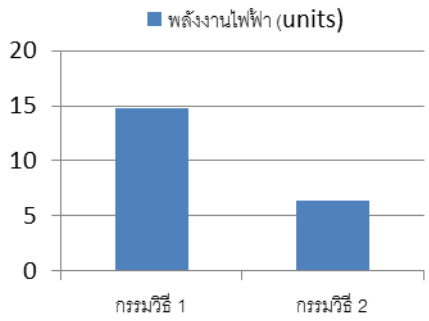
กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 25 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง



ภาพที่26 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส



ภาพที่ 27 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

5 ได้ทำการพัฒนาและปรับปรุงอุปกรณ์ของเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น พร้อมสำหรับการนำไปทำการทดสอบในพื้นที่การผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อการแปรรูปของเกษตรกร ดังนี้

5.1 เปลี่ยนระบบการจุดแก๊ส จากการใช้หัวล่อแก๊สเป็นแบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า เนื่องจากหัวล่อแก๊สมีโอกาสดับและทำให้จังหวะพ่นไฟของหัวพ่นไฟไม่ติด เกิดการสะสมของแก๊สในห้องอบแห้ง เมื่อมีประกายไฟทำให้เกิดการระเบิดได้ดังภาพที่ 28 และภาพที่ 29

ภาพที่ 28 หัวเผาแก๊สและหัวล่อแก๊สแบบเก่า

ภาพที่ 29 หัวเผาแก๊สและระบบสปาร์คด้วยไฟฟ้า

5.2 ปรับปรุงเรื่องระบบควบคุม ให้สามารถตั้งเวลา ที่ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและเปลี่ยนเป็น 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง ได้เองโดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่ ดังแสดงในภาพที่ 30 และภาพที่ 31

ภาพที่ 30 ตู้คอนโทรลแบบใช้หัวล่อแก๊สจุดหัวเผา

ภาพที่ 31 ตู้คอนโทรลแบบใช้หัวสปาร์คด้วยไฟฟ้าจุดหัวเผาและตั้งเวลาตัดต่ออุณหภูมิเป็น 2 ช่วงเวลา

สถาบันวิจัยเกษตร

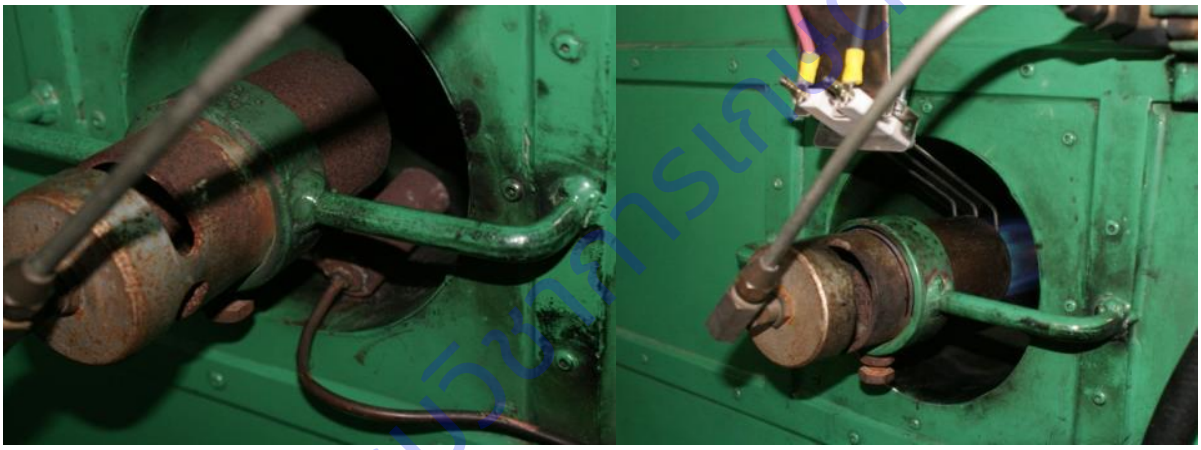
ได้นำเครื่องที่ทำการปรับปรุงแล้วไปทดสอบใช้งานจริง ปรากฏว่าใช้งานได้ดีเป็นที่พอใจของเกษตรกรโดยมีข้อดีดังนี้

1.1 หัวสปาร์คช่วยลดอันตรายอันอาจจะเกิดจากการที่หัวล่อแก๊สดับ และทำให้มีการสะสมของแก๊สในห้องอบ และเมื่อเกิดประกายไฟก็จะทำให้เกิดการระเบิดได้

1.2 หัวสปาร์คช่วยลดอัตราการใช้แก๊สลง (จากการจุดหัวล่อ) 0.021 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

1.3 หัวสปาร์คช่วยลดเขม่า เนื่องจากหัวล่อแก๊สเป็นการจุดไฟเพื่อช่วยจุดหัวพ่นไฟ เมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง หัวล่อแก๊สจะเกิดเขม่าและมีการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งเขม่าเหล่านี้จะไปเกาะติดที่ผลิตภัณฑ์ หรือสะสมที่ผนังห้องอบและที่บริเวณใบพัดลม ซึ่งจะทำให้เป็นคราบสกปรกสะสมต่อไปดังแสดงในภาพที่ 32 และภาพที่ 33

1.4 ปรับปรุงเรื่องระบบควบคุม ให้สามารถตั้งเวลา ที่ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมงและเปลี่ยนเป็น 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงได้เองโดยที่ไม่ต้องใช้คนมาตั้งอุณหภูมิใหม่ ทำให้ช่วยประหยัดเวลา ไม่ต้องใช้คนมาเปลี่ยนอุณหภูมิ ทำให้สามารถทำงานอย่างอื่นได้โดยไม่ต้องกังวลเรื่องเวลา



ภาพที่ 32 เขม่าที่เกิดจากการใช้หัวล่อแก๊สมานาน

ภาพที่ 33 เมื่อเปลี่ยนมาเป็นหัวสปาร์คจะเกิดเขม่าน้อย

6. ได้ทำการนำเครื่องต้นแบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมที่ได้รับการปรับปรุงอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น และเทคโนโลยีการอบแห้งแบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ศึกษา ไปทดสอบ สาธิตและขยายผลในพื้นที่การผลิตมะม่วงหิมพานต์แปรรูปของกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่จังหวัดตราด ซึ่งเป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่มีการผลิตมะม่วงหิมพานต์แปรรูปเป็นปริมาณมากโดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับเครื่องอบแห้งและเทคโนโลยีการอบของกลุ่มเกษตรกรที่ใช้อยู่เดิม ซึ่งใช้อุณหภูมิการอบแห้งคงที่ 83 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 18 ชั่วโมง และมีการเปิดตู้อบเพื่อทำการเกลี่ยและกลับมะม่วงหิมพานต์ ทุกๆ 2 ชั่วโมง เนื่องในการอบแห้งของเกษตรกรใช้อุณหภูมิสูง และเครื่องอบแห้งที่ใช้มีการกระจายลมร้อนที่ไม่สม่ำเสมอ จึงจำเป็นต้องใช้แรงงานเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อให้เมล็ดได้รับความร้อนทั่วถึงกัน แบ่งการทดลองเป็น 2 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 อบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส 9 ชั่วโมง รวมใช้ระยะเวลาในการอบแห้งรวมทั้งหมด 11 ชั่วโมง (เนื่องจากสภาพอากาศแวดล้อมในพื้นที่จังหวัดตราดมีความชื้นสัมพันธ์สูงกว่า ทำให้ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งมากกว่าในพื้นที่จังหวัดชลบุรี 1 ชั่วโมง) ด้วยเครื่องอบแห้งของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

กรรมวิธีที่ 2 อบเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิ83 องศาเซลเซียสคงที่ 18 ชั่วโมง ด้วยเครื่องอบแห้งของเกษตรกร และมีการเปิดตู้เพื่อเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทุกๆ 2 ชั่วโมง

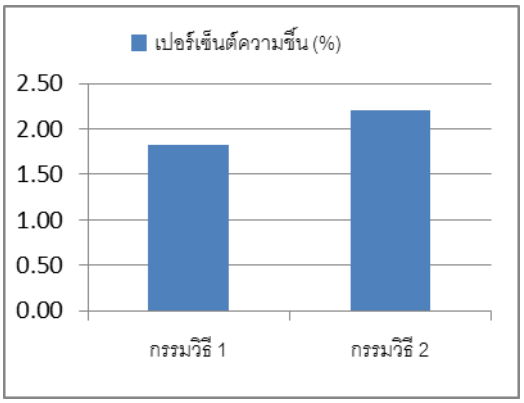
ผลการทดสอบพบว่าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้งด้วยกรรมวิธีที่ 1 มีค่าความชื้นที่ต่ำกว่ากรรมวิธีที่ 2 และใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่า เนื่องจากเครื่องอบลดความชื้นของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม มีประสิทธิภาพและการระบายลมร้อนที่ดีกว่าเครื่องของเกษตรกร เมื่อพิจารณาถึงค่าสีพบว่ามีค่าใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 17 และภาพที่ 34-35

ตารางที่ 17 ค่าความชื้นและค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

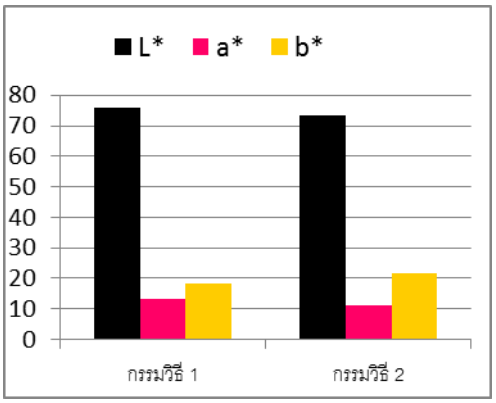
กรรมวิธีที่	เปอร์เซ็นต์ความชื้น (%)	ค่าสีเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์		
		L*	a*	b*
1	1.82b	75.71ns	13.43ns	18.29ns
2	2.21a	73.35ns	11.22ns	21.53ns

หมายเหตุ: ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 34 ค่าความชื้นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังอบแห้ง



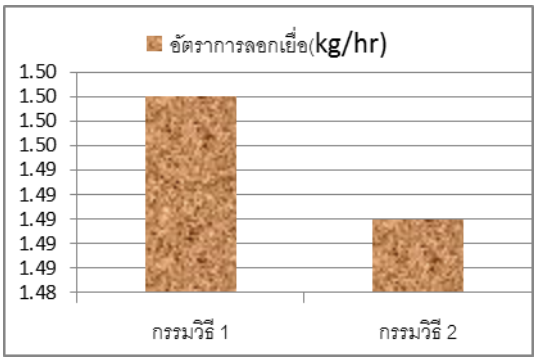
ภาพที่ 35 ค่าสีของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังการอบแห้ง

เมื่อพิจารณาในส่วนของอัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง พบว่าไม่แตกต่างกันทั้งสองกรรมวิธีการอบที่ศึกษาเปรียบเทียบ แต่กรรมวิธีที่ 1 จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดเต็มสูงกว่า เนื่องจากกรรมวิธีการอบที่ 2 จะใช้อุณหภูมิสูงเป็นเวลานานทำให้เมล็ดกรอบแตกหักง่าย สำหรับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้า เนื่องจากการอบแห้งในกรรมวิธีที่ 1 ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 มาก ทำให้มีปริมาณการใช้พลังงานทั้ง 2 ชนิดที่น้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 ผลการทดสอบทั้งหมดแสดงในตารางที่ 18 และภาพที่ 36-39

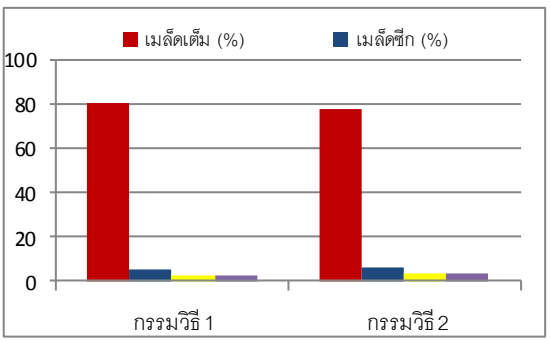
ตารางที่ 18 อัตราการลอกเยื่อ, ชนิดเกรดของเมล็ดมะม่วงหิมพานต์, การใช้พลังงานเชื้อเพลิงและไฟฟ้าของเครื่องอบแห้งในการอบแห้งกรรมวิธีต่างๆ

กรรมวิธีที่	อัตราการลอกเยื่อ (kg/hr)	เกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์				พลังงานแก๊ส (kg/hr)	พลังงานไฟฟ้า (units)
		เมล็ดเต็ม	เมล็ดซีก	เมล็ดท่อน	เมล็ดงา		
1	1.50ns	80.40a	5.50b	2.90b	2.34b	5.94b	6.38b
2	1.49ns	77.80b	6.30a	3.20a	3.30a	10.08a	10.40a

หมายเหตุ : ไม่มีความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น P<0.05

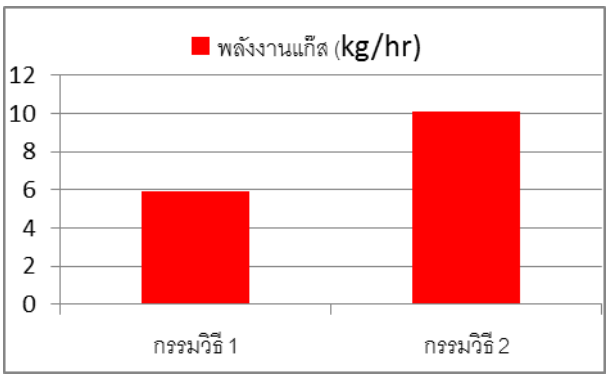


ภาพที่ 36 อัตราการลอกเยื่อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง

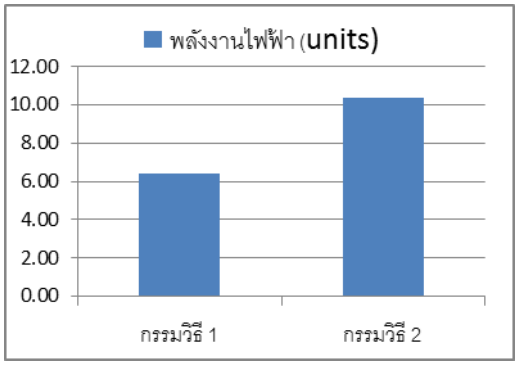


ภาพที่ 37 ชนิดเกรดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 38 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส



ภาพที่ 39 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

7. สรุปผลการดำเนินงานการดำเนินการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ 2 ระดับ โดยใช้เครื่องต้นแบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและจังหวัดตราด พบว่าใช้ได้ผลดีและเหมาะสม สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่าหรือเท่าเทียมกับของผู้ประกอบการ ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบสองช่วงอุณหภูมิและเครื่องอบแห้งต้นแบบไปใช้ในพื้นที่จังหวัดอื่น ๆ ก็จะช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ และได้มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีได้เช่นกัน แต่ทั้งนี้ต้องมีการปรับปรุงเทคนิคในการอบลดความชื้นบ้าง ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในพื้นที่จังหวัดนั้นๆ

ผลการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม (ภาคผนวก ข.) ของการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อนแบบถาดของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ พบว่ามีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 264.75บาท/กิโลกรัม จุดคุ้มทุนการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง 11,346 กิโลกรัม/ปี และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 4 เดือน เมื่อทำการผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง 60 วัน/ปี และราคาขายผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้งเพื่อการแปรรูป 280 บาท/กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในแต่ละพื้นที่ ส่วนใหญ่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการจะใช้ตู้อบแบบถาดรุ่นเก่าซึ่งมีราคาถูก แต่มีการกระจายลมร้อนไม่สม่ำเสมอ ดั้งนั้นในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จึงต้องใช้คนมาคอยเกลี่ยและกลับเมล็ดทุกๆ 1-2 ชั่วโมง ในขณะที่เทคโนโลยีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแต่และพื้นที่ก็ไม่เหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่จะใช้เวลานาน คือประมาน 16 ,18 หรือ 24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับวิธีการอบแห้ง อุณหภูมิที่ใช้ ปริมาณของผลผลิตที่อบและสภาพแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาและวิจัยพบว่าเครื่องอบแห้งลมร้อนของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร มีการกระจายลมร้อนที่ดีไม่ต้องใช้คนเกลี่ยและกลับเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ และมีระบบควบคุมอุณหภูมิในห้องอบแห้งให้คงที่ นอกจากนั้นสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้มีงานวิจัยการศึกษาและออกแบบระบบการอบแห้งแบบสองอุณหภูมิ ในผลไม้ชนิดต่างๆ ซึ่งพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งผลไม้ต่างๆ ได้หลายชั่วโมง และสำหรับ

เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ผลการศึกษาและทดลองพบว่าสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้หลายชั่วโมงเช่นกัน โดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดเพียง 10 ชั่วโมง

บรรณานุกรม

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม. 2556. วิเคราะห์อุตสาหกรรมสินค้าท้องถิ่น เรื่อง ธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. สืบค้นจาก http://www.thaifoodnfi.com/Admin/File/201311211629350.Cashew_2013.pdf [12 มิถุนายน 2560].

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 3

ชื่อกิจกรรมงานวิจัย

วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากมะม่วงหิมพานต์

Research and Development Waste Materials from Cashew

ชื่อผู้วิจัย

ขนิษฐา วงษ์นิกร สกล สาธร เกษสิริ ฉันทพิริยะพูน

สมชาย ฉันทพิริยะพูน ประไพ หงษา อุปถัมป์ อุ่นใจ สุวิวัฒน์ วงษ์สกุลไชยะ

สุชาดา ศรีบุญเรือง รัตน์ติยา พวงแก้ว

สำเริง ช่างประเสริฐ

Kanitta Wongnikorn, Sakol Sathorn, Kedsiri Chantapiriyapoon, Somchai Chantapiriyapoon

Prapai Hongsa, Upathum Oonjai, Suvivat Wongsakulchaiya,

Suchada Sreeboonruang, Rattiya Pongkaw

Samroeng Changprasert

คำสำคัญ (Key words)

น้ำส้มสายชูหมัก, ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

fermented vinegar, cashew apple

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การคัดแยกและจำแนกสายพันธุ์ยีสต์และแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลและกรดอะซิติกตามลำดับจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สดจากแปลงเกษตรกรจังหวัดตราด จากการทดลองได้ยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์สูงสุดคือ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 (8.7± 0.4% v/v) และได้แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกสูงสุดคือ *Acetobacter tropicalis* A12 (5.91 ± 0.17% v/v) หลังจากนั้นทดสอบเปรียบเทียบวิธีที่ทำให้น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ใส โดยการตกตะกอนด้วยสารละลายเจลาตินที่ความเข้มข้น 0, 0.1 และ 0.2% ที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้เจลาติน 0.2% ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะสามารถตกตะกอนน้ำคั้นให้ใสได้ดีที่สุด ต่อมาทำการทดสอบเปรียบเทียบสูตรถังหมักแอลกอฮอล์ที่มีอัตราส่วนน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำสะอาดแตกต่างกันคือ 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยใช้ยีสต์ *S. cerevisiae* Y21 ในการหมัก พบว่าสูตร 1:4 สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดเท่ากับ 8.04 ± 0.4% v/v ภายใน 16 วัน สุดท้ายทดสอบเปรียบเทียบสูตรถังหมักน้ำส้มสายชูที่ปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกันคือ 5%, 6% และ 7% โดยใช้

แบคทีเรีย *A. tropicalis* A12 พบว่าแต่ละสูตรสามารถผลิตกรดอะซิติกสูงสุดเท่ากับ 4.53 ± 0.18 %, 4.42 ± 0.41 % และ 5.03 ± 0.68 % ตามลำดับ และสูตรที่มีแอลกอฮอล์ตั้งต้น 7% จะผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดในเวลา 45 วัน แต่เมื่อพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานของน้ำส้มสายชูหมักในผลิตภัณฑ์จะพบว่าทั้ง 3 สูตรสามารถใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้ เพราะสามารถผลิตกรดอะซิติกได้มากกว่า 4% ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตรที่มีแอลกอฮอล์ตั้งต้น 5% ในการผลิตเพราะใช้เวลาในการหมักสั้นกว่าคือ 30 วัน คุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักที่ได้มีดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 9.7 ± 0.4 องศาบริกซ์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 3.01 ± 0.03, ปริมาณกรดอะซิติก 4.53 ± 0.18 %, ปริมาณแอลกอฮอล์คงเหลือ 0.07 ± 0.00 % v/v และปริมาณวิตามินซี 2.23 ± 0.54 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

Abstract

Screening and identification of yeast strains and acetic acid bacteria suitable for ethanol and acetic acid production respectively from fresh cashew apple from farmer plots in Trat Province. From the experiment, the highest alcohol-producing yeast was *Saccharomyces cerevisiae* Y21 (8.7± 0.4% v/v), and the highest acetic acid bacteria was *Acetobacter tropicalis* A12 (5.91 ± 0.17% v/v). By precipitation with gelatin solutions at concentrations of 0, 0.1 and 0.2% at 30, 40 and 50 °C, it was found that using 0.2% gelatin at 50 °C for 15 min was the best precipitation. The later, a comparative test of the alcohol fermentation formula with different ratios of cashew apple juice to clean water was 1:3, 1:4 and 1:5 using *S. cerevisiae* Y21 yeast for fermentation. It was found that the formula 1: 4 able to produce a maximum alcohol content of 8.04 ± 0.4% v/v within 16 days. Finally, a comparative test of vinegar fermentation formulations adjusted for different alcohol content of 5%, 6% and 7% using *A. tropicalis* A12 for production. It was found that each formulation was able to produce a maximum acetic acid of 4.53 ± 0.18 %, 4.42 ± 0.41 % and 5.03 ± 0.68 %, respectively, and a formula containing 7% base alcohol produced a maximum acetic acid in 45 days. From the standard of fermented vinegar in the product, it was found that all 3 formulas can be used in the production of fermented vinegar. Because it can produce more than 4% acetic acid. A formula with 5% alcohol was chosen for its production because it took 30 days to ferment. The quality of the fermented vinegar is as follows. The soluble solids were 9.7 ± 0.4 deg Brix, the pH was 3.01 ± 0.03, the

กรมวิทยาศาสตร

acetic acid content was 4.53 ± 0.18 %, the alcohol residue was 0.07 ± 0.00 % v/v, and the vitamin C content was 2.23. ± 0.54 mg per 100 ml

คำนำ

น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือ น้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมนำน้ำส้มสายชูหมักมาใช้ปรุงรสอาหารที่ต้องการรสเปรี้ยว ใช้ในการดองหรือถนอมอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัด มายองเนส และซอสต่างๆ (ประมวลและจีรวุฒิ, 2562) นอกจากนี้ปัจจุบันยังนิยมผสมทำเป็นเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อดูแลสุขภาพได้อีกด้วย (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2564) ประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมักทางด้านสุขภาพมีมากมายหลายด้านดังต่อไปนี้ เช่น ฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านเนื้องอก ต้านเบาหวาน ต้านความอ้วน และ ลดความดันโลหิต เป็นต้น (ประมวลและจีรวุฒิ, 2562) จะเห็นได้ว่าคุณประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมักที่กล่าวนั้นนอกจากจะเป็นคุณประโยชน์ที่เกิดจากคุณสมบัติของกรดอะซิติกเองแล้วยังเป็นคุณประโยชน์ที่ได้จากวัตถุดิบที่ใช้หรือเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตอีกด้วย ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์เมื่อสุกแก่เต็มที่แล้วเป็นผลไม้ที่มีรสหวานแต่กลับไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคเพราะมีกลิ่นรุนแรงเฉพาะตัวและรสชาติฝาดเฝื่อน ทำให้เหลือทิ้งในแปลงเป็นจำนวนมาก ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มีน้ำตาล สารอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ในปริมาณสูง หากเราสามารถพัฒนานำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักก็น่าที่จะได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีคุณประโยชน์แล้วยังช่วงลดปัญหาขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรอีกด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ เพื่อคัดแยกเชื้อยีสต์และแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกที่เหมาะสม และพัฒนาวิธีการผลิตที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

