

INVITE PAPER

*การนำเสนอผลงานวิชาการภาคบรรยาย (บทความพิเศษ)
หัวข้อ “SMART AGRICULTURE AND FOOD MANAGEMENT
FOR SUSTAINABILITY”*

*ณ อาคาร CP ALL ACADEMY (อาคาร 16 ชั้น)
สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ชั้น 6 ห้อง 4-0606*

นวัตกรรมในอนาคตเพื่อการผลิตอาหารและสัตว์

FUTURE INNOVATION IN FOOD AND ANIMAL PRODUCTION

สัญญาชัย จตุรสิทธา^{1*} นภัสสร มณฑา² และพัทธาวินท์ เล็งคิตวรภักดิ์³
Sanchai Jaturasitha^{1*}, Napatsorn Montha² and Phatthawin Lengkidworrapphat³

^{1,2,3}ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

¹Department of Animal and Aquatic Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

Corresponding author, E-mail: ja.sanchai@gmail.com

บทคัดย่อ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ด้วยมีความเหมาะสมทั้งสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศรวมถึงภูมิปัญญาด้านเกษตรกรรม จึงได้รับการส่งเสริมด้านการเกษตรจากรัฐบาลอย่างต่อเนื่อง จนถึงยุคปัจจุบันที่มีนโยบายประเทศไทย 4.0 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางด้านเศรษฐกิจ สำหรับทางด้านการเกษตรและอาหาร มีการยกระดับเพื่อการผลิตที่มีศักยภาพ ลดการใช้แรงงานและยกระดับเศรษฐกิจไทย โดยการนำนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นมาตรฐานสากล โดยแนวทางการผลิตอุตสาหกรรมอาหารและผลผลิตทางปศุสัตว์เน้นให้เกิดการผลิตที่ยั่งยืนเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงของประชากรโลกในอนาคต ดังนั้นประเทศไทยจึงคาดหวังจากนโยบายประเทศไทย 4.0 ที่จะเป็นแนวทางในการยกระดับประเทศไทยให้ก้าวเข้าสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว เพิ่มผลผลิต และรายได้ให้แก่ประชากรในประเทศอย่าง มั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน

คำสำคัญ: ประเทศไทย 4.0 อุตสาหกรรมอาหาร การปศุสัตว์ การพัฒนาอย่างยั่งยืน

ABSTRACT

Thailand is suitable to be agricultural land because of landscape, climate and indigenous knowledge. Therefore, Thai government policies support to agriculture activity continuously until in the present. Nowadays we promote Thailand 4.0 policy which would like to change a structure of economic for agriculture and food. This policy aims to increase levels of production efficiency, decrease labors and improve economic of Thailand. It suggests using new innovation and technology to help and lead to equal international standard. This process for produce food industry and livestock emphasize to occurring sustainable manufacturing and do not have a negative affect with the environment and support with world population in the future. Therefore, Thailand 4.0 is the way to improve Thailand into developed country and the population in country will increase product and income wealthy, securely and sustainably.

Keywords: Thailand 4.0, Food industry, Livestock, Sustainable development

บทนำ

ประเทศไทยมีภูมิประเทศตั้งอยู่ในเขตร้อนภาคพื้นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีสภาพภูมิประเทศ ทรัพยากร สิ่งแวดล้อม และภูมิอากาศที่เอื้ออำนวยต่อการทำการเกษตร ดังนั้นอาชีพเกษตรกรจึงเป็นอาชีพที่อยู่คู่กับคนไทยมาช้านาน สำหรับคำว่าเกษตรกรหมายถึง ผู้ที่มีอาชีพเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืช ทำป่านไม้ เลี้ยงสัตว์ และกิจกรรมที่เกี่ยวกับด้านเกษตรกรรม ซึ่งรัฐบาลมีนโยบายในการส่งเสริมการเกษตรให้อยู่คู่กับคนไทยมาโดยตลอด ประเทศไทยจึงมีการพัฒนาระบบการเกษตรอย่างต่อเนื่อง โดยในระยะแรกนโยบายของประเทศมีการใช้โมเดลประเทศไทย 1.0 ที่เน้นการขับเคลื่อนประเทศด้วยเกษตรกรรม เนื่องจากประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านทรัพยากรธรรมชาติและความหลากหลายทางชีวภาพ และตามด้วยนโยบายไทยแลนด์ 2.0 และ 3.0 ที่เน้นด้านอุตสาหกรรมเป็นหลักและประสบปัญหาในด้านของความไม่สมดุลของการพัฒนาและความเหลื่อมล้ำของรายได้ เพื่อที่จะให้ก้าวผ่านปัญหานี้ปัจจุบันประเทศไทยได้เข้าสู่ช่วงนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย “ไทยแลนด์ 4.0” ซึ่งประกอบด้วย 2 แนวคิด คือ 1. Strength from within คือ การสร้างความเข้มแข็งจากภายใน และ 2. Connect to the world คือ เชื่อมโยงเศรษฐกิจภายในกับเศรษฐกิจโลก ซึ่งในการพัฒนาระบบไทยแลนด์ 4.0 หนึ่งในนั้นคือ การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางการเกษตร (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559: 4) เน้นการเปลี่ยนวิธีการทำจากการเกษตรแบบดั้งเดิมในปัจจุบันไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ (Smart Farming) (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559: 2) ที่เน้นการบริหารจัดการและเทคโนโลยี เปลี่ยนจาก Traditional Services ซึ่งมีการสร้างมูลค่าค่อนข้างต่ำ ไปสู่ High Value Services และเปลี่ยนจากแรงงานทักษะต่ำไปสู่แรงงานที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และทักษะสูง (Notarnicola et al., 2017: 399-409) ซึ่งแตกต่างจากในอดีตที่ทำการเกษตรได้ผลผลิตค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิต และมีการใช้แรงงานจากคนเป็นส่วนใหญ่ ทำให้ใช้ระยะเวลาในการผลิตมาก และไม่เป็นมาตรฐานเมื่อเทียบกับการใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัยตามแบบประเทศที่พัฒนาแล้วเพื่อยกระดับการเกษตรของประเทศ ประเทศไทยเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายเชิงวิสัยทัศน์ในการพยายามที่จะทำให้เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งนโยบายเชิงวิสัยทัศน์มีการปรับปรุงหลายด้านโดยเฉพาะด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารที่เราพยายามจะมีการใช้เครื่องมือที่ทันสมัยเน้นการนำเทคโนโลยีมาใช้จัดการระบบการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหารโดยใช้ระบบเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ อินเทอร์เน็ต หรือหุ่นยนต์ เป็นส่วนใหญ่ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559: 15) เพื่อลดปริมาณการใช้แรงงาน และลดต้นทุนการผลิต และเพื่อลดผลกระทบของการเกษตรที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ดำเนินกิจกรรมทางการเกษตรในรูปแบบของการเกษตรที่ยั่งยืนมีการนำวัตถุดิบทางการเกษตรมาใช้หมุนเวียนอย่างคุ้มค่า และไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การเกษตรยังสามารถควบคุมการผลิตปริมาณมากโดยใช้แรงงานคนทีน้อยลง ผู้ควบคุมไม่ต้องอยู่ในสถานที่ทำงาน แต่ก็สามารถควบคุมดูแลงานได้ผ่านระบบเครือข่ายแบบไร้สายและมีมาตรฐานการผลิตที่เป็นสากลและเป็นที่ยอมรับมากขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นวิวัฒนาการของระบบอุตสาหกรรมเกษตรและอาหารของประเทศไทยค่อยๆ มีการพัฒนาขึ้นตามเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าสำหรับผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยมีการจัดการที่มีประสิทธิภาพและมาตรฐานที่ดีขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ก้าวเข้าสู่ยุค 4.0

ความยั่งยืนทางการเกษตรและอาหาร

ประเทศไทยตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องเริ่มจากโมเดลประเทศไทย 1.0 ที่เน้นภาคการเกษตร ไปสู่ประเทศไทย 2.0 ที่เน้นอุตสาหกรรมเบา และก้าวสู่ประเทศไทย 3.0 ที่เน้น

อุตสาหกรรมหนัก และการส่งออก ปัจจุบันรัฐบาลไทยมุ่งมั่นพัฒนาเศรษฐกิจและนำประชาชนเข้าสู่ประเทศไทย 4.0 โดยเน้นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม (Value-based Economy) เพื่อให้ประเทศไทยสามารถพึ่งพาตัวเองได้และก้าวเข้าสู่ประเทศที่พัฒนาแล้ว (สุวิทย์ เมษินทรีย์, 2559: 8) คำว่า “นวัตกรรม” หมายถึง การทำสิ่งต่างๆ ด้วยวิธีการใหม่ๆ ซึ่งอาจหมายถึงการเปลี่ยนแปลงทางความคิด การผลิต กระบวนการ ไม่ว่าจะการเปลี่ยนนั้น จะเกิดขึ้นจากการพัฒนาต่อยอด การเปลี่ยนแปลงการประยุกต์หรือกระบวนการ การที่สิ่งใดสิ่งหนึ่งจะเป็นนวัตกรรมได้นั้น จะต้องมีความใหม่อย่างเห็นได้ชัด ต้องเพิ่มมูลค่าสิ่งต่างๆ ได้ด้วย โดยการเปลี่ยนปลี่ยนนั้นต้องเป็นเชิงบวก (เศรษฐชัย ชัยสินิท, 2553: 1) ประเทศไทย 4.0 ใช้ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา มาประยุกต์ใช้กับความได้เปรียบทางด้านความหลากหลายเชิงชีวภาพและความหลากหลายเชิงวัฒนธรรม เพื่อให้เกิดการพัฒนาตามเป้าหมายขึ้น โดยทางด้านการเกษตรและอาหาร เป็นหนึ่งในกลุ่มที่รัฐบาลต้องการขับเคลื่อนด้วย โดยภาพรวมแล้วการสร้างนวัตกรรมทางด้านเกษตรและอาหารนั้น ต้องมีการจัดการอย่างยั่งยืน (Notarnicola et al., 2017: 399-409) คำนี้ถึงด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ซึ่งทางด้านการเกษตร เช่น ปศุสัตว์ จัดเป็นหนึ่งในผู้ผลิตของโซ่อาหาร หากไม่มีการจัดการอย่างยั่งยืน ย่อมสร้างความเสื่อมโทรมให้กับทรัพยากรธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพอย่างต่อเนื่อง (McMichael et al., 2007: 1253) ความยั่งยืนทางด้านปศุสัตว์นั้น Scollan et al. (2011: 1) รายงานว่า การสร้างความสมดุลของความต้องการในการผลิตสินค้าปศุสัตว์ที่เพิ่มขึ้นควบคู่กับการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคให้มากที่สุด ในแง่ของคุณภาพสินค้า ซึ่งในความเป็นจริงแล้วต้องมีการวิจัยยุทธศาสตร์โดย FAO (2015: 1) ได้พัฒนาวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับปศุสัตว์และสิ่งแวดล้อมขึ้น ได้นำความร่วมมือของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย มาดำเนินงาน เพื่อปรับปรุงภาพลักษณ์ของระบบการผลิตสัตว์ ที่เรียกว่า The Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership ส่วนความยั่งยืนทางด้านอาหารนั้น Smith (2013: 19) รายงานว่า การผลิตสินค้า (อาหารและสินค้าเกษตร) ที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยทรัพยากรนั้นต้องป้องกันการถูกทำลายของแหล่งธรรมชาติและระบบนิเวศควบคู่ไปด้วย อีกทั้ง ต้องสนับสนุนสุขภาพและคุณภาพชีวิตของมนุษย์ทั้งในปัจจุบันและอนาคตได้ กล่าวโดยรวมแล้ว การพัฒนาประเทศไทยให้เข้าสู่ยุคนวัตกรรมนั้น นอกจากการใช้เทคโนโลยี ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์แล้ว ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบในด้านต่างๆ โดยเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านการเกษตรและอาหารแบบดั้งเดิมไปสู่รูปแบบใหม่ที่มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน

อุตสาหกรรมอาหารยุค 4.0

ปัจจุบันมีการคาดการณ์ว่า การเพิ่มขึ้นของประชากรโลกจาก 7.3 พันล้านคนเป็น 9.7 พันล้านคนในปี พ.ศ. 2593 และจะเพิ่มขึ้นไปอีกเป็น 11.2 พันล้านคนในปี พ.ศ. 2643 (UN DESA, 2015: 1) ซึ่งส่งผลต่อการจัดสรรทรัพยากร โดยเฉพาะทางด้านอาหารต้องมีเพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้น โดยสินค้าอาหารที่ผลิตขึ้นจำเป็นต้องมีคุณภาพและมีความหลากหลายเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้ ในอดีตการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารในแต่ละการปฏิวัติอุตสาหกรรมในไทย ตั้งแต่โมเดลประเทศไทย 1.0 ซึ่งเน้นการใช้แรงงานคน เครื่องมือเพื่อเพาะปลูก และการเลี้ยงสัตว์ ต่อมาประเทศไทย 2.0 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องจักรในการแปรรูปอาหารและผลิตสินค้าจำนวนมาก ต่อมาประเทศไทย 3.0 ทางด้านบรรจุภัณฑ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติ (นริศร์ธร ตูลาผล, 2559: 1) ที่ผ่านมามีการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทยมุ่งเน้นการสร้างการเติบโตเป็นหลัก ซึ่งต้องอาศัยการใช้ทรัพยากรธรรมชาติตลอดจนแรงงานจำนวนมาก และ

ขาดการพัฒนาในมิติอื่น ๆ ที่จะเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันในอนาคตต่อไป อีกทั้งยังมีข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิต แรงงานในระบบทำงานไม่คุ้มกับการเพิ่มขึ้นของค่าจ้าง จึงทำให้อุตสาหกรรมอาหารไทยมีการขยายตัวในระดับต่ำ ในโมเดลประเทศไทย 4.0 นี้ การพัฒนาทางด้านอาหารโดยอาศัยจุดแข็งของอุตสาหกรรมที่มีความได้เปรียบทางด้านธรรมชาติและมิติของแรงงานที่ในประเทศมีอยู่เดิม เพื่อต่อยอดด้วยการบริหารจัดการองค์ความรู้ นวัตกรรม และเทคโนโลยีสมัยใหม่ ซึ่งจะเป็นการบูรณาการโลกของการผลิตเข้ากับการเชื่อมต่อทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งจะเหมือนกับ ‘Internet of Things (IoT)’ ของสหรัฐอเมริกา โดยทุกหน่วยของระบบการผลิต ตั้งแต่วัตถุดิบ เครื่องจักร เครื่องมืออุปกรณ์ ระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์หน่วยต่างๆ เหล่านี้จะถูกติดตั้งระบบเครือข่ายเพื่อให้สามารถสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันอย่างอิสระ เพื่อการจัดการกระบวนการผลิตทั้งหมด (Modern manufacturing, 2015: 1) เพื่อที่จะสามารถยกระดับอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานคนไปสู่การผลิตกึ่งอัตโนมัติ และเป็นการผลิตแบบอัตโนมัติอย่างเต็มรูปแบบ เช่น ในสายการผลิตที่ต้องคำนึงถึงความสะอาด ปลอดภัย และไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากการสัมผัสโดยตรงกับอาหาร การใช้ระบบอัตโนมัติหรือหุ่นยนต์เข้ามาทำงาน จะสามารถช่วยลดปัญหาต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการผลิตและย่นระยะเวลาในการผลิตลงได้ (นริศร์ธร ตูลาผล, 2559: 1) ซึ่งจะสามารถขับเคลื่อนอุตสาหกรรมอาหารไทยให้มีขีดความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้น

สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกในอีกหลายปีข้างหน้า สำหรับประเทศไทยนั้นจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์ในปี พ.ศ. 2565 ประกอบกับอัตราการเพิ่มของประชาชนลดน้อยลงทำให้ขาดแคลนจำนวนแรงงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (ปัทมา และปราโมทย์, 2557: 6) ดังนั้น แรงงานในอนาคตจึงจะต้องเป็นแรงงานอัจฉริยะ เนื่องจากต้องทำงานกับระบบการผลิตที่มีเทคโนโลยีล้ำสมัยในอนาคต ตัวอย่างการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้กับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น อภินิหาร ผิวพรรณ (2559: 1) ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี 3D printing ทางด้านอาหารโดยการนำเครื่องพิมพ์มาดัดแปลงและสั่งการให้ทำการพิมพ์ลวดลายผ่านทางสมาร์ตโฟน ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ในขนมไทยหลายชนิด เช่น แป้งจี๋ บ้าปิ่น และฝอยทอง และกำลังพัฒนาต่อยอดทำอาหารโปรตีนเหลวสำหรับผู้สูงอายุ โดยการพิมพ์ตัวอักษร 1 ชั้นงานจะใช้เวลาประมาณ 1 นาที เลือกทำความหนาได้ 20-40 มิลลิเมตร นวัตกรรมนี้สามารถลดเวลาในการผลิตให้สั้นลงและมีความสม่ำเสมอของคุณภาพมากขึ้น Mark Oleynik (2015: 1) ผู้ริเริ่มการใช้ Machine Learning กับธุรกิจทางด้านอาหารในอนาคตของครัวตัวอย่างของบริษัท Moley Robotics ซึ่งเป็นบริษัทผลิตหุ่นยนต์ทำอาหารที่กำลังจะมีแผนเปิดตัวหุ่นยนต์ทำงานตัวแรกของโลกในปี 2560 ในขณะนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนการพัฒนาและวิจัย โดยหุ่นยนต์มีลักษณะเป็นแขน 2 ข้างสามารถทำงานร่วมกันโดยใช้ข้อมูลที่ใช้งานป้อนเข้าไปในระบบ ซึ่งสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคผ่านทางหน้าจอประมวลผลที่แสดงให้เห็นถึงรูปร่างหน้าตาของอาหารแบบ 3D โภชนาการที่จะได้รับ รวมถึงวิธีการทำ เป็นต้น โดยพื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์มีความสะอาดและปลอดภัย มีแผ่นกระจกใสกั้นพื้นที่การปรุงอาหารออกจากผู้ใช้งาน ซึ่งนวัตกรรมนี้สามารถสร้างความมั่นใจและความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคในอนาคตอันใกล้ได้ นอกจากนี้ยังมีนวัตกรรมการสร้างจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) ซึ่งใช้ทดแทนข้อจำกัดในการรับรู้กลิ่นของมนุษย์ขึ้นมา เนื่องจากประสิทธิภาพของการได้รับกลิ่นนั้นขึ้นอยู่กับสุขภาพของจมูกแต่ละคนและไม่สามารถใช้ในการดมกลิ่นสารพิษต่างๆ ได้ จุดเด่นของการใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีวิธีอื่นคือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ง่าย ประมวลผลอย่างรวดเร็ว และบอกข้อมูลเชิงคุณภาพของกลิ่นที่สนใจได้ถูกต้องโดยมีหลักการการทำงานคือ เซนเซอร์ของจมูกอิเล็กทรอนิกส์จะเกิดปฏิกิริยากับกลิ่นที่ผ่านเข้ามา

เซนเซอร์แต่ละชนิดจะตอบสนองต่อกลิ่นหรือก๊าซชนิดเดียวกันแตกต่างกัน และส่งสัญญาณไฟฟ้าออกไปเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลสัญญาณไฟฟ้าต่าง ๆ ที่อยู่ในหน่วยความจำ ณ เวลานั้นว่า มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันเพียงใด จึงสามารถทำการแยกกลิ่นที่สนใจได้ โดยสามารถใช้ในการตรวจสอบการเสื่อมสภาพ การปนเปื้อนหรือความเสียหายที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตของอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารได้ (บุญรักษ์ กาญจนวรวณิษฐ์, 2552: 1) สำหรับนวัตกรรมทางด้านบรรจุภัณฑ์ เช่น บรรจุภัณฑ์จากวัสดุนาโนคอมโพสิตโดยผสมนาโนเคลย์ช่วยคงความสด และคุณค่าทางโภชนาการไว้ได้ตลอดเส้นทางการขนส่งและมีอายุอยู่บนชั้นวางได้นานที่สุด โดยผสมนาโนเคลย์ที่มีโครงสร้างเป็นแผ่นชิ้นเล็กๆ ขนาดไม่กี่นาโนเมตรเข้ากับเนื้อพลาสติกในสัดส่วนที่เหมาะสม และใช้เทคโนโลยีการผลิตบังคับให้อนุภาคนาโนเคลย์มีการจัดเรียงตัวเป็นชั้นกำแพงทำให้บรรจุภัณฑ์มีสมบัติในการกีดขวางการแพร่ผ่านของก๊าซ ความชื้น และความร้อนได้โดยที่หีบห่อชั้นนี้ยังคงรักษาสมบัติความแข็งแรง และความโปร่งแสงเอาไว้ได้ ได้นำมาประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มโซดา พบว่า เครื่องดื่มโซดามีอายุการเก็บรักษาได้นานกว่าการบรรจุในพลาสติกแบบเดิมถึง 3 เท่า (เจษฎา แม่นยำ, 2558: 1) ซึ่งเป็นการลดปริมาณขยะและลดค่าใช้จ่าย Maddie Stone (2559: 1) รายงานว่า นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการผลิตเนื้อวัวเทียมจากการเพาะเลี้ยงสเต็มเซลล์ของวัวในห้องปฏิบัติการที่กรุงลอนดอน ซึ่งนำไปสู่แนวความคิดในการเพาะเนื้อเทียมไก่ ปลา ในอนาคตนี้ งานวิจัยไม่เพียงช่วยลดการฆ่าสัตว์เพื่อนำมาเป็นอาหารหรือการเตรียมพร้อมเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนอาหารในอนาคตที่อาจเกิดขึ้นได้นั้น แต่ยังเป็นการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอุตสาหกรรมปศุสัตว์ ซึ่งปัจจุบันมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 18% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ธีรภาพ ประณี (2560: 52-53) รายงานว่า การใช้เทคโนโลยีอัลตราโซนิกในการซีลปิดผนึกฟิล์ม สามารถเพิ่มความมั่นใจในสินค้าที่มีคุณภาพของรอยซีล มีความแข็งแรง และมีความรวดเร็วในการซีลได้เป็นอย่างดี โดยพบว่า การซีลด้วยอัลตราโซนิกไม่ได้ใช้ความร้อนแต่เป็นการใช้พลังงานเป็นตัวกระตุ้นโมเลกุลภายในให้เกิดการหลอมหลวมกัน จึงทำให้รอยซีลมีความสวยงามและแข็งแรง อีกทั้งยังสามารถซีลได้แม้มีสิ่งแปลกปลอมในรอยซีล วิธีนี้ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รวมถึงใช้เวลาในการซีลสั้น แต่ระบบยังค่อนข้างแพงและไม่ครอบคลุมสำหรับทุกประเภท เทคโนโลยีเอ็กซ์เรย์เพื่อตรวจจับสิ่งปลอมปนในขวดแก้ว เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมหนึ่งของบริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด (2560: 46-48) ที่สามารถตอบโจทย์ที่เป็นข้อจำกัดของเครื่องตรวจจับโลหะ เช่น สินค้าที่บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ การตรวจจับเศษแก้วในภาชนะบรรจุที่เป็นขวดแก้ว สินค้าประเภทกระป๋องโลหะ เป็นต้น ซึ่งระบบถูกออกแบบให้เป็น Completed system อย่างแท้จริง ทำให้ง่ายในการลำเลียงขวดแก้วเข้าออกจากเครื่อง มีระบบควบคุมการทำงานและการจัดการข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถสอบย้อนกลับได้อย่างรวดเร็วและเป็นระบบ ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์ (2560: 1) ทำการศึกษาแทนฉายรังสี ซึ่งใช้รังสีแกมมาทำลายเชื้อก่อโรคท้องร่วงซาลโมเนลลาในแฮม พายิ และเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในอาหาร คุณภาพทางประสาทสัมผัสของแทนฉายรังสีที่ผลิตขึ้นได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อีกทั้งยังสามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นาน 10 วัน สร้างความปลอดภัยและความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภค เนื่องจากรังสีแกมมามีความสามารถในการทำลายเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อมทางตรงมีผลต่อ DNA หรืออาจเป็นสาเหตุของการเสียสภาพของโปรตีน การตายของเซลล์หรือการกลายพันธุ์สำหรับทางอ้อมรังสีแกมมาทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นมาทำลายเซลล์ (Nathawat et al., 2013: 725) สำหรับบริษัท Coco Nuts Ltd. (2559: 1) ได้ทำการผลิตน้ำมันพว้าวด้วยเทคโนโลยีการถนอมอาหารด้วยความดันสูง High Pressure Processing (HPP) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อน สามารถช่วยรักษาและคงคุณค่าทาง

โภชนาการ เช่น แร่ธาตุ วิตามิน สารอิเล็กโทรไลต์ของน้ำมะพร้าวตามธรรมชาติให้คงอยู่ อีกทั้งยังคงรสชาติและความสดใหม่ของน้ำมะพร้าวได้นานขึ้น โดยไม่มีสารกันเสียและสารเติมแต่งอื่น ๆ เนื่องจากการใช้ความดันสูงมีผลต่อโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา โครงสร้างและคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย ทำให้ความสามารถในการซึมผ่าน การแลกเปลี่ยนไอออนของเซลล์ การเผาผลาญและกลไกของการแบ่งเซลล์เปลี่ยนแปลงไป (Delgado-Adamez *et al.*, 2013: 433)

นวัตกรรมปฏิวัติด้านปศุสัตว์

1. ด้านการจัดการ

ในด้านการจัดการด้านปศุสัตว์เป็นการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของตัวสัตว์ คือ ระบบต่างๆ ภายในโรงเรือนซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาระบบการให้อาหารโดยใช้คนมาเป็นระบบการให้อาหารอัตโนมัติโดยใช้เครื่องผสมและให้อาหารซึ่งจะมีการคำนวณวัตถุดิบอาหารให้ได้ตามความต้องการของสัตว์ในสัดส่วนที่เหมาะสมและมั่นใจได้ว่าสัตว์จะได้รับคุณค่าทางอาหารที่ครบถ้วนซึ่งการใช้นวัตกรรมนี้สามารถลดค่าใช้จ่ายการจ้างแรงงานทำให้เกษตรกรสามารถดูแลฟาร์มขนาดใหญ่ได้และทำให้ได้อาหารที่มีความเสถียรของคุณค่าทางอาหาร (Seager, 2014)

การใช้ระบบอินเทอร์เน็ตในการจัดการควบคุมฟาร์ม (Wolfert *et al.*, 2017: 70) เช่น Mobile apps (Vet Africa) การควบคุมการตรวจสอบสุขภาพสัตว์ผ่านระบบแอปพลิเคชันของโทรศัพท์มือถือ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการตรวจสอบสุขภาพสัตว์ในฟาร์มและมีการวินิจฉัยที่แม่นยำเกี่ยวกับอาการป่วยของสัตว์และสามารถแนะนำยาที่เหมาะสมต่อการรักษาโรคของสัตว์ได้ แอปพลิเคชันนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศอเมริกา และประเทศอื่นๆ ก็มีการใช้ระบบเช่นเดียวกันแต่อาจจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป (Challen, 2014) เช่นเดียวกันกับประเทศอเมริกาที่ประดิษฐ์ MooMonitor ที่สามารถตรวจจับความร้อนอุณหภูมิร่างกายของโคเพื่อตรวจสอบอาการเจ็บป่วยและเพื่อให้ได้รับการรักษาได้ทันจะมีการแจ้งเตือนอาการสุขภาพของโคโดยแอปพลิเคชันโทรศัพท์ (Kansas State University, 2014)

การทำปศุสัตว์ มักประสบปัญหาจากการแพร่ระบาดของโรค เช่น โรควัวบ้า (Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE) โรคปากและเท้าเปื่อย (Foot and Mouth Disease: FMD) และโรคสแครปี (Scrapie) ในแพะและแกะ ซึ่งผู้ประกอบการจะทราบว่าสัตว์ของตนป่วยก็ต่อเมื่อสัตว์ได้รับเชื้อและแสดงอาการแล้ว ดังนั้นนักวิจัยจึงสนใจจะพัฒนานาโนเซนเซอร์ (Nano sensor) (Cuffari, 2017) ที่สามารถนำมาแก้ปัญหการแพร่ระบาดของเชื้อโรคในสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะนาโนเซนเซอร์มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับไวรัส และสามารถตรวจจับเชื้อโรคที่มีปริมาณเพียงเล็กน้อยได้ ทำให้เกษตรกรทราบว่าได้เร็วขึ้นว่ามีการติดเชื้อในสัตว์ ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยเชื้อไวรัสดังกล่าว สามารถกระทำได้โดยการใช้เทคนิคพีซีอาร์ (PCR) ซึ่งในอนาคตอาจจะมีการใช้เทคนิคนาโนเซนเซอร์ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีเดิม (ฉันทพันธ์ุ ศุภกา, 2554: 1)

สถาบันความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, AIST) สร้างฟองนาโน (Nano-bubbles) ซึ่งใช้ในการฆ่าเชื้อก่อโรคในน้ำได้โดยการกักก๊าซไอโซนไว้ฟองที่มีความคงตัวสูงแตกตัวได้ยากในน้ำและใช้ก๊าซไอโซนทำลายเชื้อก่อโรค หรือสามารถใช้ฟองนาโนกักก๊าซออกซิเจนไว้ให้สัตว์น้ำใช้ประโยชน์ก็ได้ ซึ่งมีการนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์น้ำเศรษฐกิจ เช่น ปลา หอย และกุ้ง

นอกจากการวินิจฉัยโรคในสัตว์ฟาร์มแล้วการตรวจความสะอาดของฟาร์มเพื่อให้มีสุขลักษณะตามแบบฟาร์มมาตรฐานทั่วไปก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในด้านการจัดการเลี้ยงสัตว์เช่นกัน มีการนำเทคโนโลยีของจุกอเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเทคโนโลยีฝุ่นอัจฉริยะ (Smart Dust) ใช้ตรวจสอบเชื้อโรคสิ่งแปลกปลอมในฟาร์มปศุสัตว์หรือโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น (ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ, 2555: 6)