การทบทวนวรรณกรรม

น้ำส้มสายชูหมัก (fermented vinegar) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำธัญพืช ผลไม้ หรือ น้ำตาลมาหมักกับส่าเหล้าแล้วหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ มีปริมาณกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส แตกต่างจากน้ำส้มสายชูกลั่น และน้ำส้มสายชูเทียม ดังนี้คือ น้ำส้มสายชูกลั่นเกิดจากการนำสุราขาวเจือจางหรือแอลกอฮอล์เจือจางมาหมักกับเชื้อน้ำส้มสายชูตามกรรมวิธีธรรมชาติ หรือได้มาจากการกลั่นน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น ส่วนน้ำส้มสายชูเทียมนั้นได้จากการนำเอากรดอะซิติกมาเจือจางกับน้ำให้ได้ปริมาณตามต้องการ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2544) ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมนำน้ำส้มสายชูหมักมาใช้ปรุงรสอาหารที่ต้องการรสเปรี้ยว ใช้ในการดองหรือถนอมอาหาร ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัด มายองเนส และซอสต่างๆ (ประมวลและจีรวุฒิ, 2562) นอกจากนี้ปัจจุบันยังนิยมผสมทำเป็นเครื่องดื่มน้ำส้มสายชูหมักเพื่อดูแลสุขภาพได้อีกด้วย (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร, 2564)

กรมวิทยาศาสตร์

ประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมักทางด้านสุขภาพของผู้บริโภคมีมากมายหลายด้านดังต่อไปนี้ (ประมวลและจีรวุฒิ, 2562)

1. ฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (antimicrobial effect)

จากรายงานการศึกษาพบว่ากรดอะซิติกที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชูหมักมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในระบบทางเดินอาหารได้ที่มักพบปนเปื้อนในผักและผลไม้สด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเชื้อ *Escherichia coli* ดังนั้นจึงมักใช้น้ำส้มสายชูหมักในการปรุงแต่งอาหารและการหมักดอง เพราะนอกจากจะเป็นการถนอมอาหารแล้วยังเป็นการลดการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคที่จะได้รับเข้าสู่ร่างกายผู้บริโภคด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำส้มสายชูหมักทำความสะอาดและรักษาเชื้อราที่เล็บ เหา หูด รวมถึงการติดเชื้อภายในหูได้เช่นกันซึ่งเป็นวิธีการรักษาในสมัยอียิปต์โบราณ ในน้ำส้มสายชูหมักนอกจากจะพบกรดอะซิติกแล้วยังพบกรดอินทรีย์อีกหลายชนิด เช่น แลคติก แอสคอร์บิค ซิตริก มาลิก โพรพิโอนิก ซัคซินิก และทาร์ทาริก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต ซึ่งกรดดังกล่าวก็มีประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในอาหารเช่นเดียวกัน โดยมีการศึกษาการยับยั้งการเจริญของ *Escherichia coli* พบว่ากรดอะซิติกมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตามด้วยกรดแลคติก กรดซิตริก และกรดมาลิก กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดอะซิติกและกรดอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำส้มสายชูหมักคือ กรดดังกล่าวจะซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์และไปทำลายโครงสร้างต่างๆในเซลล์จุลินทรีย์จนเสียสภาวะสมดุลและตายในที่สุด แต่ความสามารถในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์จะมีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างด้วยกัน เช่น สายพันธุ์จุลินทรีย์ก่อโรค ปริมาณของจุลินทรีย์ปนเปื้อน อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ความเข้มข้นของกรด และความแข็งแรงของไอออนภายในเซลล์จุลินทรีย์เป็นต้น

2. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)

สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น สารประกอบฟีโนลิกและวิตามินบางชนิดที่พบในน้ำส้มสายชูหมักมีความสามารถในการป้องกันความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (oxidative stress) เนื่องจากกิจกรรมการต่อต้านอนุมูลอิสระในร่างกาย นอกจากนี้ยังพบสารกลุ่มแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุสีแดง น้ำเงินหรือม่วงมีส่วนช่วยป้องกันการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆได้

3. ฤทธิ์ต้านเนื้องอก (antitumor effect)

สารอัลฟาไกลแคน (alpha-glycan) ขนาดกลางซึ่งทำหน้าที่ต่อต้านเนื้องอกในหนูทดลอง ถูกพบว่าเป็นสารที่ถูกผลิตขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากแอปเปิล (แอปเปิลไซเดอร์) สารดังกล่าวถูกผลิตระหว่างขั้นตอนการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกด้วยแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติก นอกจากแอปเปิลไซเดอร์แล้วยังพบว่าในสารสกัดจากน้ำส้มสายชูหมักจากข้าวญี่ปุ่น Kurosu มีความสามารถในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็งในทุกตัวอย่างนั่นคือ มะเร็งลำไส้ใหญ่ มะเร็งต่อมหมวกไต มะเร็งปอด มะเร็งเต้านม มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ และมะเร็งต่อมลูกหมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของน้ำส้มสายชูหมักที่ใช้ในการทดสอบ สารดังกล่าวคือ dihydoferulic acid (DFA) และ dihydrosinapic acid (DSA) เป็นสารประกอบฟีโนลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งได้ (Nanda et. al., 2004)

4. ฤทธิ์ต้านเบาหวาน (antidiabetic effect)

โรคเบาหวานคือ อาการของคนที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงทั้งในสภาวะที่ยังไม่ได้บริโภครวมถึงหลังการบริโภคอาหาร ในปี 2014 WHO ได้รายงานว่าผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่หนึ่ง (type 1) เกิดจากการที่มีอินซูลินไม่เพียงพอเนื่องจากเซลล์ตับอ่อนมีความผิดปกติหรือถูกทำลายส่งผลให้เกิดภาวะน้ำตาลในเลือดสูง และโรคเบาหวานชนิดที่สอง (type 2) เกิดจากการที่มีอินซูลินในร่างกายแต่เนื้อเยื่อกลับต่อต้านต่ออินซูลิน ดังนั้นระดับน้ำตาลในเลือดจึงเพิ่มขึ้น จากการศึกษาของ Johnston และคณะ ในปี 2004 พบว่าปริมาณอินซูลินในเลือดของผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่สอง (type 2) 19 เปอร์เซ็นต์และ 34 เปอร์เซ็นต์ของผู้ที่มีภาวะเบาหวานแฝง (prediabetes) มีการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นเมื่อหันมาบริโภคน้ำส้มสายชูหมักร่วมด้วยในมื้ออาหาร สำหรับการวิจัยในหนูทดลองที่ทำการตรวจสอบผลของน้ำส้มสายชูหมักต่อน้ำตาลในเลือดพบว่า เมื่อให้หนูบริโภคแป้งร่วมกับสารละลายกรดอะซิติก 2 เปอร์เซ็นต์ ระดับน้ำตาลในเลือดของหนูจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการให้อาหารปกติหลังจากการ ส่วนการศึกษาในมนุษย์พบว่าปริมาณของอินซูลินลดลง 20 เปอร์เซ็นต์หลังจากบริโภคซูโครสร่วมกับน้ำส้มสายชูหมัก ทั้งนี้เนื่องจากกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูหมักมีส่วนช่วยป้องกันการย่อยคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนโดยการเร่งน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร หรือมีส่วนช่วยในการเพิ่มการดูดซึมของกลูโคสในระดับเนื้อเยื่อซึ่งมีผลให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง

5. ฤทธิ์ต้านความอ้วน (antiobesity effect)

ในปี 2006 Johnston ได้ศึกษาผลของการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักต่อน้ำหนักตัวของผู้ทดสอบ โดยแบ่งอาสาสมัครเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มคนที่บริโภคน้ำส้มสายชูหมักราสเบอร์รี่ 2 ช้อนโต๊ะทุกวัน โดยที่สามารถรับประทานอาหารและน้ำได้อย่างอิสระเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มคนดังกล่าวมีน้ำหนักตัวลดลง ในขณะที่อีกกลุ่มซึ่งสามารถรับประทานอาหารและน้ำได้อย่างอิสระเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แต่เปลี่ยนจากการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักเป็นน้ำแครนเบอร์รี่แทน พบว่ามีน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ostman *et. al.* ในปี 2005 ที่ศึกษาจากอาสาสมัครที่มีสุขภาพดีและให้มีการดื่มน้ำส้มสายชูหมักที่มีระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก 3 ระดับคือ 18, 23 และ 28 มิลลิโมล ร่วมกับการรับประทานขนมปังโฮลวีต โดยให้อาสาสมัครที่รับประทานขนมปังโฮลวีตเพียงอย่างเดียวเป็นกลุ่มควบคุมเพื่อประเมินในเรื่องความรู้สึกหิวและความอิ่มของอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม จากการประเมินพบว่าความอิ่มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับกรดอะซิติกเพิ่มขึ้น ทำให้ความอยากอาหารลดลงซึ่งเป็นแนวทางที่ดีและง่ายสำหรับการนำมาใช้ในการลดความอ้วนจากการบริโภคน้ำส้มสายชูหมักร่วมด้วย

6. ฤทธิ์ลดความดันโลหิต (antihypertensive effect)

จากการศึกษาของ Honsho *et. al.* ในปี 2005 เกี่ยวกับการนำน้ำส้มสายชูหมักที่มีปริมาณความเข้มข้นของกรดอะซิติก 0.57 มิลลิโมล มาผสมในอาหารเพื่อให้หนูทดลองกินพบว่า การให้หนูกินอาหารที่มีส่วนผสมของกรดอะซิติกจากน้ำส้มสายชูหมักจะส่งผลให้ช่วยลดกิจกรรมของ renin และ aldosterone ในพลาสมาซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวกับการหดตัวของหลอดเลือดในหนูซึ่งมีผลช่วยให้ความดันโลหิตลดลง จะเห็นได้ว่าคุณประโยชน์ของน้ำส้มสายชูหมักที่กล่าวมาข้างบนนั้น นอกจากจะเป็นประโยชน์ที่เกิดจากตัวของกรดอะซิติกเองแล้ว ยังเป็น

กรมวิทยาการเกษตร

คุณประโยชน์ที่เกิดจากสารอาหาร วิตามิน แร่ธาตุ และสารประกอบฟีนอลลิคต่างๆ ที่มีอยู่ในวัตถุดิบ หรือสารที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วย ดังนั้นหากเราผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบที่มีวิตามิน แร่ธาตุ หรือสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคก็จะทำให้เราได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์อย่างยิ่ง ปัจจุบันมีการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากวัตถุดิบมากมายหลายอย่าง เช่น องุ่น แอปเปิล ผลไม้ ข้าว ไวน์ แอลกอฮอล์ เป็นต้น แต่ละชนิดก็มีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ แต่สุดท้ายต้องผลิตให้ได้คุณภาพตามที่กระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดไว้ดังต่อไปนี้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2543)

3. มีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส
4. ตรวจพบสารปนเปื้อนได้ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ดังต่อไปนี้

   2.1 สารหนู ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

   2.2 ตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

   2.3 ทองแดงและสังกะสี ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

   2.4 เหล็ก ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
3. ไม่มีกรดน้ำส้มที่มิได้มาจากการผลิตน้ำส้มสายชูหมักหรือน้ำส้มสายชูกลั่น
4. ไม่มีกรดกำมะถัน (sulfuric acid) หรือกรดแร่อิสระอย่างอื่น
5. ใสไม่มีตะกอน เว้นแต่น้ำส้มสายชูหมักตามธรรมชาติ
6. ไม่มีหนอนน้ำส้ม (Vinegar eel)
7. ใช้น้ำสะอาดเป็นส่วนผสม
8. ให้ใช้วัตถุเจือปนอาหาร (Food additives) ได้ดังต่อไปนี้

   8.1 ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม

   8.2 กรดแอล-แอสคอร์บิก ไม่เกิน 400 มิลลิกรัม ต่อน้ำส้มสายชู 1 กิโลกรัม
9. มีแอลกอฮอล์ตกค้าง (Residual alcohol) ไม่เกินร้อยละ 0.5
10. การแต่งสี ให้ใช้น้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล

กลไกการผลิตน้ำส้มสายชูหมักประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือ การหมักแอลกอฮอล์ (alcoholic fermentation) คือ การหมักน้ำตาลให้เป็นเอทานอล เป็นกระบวนการหมักแบบไม่ใช้อากาศและอาศัยเชื้อยีสต์ในสกุล *Saccharomyces cerevisiae* ในการเปลี่ยนน้ำตาลในผลไม้ให้เป็นเอทานอล ส่วนขั้นตอนที่สองเป็นการเปลี่ยนแอลกอฮอล์ให้เป็นกรดอะซิติกโดยอาศัยแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) อาศัยเอนไซม์ aldehyde dehydrogenase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา การเปลี่ยนในขั้นนี้ต้องการออกซิเจนมากเพื่อที่จะไปออกซิไดซ์แอลกอฮอล์ไปเป็นกรดน้ำส้ม (นฤมลและคณะ, 2558)

ยีสต์ที่ใช้สำหรับผลิตแอลกอฮอล์ในอุตสาหกรรมไวน์ เบียร์ หรือสุรา ต้องเป็นยีสต์ที่ผลิตเอทธานอลเหมาะต่อการบริโภคและผลิตในปริมาณสูง นอกจากยังต้องเจริญได้ดีในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่น ทนต่อเอทานอลเข้มข้น ทนต่ออุณหภูมิสูง ความทนต่อแรงดันออสโมซีส ความสามารถในการจับกลุ่มตกตะกอนจะได้ตกตะกอนทำให้ไวน์ใสง่าย ยีสต์ที่นิยมใช้คือ *S. cerevisiae* เนื่องจากเป็นยีสต์ที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้ยัง

กรมวิชาการเกษตร

พบยีสต์สายพันธุ์อื่นได้แก่ *S. ellipsoideus*, *S. diastaticus* และ *S. carlsbergensis* ในการหมักน้ำส้มสายชูหมักเป็นต้น (สาขาวิชาเคมี, 2556)

แบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดอะซิติก (acetic acid bacteria) เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอะซิติก อยู่ในแฟมิลี *Acetobacteraceae* จีนัส *Acetobacter* และ *Gluconobacter* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์มีรูปร่างแท่งสั้น ติดสีแกรมลบ อยู่เป็นเซลล์เดี่ยว สามารถออกซิไดซ์เอธานอบไปเป็นกรดอะซิติกได้ในสภาวะที่มีอากาศ โดยส่วนใหญ่จะพบว่าสายพันธุ์ที่อยู่ในกลุ่ม *Acetobacter* จะผลิตกรดอะซิติกได้ปริมาณที่สูงกว่า *Gluconobacter* (สาขาวิชาเคมี, 2556)

ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) เป็นส่วนของก้านผลที่มีเมล็ดติดอยู่ ลักษณะคล้ายผลชมพู่ ผลนิ่มเนื้อในมีสายเยื่อใยมาก มีกลิ่นเฉพาะตัวโดยเฉพาะเมื่อสุกแก่เต็มที่ รสฝาดเผื่อนจึงไม่นิยมบริโภค กลายเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ศรัณย์และคณะ (2555) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเบื้องต้นของผลสดผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ (cashew apple) พบว่าประกอบไปด้วย โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน ไฟเบอร์ เถ้า และความชื้น ร้อยละ 2.32, 11.59, 0.35, 6.64, 0.43 และ 78.67 ตามลำดับ เมื่อนำผลสดมะม่วงหิมพานต์มาคั้นน้ำ พบว่าน้ำคั้นสดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณของแข็งละลายน้ำเท่ากับ 9 องศาบริกซ์ และมีปริมาณสารพฤกษเคมีได้แก่ ฟีนอลิกและวิตามินซีเท่ากับ 38.1 กรัม/100 กรัม และ 238.07 mgAA/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งปริมาณวิตามินซีที่พบในผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มากกว่าในน้ำส้ม 3-6 เท่า และมากกว่าในน้ำสับปะรด 10 เท่า นอกจากนี้ยังพบกรดอินทรีย์ (กรดมาลิก กรดซิตริก และกรดแลคติก ประมาณ 0.1-0.36 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) แร่ธาตุ (แคลเซียม, ฟอสฟอรัส และเหล็ก ประมาณ 0.9-21.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม, โพแทสเซียม ประมาณ 1.53 กรัมต่อลิตร และ แมกนีเซียม ซิงค์ และโซเดียม ประมาณ 16-105 กรัมต่อลิตร) กรดอะมิโน (alanine, phenylalanine, serine, leucine, glutamic acid, aspartic acid, proline, tyrosine ประมาณ 0.88-3.36 มิลลิโมลาห์) แทนนิน ประมาณ 0.22-0.58 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร carotene ประมาณ 0.03-0.74 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (น้ำตาลกลูโคสและฟรุ๊กโตส ประมาณ 6.24 – 9.8 กรัมต่อ 100 กรัม) และสารประกอบโพลิฟีนอล (gallic acid, protocatechuic acid, beta-cryptoxanthin, zeinoxanthin, lutein ประมาณ 215.1-412.8 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร) (Runjala และ Kella, 2017)

ประโยชน์ของผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มีดังต่อไปนี้คือสามารถใช้ยับยั้งการเจริญของราและแบคทีเรียได้ มีฤทธิ์ยับยั้งเนื้องอก ลดการอักเสบ ลดการกลายพันธุ์ ตัวอย่างเช่น anacardic acid ที่พบในน้ำคั้นมะม่วงหิมานต์จะออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ เช่น *Streptococcus mutans, Brevibacterium ammoniagenes, Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis* และ *Propionibacterium acnes* และแสดงคุณสมบัติต่อต้านเนื้องอกบางชนิดได้ ปริมาณ anacardic acid ที่พบในมะม่วงหิมพานต์เท่ากับ 1.1 กรัมต่อกิโลกรัม ช่วยเพิ่มระบบภูมิต้านทานโรคให้กับผู้บริโภคได้เนื่องจากมีปริมาณวิตามินซีสูง บำรุงสายตาเนื่องจากมีสาร lutein และ zeaxanthin สามารถช่วยชะลอความแก่ เนื่องจากมีสาร anacardic acid ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ชะลอการเปลี่ยนแปลงของเม็ดสีทำเมื่ออายุมากขึ้น (Runjala และ Kella, 2017) นอกจากนี้ยังมีการทดสอบในหนูทดลองพบว่าช่วยชลอหรือป้องกันการเสื่อมถอยของเซลล์สมองได้ (Bhagyasree and Kalyani, 2017)

กรมวิชาการเกษตร

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจนำผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้นต้นในกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมัก เพราะนอกจากจะมีปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักแล้วยังมีสารอาหารแร่ธาตุ วิตามิน และสารประกอบฟีนอลลิกที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการนำเอาขยะเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มีดังต่อไปนี้

ภคินี และคณะ (2532a) ได้ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 5 สายพันธุ์ คือ ศรีสะเกษ 60-1, ศรีสะเกษ 60-2, ศก.11-18, ศก. 12-13 และ ศก.18-16 เพื่อการทำน้ำคั้น ทำการศึกษาที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกัน 4 ระยะคือ ระยะที่ 1 เมื่อผลเทียมยังไม่เจริญเต็มที่ ระยะที่ 2 เมื่อผลเทียมเจริญเต็มที่แต่เนื้อแน่น ระยะที่ 3 เมื่อผลสุก และระยะที่ 4 เมื่อผลร่วงจากต้นแต่ยังไม่เน่า พบว่าสายพันธุ์ที่ผลการประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสของน้ำคั้นดีที่สุดคือศรีสะเกษ 60-1 รองลงมาคือ สายพันธุ์ ศรีสะเกษ 60-2, ศก. 11-18, ศก. 12-13 และ ศก.18-16 ตามลำดับ โดยผลเทียมที่ระยะที่ 4 ให้น้ำคั้นดีที่สุดสามารถวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เฉลี่ย 20.20, 20.80, 16.10, 16.73 และ 17.83 องศาบริกซ์ ตามลำดับ รองลงมาคือระยะที่ 3, และระยะที่ 2 ส่วนระยะที่ 1 ให้น้ำคั้นที่คุณภาพยอมรับต่ำที่สุด

ศรัณย์และคณะ (2556) ได้ศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากสารแทนนินของน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นโดยใช้เจลาตินร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 เบนโทไนท์ร้อยละ 10, 20 และ 30 เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน พบว่าการลดปริมาณแทนนินในน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยเจลาตินร้อยละ 0.2 นาน 1 ชั่วโมงสามารถลดปริมาณแทนนินได้สูงสุดร้อยละ 30.77 และ 83.95 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเจลาตินยังสามารถลดการสูญเสียวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการลดปริมาณแทนนินด้วยเบนโทไนท์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ภคินี และคณะ (2532b) ได้ศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 2 สายพันธุ์คือ ศรีสะเกษ 60-1 และ ศรีสะเกษ 60-2 โดยใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* 6 สายพันธุ์คือ Y28, Y168, TISTR 5022, TISTR 5024, TISTR 5025 และ TISTR 5026 หมักในน้ำคั้นจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีการปรับความความหวานโดยวัดเป็นปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็น 21 องศาบริกซ์ หมักนาน 21 วัน ในสภาพอุณหภูมิปกติ 30+3 องศาเซลเซียส ใช้กล้าเชื้ออายุ 2-3 วัน ปริมาณ 5% โดยปริมาตรของน้ำคั้น เมื่อหมักเสร็จทำการฆ่าเชื้อด้วยการต้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นตกตะกอนให้ไวน์ใสด้วย bentonite ความเข้มข้น 5% อัตรา 1% ของไวน์ ปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอนจึงดูดส่วนใสออกและบ่มนาน 4 เดือน จึงนำมาทดสอบคุณภาพของไวน์พบว่า ยีสต์สายพันธุ์ต่างกันจะหมักได้ไวน์ที่มีปริมาณ กรด pH และแอลกอฮอล์ในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ไวน์จากสายพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 และ ศรีสะเกษ 60-2 มีปริมาณแอลกอฮอล์เฉลี่ย 10.78% และ 7.20% ตามลำดับ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไวน์ พบว่าไวน์ที่ใช้ยีสต์ต่างกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไวน์จากศรีสะเกษ 60-2 ให้กลิ่นรส และการยอมรับดีกว่าไวน์จากสายพันธุ์ศรีสะเกษ 60-1 ทั้งนี้เนื่องจากผู้ทดสอบนิยมไวน์ที่มีรสหวานอมเปรี้ยวและมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Silva และคณะ (2007) ได้ศึกษาการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์โดยใช้ไวน์ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ผสมกับกากชานอ้อย 100 กรัมและหัวเชื้อน้ำส้มเข้มข้น 100 มิลลิลิตร พบว่าสามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงกว่า 4% ภายใน 55 ชั่วโมง และไวน์ที่ใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักที่เหมาะสมคือต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ที่ 4.8-6.0% และปริมาณกรดอะซิติกตั้งต้นที่ 1.0-1.3%

Lowor และคณะ (2016) ได้ศึกษาการผลิตไวน์และน้ำส้มสายชูจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ โดยเริ่มจากการหมักไวน์ด้วยหัวเชื้อยีสต์ทางการค้า *Saccharomyces cerevisae* (Lallemand) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร (หัวเชื้อ 1%) เติมลงในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 23 ลิตร ที่อยู่ในถังหมักไวน์ขนาด 30 ลิตร ปรับปริมาณน้ำตาลเป็น 24% เติม sodium metabisulfite และ ammonium phosphate อย่างละ 0.15 กรัมต่อลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.59 บ่มที่ 22 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 21 วัน พบว่าเริ่มมีการผลิตแอลกอฮอล์อย่างช้าๆตั้งแต่วันที่ 2 ของการหมักแล้วเพิ่มอัตราการผลิตอย่างรวดเร็วจนคงที่ในวันที่ 19 ของการหมัก เมื่อสิ้นสุดการการหมักวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ได้ 13.59 ± 0.00% ส่วนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากไวน์น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ ทำโดยนำไวน์ที่ตั้งทิ้งให้ใสที่ 17 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 สัปดาห์เจือจางให้มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เท่ากับ 7% ด้วยน้ำกลั่น ให้ได้ปริมาตรเท่ากับ 14 ลิตร ในถังขนาด 23 ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.23 ± 0.03 ใช้หัวเชื้อผลิตกรดอะซิติกที่ปนเปื้อนในไวน์ตามธรรมชาติเป็นเวลา 29 วัน สามารถผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดคือ 6.99 ± 0.03% ในวันที่ 27 ของการหมัก เมื่อสิ้นสุดการหมักจะได้กรดอะซิติกลดลงเป็น 6.85± 0.03%

จากงานวิจัยดังกล่าวที่ผ่านมาจะเห็นได้ว่าผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาผลิตน้ำส้มสายชูหมักได้แต่เนื่องจากกลิ่นและรสชาติจึงไม่เป็นที่นิยม หากเราสามารถลดกลิ่นลดความฝาดและคัดเลือกยีสต์และแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์และกรดน้ำส้มสายชูตามลำดับจากตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกรในประเทศไทยก็คาดว่าน่าจะได้เชื้อสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการผลิตมากที่สุด ได้น้ำส้มสายชูหมักที่มีคุณภาพและมีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการคัดแยกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์และแบคทีเรียสร้างกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์รวมถึงการพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่ได้ปริมาณกรดอะซิติกตามมาตรฐานคือปริมาณกรดอะซิติกมากกว่า 4%

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

วิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์เพื่อคัดแยกเชื้อยีสต์และแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตอีกทั้งศึกษาเปรียบเทียบหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูหมัก ดำเนินการวิจัยที่แปลงมะม่วงหิมพานต์ของเกษตรกรจังหวัดตราด และห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2562 จนถึง 30 กันยายน 2564 วิธีการดำเนินการ มี 5 การทดลองย่อยดังต่อไปนี้

1. การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะของยีสต์ที่แยกได้จากตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกรที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์

1.1 การคัดแยกยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

เก็บรวบรวมผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร 40 ตัวอย่าง นำมาล้างทำความสะอาดแล้วแยกส่วนเมล็ดออกจากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน แบบปิดปากถุง แยกยีสต์ที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์โดยหั่นตัวอย่างเป็นชิ้นเล็กๆ 20 กรัม ใส่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ yeast extract-peptone-dextrose (YPD) ที่เติม เอทานอล 2% ปริมาตร 180 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 บ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมงจากนั้นใช้ลูปปลอดเชื้อถ่ายตัวอย่างที่บ่มแล้ว 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว YPD ที่มี Dextrose 10% และเติมเอทานอล 2% ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 บ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว YPD ที่มี Dextrose 20% และเติมเอทานอล 2% ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 บ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 ลูปนำไปขีดแยกเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD ที่มี Dextrose 30%, เอทานอล 2% จำนวน 5 จานเพาะเชื้อต่อตัวอย่าง บ่มเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เลือกเก็บยีสต์ที่โคโลนีสีขาวขนาดใหญ่ไปเลี้ยงบนหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD ดูลักษณะการแบ่งตัวของยีสต์ (budding) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการสร้าง ascospore จากนั้นคัดเลือกยีสต์ที่สามารถทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% และเอทานอลเข้มข้น 15% ได้ (ปรับปรุงจาก Lee และคณะ, 2011)

1.2 การทดสอบความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์

คัดเลือกเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากแปลงเกษตรกรจากข้อ 1.1 นำมาทดสอบการผลิตแอลกอฮอล์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD broth ที่มีน้ำตาลซูโครส 20% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้หัวเชื้อยีสต์อายุ 24 ชั่วโมง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (5%) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน (ทำ 3 ซ้ำ) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์ออกที่ 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกเอาแต่ส่วนใสไปหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้ density meter บันทึกผลการวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ยีสต์ผลิตได้ คัดเลือกยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุด 5 อันดับแรก

กรมวิชาการเกษตร

1.3 การจัดจำแนกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์

คัดเลือกยีสต์ที่แยกได้จากแปลงเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์สูงสุดจากข้อ 1.1 นำไปจัดจำแนกสายพันธุ์ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.3.1 การศึกษาคุณลักษณะของยีสต์ลักษณะและสีของโคโลนีการแบ่งตัวแตกหน่อของยีสต์ (budding) และการสร้าง ascospore ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.3.2 การจัดจำแนกโดยใช้คุณสมบัติทางด้านชีวเคมีด้วยชุดทดสอบ API 20C AUX

1.3.3 การจัดจำแนกโดยใช้เทคนิคทางด้านชีวโมเลกุล โดยการหาความคล้ายของลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 26S rDNA ของยีสต์บริสุทธิ์ที่แยกได้ที่นำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของ the National Center for Biotechnology Information (NCBI) โดยใช้โปรแกรม BLAST

2. การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

2.1 การแยกแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

เก็บรวบรวมตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สุกจากแปลงเกษตรกร 40 ตัวอย่าง นำมาล้างทำความสะอาดแล้วแยกส่วนเมล็ดออก จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน แบบปิดปากถุง และเปิดปากถุงแล้วจุกด้วยสำลี บ่มที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 3 วัน แยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้จากตัวอย่างโดยใช้วิธีที่ปรับปรุงจาก Artnarong และคณะ (2016) โดยชั่งตัวอย่างผลไม้ 10 กรัมลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว glucose-yeast extract-ethanol (GYE) ที่มี 5% เอทานอล pH 6.0 ปริมาตร 90 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 มิลลิลิตรลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว glucose-yeast extract-ethanol (GYE) ที่มี 7% เอทานอล pH 5.0 ปริมาตร 9 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ใช้ลูปปลอดเชื้อถ่ายตัวอย่างที่บ่มแล้ว 1 ลูปนำไปขีดแยกเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ glucose-yeast extract-calcium carbonate (GYC) agar ที่มีเอทานอล 5% จำนวน 5 จานเพาะเชื้อต่อตัวอย่าง บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เลือกแบคทีเรียที่มีบริเวณโซนใสเกิดขึ้นรอบๆ โคโลนี แยกเชื้อให้บริสุทธิ์ นำมาเพาะเลี้ยงในหลอดเอียงอาหารเลี้ยงเชื้อ Glucose yeast extract agar slant บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส คัดเลือกแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเหมือนกลุ่ม Acetobacter คือ รูปร่างเซลล์เป็นท่อน การย้อมสีแกรมติดสีแดง (แกรมลบ) การทดสอบคะตะเลสเป็นบวกคือเกิดฟอง การทดสอบออกซิเดสเป็นลบไม่เปลี่ยนสี ไม่มีการสร้างอินโดนั่นคือไม่เกิดวงแหวนสีแดง จากนั้นนำเชื้อที่คัดแยกได้ไปทดสอบความทนต่อเอทานอล 8% โดยติดตามจากการเจริญของเชื้อที่ OD_{600} คัดเลือกเชื้อที่เจริญได้ดีที่สุด 20 อันดับแรกไปทดสอบการผลิตกรดอะซิติก

2.2 การทดสอบความสามารถผลิตกรดอะซิติก

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากแปลงเกษตรกรจากข้อ 2.1 มาทดสอบการผลิตกรดอะซิติกในอาหารเลี้ยงเชื้อ GYE broth ที่มีแอลกอฮอล์ 7% ปริมาตร 150 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน (ทำ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ซ้ำ) นำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในอาหารเลี้ยงเชื้อ บันทึกผลการวิเคราะห์เป็นเปอร์เซนต์กรดอะซิติก คัดเลือกแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด

2.3 การจัดจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก

นำแบคทีเรียที่แยกได้จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดอะซิติกสูงสุด 5 อันดับแรกจากข้อ 2.2 ไปจัดจำแนกดังนี้

2.3.1 การศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่แยกได้ ลักษณะโคโลนี รูปร่างเซลล์ การติดสีแกรม ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

2.3.2 การจัดจำแนกโดยใช้คุณสมบัติทางด้านชีวเคมี นั่นคือ การทดสอบคะตะเลส การทดสอบออกซิเดส และการสร้างอินโด

2.3.3 การจัดจำแนกโดยใช้เทคนิคทางด้านชีวโมเลกุล โดยการหาความคล้ายของลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 16S rDNA ของแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้ ที่นำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของ the National Center for Biotechnology Information (NCBI) โดยใช้โปรแกรม BLAST

3. การศึกษาสภาวะที่ทำให้น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ใสด้วยเจลาติน

เพื่อศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำคั้นผลเทียมให้ใสก่อนนำไปผลิตแอลกอฮอล์ โดยนำน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายเจลาติน 10% ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 0.0, 0.1 และ 0.2% ทำที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ทำ 3 ซ้ำ บันทึก น้ำหนักตะกอน ค่าความเป็นกรดด่าง ค่าความหวาน ความใส ($\%T_{660}$) และปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) เลือกสภาวะที่ทำให้น้ำคั้นใสและน้ำหนักตะกอนที่ได้สูงสุด

4. การศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์และน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแอลกอฮอล์

นำยีสต์ที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์สูงที่สุดที่คัดแยกได้จากแปลงเกษตรกรจากข้อ 1 มาศึกษาการหมักไวน์จากน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้อัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำสะอาดที่แตกต่างกันคือ 1:3 , 1:4, และ 1:5 และปรับค่าความหวานโดยดูจากปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 4.5 ให้ความร้อนประมาณ 70 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที จากนั้นเติมโปแตสเซียมเมทตาไบซัลไฟท์ 0.15 กรัมต่อลิตร และไดแอมโมเนียมฟอสเฟส 0.15 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นเติมกล้าเชื้อยีสต์อายุ 16 ชั่วโมง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (5% โดยปริมาตรของน้ำคั้น) หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน บันทึกการเจริญของยีสต์โดยดูค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) และปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v) ทุก 4 วัน เปรียบเทียบกัน ทำ 5 ซ้ำ เลือกใช้สูตรที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดในการผลิตแอลกอฮอล์ เมื่อสิ้นสุดการหมักจึงใช้สายยางปลอดเชื้อดูดแยกเอาแต่ส่วนใสนำไปตกตะกอนด้วยเบนโทไนท์ความเข้มข้น 5% โดยใช้ 10 มิลลิลิตร ต่อไวน์ 1 ลิตร และเติมโปแตสเซียมเมทตาไบซัลไฟท์ 0.15 กรัมต่อลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 เดือน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่มีอยู่ก่อนนำไปทดสอบการผลิตน้ำส้มสายชูหมักในข้อที่ 5

ลิขสิทธิ์การเกษตร

5. การศึกษาหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

นำแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการผลิตกรดน้ำส้มสายชูสูงที่สุดที่คัดแยกได้จากแปลงเกษตรกรจากข้อ 2 มาเตรียมการผลิตน้ำส้มสายชูหมักปริมาตร 150 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากข้อ 4 ที่ปรับให้มีปริมาณแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันคือ 5, 6, และ 7% (เจือจางด้วยน้ำสะอาดปลอดเชื้อ) ใช้หัวเชื้อแบคทีเรียผลิตกรดน้ำส้มที่แยกได้ อายุ 48 ชั่วโมง ปริมาตร 7.5 มิลลิลิตร (5%) หมักที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 วัน บันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ค่าความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดอะซิติก ทุก 15 วัน ทำ 5 ซ้ำ จากนั้นนำน้ำส้มสายชูหมักที่ได้มาแยกตะกอนและเชื้อออกและนำมาตรวจสอบคุณภาพดังนี้ (นฤมลและคณะ, 2558) คือ 1) ปริมาณกรดอะซิติก 2) ปริมาณวิตามินซี 3) ค่าความเป็น กรด-ด่าง 4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด และ 5) ปริมาณแอลกอฮอล์

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปราย

1. การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะของยีสต์ที่แยกได้จากตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกรที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์

1.1 การคัดแยกยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร 3 แปลง อ.เมือง และอ.บ่อไร่ จ.ตราด ในวันที่ 20-22 กุมภาพันธ์ 2562 หนึ่งตัวอย่างได้จากการสุ่มเก็บผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 5 ผล จากต้นเดียวกัน จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดที่เติมโปแตสเซียมเมตาไบท์ซัลไฟต์ 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมแล้วล้างตามด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้งและบรรจุใส่ถุงพลาสติก 1 ผลต่อถุง ปิดปากถุงให้สนิทด้วยหนังยาง เก็บตัวอย่างได้ทั้งหมด 40 ตัวอย่าง บันทึกข้อมูล น้ำหนักผลสม ปริมาตรน้ำคั้นที่ได้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เก็บรวบรวมได้ แสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สรุปแต่ละแปลง

ลำดับ	ชื่อเจ้าของแปลง	รหัสตัวอย่าง	น้ำหนักผลสด (กรัม)	ปริมาตรน้ำคั้น (มิลลิลิตร)	% น้ำคั้น	TSS (°Brix)	pH
แปลง 1	นางสละ เพียรบัญญัติ	S1-S10	90.00 ± 46.96	45.88 ± 31.11	48.65 ± 9.05	11.08 ± 0.75	4.02 ± 0.18
แปลง 2	นางอรนุช พานัง	S11-S20	41.00 ± 10.99	17.08 ± 5.88	41.28 ± 4.38	10.72 ± 0.91	4.04 ± 0.34
แปลง 3	นายเดชา รัตนวาล	S21-S40	80.41 ± 22.86	38.51 ± 22.86	47.13 ± 3.87	10.77 ± 1.02	4.04 ± 0.18

ตารางที่ 2 ข้อมูลผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สรุปตามสีผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่แตกต่างกัน

สีของผลเทียมมะม่วงหิมพานต์	จำนวนตัวอย่าง	น้ำหนักผลสด (กรัม)	ปริมาตรน้ำคั้น (มิลลิลิตร)	% น้ำคั้น	TSS (°Brix)	pH
สีเหลือง	20	80.90 ± 20.70	38.60 ± 13.42	47.00 ± 6.24	10.80 ± 0.94	4.00 ± 0.18
สีแดงผสม	18	58.49 ± 30.98	27.09 ± 17.40	44.55 ± 5.03	10.90 ± 0.93	4.00 ± 0.26
สีเหลืองผสม	2	123.97 ± 99.89	69.67 ± 68.35	50.19 ± 14.61	10.53 ± 0.56	4.18 ± 0.03

นำตัวอย่างที่ได้มัดปากถุงให้สนิท บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำมาแยกในในอาหารเลี้ยงเชื้อ yeast extract-peptone-dextrose (YPD) ที่เติม เอทานอล 2% ที่มีความเข้มข้น 10%, 20% และ 30% Dextrose สามารถแยกยีสต์ที่มีลักษณะโคโลนีสีขาว ขอบเรียบ โค้งนูน ได้ทั้งหมด 55 ไอโซเลท จากแปลงนางสละ เพียรบัญญัติ 15 ไอโซเลท (Y1-Y15) จากแปลง นางอรนุช พานัง 18 ไอโซเลท (Y16-Y33) และจากแปลงนายเดชา รัตนวาล 22 ไอโซเลท (Y34-Y55) นำยีสต์บริสุทธิ์ทั้ง 55 ไอโซเลท ไปศึกษาคุณลักษณะของยีสต์ดังต่อไปนี้ คือ ลักษณะของโคโลนีของยีสต์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD ที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง การแบ่งตัวแตกหน่อของยีสต์ (budding) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ 5% malt extract broth ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน โดยดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และการสร้าง ascospore บนอาหารเลี้ยงเชื้อ acetate agar ที่เจริญที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน คัดเลือกยีสต์ที่มีลักษณะเหมือน *Saccharomyces cerevisiae* คือลักษณะโคโลนีมีสีขาวขุ่นขนาดใหญ่ ขอบเรียบ โค้งนูน มีการ budding และมีการสร้าง ascospore อยู่ภายใน ascus ทรงกลม จะได้ยีสต์ทั้งหมด 16 ไอโซเลท นั่นคือ Y16, Y20, Y21, Y22, Y23, Y28, Y40, Y41, Y42, Y43, Y44, Y46, Y48,

กรมวิชาการเกษตร

Y49, Y52 และ Y55 นำยีสต์ที่ได้ไปทดสอบความทนต่อเอทานอล 15% เพื่อคัดเลือกยีสต์ที่ทนต่อแอลกอฮอล์สูงได้ดี เพราะอาจเป็นเชื้อที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูง

รูปที่ 1 การเก็บตัวอย่างเพื่อแยกเชื้อยีสต์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 1) ต้นมะม่วงหิมพานต์ในแปลงเกษตรกร 2) ผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่สุกแก่เต็มที่ 3)และ 4) สุ่มเก็บผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 5 ผลจาก 1 ต้น 5) นำแต่ส่วนผลเทียมใส่ในถุงพลาสติก 6) และ 7) ขั้นตอนการเพิ่มปริมาณเชื้อยีสต์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาความทนต่อเอทานอลเข้มข้น 15% ของยีสต์ที่แยกได้

เนื่องจากยีสต์ที่คัดแยกได้มีหลายไอโซเลท ดังนั้นจึงคัดแยกต่อด้วยการใช้ความทนต่อเอทานอลเข้มข้น 15% เพราะยีสต์ที่ทนเอทานอลสูงได้ดีน่าจะเป็นยีสต์ที่สามารถผลิตเอทานอลได้สูงเช่นเดียวกัน โดยถ่ายเชื้อยีสต์บริสุทธิ์ 0.25 มิลลิลิตร อายุ 24 ชั่วโมง ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว YPD ที่มีเอทานอล 15% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยีสต์ที่ทนต่อเอทานอลเข้มข้น 15% ได้ดีก็จะมีการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าวสูง นั่นคือจะให้ค่า OD_{600} สูง ทดสอบกับยีสต์ 16 ไอโซเลทที่แยกได้ นั่นคือ Y16, Y20, Y21, Y22, Y23, Y28, Y40, Y41, Y42, Y43, Y44, Y46, Y48, Y49, Y52 และ Y55 จากการทดสอบพบว่ายีสต์ที่เจริญได้ดีที่สุดหรือทนต่อแอลกอฮอล์เข้มข้นได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD ที่มีเอทานอล 15% คือ Y22 รองลงมาคือ Y23, Y21, Y20, Y48, Y42, Y46, Y55, Y28, Y40, Y44, Y41, Y49, Y16, Y52, Y43 ตามลำดับ จากนั้นนำยีสต์ 10 อันดับแรกไปศึกษาความทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% ต่อไป

การศึกษาความทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% ของยีสต์ที่แยกได้

เพื่อที่จะคัดแยกได้ยีสต์ที่มีความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงเชื้อยีสต์ดังกล่าวก็ต้องมีความสามารถในการเจริญและทนต่อน้ำตาลซูโครสที่มีความเข้มข้นสูงได้เนื่องจากเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตแอลกอฮอล์ โดยนำยีสต์ที่คัดเลือกได้จากความทนเอทานอล 15% 10 อันดับแรก นั่นคือ Y22, Y23, Y21, Y20, Y48, Y42, Y46, Y55, Y28 และ Y40 มาทดสอบความทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% โดยถ่ายเชื้อยีสต์ 0.25 มิลลิลิตร อายุ 24 ชั่วโมง ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว YPD 5 มิลลิลิตร บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยีสต์ที่ทนต่อเอทานอลเข้มข้น 15% ได้ดีที่สุดคือยีสต์ที่ให้ค่า OD_{600} สูงที่สุด ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD ที่มีน้ำตาลซูโครส 25% จากการทดสอบพบว่า ยีสต์ที่ทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% ได้ดีที่สุดคือ Y23 รองลงมาคือ Y20, Y22, Y21, Y48, Y55, Y40, Y46, Y28 และ Y42 ตามลำดับ จากนั้นนำยีสต์ทั้ง 10 ไอโซเลทนี้ไปทดสอบความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์ในการทดลองต่อไป

1.3 การทดสอบความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์

นำเชื้อยีสต์ 10 ไอโซเลท ที่คัดแยกได้จากแปลงเกษตรกรที่มีความทนต่อเอทานอล 15% และ น้ำตาลซูโครส 25% นั่นคือ Y20, Y21, Y22, Y23, Y28, Y40, Y42, Y46, Y48 และ Y55 มาทดสอบการผลิตแอลกอฮอล์ในอาหารเลี้ยงเชื้อ YPD broth ที่มีน้ำตาลซูโครส 20% ปริมาตร 200 มิลลิลิตร โดยใช้หัวเชื้อยีสต์อายุ 24 ชั่วโมง ปริมาตร 10 มิลลิลิตร (5%) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน (ทำ 3 ซ้ำ) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์ออกที่ 4,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที แยกเอาแต่ส่วนใสที่ได้ 100 มิลลิลิตร เติมน้ำ 50 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้เป็นกลางด้วย 1 นอร์มอล โซเดียมไฮดรอกไซด์ ต้มกลั่นแล้วปรับปริมาตรส่วนที่กลั่นได้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นที่ 20 องศาเซลเซียส วัดหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง density meter (บันทึกผลการวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ที่ยีสต์ผลิตได้ แสดงในตารางที่ 1.6 จากการทดสอบพบว่ายีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงที่สุดคือ Y21 รองลงมาคือ Y20, Y22, Y23, Y40, Y55, Y28, Y46, Y42, Y48 นำยีสต์ 5 อันดับแรกนั่นคือ Y21, Y20, Y22, Y23 และ Y40 ไปจัดจำแนกสายพันธุ์ในการทดสอบต่อไป

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 3 ความสามารถในการผลิตแอลกอฮอล์ ความทนต่อเอทานอล 15% และ ความทนต่อน้ำตาลซูโครส 25% ของยีสต์ที่คัดเลือกได้

ยีสต์	ความทนต่อแอลกอฮอล์ 15%, OD_{600}	ความทนต่อน้ำตาลซูโครส 25%,	การผลิตแอลกอฮอล์ (% V/V)
Y20	0.74 ± 0.05	2.44 ± 0.17	8.3 ± 0.4 ab
Y21	0.76 ± 0.04	2.35 ± 0.16	8.7 ± 0.4 a
Y22	0.98 ± 0.05	2.44 ± 0.24	8.2 ± 0.4 ab
Y23	0.86 ± 0.07	2.56 ± 0.22	7.5 ± 1.1 bc
Y28	0.23 ± 0.02	1.43 ± 0.14	5.8 ± 1.0 d
Y40	0.23 ± 0.02	1.47 ± 0.21	7.4 ± 0.5 bc
Y42	0.30 ± 0.03	1.19 ± 0.12	3.9 ± 0.6 e
Y46	0.30 ± 0.02	1.44 ± 0.16	4.6 ± 0.7 e
Y48	0.43 ± 0.05	1.53 ± 0.20	3.7 ± 0.3 e
Y55	0.24 ± 0.02	1.50 ± 0.11	6.6 ± 0.4 cd