ในปี 2014 มหาวิทยาลัย Kansas State University ในประเทศอเมริกาได้ทำการศึกษาวิจัยอุปกรณ์และเทคโนโลยี เพื่ออำนวยความสะดวกในการจัดการฟาร์ม รวมไปถึงการกำจัดซากสัตว์ที่ตายแล้วมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า “Porky’s Pick Up” เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายสุกรที่ตายแล้ว เครื่องมีขนาดเล็กสามารถยกสุกรขึ้นบนเครื่องเพื่อทำการขนย้าย และสามารถยกซากลงไปวางบริเวณที่ต้องการ ลดการใช้แรงงานของผู้ดูแลฟาร์ม นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการใช้หุ่นยนต์ในการทำความสะอาดมูลโค เนื่องจากโคมีการถ่ายมูลในปริมาณมากต่อวัน ซึ่งหากไม่มีการทำความสะอาดจะเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคนั้นจึงมีหุ่นยนต์ทำความสะอาดชื่อว่า “Scraping gets intelligent” เป็นหุ่นยนต์ในลักษณะขนาดเท่ากับพื้นรางถ่ายมูลของโค และใช้การสแกนปริมาณภายในเวลา 2 วินาที เพื่อประเมินการทำความสะอาดโดยการเคลื่อนที่ตามแนวระนาบจุดมูลจากด้านหนึ่งของรางไปยังอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้มูลถูกเก็บกวาดลงในบ่อเก็บมูล นอกจากนี้การผลิตสัตว์ในปัจจุบันยังประสบปัญหา ข้อจำกัดในเรื่องของพื้นที่สำหรับสัตว์จึงมีเทคโนโลยีสมัยใหม่ที่ตอบโจทย์เพื่อให้ประหยัดพื้นที่ใช้สอยเช่นเครื่องให้อาหารอัตโนมัติที่ชื่อว่า “DeLaval’s robotics claim to boost productivity” มีลักษณะเป็นเครื่องวงกลมเพื่อให้สัตว์เดินเข้าไปรับอาหารโดยที่ตัวสัตว์ยืนเรียงกันเป็นวงกลมเพื่อลดพื้นที่ใช้สอย และเพื่อให้สัตว์ได้รับอาหารครั้งละหลายๆ ตัวในเวลาเดียวกันนอกจากนี้ยังมีการควบคุมการให้อาหารแบบอัตโนมัติไปพร้อม ๆ กันอีกด้วย

2. ด้านการปรับปรุงพันธุ์

ด้านการปรับปรุงพันธุ์มีการจัดการกับตัวสัตว์เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ดีด้านการพัฒนาและการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ในอดีตเกษตรกรใช้การสังเกตลักษณะภายนอกของสัตว์ (Phenotype) ซึ่งไม่สามารถทราบได้ว่าสัตว์มีพันธุกรรมที่ดีมากน้อยเพียงใดในการถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก แต่ปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีด้านพันธุศาสตร์เข้ามาช่วยในการคัดเลือกสัตว์โดยศึกษาในระดับโมเลกุลของลักษณะดีเอ็นเอ (Genotype) (Mofakkarul Islam et al., 2013: 42) มีเทคโนโลยีใหม่ๆ เกิดขึ้น เพื่อให้เกิดความแม่นยำและมีประสิทธิภาพรวมถึงใช้ระยะเวลาที่รวดเร็ว เช่น การคัดเลือกเพศก่อนการผสมพันธุ์ (Naqvi, 2007: 72) ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากเพื่อให้ได้สัตว์ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เช่น ใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ หรือขุน เป็นต้น รวมไปถึงการคัดเลือกยีนลักษณะเด่นที่ต้องการ เพื่อเพิ่มลักษณะดีเด่นในสัตว์ชนิดที่ต้องการ

การผสมเทียม เป็นการใช้น้ำเชื้อของสัตว์ตัวผู้ที่ถูกรีดและเก็บไว้ในสภาวะที่เหมาะสมรอการใช้งานโดยใช้เทคนิคการผสมเทียมกับสัตว์เพศเมีย ซึ่งน้ำเชื้อเพศผู้หนึ่งตัวสามารถใช้ผสมกับเพศเมียได้จำนวนหลายตัวส่วนใหญ่ใช้ในการผลิตประชากรโคในปริมาณมาก ซึ่งการผสมเทียมช่วยเพิ่มโอกาสในการผสมติดมากกว่าการผสมตามธรรมชาติถึง 4 เท่า (Van Vleck, 1981: 221) เทคโนโลยีการผสมเทียมมีความเกี่ยวข้องกับการนำฮอร์โมนมาใช้สำหรับการผลิตสัตว์เนื่องจากฮอร์โมนเป็นตัวเหนี่ยวนำ (Synchronization) ให้สัตว์มีความพร้อมในการรับการผสมและเพิ่มความสมบูรณ์พันธุ์ให้กับสัตว์ ในประเทศแอฟริกามีการทดลองใช้ฮอร์โมนในแกะโดยใช้ฮอร์โมนเป็นตัวช่วยในการเร่งให้สัตว์มีการตกไข่ การเป็นสัด เพื่อให้มีความพร้อมในการผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้นและง่ายต่อการจัดการ โดยทำให้สัตว์ในฝูงเดียวกันมีการเป็นสัดพร้อมกันเพื่อที่จะได้รับการผสมพันธุ์ที่พร้อมกันได้ ซึ่งการใช้ฮอร์โมนปัจจุบันมีการใช้อย่างฮอร์โมนในด้านปศุสัตว์แพร่หลายเช่นกัน (Aboul-Naga et al., 1992: 151)

การฝากถ่ายตัวอ่อน (Embryo Transfer) เป็นเทคนิคที่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายในปัจจุบันแต่มีการใช้งานในประเทศที่พัฒนาแล้วเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกมากและเทคโนโลยีที่ซับซ้อน รวมไปถึงค่าใช้จ่ายที่สูงมากซึ่งจะใช้ในการผลิตโคที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดเท่านั้น เช่น ในแถบประเทศอเมริกาเหนือและยุโรปมีการผลิตลูกโคโดยใช้วิธีการฝากถ่ายตัวอ่อนเพียง 500 ตัวในทศวรรษที่ผ่านมา (Seidel and Seidel, 1992: 68)

การโคลน (Cloning) เป็นเทคโนโลยีเพื่อผลิตสัตว์ที่มีลักษณะพันธุกรรมที่เหมือนตัวต้นแบบอย่างสมบูรณ์ โดยการใช้สารพันธุกรรมจากเซลล์ร่างกายของสัตว์ต้นแบบปลูกถ่ายลงไปยังเซลล์ไข่ของสัตว์เพศเมียที่ถูกนำนิวเคลียสออกไปแล้วซึ่งสารพันธุกรรมจากสัตว์ต้นแบบจะถูกส่งเข้าไปแทนที่สารพันธุกรรมของนิวเคลียสเซลล์ไข่ที่ถูกนำออกไป (Woolliams, 1989: 31) วิธีนี้จึงเป็นเทคโนโลยีที่สามารถเพิ่มจำนวนสัตว์ที่มีลักษณะเหมือนกันอย่างสมบูรณ์แบบได้

สรุป

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมไปด้วยทรัพยากรและแรงงาน แต่อีกไม่กี่ปีข้างหน้าประเทศไทยจะก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุอย่างสมบูรณ์แบบ รวมทั้งยังมีการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก นวัตกรรมในอนาคตเพื่อการผลิตอาหารและสัตว์จึงมีความสำคัญเพื่อใช้ในการรองรับการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นนี้ โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ทางด้านการผลิตสัตว์ได้ใช้เทคโนโลยีมาจัดการระบบฟาร์มให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลดการใช้แรงงาน นอกจากนี้ยังได้นำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพรวมถึงใช้ระยะเวลาที่รวดเร็ว ส่วนทางด้านการผลิตอาหาร มีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการผลิตอย่างหลากหลาย ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ควบคุมหุ่นยนต์ในสายการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. (2559). ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 - 2579). สืบค้นเมื่อ 5 มีนาคม 2560, จาก <http://www.industry.go.th/psd/index.php/2016-05-02-05-17-59/item/10820-4-0-20-2560-2579>
- เจษฎา แม่นยำ. (2558). บรรจุภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีอาหาร. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.posttoday.com/newspaper/news/361409>
- ณัฐพันธุ์ ศุภกา. (2554). ความก้าวหน้าด้านนาโนเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมการเกษตร. *Bio and Nano*, 215(37), 38-43.
- ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2555). จมูกอิเล็กทรอนิกส์ : เครื่องมือตรวจวิเคราะห์ชนิดใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มีนาคม 2560, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/196878>
- ธีรภาพ ประณี. (2560). การใช้งานอัลตราโซนิกในการปิดผนึกฟิล์ม. *Food Focus Thailand*, 12(132), 52-53.
- นริศร์ธร ตูลาผล. (2559). จากอุตสาหกรรมอาหารปลายน้ำ...สู่ปลายทาง 4.0. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก https://www.scbeic.com/th/detail/product/2911?utm_source=Twitter&utm_medium=Link&utm_campaign=Note_Food_Revolution_Nov_2016
- บริษัท เมทเลอร์-โทเลโด (ประเทศไทย) จำกัด. เทคโนโลยีเอ็กซ์เรย์เพื่อตรวจจับสิ่งปลอมปนในขวดแก้ว. *Food*

- Focus Thailand*, 12(132), 46-48.
- บุญรักษ์ กาญจนวรวณิษฐ์. (2552). *สารระนำรู้ : รู้จักกับจุกอเล็กทรอนิกส์*. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <https://www.mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/807-#>
- ปัทมา ว่าพัฒน์วงศ์ และปราโมทย์ ประสาทกุล. (2549). *ภาวะการตาย ภาพสะท้อนความมั่นคงของประชากร*. นครปฐม: สำนักพิมพ์ประชากรและสังคม.
- ยุทธพงศ์ ประชาสิทธิศักดิ์. (2560). *การปรับปรุงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของแหมมด้วยรังสีแกมมา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2560, จาก <http://innovation.dip.go.th/innovation/?p=1346>
- เศรษฐชัย ชัยสนิท. (2553). *นวัตกรรมและเทคโนโลยี*. สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://it.east.spu.ac.th/informatics/admin/knowledge/A307Innovation%20and%20Technology.pdf>
- สุวิทย์ เมษินทรีย์. (2559, พฤษภาคม 2). ไชรหัส "ประเทศไทย 4.0" สร้างเศรษฐกิจใหม่ ก้าวข้ามกับดักรายได้ปานกลาง. *ไทยรัฐ*, 8.
- อภินิหาร ผิวพรรณ. (2559). *SuperSci: 3D Food Printer นวัตกรรมขั้นรูปของกินเพื่ออนาคต*. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.manager.co.th/Around/ViewNews.aspx?NewsID=9590000039804>
- Aboul-Naga, A. M., Aboul-Ela, M. B. & Hassan, F. (1992). Manipulation of reproductive activity in subtropical sheep. *Small Ruminant Research* 7: 151-160.
- Challen, J. (2014). *Mobile phone app provides African farmers with instant access to cattle disease information*. Retrieved February 24, 2017, from <http://futureag.info/innovations/vetafrica/>
- Coco Nuts Ltd. (2559). *ขั้นตอนการผลิตของเรา*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2560, จาก <http://maprao.co/th#our-process-a>
- Cuffari, B. (2017). *New optical nanosensor improves brain mapping accuracy, opens way for more applications*. Retrieved Feb 24, 2017, from <http://electroi.com/blog/2017/03/new-optical-nanosensor-improves-brain-mapping-accuracy-opens-way-for-more-applications/>
- Delgado-Adamez, J., Franco, M. N., Sánchez, J., De Migue, C., Ramírez, M. R. & Martín-Vertedo, D. (2013). *Grasas y aceites*, 64(4), 432-441.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). *Livestock Environmental Assessment and Performance (LEAP) Partnership*. สืบค้นเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.fao.org/partnerships/leap/en/>
- <http://electroi.com/blog/2017/03/new-optical-nanosensor-improves-brain-mapping-accuracy-opens-way-for-more-applications/>
- <http://futureag.info/innovations/vetafrica/>
- Kansas State University. (2014). *New kit: Livestock technology trends*. สืบค้นเมื่อ 22 เมษายน 2560, จาก <http://www.fwi.co.uk/machinery/new-kit-livestock-technology-trends.htm>