1.4 การจัดจำแนกสายพันธุ์ยีสต์ที่สามารถผลิตแอลกอฮอล์

ยีสต์ที่แยกได้จากแปลงเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพในการผลิตแอลกอฮอล์สูงสุดจากงานวิจัยนี้ 5 อันดับแรกคือ Y21, Y20, Y22, Y23 และ Y40 นำไปจัดจำแนกสายพันธุ์โดยใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของยีสต์ (ลักษณะโคโลนี การแบ่งตัวแตกหน่อของยีสต์ และการสร้าง ascospore) คุณสมบัติทางด้านชีวเคมี โดยใช้ชุดทดสอบ API 20C AUX และแปลผลโดยใช้โปรแกรม APEWEB™ และสุดท้ายการใช้ข้อมูลทางด้านชีวโมเลกุลโดยการหาความคล้ายของลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 26S ribosomal DNA ของยีสต์บริสุทธิ์ที่แยกได้วิเคราะห์โดยบริษัทมาโครเจ็น ประเทศเกาหลี หาลำดับนิวคลีโอไทด์โดยใช้ยูนิเวอร์ซอลไพร์เมอร์ LROR (5'-ACCCGCTGAACTTAAGC-3')และ LR7 (5'-TACTACCACCAAGATCT-3') นำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของ the National Center for Biotechnology Information (NCBI) โดยใช้โปรแกรม BLAST พบว่ายีสต์ Y21, Y20, Y22, Y23 จำแนกได้เป็น *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งมีความเหมือน 100% ซึ่งเป็นกลุ่มที่มักใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมเครื่องดื่มและอุตสาหกรรมอาหาร (ประวีณา , 2554) ส่วนยีสต์ Y40 จำแนกได้เป็น *Saccharomycodes ludwigii* ซึ่งมีความเหมือน 99.22% ซึ่งมีรายงานว่าเป็นยีสต์สายพันธุ์ใหม่คัดแยกได้จากน้ำคั้นองุ่นจากกระบวนการผลิตไวน์ ยีสต์ดังกล่าวเป็นสายพันธุ์ที่ให้กลิ่นและรสชาติที่ดีนิยมใช้เป็นหัวเชื้อในอุตสาหกรรมการผลิตเบียร์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสำหรับผู้บริโภคที่นิยมดื่มเบียร์เพื่อสุขภาพ ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตจะอยู่ที่ 0.5-1.2% v/v (Francesco et al., 2014) ดังนั้นทั้ง 5 สายพันธุ์นี้เราสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตแอลกอฮอล์ได้ แต่เราจะเลือก *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ไปใช้ ศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์และน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแอลกอฮอล์ต่อไป เพราะเป็นสายพันธุ์ที่ผลิต

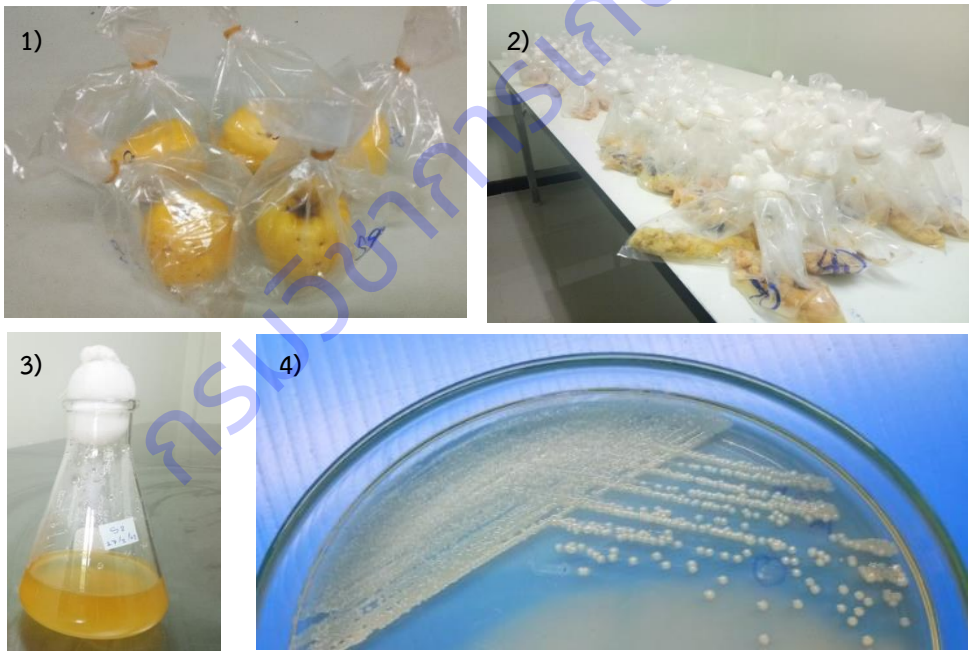
กรมวิชาการเกษตร

แอลกอฮอล์ได้สูงที่สุดจากการทดสอบและแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้เป็นเอทธานอล ไม่มีการผลิตเมทานอลซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2. การคัดแยกและศึกษาคุณลักษณะของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

2.1 การคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

ใช้ตัวอย่างเดียวกันกับที่ใช้แยกยีสต์จากข้อ 1 มาบ่มเลี้ยงเชื้อต่อโดยหลังจากบ่มที่อุณหภูมิห้องแบบปิดปากถุงสนิท เป็นเวลา 4 วันแล้ว ต่อมาเปิดปากถุงแล้วใช้จุกสำลีปิดไว้เพื่อให้อากาศเข้าไปในตัวอย่างได้ บ่มต่อที่อุณหภูมิห้องเป็นต่ออีก 3 วัน จากนั้นแยกแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรดอะซิติกได้จากตัวอย่าง โดยคัดแยกในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว glucose-yeast extract-ethanol (GYE) ที่มีความเข้มข้นของเอทานอล 5% และ 7% คัดเลือกแบคทีเรียที่มีบริเวณโซนใสเกิดขึ้นรอบๆ โคโลนี บนอาหารเลี้ยงเชื้อ glucose-yeast extract-calcium carbonate (GYC) พบว่าสามารถคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้ 104 ไอโซเลท โดยแยกจากแปลง 1 นางสละ เพียรบัญญัติ ได้ 20 ไอโซเลท จากแปลง 2 นางอรนุช พานัง 44 ไอโซเลท และจากแปลงที่ 3 นายเดชา รัตนวาล 40 ไอโซเลท



รูปที่ 2 การแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร 1) บ่มตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่อุณหภูมิห้องโดยมัดปากถุงเป็นเวลา 4 วัน 2) หลังจากบ่มแบบปิดปากถุงแล้วให้เปิดปากถุงใช้จุกสำลีจุกที่ปากถุงบ่มที่อุณหภูมิห้องต่ออีก 3 วัน 3) บ่มตัวอย่างในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว glucose-yeast extract-ethanol (GYE) ที่มี 5% เอทานอล pH 6.0 4) แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เกิดบริเวณใสรอบโคโลนี

กรมวิชาการเกษตร

นำแบคทีเรียที่แยกได้ทั้ง 104 ไอโซเลท มาคัดเลือกเฉพาะแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเหมือนกับแบคทีเรียกลุ่มที่สร้างกรดอะซิติก (Acetic acid bacteria) นั่นคือเป็นแบคทีเรียที่มีรูปร่างเซลล์เป็นท่อน ย้อมติดสีแกรมลบ เมื่อทดสอบคะตะเลสจะเกิดฟอง ไม่มีการสร้างอินโด และให้ผลลบเมื่อทดสอบออกซิเดส สามารถคัดแยกได้ทั้งหมด 38 ไอโซเลท

การทดสอบความทนต่อเอทานอล 8% ของแบคทีเรีย Acetic acid bacteria (AAB) ที่แยกได้

นำแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดอะซิติกที่คัดแยกได้ทั้ง 38 ไอโซเลท ไปทดสอบความทนต่อเอทานอลที่ 8% ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว GYE broth ที่มีเอทานอล 8% pH 6.5 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า AAB ที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ GYE ที่มีแอลกอฮอล์ 8% ได้ดีที่สุด 20 อันดับแรกคือ A24, A20, A23, A9, A6, A27,A8, A13, A11, A12, A15, A19, A16, A25, A28, A34, A14, A33, A4 และ A3 ตามลำดับ จากนั้นนำแบคทีเรียดังกล่าวไปทดสอบความสามารถในการผลิตกรดอะซิติกต่อไปในลำดับต่อไป

2.2 การทดสอบความสามารถผลิตกรดอะซิติก

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากแปลงเกษตรกรที่มีความทนต่อเอทานอล 8% 20 อันดับแรกมาทดสอบการผลิตกรดอะซิติก นั่นคือ A24, A20, A23, A9, A6, A27,A8, A13, A11, A12, A15, A19, A16, A25, A28, A34, A14, A33, A4 และ A3 ตามลำดับ โดยทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว GYE broth ที่มีแอลกอฮอล์ 7% บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน วิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกที่เชื้อผลิตได้แสดงในตารางที่ 4 คัดเลือกแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด 5 อันดับแรกคือ A12, A33, A25, A6 และ A8 ซึ่งผลิตกรดอะซิติกได้ร้อยละ 5.91, 5.76, 5.75, 5.73 และ 5.69 ตามลำดับ

2.3 การจัดจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติก

นำแบคทีเรียที่แยกได้ที่สามารถผลิตกรดอะซิติก 5 อันดับแรกคือ A12, A33, A25, A6 และ A8 ไปจัดจำแนกสายพันธุ์โดยใช้ข้อมูลทางด้านคุณลักษณะของแบคทีเรีย (ลักษณะโคโลนี รูปร่างเซลล์ การติดสีแกรม) คุณลักษณะทางด้านชีวเคมี (การทดสอบคะตะเลส การทดสอบออกซิเดส และการสร้างอินโด) และวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านชีวโมเลกุลโดยการหาความคล้ายของลำดับนิวคลีโอไทด์ของ 16S ribosomal RNA ของแบคทีเรียบริสุทธิ์ที่แยกได้โดยบริษัทมาโครเจ็น ประเทศเกาหลี หาลำดับนิวคลีโอไทด์โดยใช้ยูนิเวอร์ซอลไพร์เมอร์ 785F 5’(GGA TTA GAT ACC CTG GTA)3’ และ 907R 5’(CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT)3’นำข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของ the National Center for Biotechnology Information (NCBI) โดยใช้โปรแกรม BLAST พบว่าแบคทีเรียดังกล่าวมีความเหมือน *Acetobacter tropicalis* 99% พบสายพันธุ์ดังกล่าวใช้ในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากหอมหัวใหญ่ (Lee et al., 2016) และตั้งชื่อแบคทีเรียดังกล่าวว่า *Acetobacter tropicalis* ทั้ง 5 สายพันธุ์ เลือก *Acetobacter tropicalis* A12 นำไปศึกษาหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ เพราะเป็นสายพันธุ์ที่ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดจากการทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 ความสามารถในการผลิตกรดอะซิติก ความทนต่อเอทานอล 8% ของแบคทีเรีย กลุ่ม Acetobacter ที่คัดเลือกได้

แบคทีเรียกลุ่ม Acetobacter ที่คัดเลือกได้	**ความทนต่อเอทานอล 8% OD_{600}**	**การผลิต Acetic acid (%)**
A3	0.45 ± 0.04	5.68 ± 0.17 % b
A4	0.51 ± 0.09	5.49 ± 0.05 % cd
A6	0.92 ± 0.04	5.73 ± 0.07 % b
A8	0.86 ± 0.07	5.69 ± 0.06 % b
A9	0.95 ± 0.01	5.30 ± 0.09 % e
A11	0.84 ± 0.07	5.63 ± 0.11 % bc
A12	0.81 ± 0.02	5.91 ± 0.17 % a
A13	0.85 ± 0.03	4.49 ± 0.04 % h
A14	0.59 ± 0.01	2.36 ± 0.15 % k
A15	0.80 ± 0.06	1.68 ± 0.17 % mn
A16	0.74 ± 0.05	2.20 ± 0.17 % l
A19	0.75 ± 0.09	4.78 ± 0.06 % g
A20	0.96 ± 0.06	3.88 ± 0.07 % i
A23	0.95 ± 0.05	1.73 ± 0.17 % m
A24	1.00 ± 0.11	1.53 ± 0.04 % n
A25	0.73 ± 0.11	5.75 ± 0.09 % ab
A27	0.91 ± 0.08	2.57 ± 0.17 % j
A28	0.72 ± 0.03	4.94 ± 0.11 % f
A33	0.52 ± 0.02	5.76 ± 0.04 % ab
A34	0.69 ± 0.05	5.41 ± 0.13 % de

ศรีนวิชาการเกษตร

3. การศึกษาสภาวะที่ทำให้น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ใสด้วยเจลาติน

เนื่องด้วยในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณแทนนินสูงและมีความขุ่น ทำให้ยีสต์เจริญได้ไม่ดี ดังนั้นต้องตกตะกอนสารแทนนินด้วยเจลาตินก่อนที่จะนำไปหมักเพื่อผลิตแอลกอฮอล์ นำผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่แยกเมล็ดออกแล้วมาล้างน้ำสะอาด จากนั้นแช่ในน้ำที่มีโปแตสเซียมเมทาไบซัสไฟต์ 1 กรัม/ลิตร นาน 15 นาที จากนั้นนำขึ้นมาผึ่งให้แห้ง หั่นหัวท้ายของผลทิ้ง จากนั้นหั่นเป็นแว่นๆ หนาประมาณ 1 เซนติเมตร นำไปคั้นเอาแต่น้ำ กรองเศษเนื้อออก นำน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายเจลาติน 10% ให้มีความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 0, 0.1 และ 0.2% ทำที่อุณหภูมิ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 80 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที ทำ 3 ซ้ำ บันทึก ความใส ($\%T_{660}$) ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) ค่าความหวาน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ น้ำหนักตะกอน เลือกสภาวะที่ทำให้น้ำคั้นใสได้สูงสุด

รูปที่ 3 การเตรียมน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 1) การล้างทำความสะอาดผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ 2) การหั่นผลเทียมเป็นชิ้นหนาประมาณ 1 เซนติเมตร 3) น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่คั้นแยกได้

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 คุณภาพของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์หลังผ่านการตกตะกอนด้วยเจลาตินที่ความเข้มข้นและอุณหภูมิแตกต่างกันเป็นเวลา 15 นาที

	การทดลอง	ความใส %T660 (4°C, 24 ชั่วโมง)	วิตามินซี (มก./ 100 mL)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ TSS (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	น้ำหนักตะกอน (กรัม/100 มล.)	ชั้นของส่วนใส (เซนติเมตร)
1	0.0% เจลาติน, 30 องศาเซลเซียส	54.61 ± 2.08 e	172.38 ± 0.78	10.1 ± 0.1	4.03 ± 0.02	0.35 ± 0.04	6.37 ± 0.03
2	0.1% เจลาติน 30 องศาเซลเซียส	85.57 ± 1.31 c	174.66 ± 2.84	10.1 ± 0.0	4.03 ± 0.02	1.21 ± 0.10	5.20 ± 0.00
3	0.2% เจลาติน 30 องศาเซลเซียส	95.20 ± 2.18 a,b	175.51 ± 1.27	9.9 ± 0.1	4.02 ± 0.02	1.54 ± 0.10	4.85 ± 0.10
4	0.0% เจลาติน 40 องศาเซลเซียส	51.76 ± 1.74 e	173.52 ± 2.33	10.2 ± 0.0	4.03 ± 0.02	0.36 ± 0.02	6.37 ± 0.03
5	0.1% เจลาติน 40 องศาเซลเซียส	82.62 ± 1.69 c, d	172.10 ± 2.33	10.0 ± 0.0	4.03 ± 0.06	1.03 ± 0.00	5.37 ± 0.15
6	0.2% เจลาติน 40 องศาเซลเซียส	93.16 ± 1.75 b	172.96 ± 1.56	10.0 ± 0.0	4.01 ± 0.01	1.61 ± 0.05	4.67 ± 0.06
7	0.0% เจลาติน 50 องศาเซลเซียส	42.66 ± 1.52 f	172.67 ± 2.15	10.5 ± 0.1	4.01 ± 0.02	0.31 ± 0.02	6.27 ± 0.12
8	0.1% เจลาติน 50 องศาเซลเซียส	80.58 ± 4.18 e	173.24 ± 1.74	10.1 ± 0.1	3.973 ± 0.03	1.05 ± 0.07	5.53 ± 0.06
9	0.2% เจลาติน 50 องศาเซลเซียส	97.10 ± 0.24 a	172.96 ± 1.85	10.0 ± 0.0	3.98 ± 0.01	1.53 ± 0.12	5.27 ± 0.12

จากการทดสอบเมื่อพิจารณาความใสของน้ำคั้นหลังจากผ่านการตกตะกอนแล้วพบว่า การใช้เจลาติน 0.2% ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้น้ำคั้นใสสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับ ศรัณย์และคณะ (2556) ที่ได้ศึกษากระบวนการลดความฝาดที่เกิดจากสารแทนนินของน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นโดยใช้เจลาตินร้อยละ 0.1, 0.2 และ 0.3 เบนโทไนท์ร้อยละ 10, 20 และ 30 เป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นเวลา 1, 2 และ 3 วัน พบว่าการลดปริมาณแทนนินในน้ำมะม่วงหิมพานต์คั้นสดและเข้มข้นด้วยเจลาตินร้อยละ 0.2 นาน 1 ชั่วโมงสามารถลดปริมาณแทนนินได้สูงสุดร้อยละ 30.77 และ 83.95 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า การตกตะกอนด้วยเจลาตินไม่ทำให้ปริมาณวิตามินซี สารประกอบฟีนอลิก และสารต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการลดปริมาณแทนนินด้วยเบนโทไนท์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้การตกตะกอนด้วยเจลาติน 0.2% ที่ 50 องศาเซลเซียส ในการเตรียมน้ำคั้น โดยการใช้สารละลายเจลาติน 10% ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อน้ำคั้นมะม่วงหิมพานต์ 1ลิตร (ความเข้มข้นสุดท้ายของเจลาตินเท่ากับ 0.2%) กวนให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ตกตะกอน กรองแยกเอาส่วนที่ใสไปเตรียมถังหมักแอลกอฮอล์ในการทดสอบต่อไป

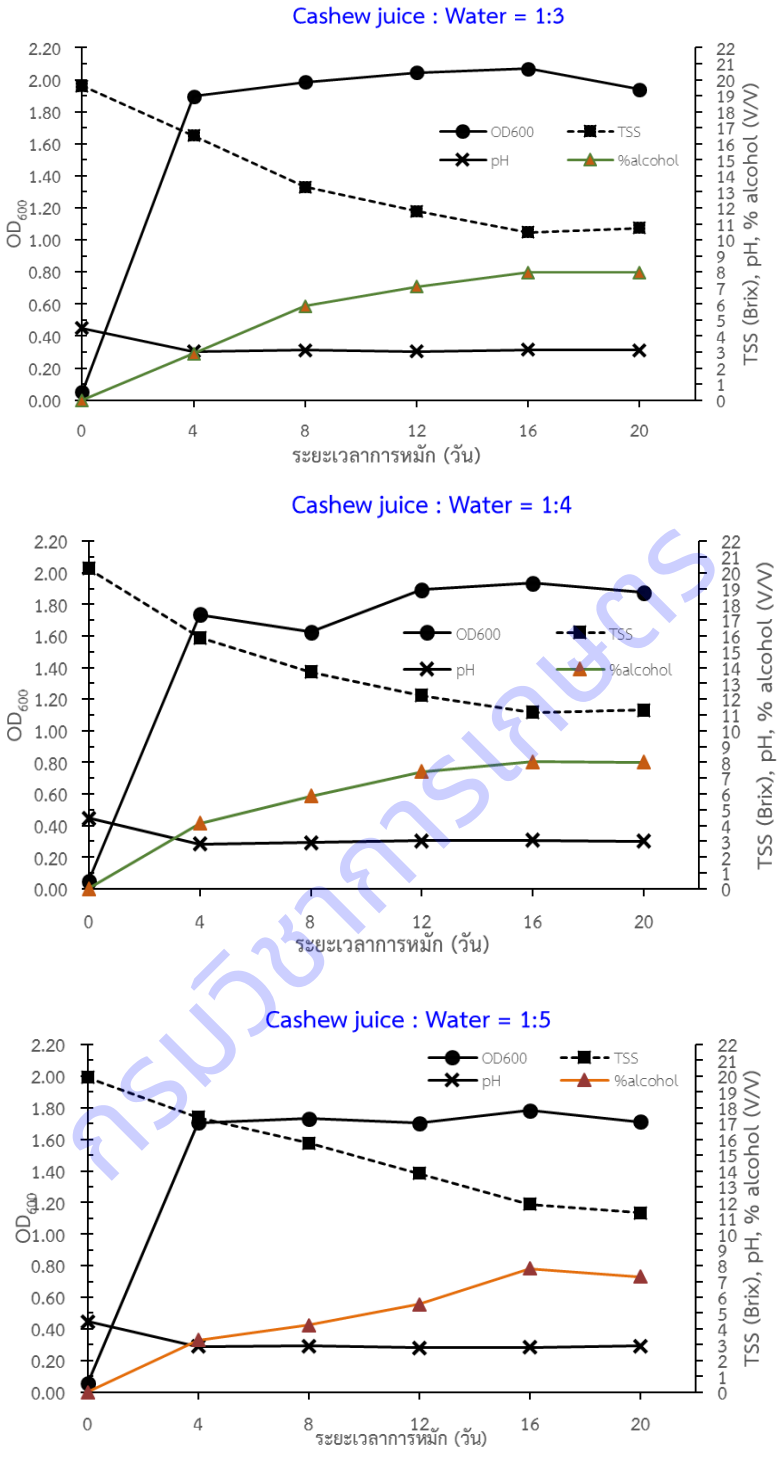
กรมวิชาการเกษตร

4. การศึกษาหาอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์และน้ำที่เหมาะสมในการผลิตแอลกอฮอล์

จากการศึกษาการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ในสูตรอาหารที่มีอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ต่อน้ำสะอาดที่แตกต่างกันคือ 1:3 , 1:4 และ 1:5 ที่เวลาต่างกันคือ 4, 8, 12, 16 และ 20 วัน ติดตามการเจริญของยีสต์โดยดูค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์) และปริมาณแอลกอฮอล์ (% v/v) ดังแสดงในรูปที่ 4 *S. cerevisiae* Y21 จะเจริญเติบโตภายใน 4 วันแรกและหยุดการเจริญต่อมาจึงเริ่มมีการผลิตแอลกอฮอล์จนกระทั่งถึงวันที่ 16 ของการหมัก ปริมาณแอลกอฮอล์จะคงที่ในทุกๆ สูตรน้ำคั้นที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ที่ลดลงจาก 20 องศาบริกซ์ มาหยุดนิ่งในวันที่ 16 และวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.5±1.4, 11.2±1.5 และ 11.9±1.3 องศาบริกซ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีการเจือจางน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์มากเกินไปจึงทำให้สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญและการผลิตลดลงส่งผลให้การผลิตแอลกอฮอล์ลดลงด้วยทั้งที่มีวัตถุดิบคือน้ำตาลเพียงพอ สอดคล้องกับการทดลองของ Lower et al. (2016) ที่ศึกษาการผลิตไวน์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์แบบไม่เจือจาง 23 ลิตร ในถังหมักขนาด 30 ลิตร ด้วยเชื้อยีสต์ทางการค้า *Saccharomyces cerevisae* (Lallemand) ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 24% บ่มเลี้ยงเชื้อที่ 28 องศาเซลเซียส สามารถผลิตแอลกอฮอล์ได้ 13.59% v/v ภายใน 19 วัน

ในการหมักแอลกอฮอล์ของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สูตร 1:3, 1:4 และ 1:5 จะให้ปริมาณแอลกอฮอล์สูงสุดเท่ากับ 7.98 ± 0.88, 8.04 ± 0.40 และ 7.83 ± 0.73 % v/v ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่ยีสต์ *S. cerevisiae* Y21 ผลิตได้จากน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สูตร 1:3, 1:4 และ 1:5 ที่เวลาต่างกัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่ายีสต์ *S. cerevisiae* Y21 จะผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดในสูตร 1:4 คือ 8.04 ± 0.4 % v/v ภายในเวลา 16 วัน ซึ่งให้ผลการผลิตไม่แตกต่างกันกับในวันที่ 20 (8.00 ± 0.50 % v/v) และ สูตร 1:3 ในวันที่ 16 และวันที่ 20 (7.97 ± 0.72 % และ 7.98 ± 0.88 % ตามลำดับ) ดังนั้นจึงใช้สูตรน้ำคั้นมะม่วงหิมพานต์สูตร 1:4 หมักเป็นเวลา 16 วัน ในการผลิตแอลกอฮอล์เพื่อนำไปผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ต่อไป

ศรีนครินทร์



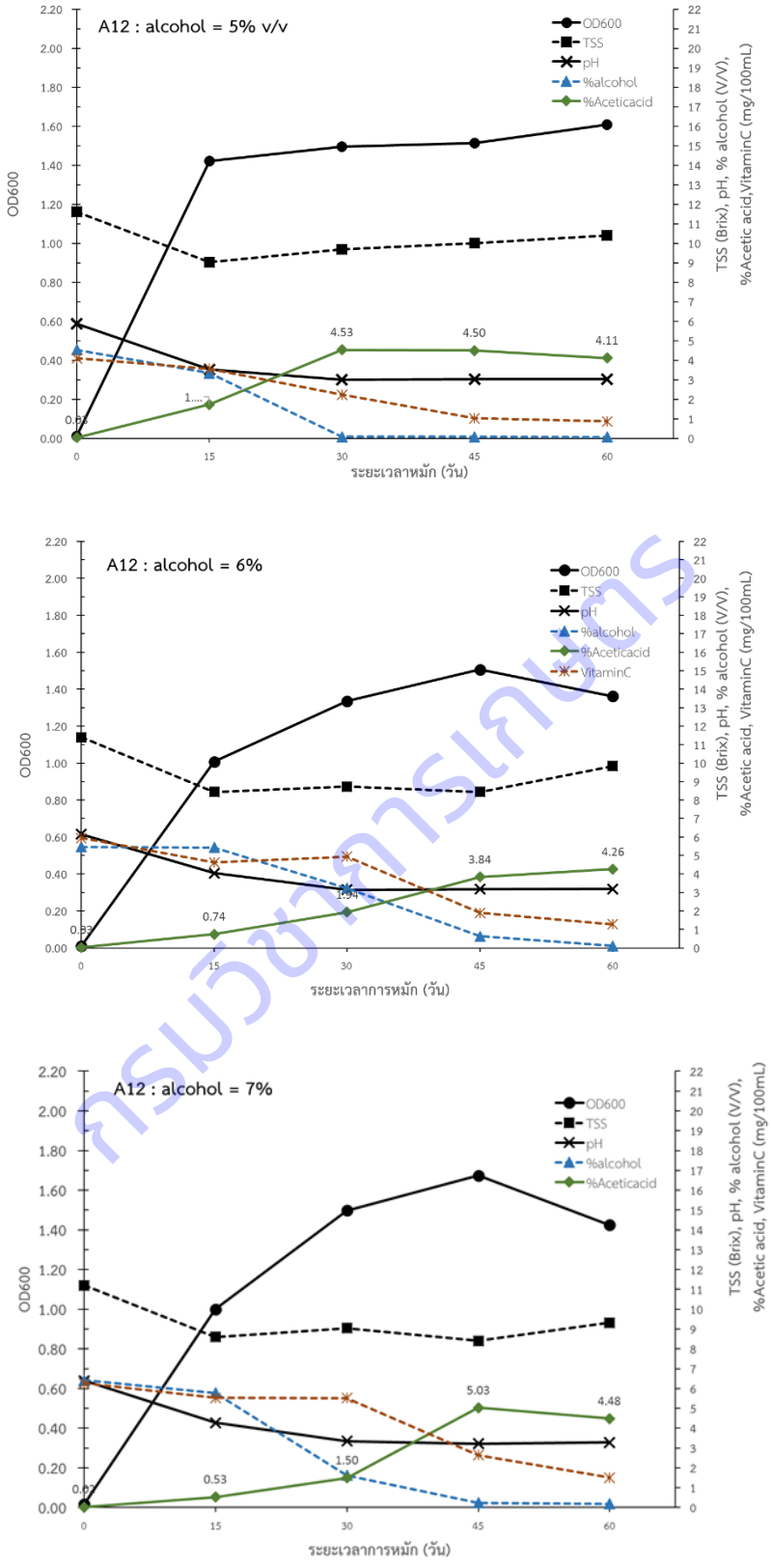
รูปที่ 4 การผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สูตร 1:3, 1:4 และ 1:5 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ที่ 30 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

5. การศึกษาหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่เหมาะสม การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากน้ำหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

เปรียบเทียบการผลิตกรดน้ำส้มสายชูหมักจาก *Acetobacter tropicalis* A12 ในน้ำหมักแอลกอฮอล์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์แตกต่างกันคือ 5, 6 และ 7 % ที่เวลาการหมักแตกต่าง พบว่าในสูตรที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 7% จะผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดเท่ากับ 5.03 ± 0.68 % ใช้เวลาในการหมัก 45 วัน รองลงมาคือสูตรที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 5% ได้ปริมาณกรดน้ำส้มสายชูเท่ากับ 4.53 ± 0.18 % ใช้เวลาในการหมัก 30 วัน และอันดับสุดท้ายคือสูตรที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 6% จะผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุด 4.42 ± 0.41 % ใช้เวลาในการหมัก 60 วัน จะเห็นได้ว่าทั้งสามสูตรสามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ให้มีปริมาณกรดอะซิติกได้ตามมาตรฐานคืออย่างน้อย 4% ดังนั้นจึงเห็นว่าสูตรที่มีแอลกอฮอล์ 5% ถึงแม้จะไม่เป็นการทดสอบที่ให้ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด แต่สามารถผลิตน้ำส้มสายชูหมักให้ได้ตามมาตรฐานและยังใช้เวลาในการหมักสั้นกว่าคือ 30 วัน เมื่อวัดคุณภาพของน้ำส้มสายชูหมักจะได้ดังนี้ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 9.7 ± 0.5 , ค่าความเป็น กรด-ด่าง 3.01 ± 0.03, ปริมาณกรดอะซิติก 4.53 ± 0.18%, ปริมาณแอลกอฮอล์คงเหลือ 0.07 ± 0.00 %, และปริมาณวิตามินซี 2.23 ± 0.54 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 5 การผลิตกรดอะซิติกของ *Acetobacter tropicalis* A12 ในน้ำคั้นหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สูตร 1:4 ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เข้มข้นต่างกันคือ 5, 6 และ 7% ปริมาตร 150 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถคัดแยกยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดคือ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ผลิตได้ 8.7 ± 0.4 % v/v ซึ่งคัดแยกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร และแอลกอฮอล์ที่ได้เป็นเอทานอล ไม่มีเมทานอลเจือปน

2. สามารถคัดแยกแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดคือ *Acetobacter tropicalis* A12 ผลิตกรดอะซิติกได้ 5.91 ± 0.17 % ซึ่งคัดแยกจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร

3. สามารถผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีปริมาณกรดอะซิติกได้ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขคือต้องมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

4. ได้สูตรถังหมักแอลกอฮอล์จากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมจากการทดลอง คือต้องมีอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์กับน้ำสะอาดเท่ากับ 1:4 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เป็น 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.15 กรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 4.5 สูตรสำหรับ 4 ลิตร (หมักในถัง 5 ลิตร) มีส่วนประกอบดังนี้ น้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมานต์ใส 0.8 ลิตร น้ำสะอาดต้มแล้ว 3.2 ลิตร น้ำตาลทราย 0.9 กิโลกรัม ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต 0.6 กรัม

5. ได้สูตรถังหมักน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมจากการทดลอง คือต้องมีปริมาณแอลกอฮอล์ตั้งต้น 5 % ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็น 6.5 สูตรสำหรับ 3 ลิตร (ในถังหมัก 5 ลิตร) คือ น้ำหมักแอลกอฮอล์ที่มีแอลกอฮอล์ 7% ปริมาตร 2.2 ลิตร และน้ำสะอาดต้มแล้ว 0.8 ลิตร

6. ได้กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมกับ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 และ *Acetobacter tropicalis* A12 ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์</u>

การคัดเลือก ล้าง และคั้นน้ำผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่สุกแก่เต็มที่ (TSS = 10 องศาบริกซ์)

↓

การลดความฝาดและทำให้น้ำคั้นใสด้วยเจลาติน
(ใช้ 10% เจลาติน ปริมาตร 100 มล. ต่อน้ำคั้น 5 ลิตร
ให้ความร้อนที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ตั้งทิ้งข้ามคืน)

↓

การเตรียมหัวเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Y21
(อายุ 16 ชั่วโมง ปริมาตร 200 มล. ในน้ำคั้นใสปลอดเชื้อ)

↓

การเตรียมถังหมักแอลกอฮอล์

↓

กรมวิทยาศาสตร์

การผลิตแอลกอฮอล์จากยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Y21

(หมักที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน)

↓

การกรองแยกกากและการตกตะกอนให้ใส

(ตกตะกอนด้วย 5% เบนโทไนท์ ใช้ 50 มล.ต่อน้ำหมัก 5 ลิตร)

(บ่มที่ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน)

↓

การเตรียมหัวเชื้อ *Acetobacter tropicalis* A12

(หัวเชื้อน้ำส้มสายชูเดิม ปริมาตร 150 มล.)

↓

การเตรียมถังหมักเพื่อผลิตน้ำส้มสายชูหมัก

↓

การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากเชื้อ *A. tropicalis* A12

(หมักที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน)

↓

การบรรจุขวด

ในอนาคตเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต เราควรที่จะทดสอบในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีปริมาณน้ำตาลตั้งต้นแตกต่างกัน เพื่อที่จะได้ทราบปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการผลิตไม่ให้มีเหลือเกินความจำเป็น อีกทั้งอาจสามารถลดระยะเวลาในการหมักแอลกอฮอล์ลงจากเดิมได้หากปริมาณน้ำตาลลดลง ส่วนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักด้วยเชื้อ *A. tropicalis* A12 นั้นอาจจะเป็นเพราะเชื้อดังกล่าวเจริญและผลิตกรดอะซิติกได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจน ดังนั้นอาจต้องทำการทดสอบการผลิตในสภาวะที่มีปริมาณอาหารในถังหมักแตกต่างกัน หรืออาจทดสอบการผลิตในสภาวะที่มีการเติมอากาศก็อาจเป็นทางเลือกที่ดีและลดระยะเวลาในการผลิตอีกด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2558. DMSc F 1048 : การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดน้ำส้มในน้ำส้มสายชู โดยวิธี Titration. วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 3. หน้า 45-47.

กระทรวงสาธารณสุข. 2544. น้ำส้มสายชู. ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป. เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 6 ง. ลงวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2544.

นฤมล จันทิมา ศศิธร แท่นทอง และเบญจพร ศรีสุวรมาศ. 2558. การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย.รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceedings) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. หน้า 47-62.

ประมวล ทรายทอง และ จีรวุฒิ เพิ่มพูน. 2562. น้ำส้มสายชูหมักกับประโยชน์ต่อสุขภาพ (Health benefits of fermented vinegar). อาหาร. 49 (3) : 17-24.

ประวีณา ลาภา. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง. ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานครฯ.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิฐกระจัน ปัญจรัศมิ์ นันทพล ประเสริฐ อนุพันธ์ สุนันทา เวสอุรัย. 2532a. ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลปลอมมะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อการทำน้ำคั้น. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 116-125.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน และ ปัญจรัศมิ์ นันทพล. 2532b. ศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์จากผลปลอมมะม่วงหิมพานต์. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532. ศูนย์วิจัยพืชสวน-ศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 126-132.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์. *ว.วิทย์.กษ.* 43 (2) (พิเศษ) : หน้า 409-412.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร, ณพฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2556. กระบวนการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์. ว.วิทย์.กษ. 44 (2) : หน้า 81-84.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2564. Fruit Vinegar Drink เครื่องดื่มจากน้ำส้มสายชูผสมน้ำผลไม้. สืบค้นจาก : https://www.ifrpd.ku.ac.th/th/products/ifrpd-fruit.php [17ธันวาคม 2564].

สาขาวิชาเคมี. 2556. การอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้พื้นบ้าน. รายงาน สรุปโครงการบริการวิชาการ ประจำปี 2556. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 41 หน้า.

AOAC. 2006. AOAC Official Method 967.21 Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method. Official Method of Analysis. 18th ed. AOAC International. Washington D.C.

กรมวิชาการเกษตร

AOAC international. 2016. AOAC Official Method 920.57 Alcohol in Wines by Volume from Specific Gravity. Official Method of Analysis. 20th ed. AOAC International. Maryland.

Artnarong, S., P. Masniyom, and J. Maneesri. 2016. Isolation of yeast and acetic acid bacteria from palmyra palm fruit pulp (*Borassus flabellifer* Linn.) *IFRJ*. 23 : 1308- 1314.

Bhagyasree, P. and G. Kalyani. 2017. Neuroprotective effect of *Anacardium occidentale* (Cashew apple fruit) against aluminum toxicity : an experimental study on cognitive dysfunction and biochemical alterations in rats. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 10 : 164-169.

Francesco, G.D., B. Turchetti, V. Sileoni, O. Marconi, and G. Perretti. 2015. Screening of new strains of *Saccharomycodes ludwigii* and *Zygosaccharomyces rouxii* to produce low-alcohol beer. *J. Inst. Brew*. 121 : 113-121.

Nanda, K., N. Miyoshi, Y. Nakamura, Y. Shimoji, Y. Tamura, Y. Nishikawa, K. Uenakai, H. Kohno, and T. Tanaka. 2004. Extract of vinegar "Kurosu" from unpolished rice inhibits th proliferation of human cancer cells. *J. Exp. Clin. Cancer Res*. 23 : 69-75.

Lee, Y., Y. Choi, S. Lee, J. Park, J. Shim, K. Park, and J. Kim. 2011. Screening wild yeast strains for alcohol fermentation from various fruits. *Mycobiology*. 39 : 33-39.

Lee, S., J.K. Jang, and Y. Park. 2016. Fed-batch fermentation of onion vinegar using *Acetobacter tropicalis*. *Food. Sci. Biotechnol*. 25 : 1407-1411.

Lowor, S., D. Yabani, K. Winifred, and C.K. Agyente-Badu. 2016. Production of wine and vinegar from cashew (*Anacardium occidentale*) "Apple". *BBL*. 12 : 1-11.

Runjala, S., and L. Kella, 2017. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) therapeutic benefits, processing and product development : An overview. *Phar. Innova*. J. 6 : 260-264.

Silva, M.E., A.B. Torres Neto, W.B. Silva, F.L.H. Silva, and R. Swarnakar. 2007. Cashew wine vinegar production : alcoholic and acetic fermentation. *Braz. J. Chem. Eng*. 24 : 163-169.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่ภาคตะวันออกดำเนินการตั้งแต่เดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2564 ดำเนินงาน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี แปลงเกษตรกรจังหวัดตราดและจังหวัดชลบุรี และสถานที่ผู้ประกอบการในภาคตะวันออก โดยการวิจัยเป็นแบบเกษตรกร/ผู้ประกอบการมีส่วนร่วม เน้นการทำงานในลักษณะสหสาขาวิชา นั้นคือเทคโนโลยีการเพาะปลูก เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปหลังการเก็บเกี่ยวมาการผสมผสานเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตร หรือหน่วยงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ภูมิปัญญาของเกษตรกร และเทคโนโลยีของผู้ประกอบการ ให้มีความสอดคล้องกับสภาพภูมิสังคมของเกษตรกร/ผู้ประกอบการแปรรูปเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้เกษตรกรได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูง และสามารถพึ่งตนเองได้ และผู้ประกอบการมีปริมาณและคุณภาพผลผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์สำหรับใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มมากขึ้นตอบสนองความต้องการของตลาดภายในประเทศลดการนำเข้าเมล็ดมะม่วงหิมพานต์จากต่างประเทศและยังเพิ่มโอกาสแข่งขันกับผลิตภัณฑ์นำเข้าจากต่างประเทศมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยทางคณะผู้ทำวิจัยได้ทำการทดสอบหาชุดเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่เพื่อช่วยทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตดีมีคุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภคสอดคล้องกับสภาพปัญหาและความต้องการของเกษตรกรที่เข้าไปดำเนินการทดสอบอย่างแท้จริง ประกอบด้วย 3 กิจกรรม ดังนี้ 1) การทดสอบพันธุ์และเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ภาคตะวันออก ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการผลิตมะม่วงหิมพานต์จากต้นน้ำไปสู้กลางน้ำ ผลการทดสอบพบว่าการเปรียบเทียบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ศิริชัย 25 และสายพันธุ์พื้นเมือง 2 เมื่ออายุต้น 4 ปี มีปริมาณผลผลิตต่อต้นสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ คือ ศรีสะเกษ 60-1 มากกว่า 100.65-112.19 เปอร์เซ็นต์ และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ ศรีสะเกษ 60-2 อยู่ 177.15-230.99 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ดีควรเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติม เนื่องจากมะม่วงหิมพานต์จะเริ่มให้ผลผลิตสูงสุดเมื่ออายุ 7 ปี ขึ้นไป ส่วนการนำเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษมาปรับใช้เปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกรจังหวัดตราดและจังหวัดชลบุรี พบว่ากรรมวิธีแนะนำให้ผลผลิตเฉลี่ย 3 ปี มากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 7–11 ด้านคุณภาพผลผลิตกรรมวิธีแนะนำทำให้คุณภาพของผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีเกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 3-9 และกรรมวิธีแนะนำมีขนาดเมล็ดที่มีขนาดใหญ่กว่าและมีน้ำหนักดีกว่ากรรมวิธีเกษตรกร ซึ่งตรงกับความต้องการของผู้ประกอบการและผู้บริโภค **2)** วิจัยและพัฒนาการเทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่ เป็นการศึกษาเทคโนโลยีการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แบบมีการเปลี่ยนอุณหภูมิ 2 ระดับ เปรียบเทียบกับวิธีการอบลดความชื้นด้วยอุณหภูมิเดียวคงที่ ซึ่งเป็นวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการผลิตเพื่อการแปรรูปมีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน การใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิงและลดต้นทุนค่าใช้จ่าย โดยใช้เครื่องต้นแบบของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรมในพื้นที่จังหวัดชลบุรีและจังหวัดตราด พบว่าใช้ได้ผลดีและเหมาะสม สามารถช่วยลดระยะเวลาในการอบแห้งลงได้ โดยผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีกว่า หรือเท่าเทียมกับของผู้ประกอบการ สามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้หลายชั่วโมงโดยใช้อุณหภูมิในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 85

กรมวิชาการเกษตร

องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง และอบต่อเนื่องที่ 75 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมง รวมระยะเวลาการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ทั้งหมดเพียง 10 ชั่วโมง แตกต่างจากวิธีการเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน คือ อบลดความชื้นด้วยอุณหภูมิเดียวเป็นเวลา 16-24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีการใช้อุณหภูมิในการอบแห้งของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการแต่และพื้นที่ 3) วิจัยและพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากมะม่วงหิมพานต์ เป็นการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ ซึ่งเป็นการนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยวิธีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า โดยคัดแยกเชื้อยีสต์และแบคทีเรียผลิตกรดอะซิติกที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต และศึกษาเปรียบเทียบหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตแอลกอฮอล์และน้ำส้มสายชูหมัก พบว่าสามารถคัดแยกยีสต์ที่ผลิตแอลกอฮอล์ได้สูงสุดคือ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ผลิตได้ 8.7 ± 0.4 % v/v และแอลกอฮอล์ที่ได้เป็นเอทานอล ไม่มีเมทานอลเจือปน และสามารถคัดแยกแบคทีเรียที่ผลิตกรดอะซิติกได้สูงสุดคือ *Acetobacter tropicalis* A12 ผลิตกรดอะซิติกได้ 5.91 ± 0.17 % ซึ่งเชื้อยีสต์และแบคทีเรียที่ได้เกิดจากการคัดแยกผลเทียมมะม่วงหิมพานต์จากแปลงเกษตรกร จ.ตราด จากผลการศึกษาพบว่าได้กระบวนการผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมกับ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 และ *Acetobacter tropicalis* A12 ซึ่งสามารถผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีปริมาณกรดอะซิติกได้ตามมาตรฐานกระทรวงสาธารณสุขคือต้องมีกรดน้ำส้มไม่น้อยกว่า 4 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตร ที่ 27 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2558. DMSc F 1048 : การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดน้ำส้มในน้ำส้มสายชู โดยวิธี Titration. วิธีมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์อาหาร เล่มที่ 3. หน้า 45-47.

กระทรวงสาธารณสุข. 2544. น้ำส้มสายชู. ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป. เล่มที่ 118 ตอนพิเศษ 6 ง. ลงวันที่ 24 มกราคม พ.ศ. 2544.

นฤมล จันทิมา ศศิธร แท่นทอง และเบญจพร ศรีสุวรมาศ. 2558. การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพน้ำส้มสายชูจากกล้วย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมสัมมนาวิชาการนำเสนองานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ (Proceedings) เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 15. หน้า 47-62.

ประมวล ทรายทอง และ จีรวุฒิ เพิ่มพูน. 2562. น้ำส้มสายชูหมักกับประโยชน์ต่อสุขภาพ (Health benefits of fermented vinegar). อาหาร. 49 (3) : 17-24.

ประวีณา ลาภา. 2554. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากข้าวเหนียวดำกล้อง. ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานครฯ.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิฐกระจัน ปัญจรัศมิ์ นันทพล ประเสริฐ อนุพันธ์ สุนันทา เวสอุรัย. 2532a. ศึกษาอายุการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมของผลปลอมมะม่วงหิมพานต์สายพันธุ์ต่างๆเพื่อการทำน้ำคั้น. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 116-125.

ภคินี อัครเวสสะพงศ์ พูนศักดิ์ ดิษฐ์กระจัน และ ปัญจรัศมิ์ นันทพล. 2532b. ศึกษาสายพันธุ์ยีสต์ที่เหมาะสมในการหมักไวน์จากผลปลอมมะม่วงหิมพานต์. รายงานผลงานวิจัย ปี 2532. ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. หน้า 126-132.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์ และอรพิน เกิดชูชื่น. 2555. องค์ประกอบทางเคมี กายภาพและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมะม่วงหิมพานต์. *ว.วิทย์.กษ.* 43 (2) (พิเศษ) : หน้า 409-412.

ศรัณย์ ลาภนิธิพร, ณพฏฐา เลาหกุลจิตต์ และ อรพิน เกิดชูชื่น. 2556. กระบวนการลดความฝาดน้ำมะม่วงหิมพานต์. ว.วิทย์.กษ. 44 (2) : หน้า 81-84.

สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 2541. เอกสารวิชาการ พืชสวนพันธุ์ดีและเทคโนโลยีที่เหมาะสม. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. มีเดีย เพรส, กรุงเทพฯ. 153 หน้า.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร. 2564. Fruit Vinegar Drink เครื่องดื่มจากน้ำส้มสายชูผสมน้ำผลไม้. สืบค้นจาก : https://www.ifrpd.ku.ac.th/th/products/ifrpd-fruit.php. [17ธันวาคม 2564].

สาขาวิชาเคมี. 2556. การอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง การผลิตน้ำส้มสายชูหมักจากผลไม้พื้นบ้าน. รายงานสรุปโครงการบริการวิชาการ ประจำปี 2556. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 41 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม. 2556. วิเคราะห์อุตสาหกรรมสินค้าท้องถิ่น เรื่อง ธุรกิจเมล็ดมะม่วงหิมพานต์. สืบค้นจาก http://www.thaifoodnfi.com/Admin/File/201311211629350.Cashew_2013.pdf [15 พฤษภาคม 2557].

วิกีวิถีพีเดีย. 2558. อัลมอนล์ เมล็ดมะม่วงหิมพานต์ แมคคาเดเมีย พิสตาชิโอ และฮาเซลนัต. สืบค้นจาก http://www.wikipedia.org [8 สิงหาคม 2558].