- Mark Oleynik. (2015). RECIPE LIBRARY. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.moley.com>
- McMichael, A. J., Powles, J. W., Butler, C. D. & Uauy, R. (2007). Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The lancet*, 370(9594), 1253-1263.
- Modern Manufacturing. (2015). ก้าวสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 อุตสาหกรรมไทยจะปรับตัวและรับมืออย่างไรดี?. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.mmthailand.com/mmnew/industry-4-0.html>
- Mofakkarul, I. M., Renwick A., Lamprinopoulou L. & Klerkx, L. (2013). Innovation in Livestock Genetic Improvement. *EuroChoices*, 12(1), 42-47.
- Naqvi, A. N. 2007 . Application of Molecular Genetic Technologies in Livestock Production: Potentials for Developing Countries. *Advances in Biological Research* 1. 3: 72-84.
- Nathawat, N. S., Priyanka, J., Brij, G. C., Sachin, H., Madhu, G., Sahu, M. P. & Govind, S. (2013). Effect of gamma radiation on microbial safety and nutritional quality of kachri (*Cucumis callosus*). *Journal of Food Science and Technology*, 50(4), 723-730.
- Notarnicola, B., Serenella, S., Assumpcio, A., Sarah, J. M., Erwan S. & Ulf, S. (2017). The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. *Journal of Cleaner Production*, 140, 399-409.
- Oleynik, M. (2015). RECIPE LIBRARY. สืบค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2560, จาก <http://www.moley.com>
- Potentials for Developing Countries. *Advances in Biological Research* 1. 3: 72-84.
- review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Scollan, N. D., Greenwood, P. L., Newbold, C. J., Yanez Ruiz, D. R., Shingfield, K. J., Wallace, R. J. & Hocquette, J. F. (2011). Future research priorities for animal production in a changing world. *Animal Production Science*, 51(1), 1-5.
- Seager, C. (2014). *Six innovations revolutionising farming*. Retrieved February 26, 2017, from <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2014/jul/08/top-six-innovations-smallholder-farmers-technology>
- Seidel S.M. (eds), *New Technologies in Animal Breeding*. Academic Press, New York, USA. pp. 221-242.
- Seidel, G. E. & Seidel, S. M. (1992). Analysis of applications of embryo transfer in developing countries. In: Niemann, H., Franzen, H. & Smidt, D. (Eds), *Potential and Limitations of Biotechnology in Livestock Production in Developing Countries*. Proceedings of a Symposium, Mariensee, Germany, May 1992. Part I. ATSAF (Council for Tropical and Subtropical Agricultural Research), Bonn, Germany. pp. 68-80.
- Smith, P. (2013). Delivering food security without increasing pressure on land. *Global Food Security*, 2 , 18-23.

- Stone, M. (2559). *The Future Will Be Full of Lab Grown Meat*. สืบค้นเมื่อวันที่ 15 เมษายน 2560, จาก <http://gizmodo.com/the-future-will-be-full-of-lab-grown-meat-1720874704>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs. (2015). *World population projected to reach 9.7 billion by 2050*. Retrieved February 22, 2017, from <http://www.un.org/en/development/desa/news/population/2015-report.html>
- Van Vleck, L. D. (1981). Potential genetic impact of artificial insemination, sex selection, embryo transfer, cloning and selfing in dairy cattle. In: Brackett B.G., Seidel Jr G.E. and Seidel S.M. (eds), *New Technologies in Animal Breeding*. Academic Press, New York, USA. pp. 221-242.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Woolliams, J. A. (1989). The value of cloning in MOET nucleus breeding schemes for dairy cattle. *Animal Production*, 48, 31-35.

โรคจุดวงแหวนมะละกอและลักษณะสำคัญของมะละกอปลักไม้ลายที่ต้านทานไวรัส PAPAYA RING SPOT DISEASE AND DISEASE RESISTANCE OF “PLAK MAI LAI” VARIETY DUE TO PHYSIOLOGICAL CHARACTERS

อำไพวรรณ ภาราตร์นุวัฒน์^{1*} และ บุญชาติ คติวัฒน์²
Ampaiwan Paradornuwat¹ and Boonchart Kativat²

ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์¹
คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี²

Department of Plant Pathology Faculty of Agriculture, Kasetsart University¹
Faculty of Agricultural Technology, Phetchaburi Rajabhat University²

Corresponding author, E-mail: agrapp@ku.ac.th

บทคัดย่อ

พบการระบาดของโรคจุดวงแหวนมะละกอซึ่งเกิดจากการทำลายของไวรัสจุดวงแหวนมะละกอ (*Papaya Ring Spot Virus*, PRSV) ในหลายพื้นที่ปลูกของประเทศไทย ลักษณะอาการสำคัญของโรคที่ปรากฏกับมะละกอสายพันธุ์ต่างๆ จะคล้ายกัน คือ อาการยอดหงิกเหลือง อาการต่างเหลืองอาการจุดวงแหวนบนผลและก้านใบ การวินิจฉัยโรคโดยการตรวจสอบไวรัสสาเหตุ ด้วยเทคนิคด้านชีวโมเลกุล โดยการใช้คู่ไพรเมอร์ที่ออกแบบให้มีความจำเพาะต่อยีนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาค (CP gene) ของเชื้อไวรัส PRSV-P คือ PRSV-CP-F (5' AAT GAA GCT GTG GAT GCT GG 3') และ PRSV-CP-R (5' CTA AGA GGC TCA AAT AAC ACG TGG G 3') สามารถตรวจพบดีเอ็นเอขนาด 1,058 bp ของ CP gene จากตัวอย่างมะละกอที่แสดงอาการของโรคจุดวงแหวนและตรวจไม่พบในมะละกอด้านปกติ ศึกษาพบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายกับการเกิดโรคจุดวงแหวนและความรุนแรงของโรค ซึ่งอาจใช้เป็นแนวทางในการคัดเลือกต้นพันธุ์มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่ทนทานต่อโรคนี้

ABSTRACT

Papaya ring spot disease caused by *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV) was found in several growing areas in Thailand. Typical symptoms on all papaya varieties were yellow leaf, leaf curl, and ring spot on fruits and petioles. Virus detection by PCR-based technique was carried. Using designed primer pair of PRSV CP-F (5' AAT GAA GCT GTG GAT GCT GG 3') and PRSV CP-R (5' CTA AGA GGC TCA AAT AAC ACG TGG G 3') which specific to coat protein gene (CP gene) of PRSV was analyzed. A single DNA band of CP gene, 1,058 bp, was found from Papaya ring spot disease samples, but not from the healthy plants. Disease occurrence and severity on main physiological characters of “Plak Mai Lai” variety were investigated. The results revealed some relationships which could be tolerance-variety selection for farmers.

Keywords: *Papaya Ring Spot Virus*, Disease Symptoms and Diagnosis, PCR-based technique

คำนำ

มะละกอ จัดเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศระหว่างปี 2545 - 2549 เฉลี่ย 152,313 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยต่อปี 358,592 ตัน หรือปริมาณ 2,584 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ในขณะที่ความต้องการของตลาดอยู่ในระดับสูง แต่พื้นที่การผลิตมะละกอลดลง ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ทั้งนี้สาเหตุสำคัญของการผลิตมะละกอ คือ ปัญหาการเข้าทำลาย และการแพร่ระบาดของโรคไวรัสใบจุดวงแหวนมะละกอที่มีสาเหตุมาจากเชื้อ *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV) ซึ่งเป็นไวรัสในกลุ่ม Potyvirus มีรูปร่างเป็นท่อนยาวคด (Flexicuous rod) ยาว 780-800 นาโนเมตร มีสารพันธุกรรมเป็นแบบ Single-Strand RNA (Lee, 2001) สามารถถ่ายทอดได้โดยเพลี้ยอ่อนหลายชนิดเช่น *Myzus persical*, *Aphis nerii*, *Aphis gossypii* และ *Aphis spiraecola* (Jensen, 1949) โดยมีลักษณะการถ่ายทอดแบบ semi-persistent มีพืชอาศัยอยู่ในวงศ์ Caricaceae, Chenopodiaceae และ Cucurbitaceae (Purcifull, 1972) และยังสามารถถ่ายทอดได้โดยวิธีการติดตา/ต่อกิ่ง โรคสามารถเข้าทำลายมะละกอได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงระยะให้ผลผลิต ปัจจุบันพบว่า มีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งถือว่าเป็นโรคที่มีความสำคัญที่มีผลทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากกับมะละกอ (Singh et al., 2010) ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ดังนั้นการศึกษาด้านการระบาดและการวินิจฉัยโรคไวรัสใบจุดวงแหวนมะละกอที่เกิดจากไวรัส *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV) เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการระบาดตลอดจนการวินิจฉัยโรคนี้ ตลอดจนการศึกษาความสัมพันธ์ของการเกิดและความรุนแรงของโรคกับลักษณะสำคัญของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย จึงเป็นแนวทางสำคัญอีกประเด็นหนึ่งเพื่อนำไปสู่การวางแผนและแนวทางการผลิตมะละกอที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันและแก้ปัญหาของโรคนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ลักษณะอาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอในสภาพแปลงปลูก

คัดเลือกพื้นที่ปลูกมะละกอที่มีอายุต้นหลังย้ายปลูกแปลงไม่เกิน 1 เดือน ในจังหวัดปทุมธานี และจังหวัดเพชรบุรี วางแผนและดำเนินงานทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน 2554 ถึงเดือนตุลาคม 2559 ทำแผนผังของแปลงปลูก และติดป้ายระบุตำแหน่งมะละกอทุกต้น เข้าสำรวจลักษณะอาการของโรคและบันทึกข้อมูลทุกๆ 30 วัน มีรายละเอียดพื้นที่ปลูกดังนี้

1. แปลงปลูกของเกษตรกรอำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี พันธุ์ที่ปลูกคือ มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลล์แลนด์) และมะละกอพันธุ์ผสมระหว่างพันธุ์ปลักไม้ลายและพันธุ์แขกดำ
2. แปลงปลูกของเกษตรกรอำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี พันธุ์ที่ปลูกคือ มะละกอพันธุ์แขกนวล
3. เลือกลงแปลงปลูกมะละกอเพื่อการค้าในพื้นที่ต่างๆ 6 จังหวัดแหล่งปลูก คือ
 - 3.1 อำเภอลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี
 - 3.2 อำเภอเขาย้อยและอำเภอกำแพงกระเจาน จังหวัดเพชรบุรี
 - 3.3 อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท
 - 3.4 อำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง
 - 3.5 อำเภอเมือง จังหวัดอุทัยธานี
 - 3.6 อำเภอแม่เมาะ และอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ กำหนดศึกษากับมะละกอ 2 สายพันธุ์ คือ มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (พันธุ์ฮอลล์แลนด์) และมะละกอพันธุ์แขกนวล

บันทึกข้อมูลต้นที่เป็นโรคที่แสดงอาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอ เก็บตัวอย่างส่วนที่แสดงอาการของโรคและตรวจเชื้อไวรัสสาเหตุของโรคด้วยเทคนิคพีซีอาร์

การใช้เทคนิคด้านชีวโมเลกุลเพื่อการตรวจวินิจฉัยโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอ

ออกแบบไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อยีนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาคไวรัส (Coat protein gene, CP gene) ของเชื้อไวรัส PRSV-P จากลำดับนิวคลีโอไทป์ซึ่งรายงานจากประเทศต่างๆ คือ สหรัฐอเมริกา ไต้หวัน และ เม็กซิโก ในฐานข้อมูลของ GenBank เพื่อการตรวจสอบตัวอย่างของมะละกอที่แสดงอาการของโรคในแต่ละพื้นที่แปลงปลูก ด้วยเทคนิค Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) ตรวจสอบแถบและขนาดของดีเอ็นเอที่ได้ด้วยวิธี electrophoresis บน 1% TBE agarose gel

การศึกษาความสัมพันธ์ของการเกิดและความรุนแรงของโรคกับลักษณะสำคัญของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย

มะละกอพันธุ์ “ปลักไม้ลาย” หรือ “ฮอลแลนด์” เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และแต่เดิมมีความทนทานต่อการเกิดโรคและการระบาดของโรคจุดวงแหวนที่เกิดจากไวรัส *Papaya Ring Spot Virus* (PRSV) มะละกอสายพันธุ์นี้มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้น ใบ และผลที่เป็นลักษณะเด่นอย่างน้อย 5 ลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละต้น และแตกต่างจากมะละกอพันธุ์อื่นๆ คือ

- A ลักษณะแผ่นใบที่แฉกเล็ก
- B บนกลางแผ่นใบ มีลักษณะเนื้อใบขนาดเล็กหรือดิ่งใบซึ่งต่อมาได้เรียกลักษณะนี้ว่า “หนวดมังกร”
- C ก้านใบขนานกับพื้นและช่วงต่อระหว่างแผ่นใบกับก้านใบโค้งงอ
- D รูปร่างผล มีหัว และท้ายผลเท่ากัน ลักษณะทรงกระบอกปลายมน และ
- E ลำต้นมีข้อสีแดงในขณะที่ต้นอายุไม่มาก

ระยะต่อมาพบว่า มะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายไม่ทนทานต่อโรคไวรัสจุดวงแหวน ขณะเดียวกันก็พบว่า การเป็นโรคไวรัสจุดวงแหวนของมะละกอแต่ละต้นนั้นมีการและความรุนแรงแตกต่างกัน จึงตั้งข้อสมมติฐานถึงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะสัณฐานวิทยาสำคัญหรือลักษณะเด่นของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายและการเกิดโรคใบจุดวงแหวน

กำหนดเกณฑ์การประเมินการเกิดโรคและระดับความรุนแรงของโรคจุดวงแหวนในมะละกอสายพันธุ์ปลักไม้ลายหรือฮอลแลนด์เป็น 5 ระดับ คือ ระดับคะแนน 0 1 2 3 และ 4 เพื่อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดโรคและลักษณะเด่นของสายพันธุ์

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะอาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอในสภาพแปลงปลูก

อาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร บนมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พันธุ์แขกนวล และมะละกอพันธุ์ลูกผสมระหว่างปลักไม้ลายและพันธุ์แขกดำ ทั้งลักษณะการปลูกในมุ้งกันแมลงและแปลงปลูกปกติกลางแจ้ง พบว่า มีลักษณะอาการของโรคที่ไม่แตกต่างกัน คือ อาการยอดและใบอ่อนเหลือง ต่อมาใบมีอาการต่าง หัก และใบมีขนาดเล็กหรือลดรูป และในระยะภายหลังจากการติดผลอ่อน จะพบอาการที่ผลเป็นแผลจุดฉ่ำน้ำขนาดเล็ก แผลจุดฉ่ำน้ำจะเปลี่ยนเป็นจุดวงแหวนเมื่อผลมีขนาดใหญ่มากขึ้น และพบอาการแผลจุดฉ่ำน้ำและแผลจุดวงแหวนที่ก้านใบและลำต้นเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 1) จากนั้นอาการจะแพร่กระจายตามส่วนต่างๆ ของต้นมะละกอ (Systemic lesions) นอกจากนี้พบว่า ต้นมะละกออายุ 2 เดือน

(60 วัน) ภายหลังจากหลังย้ายลงแปลงปลูก (60 วัน) ไม่แสดงอาการของโรค เริ่มพบอาการของโรคเมื่อต้นมะละกออายุ 3 เดือน (90 วัน) ในทุกแปลงปลูก มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสะสมในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่ปลูกในมุ้ง 27.0 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ปลักไม้ลายปลูกนอกมุ้ง 57.2 และพันธุ์ลูกผสมปลูกนอกมุ้ง 5.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) ส่วนแปลงปลูกมะละกอพันธุ์แขกนวลที่ปลูกแบบปกติกลางแจ้ง ในพื้นที่อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี พบต้นมะละกอแสดงอาการของโรคตั้งแต่ช่วงเดือนแรกภายหลังจากย้ายกล้าลงแปลงปลูก และพบโรคทุกเดือน ระบาดกระจายทุกเดือนตั้งแต่เดือนแรกภายหลังจากย้ายกล้าลงปลูก ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพิ่มขึ้นในแต่ละเดือน คือ 2.5 1.5 5.5 4.0 4.0 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ จากเดือนพฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน และตุลาคม 2555 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสะสม เท่ากับ 21 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

จากการแปลงปลูกมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายและพันธุ์แขกนวลของเกษตรกรในพื้นที่ 6 จังหวัด ที่ใช้ศึกษาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบต่างจุดวงแหวน พบต้นมะละกอที่แสดงอาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนในทุกในพื้นที่แปลงปลูก พบการเกิดโรคในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย ระดับตั้งแต่ 22.5 – 35.0 เปอร์เซ็นต์ และพบการเกิดโรคในมะละกอพันธุ์แขกนวล ระดับตั้งแต่ 31.3 – 43.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพบการเกิดโรคใบต่างจุดวงแหวนในมะละกอพันธุ์แขกนวลมากกว่าพันธุ์ปลักไม้ลาย ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมะละกอพันธุ์แขกนวลเป็นพันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่อโรคใบต่างจุดวงแหวน มากกว่าพันธุ์ปลักไม้ลาย อย่างไรก็ตามในปัจจุบันพบว่าการเกิดโรคนี้ในมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายเริ่มอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของไวรัสสาเหตุของโรคใบต่างจุดวงแหวน อาจเกิดจากการผสมข้ามของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายกับมะละกอพันธุ์อื่นๆ เช่น พันธุ์แขกนวลและพันธุ์แขกดำ ซึ่งมีความอ่อนแอต่อโรคนี้ หรืออาจเป็นไปได้ว่าในช่วงแรกของการนำมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายมาปลูก ไวรัสสาเหตุของโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอยังไม่สามารถปรับตัวเข้าทำลายได้ แต่เมื่อปลูกต่อมานานเข้าเชื้อไวรัสอาจปรับตัวให้สามารถเข้าทำลายได้ง่ายแล้วในปัจจุบัน

การใช้เทคนิคด้านชีวโมเลกุลเพื่อการตรวจวินิจฉัยโรคใบต่างจุดวงแหวนมะละกอ

สามารถออกแบบคู่ไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อยีนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาค (CP gene) ของเชื้อไวรัส PRSV-P ดังนี้ คือ PRSV-CP-F (5' AAT GAA GCT GTG GAT GCT GG 3') และ PRSV-CP-R (5' CTA AGA GGC TCA AAT AAC ACG TGG G 3') เมื่อนำมาตรวจสอบตัวอย่างมะละกอที่แสดงอาการของโรคใบต่างจุดวงแหวนจากแต่ละแหล่งปลูกด้วยเทคนิค Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) และตรวจสอบแถบและขนาดของดีเอ็นเอที่ได้ด้วยวิธี electrophoresis บน 1% TBE agarose gel ผลการทดลองพบแถบดีเอ็นเอเพียงแถบเดียวและมีขนาด 1,058 bp (ภาพที่ 3) ซึ่งเป็นแถบและขนาดของยีนโปรตีนห่อหุ้มอนุภาค (CP gene) ของเชื้อไวรัส PRSV-P

การศึกษาความสัมพันธ์ของการเกิดและความรุนแรงของโรคกับลักษณะสำคัญของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย

จากเกณฑ์การประเมินการเกิดโรคและระดับความรุนแรงของโรคจุดวงแหวนในมะละกอสายพันธุ์ปลักไม้ลาย พบการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคที่รุนแรงแตกต่างกันตามกลุ่มต้นมะละกอ ที่มีจำนวนลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน เรียงตามลำดับคือ พบการเข้าทำลายของโรคน้อยที่สุดและปรากฏอาการของโรคซ้ำที่สุดในกลุ่มต้นมะละกอที่มีลักษณะครบทั้ง 5 ลักษณะ (ภาพที่ 4) พบการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคมากและปรากฏอาการของโรคในเวลาเร็วที่สุดในกลุ่มต้นที่มีลักษณะสำคัญน้อยลง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

โรคใบด่างวงแหวนมะละกอที่มีการระบาดรุนแรงมากในประเทศไทย เกิดจากการทำลายของไวรัสจุดวงแหวนของมะละกอ (*Papaya Ring Spot Virus*, PRSV) มีอาการสำคัญ คือ อาการยอดและใบอ่อนเหลือง ต่อมาใบมีอาการด่าง หัก และใบมีขนาดเล็กหงหรือลดรูป และในระยะภายหลังจากการติดผลอ่อน จะพบอาการที่ผลเป็นแผลจุดฉ่ำน้ำขนาดเล็ก แผลจุดฉ่ำน้ำจะเปลี่ยนเป็นจุดวงแหวนเมื่อผลมีขนาดใหญ่มากขึ้น และพบอาการแผลจุดฉ่ำน้ำและแผลจุดวงแหวนที่ก้านใบและลำต้น และไม่แตกต่างกันในมะละกอแต่ละพันธุ์ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานโรคนี้ในต่างประเทศ สำหรับการตรวจสอบและวินิจฉัยโรคด้วยเทคนิคพีซีอาร์ (PCR-based technique) โดยใช้ไพรเมอร์ที่ได้ออกแบบให้มีความจำเพาะต่อ Coat protein gene (CP gene) ของเชื้อไวรัส PRSV-P ซึ่งให้ผลแถบดีเอ็นเอเป้าหมายขนาด 1,058 bp เพียงแถบเดียว ดังนั้นการใช้ไพรเมอร์ที่ได้ออกแบบดังกล่าว จึงสามารถใช้สำหรับตรวจตัวอย่างพืชเป็นโรคจุดวงแหวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดและความรุนแรงของโรคจุดวงแหวนและลักษณะสัณฐานของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย พบว่าต้นมะละกอที่มีลักษณะสัณฐานครบทั้ง 5 ลักษณะมีโอกาสเกิดโรคได้น้อยที่สุดและซ้ำที่สุด จึงน่าจะเป็นทางเลือกที่ดีและมีประสิทธิภาพสำหรับเกษตรกรที่สามารถนำไปพัฒนาและปรับใช้ สำหรับการคัดเลือกต้นมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลายที่มีความทนทานต่อโรคนี้

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย โครงการส่งผ่าน “เทคโนโลยี 52 สัปดาห์” ผู้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้อง เพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจและเพิ่มรายได้เกษตรกร (โครงการต่อเนื่อง ปีที่ 2) ปีงบประมาณ 2559

เอกสารอ้างอิง

ธีระ สุตรบุต. (2532). โรคไวรัสและโรคคล้ายไวรัสของพืชสำคัญในประเทศไทย. หจก. ฟันนี่พับบลิชซิง.

กรุงเทพฯ.

พิศาล ศิริธร, แสง รวยสูงเนิน, อนันต์ หิรัญสาลี และวิจิต นิลบรรพต. (2532). ศักยภาพของการใช้วิธีกำจัดแบบถอนรากถอนโคนในการป้องกันกำจัดโรคใบด่างมะละกอ. การประชุมทางวิชาการเนื่องในโอกาสครบรอบ 25 ปี มหาวิทยาลัยขอนแก่น เรื่อง วิทยาศาสตร์ชีวิตกับการพัฒนาคุณภาพชีวิต, ระหว่างวันที่ 6 -7 กุมภาพันธ์ 2532. ณ ห้องประชุมวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หน้า 84- 91.

สุพัฒน์ อรรถธรรม. (2552). โรคพืชที่เกิดจากเชื้อไวรัส. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. 216 หน้า.

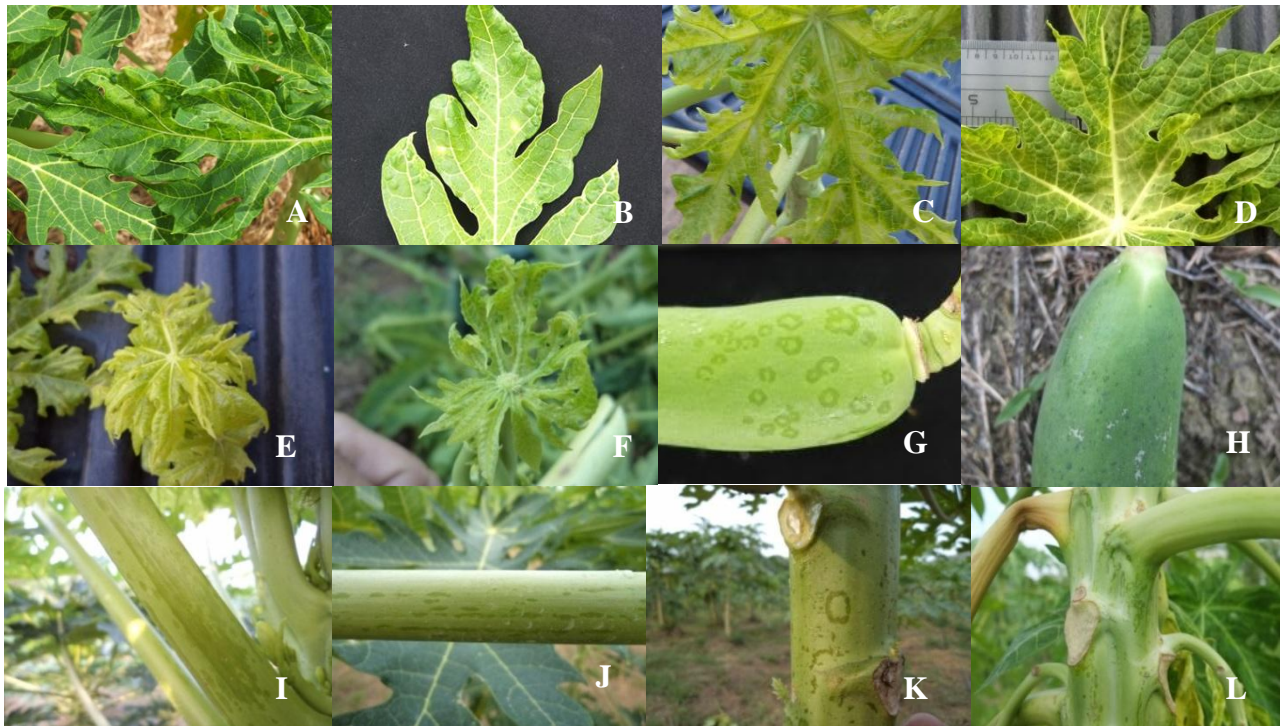
Bayot, R. G., V. N. Villegas, P. M., Magdalita, M. D., Jovellana, T. M., Espono & S. B. Exconde. (1990). Seed transmissibility of *Papaya ringspot virus*. *Philipp. J. Crop Sci*, 15(2), 107-111.

Gonsalves, D., & V. Prasartsee. (1987). Papaya ringspot virus: Disease eradication and cross protection for and important subsistence crop in Northeast Thailand. NERADICS Technology Documentation series, Paper No. T5 NERAD project.

Singh S. K., P. K. Jha & P. K. Ray. (2010). Integrated Management of *Papaya ring spot virus* (PRSV) in Agro Ecological Conditions of Bihar. Proc. IInd IS on Papaya. 487-493.



ภาพที่ 1: แปลงปลูกมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย (สภาพไร่) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพที่ 2: ลักษณะอาการของโรคจุดวงแหวน

ยอดและใบอ่อนเหลืองในพันธุ์ปลักไม้ลาย (A) และพันธุ์แขกนวล (B)

ใบมีอาการต่าง หักและมีขนาดเล็กหรือลดรูปในพันธุ์ปลักไม้ลาย (C, E) และในพันธุ์แขกนวล (D, F)

ผลอ่อนเป็นแผลจุดดำน้ำขนาดเล็กและเปลี่ยนเป็นจุดวงแหวนเมื่อผลมีขนาดใหญ่มากขึ้นในพันธุ์ปลักไม้ลาย (G) และ

ในพันธุ์แขกนวล (H) ก้านใบ และลำต้นเป็นแผลจุดดำน้ำและแผลจุดวงแหวนในพันธุ์ปลักไม้ลาย (I, K) และในพันธุ์แขกนวล (J, L)

ตารางที่ 1: เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในพื้นที่ปลูกมะละกอในประเทศไทย

พื้นที่	พันธุ์	จำนวนต้นที่ศึกษา	จำนวนต้น ที่แสดงอาการของโรค	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค
Pbi 1	K	90	39	43.3
Pbi 2	H	120	27	22.5
Pbi 2	K	80	25	31.3
Cnt	H	125	34	27.2
Ryg	H	120	42	35.0
Uti	K	75	37	33.6
Cmi 1	H	120	29	24.2
Cmi 1	H	135	39	28.9
Cmi 2	H	150	34	22.7

หมายเหตุ

จังหวัด Pbi 1 = จ.เพชรบุรี อ.ลาดแกงกระจาน
Cnt = จ.ชัยนาท อ.วัดสิงห์
Uti = จ.อุทัยธานี อ.มือง
Cmi 1 = จ.เชียงใหม่ อ.แม่เฒ่า แปลง 1

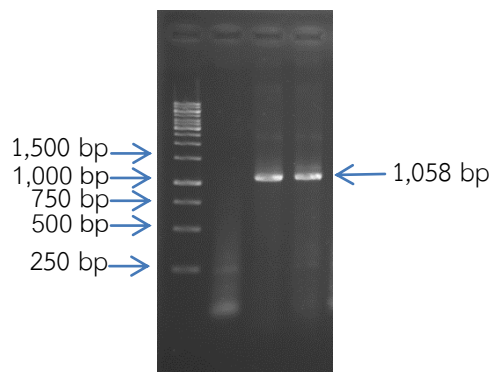
Pbi 2 = จ.เพชรบุรี อ.เขาย้อย
Ryg = จ.ระยอง อ.บ้านค่าย
Cmi 2 = จ.เชียงใหม่ อ.ฝาง
Cmi 1 = จ.เชียงใหม่ อ.แม่เฒ่า แปลง 2