AOAC. 2006. AOAC Official Method 967.21 Ascorbic Acid in Vitamin Preparations and Juices 2,6-Dichloroindophenol Titrimetric Method. Official Method of Analysis. 18th ed. AOAC International. Washington D.C.

AOAC international. 2016. AOAC Official Method 920.57 Alcohol in Wines by Volume from Specific Gravity. Official Method of Analysis. 20th ed. AOAC International. Maryland.

Artnarong, S., P. Masniyom, and J. Maneesri. 2016. Isolation of yeast and acetic acid bacteria from palmyra palm fruit pulp (*Borassus flabellifer* Linn.) *IFRJ*. 23 : 1308-1314.

Bhagyasree, P. and G. Kalyani. 2017. Neuroprotective effect of *Anacardium occidentale* (Cashew apple fruit) against aluminum toxicity : an experimental study on cognitive dysfunction and biochemical alterations in rats. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 10 : 164-169.

Francesco, G.D., B. Turchetti, V. Sileoni, O. Marconi, and G. Perretti. 2015. Screening of new strains of *Saccharomycodes ludwigii* and *Zygosaccharomyces rouxii* to produce low-alcohol beer. *J. Inst. Brew*. 121 : 113-121.

Nanda, K., N. Miyoshi, Y. Nakamura, Y. Shimoji, Y. Tamura, Y. Nishikawa, K. Uenakai, H. Kohno, and T. Tanaka. 2004. Extract of vinegar “Kurosu” from unpolished rice inhibits th proliferation of human cancer cells. *J. Exp. Clin. Cancer Res*. 23 : 69-75.

Lee, Y., Y. Choi, S. Lee, J. Park, J. Shim, K. Park, and J. Kim. 2011. Screening wild yeast strains for alcohol fermentation from various fruits. *Mycobiology*. 39 : 33-39.

Lee, S., J.K. Jang, and Y. Park. 2016. Fed-batch fermentation of onion vinegar using *Acetobacter tropicalis*. *Food. Sci. Biotechnol*. 25 : 1407-1411.

Lowor, S., D. Yabani, K. Winifred, and C.K. Agyente-Badu. 2016. Production of wine and vinegar from cashew (*Anacardium occidentale*) “Apple”. *BBL*. 12 : 1-11.

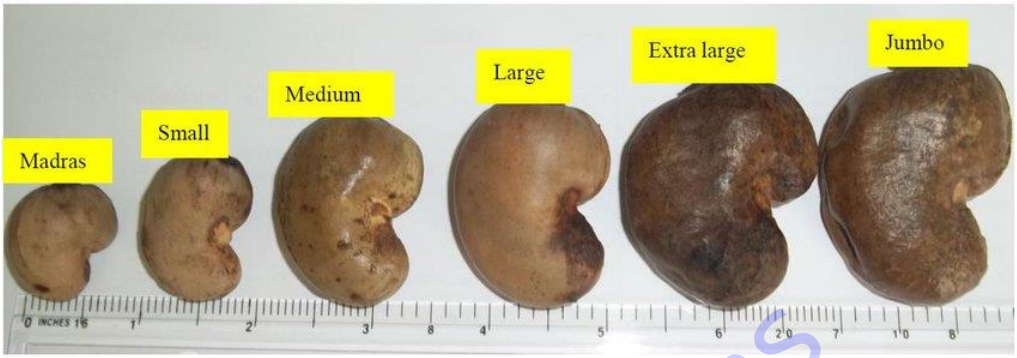
Runjala, S., and L. Kella, 2017. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) therapeutic benefits, processing and product development : An overview. *Phar. Innova*. J. 6 : 260-264.

Silva, M.E., A.B. Torres Neto, W.B. Silva, F.L.H. Silva, and R. Swarnakar. 2007. Cashew wine vinegar production : alcoholic and acetic fermentation. *Braz. J. Chem. Eng*. 24 : 163-169.

ภาคผนวก ก

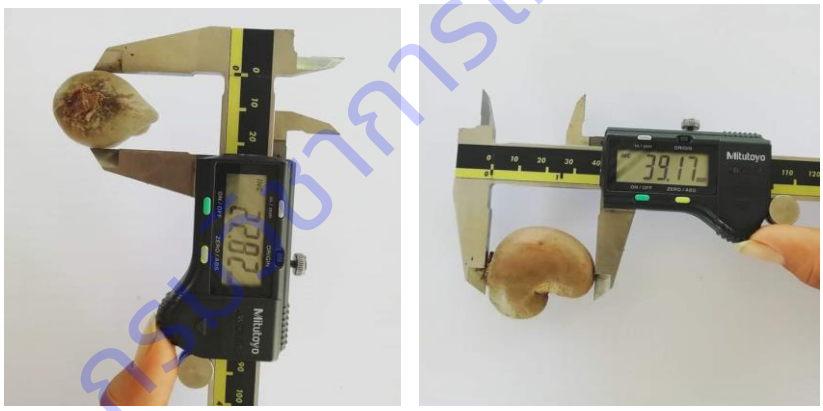
กิจกรรมที่ 1

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์มะม่วงหิมพานต์ที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี



แหล่งที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Different-sizes-of-Cashew-nuts-15_fig1_332518933

ภาพที่ **1** การคัดขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์



ภาพที่ **2** การวัดหาขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ก่อนกะเทาะ

ภาพที่ **3** การวัดหาขนาดเมล็ดมะม่วงหิมพานต์หลังกะเทาะ

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด

1. สภาพภูมิอากาศของจังหวัดตราด ปี 2559-2562

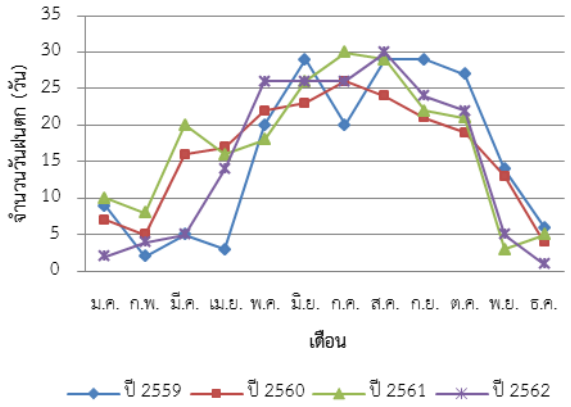
ปี 2559 เดือนกุมภาพันธ์มีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 2 วัน ส่วนเดือนมิถุนายน สิงหาคมและกันยายน มีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 29 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 5,670 มิลลิเมตร โดยที่เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 23 มิลลิเมตร และเดือนมิถุนายนมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 1,085 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 24.7 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 29.6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์และธันวาคมเฉลี่ย 72% ส่วนเดือนกันยายนและตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 90% (ภาพที่ 4-7)

ปี 2560 เดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 4 วัน ส่วนเดือนกรกฎาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 26 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 4,531 มิลลิเมตร โดยที่เดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 37 มิลลิเมตร และเดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 977 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์เฉลี่ย 26.9 องศาเซลเซียส และเดือนพฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 29.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนมกราคมและธันวาคมเฉลี่ย 71% ส่วนเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 88% (ภาพที่ 4-7)

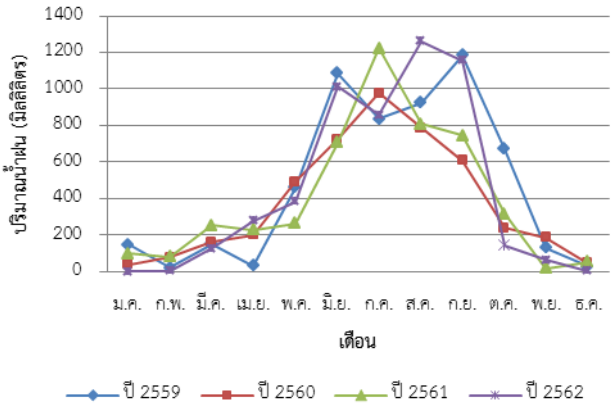
ปี 2561 เดือนพฤศจิกายนมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 3 วัน ส่วนเดือนกรกฎาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 30 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 4,800 มิลลิเมตร โดยที่เดือนพฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 16 มิลลิเมตร และเดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 1,223 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 27.1 องศาเซลเซียส และเดือนพฤษภาคมมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 29.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนมกราคมและธันวาคมเฉลี่ย 77% ส่วนเดือนกรกฎาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 90% (ภาพที่ 4-7)

ปี 2562 เดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 1 วัน ส่วนเดือนสิงหาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 30 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 5,287 มิลลิเมตร โดยที่เดือนมกราคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 1 มิลลิเมตร และเดือนสิงหาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 1,260 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนสิงหาคมเฉลี่ย 27.1 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 29.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 72% ส่วนเดือนสิงหาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 90% (ภาพที่ 4-7)

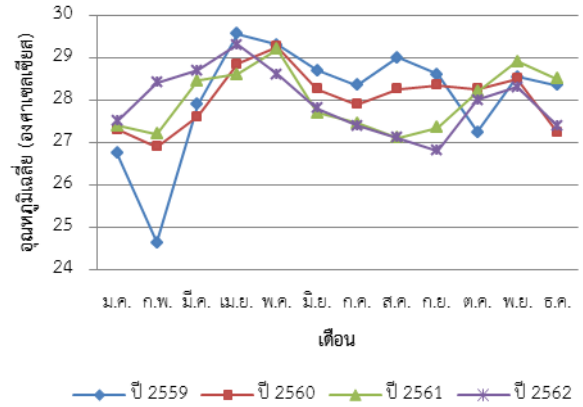
ศูนย์วิทยทรัพยากร



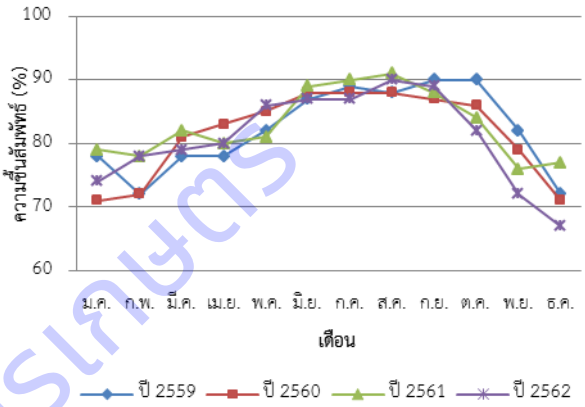
ภาพที่ 4 จำนวนวันฝนตกของจังหวัดตราด ปี 2559-2562



ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดตราด ปี 2559-2562



ภาพที่ 6 อุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดตราด ปี 2559-2562



ภาพที่ 7 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของจังหวัดตราดปี 2559-2562

กรมวิชาการเกษตร

2. ผลวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของดินแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ

หลังจากคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมดำเนินงานแล้วหลังเก็บเกี่ยว ทำการเก็บตัวอย่างดิน เพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง (pH) = 3.75-5.7, ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.67-3.37, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 1.20-34.75 ppm., โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 7.68-66.93 ppm., ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.01-0.03 (ตารางที่ 1) โดยภาพรวมค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเป็นกรดจัด-กรดรุนแรงมาก พบมี 8 แปลง มีค่า pH ต่ำกว่า 5 (ค่า pH ที่เหมาะสมคือ 5.5-6.5) ค่าความนำไฟฟ้าส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.02 ms/cm คือดินไม่เค็ม (ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช) ค่าอินทรียวัตถุ ในภาพรวมมีความอุดมสมบูรณ์เพียงพอ (ค่ามากกว่าร้อยละ 2) มี 5 แปลง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่ามาตรฐาน ปริมาณฟอสฟอรัสในภาพรวมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ค่าเหมาะสมอยู่ระหว่าง 26-42 มก./กก. และพบส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ตราด

รายที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าความนำไฟฟ้า (ms/cm)	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัส (มก./กก.)	โพแทสเซียม (มก./กก.)
1	5.10	0.01	2.70	1.90	37.32
2	4.77	0.01	0.67	1.20	9.24
3	3.75	0.03	0.87	2.00	7.68
4	3.97	0.03	1.49	3.30	14.67
5	4.93	0.01	3.06	1.65	38.77
6	5.27	0.01	0.92	34.75	40.50
7	4.91	0.01	3.37	1.93	38.13
8	4.77	0.01	3.06	1.77	38.77
9	5.70	0.01	1.38	10.09	39.87
10	4.43	0.01	2.08	5.92	52.71
11	4.31	0.02	3.06	1.95	40.70
12	4.51	0.01	2.30	5.47	66.93

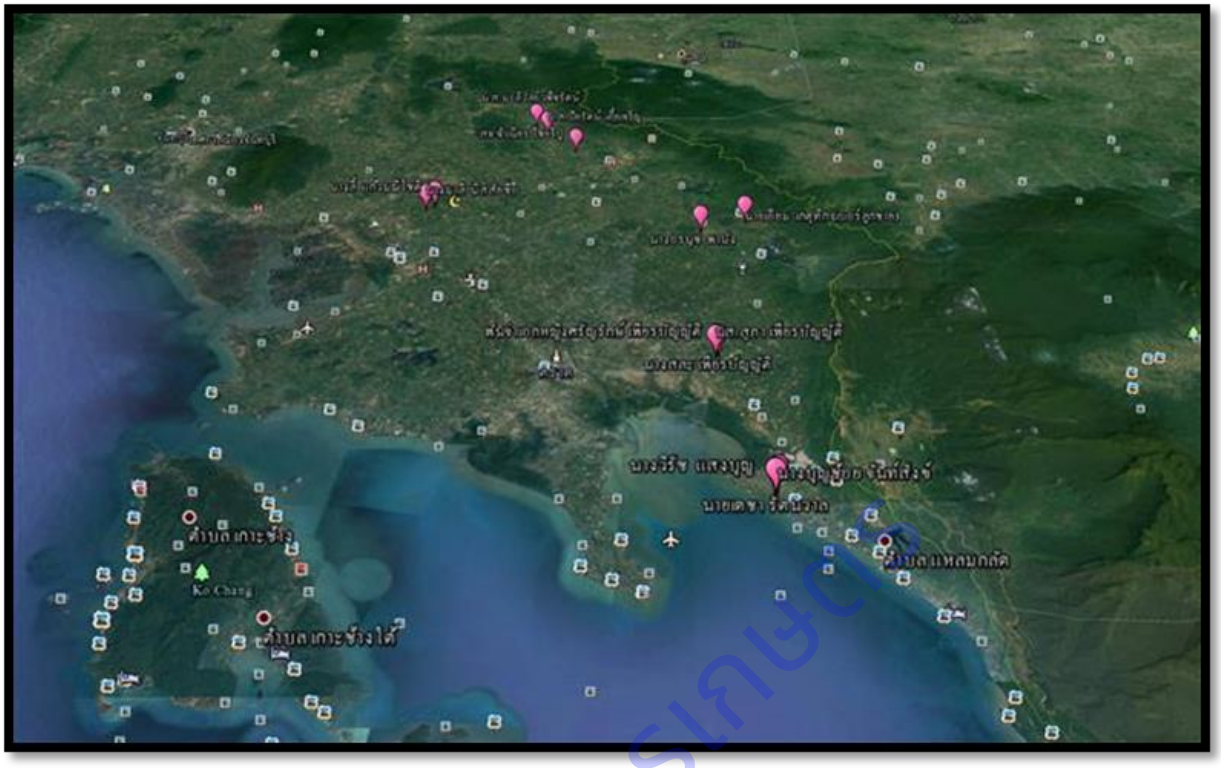
3. พื้นที่ทดลองในสภาพแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ตราด

จากการดำเนินงาน สำรวจพื้นที่เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์และคัดเลือกเกษตรกร เพื่อจัดทำแปลงทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดตราด ได้แปลงทดสอบจำนวน 12 ราย (ตารางที่ 2) กระจายตัวตามแหล่งผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่สำคัญของจังหวัดตราด (ภาพที่ 8)

ตารางที่ 2 พื้นที่ของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ตราดที่เข้าร่วมโครงการฯ และพิกัดที่ตั้งแปลง

รายที่	พิกัด					พิกัด	
	เลขที่	หมู่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด (X)	ลองติจูด (Y)
1. นายจำเนียร ไชยริปู	299	3	บ่อพลอย	บ่อไร่	ตราด	228693	1393548
2. นางบุญช้อย จันท์สังข์		10	แหลมกลัด	เมือง	ตราด	245996	1342094
3. นางวิรัช แสงบุญ		10	แหลมกลัด	เมือง	ตราด	245785	1341855
4. นายเดชา รัตนวาล		10	แหลมกลัด	เมือง	ตราด	245849	1341790
5. นางลี้ แก้วมณีโชติ		8	ประณีต	เขาสมิง	ตราด	215648	1380692
6. นางสาวมะลิวัลย์ เพ็ชรัตน์		3	ช้างทูน	บ่อไร่	ตราด	223771	1400041
7. นางอรนุช พานัง		2	ด่านชุมพล	บ่อไร่	ตราด	241686	1376864
8. นายเอี่ยม เกตุทึก		1	ด่านชุมพล	บ่อไร่	ตราด	246010	1379099
9. นางสาวปิยรัตน์ เอี้ยเจริญ		1	หนองบอน	บ่อไร่	ตราด	225183	1397936
10. นางสละ เพียรบัญญัติ		2	ท่ากุ่ม	เมือง	ตราด	242422	1357349
11. นางสาวศรัญรักษ์ เพียรบัญญัติ		2	ท่ากุ่ม	เมือง	ตราด	242593	1357305
12. นางสาวสุภา เพียรบัญญัติ		2	ท่ากุ่ม	เมือง	ตราด	242367	1357241

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 8 แสดงการกระจายตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ที่เข้าร่วมโครงการฯ จ.ตราด

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี

1. สภาพภูมิอากาศของจังหวัดชลบุรี ปี 2559-2562

ปี 2559 เดือนกุมภาพันธ์และเดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 0 วัน ส่วนเดือนกันยายนและตุลาคม มีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 18 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 1,463 มิลลิเมตร โดยที่เดือนกุมภาพันธ์และเดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 0 มิลลิเมตร และเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 323 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคมเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายนกับเดือนพฤษภาคามีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 32.1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนพฤษภาคมและธันวาคมเฉลี่ย 66% ส่วนเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 80% (ภาพที่ 9-12)

ปี 2560 เดือนกุมภาพันธ์มีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 1 วัน ส่วนเดือนพฤษภาคมและเดือนกรกฎาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 16 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 1,463 มิลลิเมตร โดยที่เดือนกุมภาพันธ์มีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 0.5 มิลลิเมตร และเดือนกรกฎาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 299 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนธันวาคมเฉลี่ย 26.7 องศาเซลเซียส

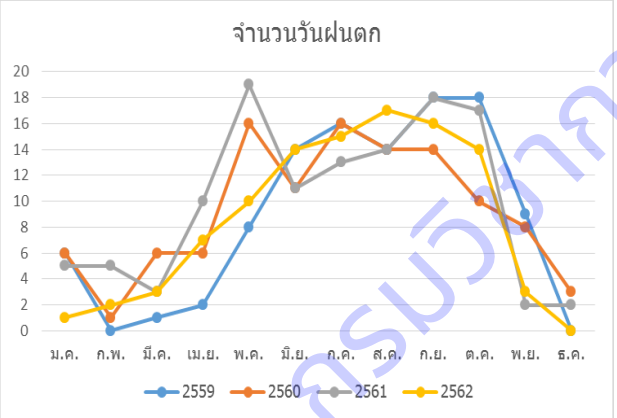
กรมวิชาการเกษตร

และเดือนมิถุนายนมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 30.3 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนธันวาคมเฉลี่ย 65% ส่วนเดือน กรกฎาคม และกันยายน มีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 77% (ภาพที่ 9-12)

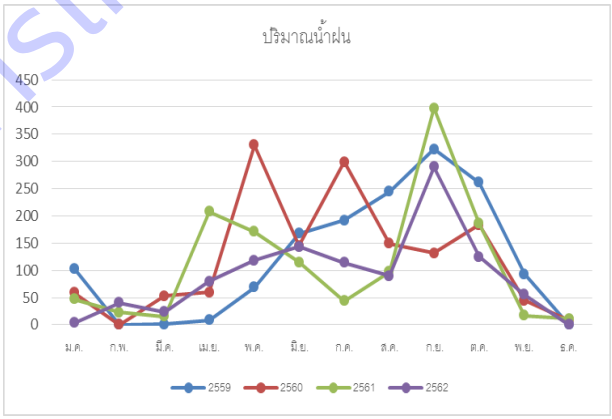
ปี 2561 เดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 2 วัน ส่วนเดือนพฤษภาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 19 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 1,333 มิลลิเมตร โดยที่เดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 11 มิลลิเมตร และเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 398 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนมกราคมเฉลี่ย 27.4 องศาเซลเซียส และเดือนมิถุนายนมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนพฤศจิกายนเฉลี่ย 69% ส่วนเดือนพฤษภาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 82% (ภาพที่ 9-12)

ปี 2562 เดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนน้อยที่สุด คือ 0 วัน ส่วนเดือนสิงหาคมมีจำนวนวันฝนตกรายเดือนมากที่สุด คือ 17 วัน ปริมาณน้ำฝนสะสมรวมทั้งปี 1,082 มิลลิเมตร โดยที่เดือนธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนน้อยที่สุด คือ 0 มิลลิเมตร และเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากที่สุด คือ 290 มิลลิเมตร อุณหภูมิต่ำที่สุดในเดือนธันวาคมเฉลี่ย 27.3 องศาเซลเซียส และเดือนเมษายนมีอุณหภูมิสูงที่สุดเฉลี่ย 31.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำที่สุดในเดือนพฤศจิกายนและเดือนธันวาคมเฉลี่ย 66% ส่วนเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุดเฉลี่ย 80% (ภาพที่ 9-12)

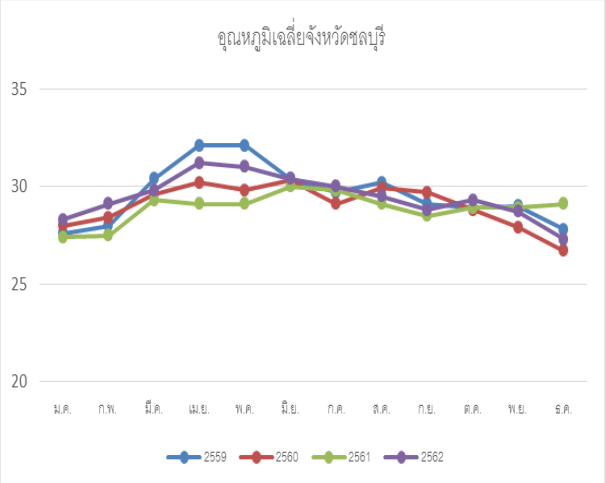
กรมวิชาการเกษตร



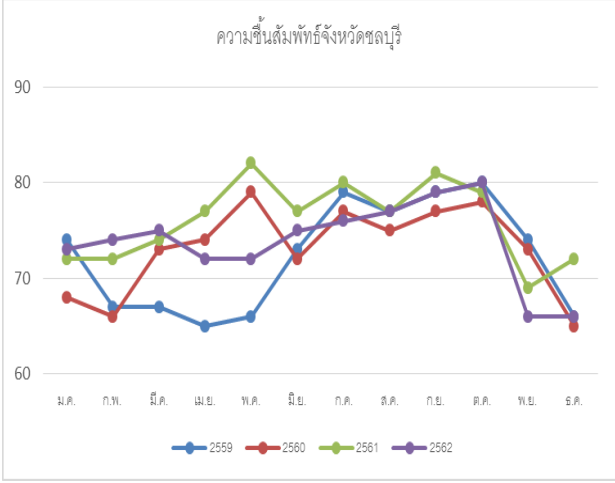
ภาพที่ 9 จำนวนวันฝนตกของจังหวัดชลบุรี ปี 2559-2562



ภาพที่ 10 ปริมาณน้ำฝนของจังหวัดชลบุรี ปี 2559-2562



ภาพที่ 11 อุณหภูมิเฉลี่ยของจังหวัดชลบุรี ปี 2559-2562



ภาพที่ 12 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของจังหวัดชลบุรีปี 2559-2562

2. ผลวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของดินแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ก่อนเข้าร่วมโครงการฯ จ. ชลบุรี

หลังจากคัดเลือกเกษตรกรที่เข้าร่วมดำเนินงานแล้ว หลังเก็บเกี่ยวทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร พบว่าระดับความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ระหว่าง (pH) = 4.49-6.00, ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง ร้อยละ 0.45-2.43, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ระหว่าง 1.50-55.69 ppm., โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ระหว่าง 16.94-101.45 ppm., ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.01-0.02 (ตารางที่ 3) โดยภาพรวมค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มเป็นกรดจัด-กรดจัดมาก พบมี 3 แปลง มีค่า pH ต่ำกว่า 5 (ค่า pH ที่เหมาะสมคือ 5.5-6.5) ค่าความนำไฟฟ้าส่วนใหญ่เท่ากับ 0.02 ms/cm คือดินไม่เค็ม (ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช) ค่าอินทรียวัตถุในภาพรวมมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่ามาตรฐาน (ค่าน้อยกว่าร้อยละ 2) มี 8 แปลง ปริมาณฟอสฟอรัสในภาพรวมต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ค่าเหมาะสมอยู่ระหว่าง 26-42 มก./กก. และพบส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำกว่า ค่าที่เหมาะสม (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ชลบุรี

รายที่	ความเป็นกรด-ด่าง	ค่าความนำไฟฟ้า (ms/cm)	อินทรียวัตถุ (%)	ฟอสฟอรัส (มก./กก.)	โพแทสเซียม (มก./กก.)
1	5.26	0.02	1.28	9.61	30.01
2	5.29	0.02	1.50	7.25	36.66
3	4.92	0.02	2.43	2.58	40.46
4	5.37	0.02	1.65	1.70	20.71
5	5.43	0.02	2.32	3.26	50.72
6	4.94	0.02	1.82	3.70	93.57
7	5.63	0.02	2.22	2.91	65.44
8	5.63	0.02	1.29	1.50	44.14
9	6.00	0.01	1.78	3.36	32.84
10	5.33	0.01	0.56	55.69	48.26
11	4.49	0.02	0.53	7.61	29.74
12	5.61	0.02	2.31	12.64	101.45

กรมวิชาการเกษตร

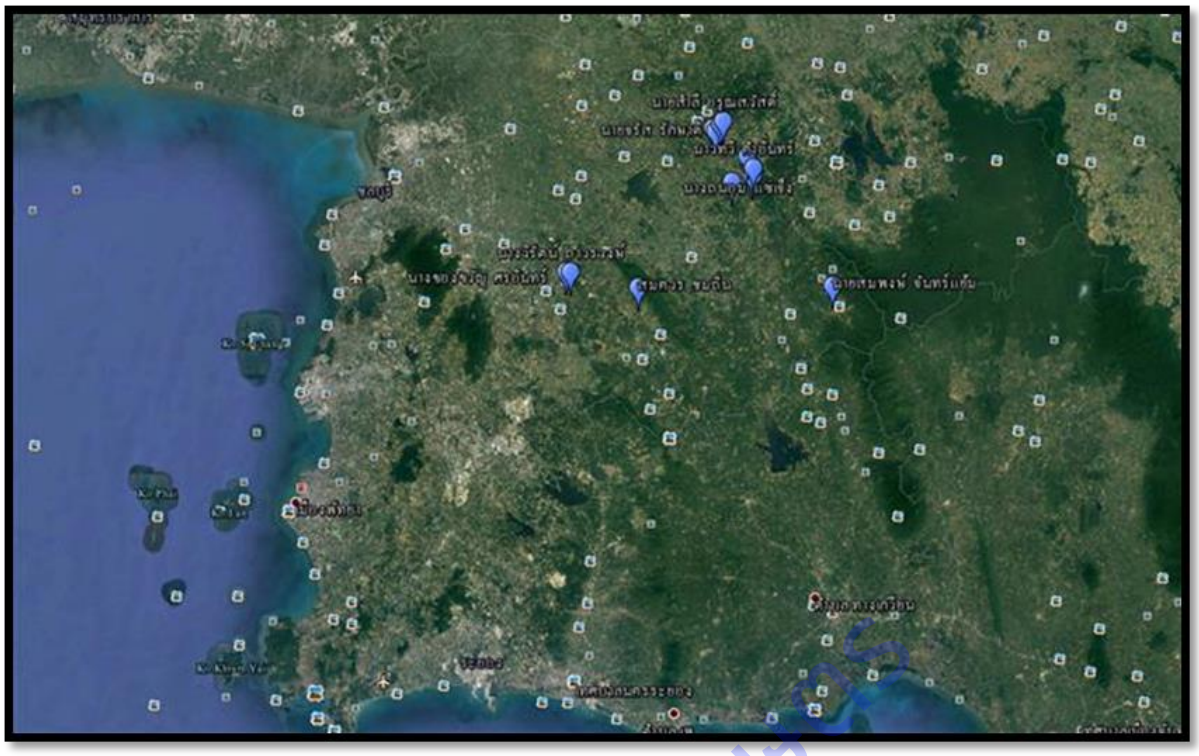
3. พื้นที่ทดลองในสภาพแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ชลบุรี

จากการดำเนินงาน สำรวจพื้นที่เกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์และคัดเลือกเกษตรกร เพื่อจัดทำแปลงทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมะม่วงหิมพานต์ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ได้แปลงทดสอบจำนวน 12 ราย (ตารางที่ 4) กระจายตัวตามแหล่งผลิตมะม่วงหิมพานต์ที่สำคัญของจังหวัดชลบุรี (ภาพที่ 13)

ตารางที่ 4 พื้นที่ของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ จ.ชลบุรี และพิกัดที่ตั้งแปลง

รายที่	พิกัด					พิกัด	
	เลขที่	หมู่	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ละติจูด (X)	ลองติจูด (Y)
1. นางสาวพิมพ์พร แก้วตา	17/3	11	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ชลบุรี	0767525	1484898
2. นายจรัส รักษาดี	449/5	11	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ชลบุรี	0768256	1486064
3. นายสำลี อรุณสวัสดิ์		11	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ชลบุรี	0768651	1486519
4. นางคุลิกา ศรจันทร์		11	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ชลบุรี	0767074	1485362
5. นายองอาจ แซ่ตั้ง	47	11	เกาะจันทร์	เกาะจันทร์	ชลบุรี	0767038	1485205
6. นางเทพ พงษ์รัตน์			เกษตรสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	0770248	1477196
7. นางถนอม แซ่เจ็ง	274	3	เกษตรสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	0772539	1481134
8. นาวทวี คำอินทร์		3	เกษตรสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	0773494	1479406
9. นายเก็กคิม แซ่อึ้ง	255	3	เกษตรสุวรรณ	บ่อทอง	ชลบุรี	0773407	1478176
10. นางวิรัตน์ ถาวรวงษ์			หนองไม้แก้ว	บ้านบึง	ชลบุรี	0745534	1462728
11. นางของขวัญ ศรอินทร์			หนองไม้แก้ว	บ้านบึง	ชลบุรี	0744854	1462773
12. นายสมพงษ์ จันทร์แย้ม	148	2	พลวงทอง	บ่อทอง	ชลบุรี	0786226	1461569

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 13 แสดงการกระจายตัวของเกษตรกรผู้ปลูกมะม่วงหิมพานต์ที่คัดเลือกให้เข้าร่วมโครงการฯ จ.ชลบุรี

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ข

กิจกรรมที่ 2
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน

1. การคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่าย

กำหนดให้

- ราคาเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง	250,000 บาท
- อายุการใช้งาน	10 ปี
- มูลค่าซาก 1% ของราคาเครื่อง	2,500 บาท
- ค่าซ่อมบำรุงเครื่อง	3,000 บาท/ปี
- อัตราดอกเบี้ยเงินกู้	8 เปอร์เซ็นต์/ปี
- ค่าแก๊สหุงต้ม	30 บาท/กิโลกรัม
- ค่าจ้างแรงงาน	400 บาท/วัน
- ค่าไฟฟ้า	4.50 บาท/หน่วย

<u>ต้นทุนคงที่</u>

- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง

สมการค่าเสื่อมราคาเครื่องแบบเส้นตรง (P-L)/N

โดย P = ราคาซื้อเครื่องจักร, บาท

L = ราคาซากเครื่องจักร, บาท

N = อายุการใช้งาน, ปี

ค่าเสื่อมราคาของเครื่องอบแห้งแบบถาด = (250,000-2,500)/10 บาท/ปี

= 24,750 บาท/ปี

- ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

สมการค่าดอกเบี้ย [(P+L)/2] x (i/100)

โดย i = อัตราดอกเบี้ย/ปี, เปอร์เซ็นต์

ค่าดอกเบี้ยลงทุนเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง =[(250,000+2,500)/2] x (8/100) บาท/ปี

= 10,100 บาท/ปี

ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม = ค่าเสื่อมราคาเครื่อง + ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน

= 24,750+ 10,100 บาท/ปี

= 34,850 บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

<u>ต้นทุนผันแปร</u>

- ค่าวัตถุดิบเมล็ดในมะม่วงหิมพานต์ 200 กิโลกรัม/วันอบแห้ง 60 วัน/ปี

เมล็ดในมะม่วงหิมพานต์กระเทาะเปลือกแข็ง 230 บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นต้นทุนค่าวัตถุดิบต่อปี = 230 บาท/กิโลกรัมx200 กิโลกรัม/วัน x 60 วัน/ปี

= 2,760,000 บาท/ปี

- ค่าแรงงานคุมเครื่องอบแห้ง 2 คน/วันคนละ 400 บาท/คน

ดังนั้นต้นทุนค่าแรงงาน =2 คน/วัน x 60 วัน/ปี x 400 บาท/คน

= 48,000 บาท/ปี

- ค่าไฟฟ้า จากความสัมพันธ์P = IxV

โดย P = กำลังไฟฟ้า ,วัตต์

I = กระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

V = ความต่างศักดิ์ไฟฟ้า, โวลต์

เครื่องอบใช้มอเตอร์ 1 แรงม้า 220 โวลต์ทำงาน 10 ชั่วโมง/วันใช้พลังงานไฟฟ้า 3.4 แอมแปร์

ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้า

P = 3.4 x 220 วัตต์

= 0.75 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ต่างๆของตู้ควบคุมอุณหภูมิและโซลินอยด์วาล์ว 0.25 กิโลวัตต์

รวมค่าไฟฟ้าห้องอบอุณหภูมิสูง = 0.75+0.25 = 1 กิโลวัตต์

ทำงานวันละ 10ชั่วโมง . = 1 x 10 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน

= 10 กิโลวัตต์ x ชั่วโมง/วัน

= 10 หน่วย/วัน

คิดค่าไฟฟ้า หน่วยละ 4.50 บาท

ดังนั้น ต้นทุนค่าไฟฟ้า = 10 หน่วย/วัน x 4.50 บาท/หน่วย x60 วัน/ปี

= 2700 บาท/ปี

- ค่าแก๊สหุงต้ม

เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องใช้แก๊สหุงต้ม 0.9 กิโลกรัม/ชั่วโมง

เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องใช้เวลาในการทำงานทั้งหมด (ห้องอบอุณหภูมิสูงและห้องอบอุณหภูมิต่ำ)

= 10 ชั่วโมง/วัน

ค่าแก๊สหุงต้ม 30บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นต้นทุนค่าแก๊สหุงต้ม = 0.90 กิโลกรัม/ชั่วโมง x 10 ชั่วโมง/วันx 30 บาท/กิโลกรัม x 60 วัน/ปี

= 16,200 บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

- ค่าแรงลอกเยื่อ 9 บาท/ก.ก. =9 บาท/ก.ก. x 200ก.ก.เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง/วัน x60 วัน/ปี
=108,000 บาท/ปี

- อุปกรณ์บรรจุภัณฑ์

ค่าบรรจุภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้งเท่ากับ 1.5 บาท/กิโลกรัม

ดังนั้นต้นทุนค่าใช้จ่าย = 1.5 บาท/ก.ก. x 200 ก.ก.เมล็ดมะม่วงหิมพานต์อบแห้ง/วัน x60 วัน/ปี
= 180,000 บาท/ปี

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่ = 3,000 บาท/ปี ตลอดอายุการใช้งาน

ดังนั้นต้นทุนผันแปรรวม = (2,760,000+48,000+27,000+16,200+108,000+180,000+3,000) บาท/ปี
= 3,142,200 บาท/ปี

ดังนั้นต้นรวมทั้งหมด = 34,850+3,142,200 บาท/ปี
= 3,177,050 บาท/ปี

ระยะเวลา 1 ปี เครื่องอบแห้งสามารถทำงานได้ = 200 กิโลกรัมเนื้อเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/วันx60 วัน/ปี
= 12,000 กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/ปี

ดังนั้น ต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องอบ = (3,177,050 บาท/ปี)/(12,000 กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง/ปี)
= 264.75 บาท/กิโลกรัมเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง

กรมวิชาการเกษตร

2. การคำนวณจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องในการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

- ราคาขายผลิตภัณฑ์เมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้ง 280 บาท/กิโลกรัม
- เครื่องอบแห้งลมร้อนสามารถผลิตเมล็ดมะม่วงหิมพานต์แห้งได้ 12,000 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นเกษตรกรมีรายได้ = 280 บาทต่อกิโลกรัม x 12,000 กิโลกรัม/ปี

= 3,360,000 บาท/ปี

เกษตรกรมีกำไรจากการอบแห้งเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน

=3,360,000- 3,177,050 บาท/ปี

= 182,950 บาท/ปี

- หาจุดคุ้มทุนจากการอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งลมร้อน รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย

ดังนั้นได้ว่า 280 บาท/กิโลกรัมxN กิโลกรัม/ปี = 264.75 บาท/กิโลกรัมx12,000 กิโลกรัม/ปี

N = ปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน , กิโลกรัม/ปี

= (264.75 x12,000)/280 กิโลกรัม/ปี

= 11,346.4 กิโลกรัม/ปี

ดังนั้นจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องอบแห้งลมร้อน = 11,346.4 กิโลกรัม/ปี

ประมาณ = 11,346 **กิโลกรัม/ปี**

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค

กิจกรรมที่ 3
วิธีทดสอบทางจุลชีววิทยา

1. การวัดการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และแบคทีเรีย

วัดการเจริญเติบโตของเชื้อยีสต์และแบคทีเรียโดยนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่ต้องการทราบการเจริญเติบโตมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) โดยใช้เครื่อง spectrophotometer ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีการเจริญของเชื้อเป็นตัวหักลบให้ค่าเป็นศูนย์

2. การศึกษาลักษณะโคโลนีของยีสต์

ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้ว เขี่ยยีสต์บริสุทธิ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) ปริมาต 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาแยกให้เป็นโคโลนีเดี่ยวโดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อแยกบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง YPD agar บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึก ขนาดของโคโลนี สีของโคโลนี ลักษณะขอบของโคโลนี และลักษณะความโค้งนูนของโคโลนียีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะมีโคโลนีสีขาวขนาดใหญ่ ขอบโคโลนีเรียบ และโค้งนูน

3. การศึกษาการแบ่งตัวแตกหน่อของยีสต์ (budding)

ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้ว เขี่ยยีสต์บริสุทธิ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) ปริมาต 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว 5% malt extract ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มเลี้ยงเชื้อที่ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 วัน เจือจางให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้วดูดใส่ Hemocyte meter ส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ บันทึกลักษณะการแบ่งตัวแตกหน่อของยีสต์ โดย monopolar budding คือการแตกหน่อที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งของเซลล์ bipolar budding คือการแตกหน่อที่ปลายทั้งสองด้านของเซลล์ และ multilateral budding คือการแตกหน่อไม่เป็นรูปแบบ แตกได้หลายตำแหน่งของเซลล์

4. การย้อมสี ascospore ตามวิธีของ Schaeffer & Fulton

สารเคมีที่ใช้

1) 5% aqueous malachite green : ชั่ง malachite green 5 กรัม ละลายในน้ำกรองและปรับปริมาตรให้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร

2) 0.5% aqueous safranin : ชั่ง safranin O 0.5 กรัม ละลายในน้ำกรองและปรับปริมาตรให้เท่ากับ 100 มิลลิลิตร

กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้ว เขี่ยยีสต์บริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) ปริมาต 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง Acetate agar บ่มเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน

2) หยดน้ำบนแผ่นสไลด์ นำเชื้อยีสต์มากระจายให้ทั่ว รอให้แห้งแล้วจึงผ่านไฟเพื่อตรึงเซลล์บนสไลด

3) หยด 5% aqueous malachite green ให้ทั่วบริเวณที่กระจายเชื้อไว้

4) นำไปอังไอน้ำร้อนเดือน นาน 3-6 นาที แล้วล้างผ่านน้ำไหล

5) หยด 0.5% aqueous safranin ให้ทั่วบริเวณที่กระจายเชื้อไว้ นาน 30 วินาที

6) ล้างน้ำ ทำให้แห้ง แล้วส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้เลนส์กำลังขยาย 100 เท่า

7) vegetable cell จะติดสีแดง และ ascospore จะติดสีเขียวแกมน้ำเงิน

5. การนับปริมาณเซลล์ยีสต์ด้วย Haemacytometer

ขั้นตอนการทดสอบ

1) เตรียมหัวเชื้อยีสต์โดยใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยยีสต์บริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD) ปริมาต 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2) เจือจางหัวเชื้อ butterield's phosphate bufered-dilution water (PBS) ให้มีการเจือจางของเชื้อที่เหมาะสม (10 หรือ 100 เท่า)

3) ปิเปตหัวเชื้อยีสต์ที่เจือจางแล้วปริมาตร 10 ไมโครลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ

4) ค่อยๆ ปล่อยหัวเชื้อยีสต์เจือจางที่ขอบ cover slide ที่ปิดทับบน haemacytometer ให้ค่อยๆ ไหลซึมไปจนทั่วหลุมใน haemacytometer

5) นับจำนวนเซลล์ยีสต์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 400 เท่า

6) การนับเซลล์ยีสต์ จะนับเซลล์ที่อยู่ภายในช่องใหญ่ (ช่องสีแดง) จำนวน 5 ช่อง เลือกนับเซลล์ที่อยู่ภายในช่องและบนแนวเส้นด้านบนและแนวเส้นด้านซ้าย ไม่นับรวมเซลล์ที่อยู่บนแนวเส้นด้านขวาและแนวเส้นด้านล่าง

7) คำนวณปริมาณเซลล์ยีสต์จากสูตรดังนี้

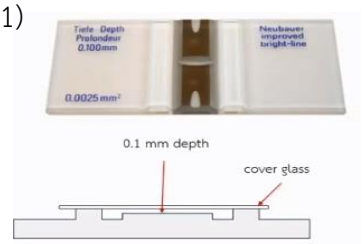
ปริมาณเซลล์ยีสต์ (cell/มิลลิลิตร)

$$= \frac{\text{จำนวนเซลล์ยีสต์เฉลี่ย 1 ช่องใหญ่} \times 10^{6} \times \text{dilution factor}}{4}$$

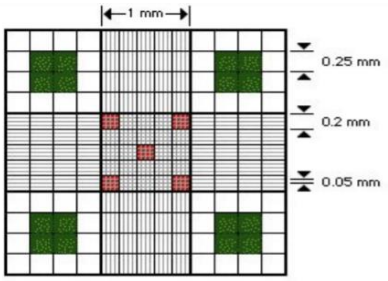
$$= (\text{ผลรวมของเซลล์ยีสต์จาก 5 ช่องใหญ่}) \times 5\times10^{4} \times \text{dilution factor}$$

ศรีวิชาการเกษตร

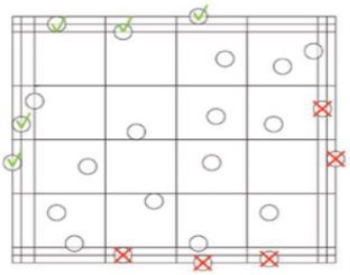
1)



2)



3)



รูปที่ 1 การนับเซลล์ยีสต์ด้วย haemacytometer 1) haemacytometer 2) การนับเซลล์ยีสต์จะใช้ช่องตรงกลางที่ประกอบด้วย 25 ช่องใหญ่ (สีแดง) ช่องใหญ่มีปริมาตรเท่ากับ $4x10^{-6}$ มิลลิลิตร และ ใน 1 ช่องใหญ่ประกอบด้วย 16 ช่องเล็ก 3) การนับเซลล์ยีสต์ใน 1 ช่องใหญ่ จะนับเซลล์ที่อยู่ภายในช่องและบนแนวเส้นด้านบนและแนวเส้นด้านซ้าย

6. การทดสอบคุณสมบัติทางด้านชีวเคมีของยีสต์ด้วยชุด API 20C AUX stip ของ BIOMERIEUX

รายการทดสอบ มีดังต่อไปนี้

อักษรย่อ	รายการทดสอบ
GLU	D-GLUcose
GLY	GLYcerol
2KG	Calcium 2-Keto-Gluconate
ARA	L-ARAbinose
XYL	D-XYLose
ADO	ADOnitol
XLT	XyLiTol
GAL	D-GALactose
INO	INOsitol
SOR	D-SORbitol
MDG	Methyl-alphaD-Glucopyranoside
NAG	N-Acetyl-Glucosamine
CEL	D-CELlobiose
LAC	D-LACtose (bovine origin)
MAL	D-MALtose
SAC	D-SACcharose (sucrose)
TRE	D-TREhalose
MLZ	D-MeLeZitose
RAF	D-RAFfinose

กรมวิชาการเกษตร

สารเคมีที่ใช้

1) API NaCl 0.85% medium
2) API C Medium
3) McFarland Standard No. 2

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยยีสต์บริสุทธิ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งแบบเอียง Yeast extract-Peptone-Dextrose (YPD slant) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) ถ่ายยีสต์ด้วยห่วงเขี่ยเชื้อประมาณ 10 ลูป ลงใน API NaCl 0.85% medium ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จะได้ปริมาณหัวเชื้อยีสต์เท่ากับ $1.0x10^{8}$ cell/mL หรือเท่ากับ McFarland Standard No. 2

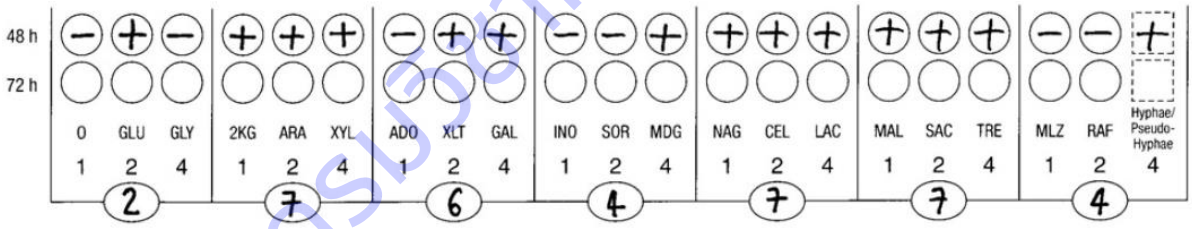
3) ดูดหัวเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 2 ปริมาตร 100 ไมโครลิตร ใส่ใน API C Medium ปริมาตร 7 มิลลิลิตร ปั่นหลอดด้วยมือเบาๆ ให้หัวเชื้อกระจายทั่วอาหารเลี้ยงเชื้อดังกล่าว

4) เติมน้ำปลอดเชื้อใส่ในถาดรองชุดทดสอบ ถาดละ 5 มิลลิลิตร

5) ปิเปต API C Medium ที่มีเชื้อที่ได้จากข้อ 3 หลอดลงหลุมอาหารเลี้ยงเชื้อ หลุมละ 180 ไมโครลิตร

6) บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 หรือ 72 ชั่วโมง

7) บันทึกผลการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละหลุม โดยถ้ามีการเจริญของเชื้ออาหารเลี้ยงเชื้อขุ่น ให้บันทึกเป็น + และในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่มีการเจริญ อาหารเลี้ยงเชื้อจะใสให้บันทึกเป็น –



8. นำผลที่ได้ไปแปลผลโดยใช้โปรแกรม APIWEB ที่เวปไซต์ http : //apiwebbiomerieux.com/

7. การย้อมสีแกรมแบคทีเรีย

สารเคมีที่ใช้

1) **Hucker's crystal violet** :

Solution A : ละลาย crystal violet (90% dye content) 2 กรัม ใน 95% เอทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร

Solution B : ละลาย Ammonium oxalate 0.8 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตร 80 มิลลิลิตร

ผสมสารละลาย Solution A และ Solution B เข้าด้วยกัน ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง กรองผ่านกระดาษกรองก่อนนำมาใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2) Gram's iodine : ชั่ง Iodine 1 กรัม แล้วนำไปบดรวมกับ Potassium iodide (KI) 2 กรัม ค่อยๆ เติมน้ำแล้วบด จนปริมาตรน้ำที่ใช้เท่ากับ 20 มิลลิลิตร จากน้ำค่อยๆ ล้างโกร่งบดด้วยน้ำ แล้วดูดใส่ขวดเตรียมสารเคมีจนปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 300 มิลลิลิตร

3) 95% เอทานอล : ใช้ absoluted ethanol 95 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4) Hucker's counterstain :

Stock solution : ชั่ง Safranin O 25 กรัม ละลายใน 95% เอทานอล

Work solution : ปิเปต Stock solution 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยแบคทีเรียบริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Nutrient broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
2) กระจายเชื้อบนแผ่นสไลด์ให้ทั่ว ตั้งทิ้งให้แห้งแล้วนำผ่านเปลวไฟเพื่อตรึงเซลล์ไว้บนแผ่นสไลด
3) หยด Hucker's crystal violet ให้ท่วมบริเวณที่กระจายเชื้อไว้ ตั้งทิ้งไว้นาน 1 นาที ล้างผ่านน้ำไหล
4) เติม Gram's iodine ให้ทั่วทิ้งไว้นาน 1 นาที แล้วล้างผ่านน้ำไหล
5) ล้างสีออกด้วย 95% เอทานอล ประมาณ 30 วินาที แล้วล้างตามด้วยน้ำกลั่น
6) หยดสี Hucker's counterstain ให้ทั่ว ทิ้งไว้นาน 30 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่น ซับสไลด์ให้แห้ง
7) ดูลักษณะรูปร่างเซลล์และการติดสีแกรมของแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า

รูปร่างเซลล์แบคทีเรีย : กลม รี หรือ แท่ง
แบคทีเรียแกรมบวก เซลล์จะติดสีน้ำเงินแกมม่วง
แบคทีเรียแกรมลบ เซลล์จะติดสีแดง

8. การทดสอบ catalase

เป็นการทดสอบเพื่อจำแนกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์คะละเลส ซึ่งปกติในขบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน อะตอมของไฮโดรเจนจะรวมตัวกับออกซิเจนทำให้เกิดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ แต่แบคทีเรียส่วนใหญ่สามารถผลิตเอนไซม์คะตะเลสเพื่อย่อยสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้แตกออกได้ก๊าซออกซิเจน และน้ำ ดังนั้นการทดสอบว่าแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ชนิดนี้หรือไม่ ทำได้โดยการหยดไฮโดรเจนเปอร์ออไซด์ลงบนโคโลนี ถ้าเกิดฟองอากาศแสดงว่าให้ผลเป็นบวก การทดลองนี้ไม่ควรทำการทดลองบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเลือดผสมอยู่เพราะเม็ดเลือดแดงมีเอนไซม์คะตะเลสอยู่ภายในเซลล์ จึงทำให้แปรผลผิดพลาดได้

กรมวิทยาศาสตร์

สารเคมีที่ใช้

1) **3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์** : ปิเปิต 30% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้เป็น 100 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยแบคทีเรียบริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งแบบเอียง Nutrient agar slant บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) หยด 3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงบนสไลด์

3) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่เตรียมจากข้อ 1 มาแตะบนหยด 3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สังเกตการเกิดฟองอากาศ

การอ่านผล ผลบวก มีฟองอากาศเกิดขึ้นในทันที

ผลลบ ไม่มีฟองอากาศเกิดขึ้น

9. การทดสอบ oxidase test

เป็นการทดสอบการมีเอนไซม์ไซโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) โดยปกติจะใช้รีเอเจนต์ที่ไม่มีสี แต่จะมีสีเมื่อถูกออกซิไดซ์ รีเอเจนต์ที่ใช้มี 2 ชนิดคือ tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride หรือ dimethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride เมื่อถูกออกซิไดซ์รีเอเจนต์เหล่านี้จะมีสีม่วงหรือน้ำเงินเข้ม ดังนั้นแบคทีเรียที่มีเอนไซม์ออกซิเดสจะสามารถออกซิไดซ์รีเอเจนต์เหล่านี้ทำให้เป็นสีน้ำเงินเข้ม

สารเคมีที่ใช้

1) สารละลาย 1% tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride ในน้ำเกลือ 0.85% ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยแบคทีเรียบริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็งแบบเอียง Nutrient agar slant บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

2) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 1 กระจายบนกระดาษกรองปลอดเชื้อที่ชุ่มด้วย สารละลาย 1% tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride ในน้ำเกลือ 0.85%

การอ่านผล ผลบวก กระดาษกรองจะเกิดสีม่วงหรือสีน้ำเงินเข้มบนกระดาษกรองภายใน เวลา 10 นาที

ผลลบ กระดาษกรองไม่เปลี่ยนสี

กรมวิชาการเกษตร

10. การทดสอบการสร้างสารอินโดล

เป็นการทดสอบการสร้างสารอินโดลจากอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี tryptophan แบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มี tryptophan จะผลิตสารอินโด ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับ p-dimethylaminobenzaldehyde (DMAB) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดจะเกิดวงแหวนสีแดงอยู่ด้านบนของอาหารเลี้ยงเชื้อ มักใช้เป็นวิธีทดสอบเพื่อจำแนกแบคทีเรียแกรมลบ กลุ่ม *Escherichia coli* และ *Enterobacter aerogenes* (*Escherichia coli* จะสร้างสารอินโด)

สารเคมีที่ใช้

1) Kovac's reagent : ละลาย dimethylaminobenzaldehyde (DMAB) 10 กรัมใน amyl alcohol หรือ isoamyl alcohol 150 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติม กรดไฮดรอคลอริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร บรรจุในขวดสีชาเก็บในตู้เย็น

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ใช้ห่วงเขี่ยเชื้อที่ปลอดเชื้อแล้วเขี่ยแบคทีเรียบริสุทธ์ 1 ลูป ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว tryptone broth ปริมาตร 5 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2) หยดสารละลาย Kovac's reagent 5 หยด ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมได้จากข้อ 1

อ่านผล ผลบวก เกิดวงแหวนสีแดงด้านบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

ผลลบ ไม่เกิดเป็นวงแหวนสีแดงด้านบนของอาหารเลี้ยงเชื้อ

กรมวิชาการเกษตร

วิธีทดสอบทางเคมี

1. การหาปริมาณแอลกอฮอล์ในไวน์โดยใช้ density meter

(AOAC Official Method 942.06. 2000.)

สารเคมีที่ใช้

1) **1M NaOH** : เตรียมโดย ชั่ง โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 40 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ตวงส่วนใสของไวน์ที่แยกไว้ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำ 50 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เป็นกลาง นั่นคือ 7.0 ด้วยสารละลาย 1 M NaOH

2) เทสารละลายไวน์ที่เตรียมจากข้อ 1) ใส่ขวดต้มกลั่นขนาด 500 มิลลิลิตร ล้างบีกเกอร์ด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ต้มเดือดนาน 35 นาที รองรับแอลกอฮอล์ส่วนที่กลั่นได้ด้วยขวดปรับปริมาตรแก้ว ขนาด 100 มิลลิลิตร จนได้ปริมาตรประมาณ 96 มิลลิลิตร หรือเกือบถึงขีดปรับปริมาตร จึงหยุดการกลั่นแอลกอฮอล์

3) นำขวดปรับปริมาตรไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที

4) นำขวดขึ้นมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ต้มแล้วและปรับอุณหภูมิเป็น 20 องศาเซลเซียส

5) นำสารละลายที่ได้ไปวัดหาปริมาณแอลกอฮอล์โดยใช้เครื่อง density meter รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในไวน์ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณกรดน้ำส้มสายชูโดยวิธี Titration

(กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. DMSc F 1048, 2558)

สารเคมีที่ใช้

1) 1M NaOH : ชั่ง NaOH 40 กรัมลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน 1M NaOH : ชั่ง สาร Potassium hydrogen phthalate ($KHC_8H_4O_4$) KHP 5 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน, W) ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลายแล้วหยด phenolphthalein TS 1-2 หยด แล้วไทเทรตด้วย 1M NaOH โดยใช้บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร จนถึงจุดยุติจะได้สารละลายสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรที่ใช้ (V) คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน 1M NaOH จากสูตรด้านล่างนี้

$$\text{NaOH (M)} = \frac{W \times 1000}{V \times 204.223}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของ KHP (กรัม)

V = ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)

กรมวิชาการเกษตร

2) 0.5M NaOH : ปิเปต 1M NaOH 50 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3) 0.1M NaOH : ปิเปต 1M NaOH 25 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4) Potassium hydrogen phthalate ($KHC_8H_4O_4$) KHP : primary standard (ทำให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนการใช้งาน)

5) 95% Ethanol : เตรียมโดยตวง 99.99% ethanol ปริมาตร 95 มิลลิลิตร ใส่ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

6) Phenolphthalein TS : ชั่ง phenolphthalein 1 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 10 มิลลิลิตร ละลายด้วย 95% ethanol และถ่ายลงในขวดปรับปริมาตรแก้วขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วย 95% ethanol

7) น้ำปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ : เตรียมโดยต้มน้ำกลั่นให้เดือดนาน 20 นาที แล้วตั้งทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องก่อนการใช้งาน

ขั้นตอนการทดสอบ

1) Total acids

1) นำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ไปต้มในน้ำเดือดนาน 30 วินาทีเพื่อไล่ carbon dioxide จากนั้นนำไปแช่เย็นทันทีก่อนวิเคราะห์

2) ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 125 มิลลิลิตร

3) เติมน้ำกลั่นที่ต้มแล้วตั้งทิ้งให้เย็น ปริมาตร 40 มิลลิลิตร หยด phenolphthalein TS ประมาณ 2-3 หยด แล้วไทเทรตด้วย 0.5M NaOH โดยใช้บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร จนถึงจุดยุติ (บันทึกปริมาตรที่ใช้เป็น V_1)

2) Nonvolatile acids

1) ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในถ้วยระเหย ขนาด 200 มิลลิลิตร

2) ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งบน water bath

3) เติมน้ำกลั่นที่ต้มแล้วตั้งทิ้งให้เย็น ปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ให้แห้งบนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ ดำเนินการซ้ำอีกอย่างน้อย 5 ครั้ง

4) ละลาย residue ด้วยน้ำกลั่นที่ต้มแล้วตั้งทิ้งให้เย็น ประมาณ 200 มิลลิลิตร แล้วถ่ายลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หยด phenolphthalein TS ประมาณ 2-3 หยด

5) ไทเทรตด้วย 0.1M NaOH โดยใช้บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร จนถึงจุดยุติ (บันทึกปริมาตรที่ใช้เป็น V_2)

กรมวิชาการเกษตร

การคำนวณและการรายงานผล (Calculation and expression of results)

น้ำส้มสายชูหมักหรือกลั่น (ปริมาณกรดน้ำส้มคำนวณได้จาก Total acids-Nonvolatile acids)

ปริมาณกรดน้ำส้ม (กรัม/ 100 มิลลิลิตร) = Total acids - Nonvolatile acids

Total acids (กรัม/ 100 มิลลิลิตร) = V_1 x molarity of NaOH x 0.6

Nonvolatile acids (กรัม/ 100 มิลลิลิตร) = V_2 x molarity of NaOH x 0.6

การรายงานผล

รายงานผลปริมาณกรดน้ำส้มในหน่วย กรัม/100 มิลลิลิตร ทศนิยม 2 ตำแหน่ง

3. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในไวน์

สารเคมีที่ใช้

1) สารละลายสำหรับสกัด กรดเมทาฟอสฟอริก-กรดแอซีติก (HPO_3 – CH_3 COOH solution) : เตรียมโดยชั่ง HPO_3 15 กรัม ผสมกับ CH_3COOH 40 มิลลิลิตร และน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 500 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดแก้วสีชาที่มีฝาแก้วปิดสนิทนำไปเก็บไว้ในที่มืด

2) สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน (Ascorbic acid standard solution) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร : ชั่งสารมาตรฐาน Ascorbic acid (reference standard) 50 มิลลิกรัม ละลายด้วย HPO_3 – CH_3 COOH solution แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร

3) สารละลายอินโดฟีนอล (Indophenols solution) : ชั่ง 2,6-dichloroindophenol Na salt 50 มิลลิกรัม ละลายด้วยน้ำ 50 มิลลิลิตร จากนั้นเติม $NaHCO_3$ 42 มิลลิกรัม เขย่าให้ผสมเข้ากันแล้วปรับปริมาตรสุดท้ายให้เป็น 200 มิลลิลิตร ด้วยน้ำ เก็บไว้ในที่มืดในตู้เย็น

การหาความเข้มข้นของสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน : นำสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม สารละลาย **HPO_3 – CH_3 COOH solution** 5 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปไทเทรตทันทีด้วยสารละลายอินโดฟีนอล เมื่อถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูคงที่ประมาณ 5 วินาที ทำแบงค์โดยนำสารละลาย **HPO_3 – CH_3 COOH solution** 7 มิลลิลิตรนำไปไทเทรตด้วยสารละลายอินโดฟีนอล คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายอินโดฟีนอลจากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของ สารละลายอินโดฟีนอล} = \frac{\text{2 mg ascorbic acid}}{\text{Titrate standard dye solution}}$$

กรมวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการทดสอบ

ใช้ตัวอย่างน้ำคั้นจากผลไม้ 10 มิลลิลิตร เติม สารละลาย HPO_3 – CH_3COOH solution ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตทันทีด้วยสารละลาย อินโดฟีนอล บันทึกปริมาตรที่ไทเทรตได้ (X) ทำ blank โดย ใช้สารละลาย HPO_3 – CH_3COOH solution ปริมาตร 20 มิลลิลิตร นำไปไทเทรตทันทีด้วยสารละลายอินโดฟีนอล บันทึกปริมาตรที่ไทเทรตได้ (B)

การคำนวณและการรายงานผล

คำนวณหาปริมาณวิตามินซี จากสูตร

$$\% \text{ Vit C (mg/100mL)} = \frac{(X-B) \times \text{ความเข้มข้นของสารละลายอินโดฟีนอล} \times 100}{10 \text{ mL ของตัวอย่าง}}$$

X = ปริมาตรเฉลี่ยของ test solution titration

B = ปริมาตรเฉลี่ยของ test blank titration

กรมวิชาการเกษตร

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบปริมาณแอลกอฮอล์ที่ *S. cerevisiae* Y21 ผลิตจากสูตรถังหมักที่มีอัตราส่วนของน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์และน้ำที่แตกต่างกันที่เวลาต่างกัน

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตและการผลิตแอลกอฮอล์ของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* Y21 ในน้ำคั้นผลเทียมมะม่วงหิมพานต์สูตรต่างๆ โดยติดตามค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณแอลกอฮอล์ ทุก 4 วัน

การทดลอง	การเจริญของยีสต์ OD_{600}	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	แอลกอฮอล์ (%V/V) at 20C	วิตามินซี (mg/100 mL)
C:W = 1:3, blank	0.05 ± 0.00	20.5 ± 0.1	4.49 ± 0.02	0.00 ± 0.00	40.93 ± 0.64
C:W = 1:3, 0 วัน	1.90 ± 0.03	19.6 ± 0.0	4.49 ± 0.00	0.00 ± 0.00	38.48 ± 0.50
C:W = 1:3, 4 วัน	1.90 ± 0.03	16.5 ± 0.2	3.03 ± 0.02	2.92 ± 0.13 e	-
C:W = 1:3, 8 วัน	1.98 ± 0.10	13.3 ± 0.4	3.11 ± 0.04	5.87 ± 0.36 c	-
C:W = 1:3, 12 วัน	2.05 ± 0.06	11.8 ± 0.1	3.04 ± 0.04	7.09 ± 0.22 b	-
C:W = 1:3, 16 วัน	2.07 ± 0.06	10.5 ± 1.4	3.15 ± 0.09	7.97 ± 0.72 a	-
C:W = 1:3, 20 วัน	1.94 ± 0.10	10.8 ± 1.6	3.12 ± 0.03	7.98 ± 0.88 a	37.45 ± 2.92
C:W = 1:4, blank	0.00 ± 0.00	20.6 ± 0.0	4.57 ± 0.00	0.00 ± 0.00	31.05 ± 0.54
C:W = 1:4, 0 วัน	0.05 ± 0.00	20.3 ± 0.2	4.46 ± 0.03	0.00 ± 0.00	28.44 ± 3.68
C:W = 1:4, 4 วัน	1.73 ± 0.08	15.9 ± 0.7	2.82 ± 0.03	4.14 ± 0.47 d	-
C:W = 1:4, 8 วัน	1.63 ± 0.06	13.7 ± 0.7	2.92 ± 0.04	5.87 ± 0.73 c	-
C:W = 1:4, 12 วัน	1.89 ± 0.07	12.2 ± 0.5	3.03 ± 0.05	7.40 ± 0.49 ab	-
C:W = 1:4, 16 วัน	1.93 ± 0.08	11.2 ± 1.5	3.07 ± 0.06	8.04 ± 0.40 a	-
C:W = 1:4, 20 วัน	1.87 ± 0.04	11.3 ± 0.5	3.02 ± 0.04	8.00 ± 0.50 a	29.05 ± 0.46
C:W = 1:5, blank	0.00 ± 0.00	20.4 ± 0.3	4.56 ± 0.02	0.00 ± 0.00	20.68 ± 0.44
C:W = 1:5, 0 วัน	0.05 ± 0.00	19.9 ± 0.3	4.46 ± 0.01	0.00 ± 0.00	19.84 ± 0.36
C:W = 1:5, 4 วัน	1.70 ± 0.08	17.0 ± 1.0	2.89 ± 0.05	3.28 ± 0.65 e	-
C:W = 1:5, 8 วัน	1.73 ± 0.05	15.8 ± 0.4	2.93 ± 0.03	4.23 ± 0.44 d	-
C:W = 1:5, 12 วัน	1.70 ± 0.02	13.8 ± 0.3	2.81 ± 0.06	5.56 ± 0.82 c	-
C:W = 1:5, 16 วัน	1.78 ± 0.05	11.9 ± 1.3	2.84 ± 0.03	7.83 ± 0.73 ab	-
C:W = 1:5, 20 วัน	1.71 ± 0.17	11.4 ± 1.4	2.91 ± 0.04	7.32 ± 0.73 a, b	21.02 ± 0.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร

2. การเปรียบเทียบข้อมูลการผลิตกรดอะซิติกของ *Acetobacter tropicalis* A12 ในสูตรถังหมักที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ตั้งต้นแตกต่างกันที่เวลาต่างกัน

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตและการผลิตกรดน้ำส้มสายชูของ *Acetobacter tropicalis* A12 ในน้ำคั้นหมักผลเทียมมะม่วงหิมพานต์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์เข้มข้นต่างกันคือ 5, 6 และ 7% โดยติดตามค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (OD_{600}) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความหวาน ปริมาณกรดอะซิติก ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร) และปริมาณแอลกอฮอล์ ทุก 15 วัน

days	CODE	การเจริญของ A12 OD_{600}	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (°Brix)	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณกรดอะซิติก (%)	แอลกอฮอล์ (%V/V) at 20C	วิตามินซี (mg/100mL)
blank	T1-5%-BLANK	0.00 ± 0.00	11.8 ± 0.2	7.06 ± 0.17	0.01 ± 0.01	4.68 ± 0.12	3.83 ± 0.53
0	T1-5%-0 วัน	0.01 ± 0.00	11.6 ± 0.0	5.87 ± 0.08	0.03 ± 0.01	4.54 ± 0.06	4.10 ± 0.23
15	T1-5%-15 วัน	1.42 ± 0.06	9.0 ± 0.1	3.54 ± 0.15	1.74 ± 0.56	3.33 ± 0.45	3.56 ± 0.19
30	T1-5%-30 วัน	1.49 ± 0.10	9.7 ± 0.5	3.01 ± 0.03	4.53 ± 0.18 b	0.07 ± 0.00	2.23 ± 0.54
45	T1-5%-45 วัน	1.51 ± 0.17	10.0 ± 0.6	3.04 ± 0.02	4.50 ± 0.42 b	0.07 ± 0.05	1.02 ± 0.28
60	T1-5%-60 วัน	1.61 ± 0.12	10.4 ± 0.6	3.02 ± 0.04	4.11 ± 0.31 bc	0.06 ± 0.03	0.86 ± 0.05
blank	T1-6%-BLANK	0.00 ± 0.00	11.9 ± 0.1	7.35 ± 0.02	0.01 ± 0.00	5.66 ± 0.08	5.56 ± 0.33
0	T1-6%-0 วัน	0.01 ± 0.00	11.4± 0.0	6.16 ± 0.02	0.03 ± 0.00	5.46 ± 0.09	5.95 ± 0.54
15	T1-6%-15 วัน	1.01 ± 0.06	8.4 ± 0.2	4.05 ± 0.07	0.74 ± 0.11	5.43 ± 0.15	4.62 ± 0.13
30	T1-6%-30 วัน	1.34 ± 0.07	8.7 ± 0.5	3.15 ± 0.07	1.94 ± 0.31	3.23 ± 0.20	4.94 ± 1.09
45	T1-6%-45 วัน	1.51 ± 0.07	8.4 ± 0.2	3.18 ± 0.02	3.84 ± 0.12 c	0.62 ± 0.20	1.89 ± 0.57
60	T1-6%-60 วัน	1.36 ± 0.07	9.8 ± 0.2	3.19 ± 0.04	4.42 ± 0.41 bc	0.11 ± 0.09	1.28 ± 0.10
blank	T1-7%-BLANK	0.00 ± 0.00	11.8 ± 0.0	7.51 ± 0.02	0.00 ± 0.00	6.71 ± 0.00	6.78 ± 0.37
0	T1-7%-0 วัน	0.02 ± 0.00	11.2 ± 0.0	6.4 ± 0.02	0.02 ± 0.00	6.41 ± 0.04	6.27 ± 0.42
15	T1-7%-15 วัน	1.00 ± 0.04	8.6 ± 0.4	4.27 ± 0.04	0.53 ± 0.05	5.78 ± 0.14	5.53 ± 0.32
30	T1-7%-30 วัน	1.50 ± 0.13	9.0 ± 0.5	3.35 ± 0.06	1.50 ± 0.13	1.62 ± 0.464	5.52 ± 0.98
45	T1-7%-45 วัน	1.67 ± 0.19	8.4 ± 0.6	3.21 ± 0.06	5.03 ± 0.68 a	0.24 ± 0.42	2.64 ± 1.28
60	T1-7%-60 วัน	1.42 ± 0.19	9.3 ± 0.5	3.29 ± 0.04	4.48 ± 0.24 b	0.19 ± 0.18	1.51 ± 0.27

กรมวิชาการเกษตร

รูปที่ 2 ผลิตภัณฑ์น้ำส้มสายชูหมักจากผลเทียมมะม่วงหิมพานต์

กรมวิชาการเกษตร