พันธุ์ H = ปลักไม้ลาย K = แขกนวล

ตารางที่ 2: การเกิดโรคใบต่างวงแหวนมะละกอในแหล่งปลูกต่างๆ และผลการตรวจสอปโรค

พื้นที่	พันธุ์	จำนวนตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างที่แสดงอาการของโรค (%)				ผล RT-PCR (%)	
			Y	R	D	S	+	-
Pbi 1	H	30	13 (43.3)	10 (33.3)	5 (16.6)	2 (6.6)	30 (100.0)	(0.0)
Pbi 1	K	27	9 (33.3)	8 (29.6)	5 (18.5)	5 (18.5)	27 (100.0)	(0.0)
Pbi 2	H	25	10 (40.0)	8 (32.0)	5 (20.0)	0 (0.0)	23 (92.0)	2 (8.0)
Pbi 2	K	25	9 (36.0)	8 (32.0)	3 (12.0)	0 (0.0)	20 (80.0)	5 (20.0)
Cnt	H	31	13 (41.9)	9 (29.0)	9 (29.0)	0 (0.0)	31 (100.0)	(0.0)
Ryg	H	29	14 (48.3)	6 (20.7)	4 (13.8)	0 (0.0)	24 (82.8)	5 (17.2)
Uti	K	30	14 (46.7)	9 (30.0)	4 (13.3)	3 (10.0)	30 (100.0)	(0.0)
Cmi 1	H	33	17 (51.5)	11 (33.3)	0 (0.0)	5 (15.2)	33 (100.0)	(0.0)
Cmi 2	H	35	13 (37.1)	10 (28.6)	5 (14.3)	2 (5.7)	30 (85.7)	5 (14.3)
Cmi 3	H	28	15 (53.6)	9 (32.1)	3 (10.7)	1 (3.6)	28 (100.0)	(0.0)
รวม		293	127 (43.2)	88 (30.1)	43 (14.8)	18 (6.0)	276 (94.0)	17 (6.0)

หมายเหตุ จังหวัด Pbi 1 = จ.เพชรบุรี อ.ลาดแกงกระเจาน Pbi 2 = จ.เพชรบุรี อ.เขาย้อย
 Cnt = จ.ชัยนาท อ.วัดสิงห์ Ryg = จ.ระยอง อ.บ้านค่าย
 Uti = จ.อุทัยธานี อ.เมือง Cmi 2 = จ.เชียงใหม่ อ.ฝาง
 Cmi 1 = จ.เชียงใหม่ อ.แม่เมาะ แปลง 1
 Cmi 1 = จ.เชียงใหม่ อ.แม่เมาะแปลง 2
 พันธุ์ H = ปลักไม้ลาย K = แขนกวล
 ลักษณะอาการของโรค Y = yellow mosaic on leaf
 R = ring spot on fruit
 D = dark green streaks on petiole
 S = shoestring of leaf
 ยืนยันการเป็นโรคด้วยเทคนิค RT-PCR + = เป็นโรค - = ไม่เป็นโรค



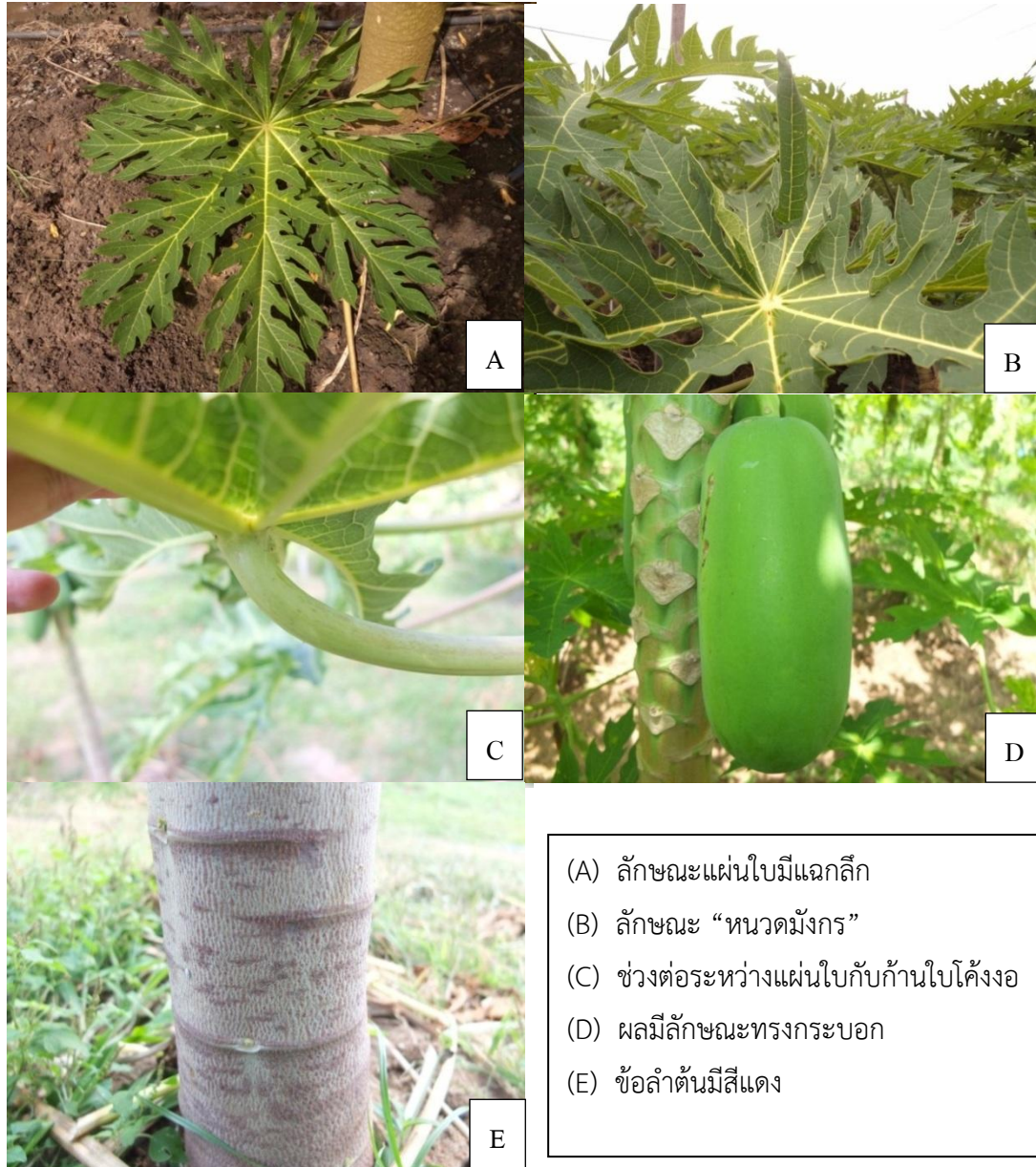
ภาพที่ 3: ดีเอ็นเอของไวรัส PRSV-P จากต้นมะละกอที่เป็นโรค ที่ผ่านการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค RT-PCR

ช่อง M คือ ดีเอ็นเอมาตรฐาน 1 kb

ช่อง 1 คือ Negative control

ช่อง 2 คือ Positive control

ช่อง 3 คือ ดีเอ็นเอของยีน CP gene ที่ผ่านการเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค RT-PCR ขนาด 1,058 bp



- (A) ลักษณะแผ่นใบมีแฉกเล็ก
(B) ลักษณะ “หนวดมังกร”
(C) ช่วงต่อระหว่างแผ่นใบกับก้านใบโค้งงอ
(D) ผลมีลักษณะทรงกระบอก
(E) ข้อลำต้นมีสีแดง

ภาพที่ 4: ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่เป็นลักษณะเด่นของมะละกอพันธุ์ปลักไม้ลาย

ตารางที่ 3: เปอร์เซ็นต์และระยะเวลาเฉลี่ยในการเกิดโรคในพื้นที่ปลูกจังหวัดเพชรบูรณ์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสะสม *	ระยะเวลาเฉลี่ยการเกิดโรค	ภายหลังการปลูก (วัน)
กลุ่ม 1 A, B	60 a	267	ab
กลุ่ม 2 A, E	70 a	277	a
กลุ่ม 3 A, B, D	50 ab	307	ab
กลุ่ม 4 A, B, E	26.9 ab	298	ab
กลุ่ม 5 A, B, D, E	24.3 ab	317	ab
กลุ่ม 6 A, B, C, D, E	10 b	337	b

หมายเหตุ * การตรวจวินิจฉัยเพื่อยืนยันการเป็นโรคจุดวงแหวน ใช้การตรวจด้วยเทคนิคอาร์ที-พีซีอาร์ (RT-PCR)

FROM SMART AGRICULTURE TO GREEN FOOD MANAGEMENT

Associate Professor Dr. Monchai Duangjinda

Dean, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

Corresponding author, E-mail: monchai@kku.ac.th

ABSTRACT

Recently, Thailand has been known as a land of smiles, full of culture, a must-visit place and kitchen of the world. Thailand as the kitchen of the world is not only a government policy but also a world's forecasting from FAO. A good food and recipes of Thailand comes from a diversified of plant and animal diversity. However, to feed the world, new technology, research, new-age farmers are need to be developed. These are a great opportunity for "Smart Agriculture" in Thailand. The word "SMART" cover smarter such as think smart, do smart, eat smart. "Smart food" is also an important. It extended from safety food to function food, culture food to fusion food, local recipes to GI recipes, etc. In terms of productivity, technology, mechanizing, IT, so called, precision agriculture, vertical agriculture cannot be avoided. I terms of marketing, stories, future trend, aging society, SDG has to be involved. Thailand 4.0 is a big agenda nowadays in Thailand to do the paradigm shift from agriculture for poverty alleviation to agriculture for value proposition. For sustainability, smart agriculture need the integration of food-energy-water system (FEWS). The biogas has being applied in order to increase the crop yields get more profitable and reduce environmental pollution or zero-waste agriculture. Moreover, the application of drone and GPS support precise smart farms. To eat smarter, we should be preferable to functional nutrients that have positive effect on human health. For instant, antioxidant substances (melanin and carnosine) can protect cancer and aging. Medical food are future hot issue for incoming aging society of Thailand.

Keywords: Smart Agriculture, food safety, biogas, smart business and green food