

ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมิถุนายน 2569
Volume 8 Number 1 June 2026

ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 เดือนมิถุนายน 2569

Volume 8 Number 1 June 2026

การปรับตัวของอุตสาหกรรมยางพาราไทยภายใต้กฎระเบียบ EUDR
Adaptation of the Thai Rubber Industry under the EUDR

มิลินภัทร์ บุญคงมา

Milinpat Boonkongma

1-10

การรักษาคุณภาพผักกาดแก้วตัดแต่งโดยการจุ่มด้วยน้ำร้อนร่วมกับแคลเซียมแลคเตต

Preservation of Quality in Fresh-Cut Iceberg Lettuce Using Hot Water Dipping and Calcium Lactate Treatment

พัชรี กิตติสุบรรณ และ ลัดดาวัลย์ โกวิทช์เจริญ

Phatcharee Kittisubun and Laddawan Kowitcharoen

11-20

บทความวิชาการ

การปรับตัวของอุตสาหกรรมยางพาราไทยภายใต้กฎระเบียบ EUDR Adaptation of the Thai Rubber Industry under the EUDR

มิลินภัทท์ บุญคงมา

Milinpatt Boonkongma

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 111201
School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Pakkret, Nonthaburi, 11120

*Corresponding author: Milinpatt.Boo@stou.ac.th

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมยางพาราไทยกำลังเผชิญกับจุดเปลี่ยนผ่านที่สำคัญภายใต้สถานการณ์การค้าโลกที่มุ่งเน้นความยั่งยืนทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการบังคับใช้กฎระเบียบว่าด้วยสินค้าที่ปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่าของสหภาพยุโรป บทความวิชาการชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สังเคราะห์องค์ความรู้และประเมินผลกระทบของกฎระเบียบ EUDR ต่อโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานยางพาราไทย 2) วิเคราะห์ความท้าทายเชิงโครงสร้างของเกษตรกรรายย่อย และ 3) นำเสนอพรรณนาและกรอบแนวคิดเชิงนโยบายเพื่อการปรับตัวอย่างยั่งยืน การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยเอกสาร โดยทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์การอ้างอิงจากข้อมูลทุติยภูมิ

ผลการศึกษาและข้อค้นพบชี้ให้เห็นว่า แม้ประเทศไทยจะมีความได้เปรียบเชิงยุทธศาสตร์จากการถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศความเสี่ยงต่ำ แต่ข้อกำหนดด้านการตรวจสอบย้อนกลับ และการจัดทำพิกัดทางภูมิศาสตร์ ได้สร้างภาระต้นทุนการปฏิบัติตามกฎระเบียบที่สูงขึ้น ซึ่งอาจนำไปสู่ความเหลื่อมล้ำและการกีดกันเกษตรกรรายย่อยออกจากตลาด ผู้เขียนได้นำเสนอพรรณนาว่า การแก้ปัญหาดังกล่าวต้องอาศัยการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านการจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน บูรณาการเข้ากับมาตรฐานสากลและขับเคลื่อนผ่านการประสานความร่วมมือระหว่าง โครงสร้างพื้นฐานของภาครัฐ กลไกราคาพรีเมียมจากตลาด และการรวมกลุ่มที่เข้มแข็งของชุมชนในเชิงนโยบายและการปฏิบัติ กรอบแนวคิดนี้นำเสนอผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรมผ่าน 3 มาตรการ ได้แก่ (1) การปลดล็อกสิทธิที่ดินและเชื่อมโยงฐานข้อมูล GIS ของรัฐ เพื่อลดต้นทุนการตรวจสอบย้อนกลับ (2) การบังคับใช้กลไกราคาพรีเมียมเพื่อชดเชยต้นทุนเกษตรกร และ (3) การผลักดันระบบรับรองมาตรฐานแบบกลุ่มผ่านสถาบันเกษตรกร เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมยางพาราไทยสู่การเป็นสินค้ายั่งยืนมูลค่าสูงในระยะยาว

คำสำคัญ : กฎระเบียบ EUDR ยางพาราไทย การตรวจสอบย้อนกลับ การจัดการสวนยางอย่างยั่งยืน
ความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจ

Abstract

The Thai natural rubber industry faces a critical transition under emerging global sustainability standards, notably the European Union Deforestation Regulation (EUDR). Using a documentary research methodology and citation analysis of secondary data, this article aims to: 1) evaluate the EUDR's impact on the Thai rubber supply chain; 2) analyze structural vulnerabilities among smallholder farmers; and 3) propose a policy framework for sustainable adaptation.

Findings indicate that despite Thailand's strategic advantage as a designated low-risk country, stringent traceability and geolocation requirements create high compliance costs that threaten to marginalize and exclude smallholders from global markets. To prevent such inequity, the author proposes a tripartite policy framework integrating sustainable plantation practices with international standards. This model relies on three actionable measures: (1) unlocking land tenure rights and integrating public GIS databases to minimize traceability costs; (2) enforcing premium pricing mechanisms to fairly compensate farmers; and (3) advancing group certification through farmer cooperatives. Ultimately, this collaborative approach aims to transition the Thai rubber industry from basic commodity trading toward delivering High-Value Sustainable Products. (OpenAI, 2026)

Keywords : EUDR Thai natural rubber Traceability Sustainable rubber management Economic inequality

บทนำ

ในระบบเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทยอย่างพารา นับว่าเป็นพืชเศรษฐกิจเชิงยุทธศาสตร์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในมิติของการสร้างรายได้มวลรวมระดับประเทศ และมิติทางสังคมในฐานะแหล่งรายได้หลักของเกษตรกรกว่า 1.67 ล้านครัวเรือน (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2567) อย่างไรก็ตาม ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา การค้าโลกได้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากเดิมที่มุ่งเน้นเพียงประสิทธิภาพการผลิต และการแข่งขันด้านราคา (Price Competitiveness) ไปสู่การให้ความสำคัญกับความยั่งยืนทางระบบนิเวศ (Ecological Sustainability) และความรับผิดชอบต่อห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Accountability) อย่างเป็นรูปธรรม

การเปลี่ยนแปลงนี้สะท้อนให้เห็นชัดเจนผ่านนโยบาย European Green Deal ของสหภาพยุโรป ซึ่งนำไปสู่การประกาศระเบียบว่าด้วยสินค้าที่ปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่า (EU Deforestation Regulation: EUDR) ที่มีผลบังคับใช้อย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2566 (สำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศ กรุงบรัสเซลส์, 2568) ระเบียบดังกล่าวไม่ได้เป็นเพียงการรณรงค์ด้านสิ่งแวดล้อมทั่วไป แต่ถือเป็น "มาตรการทางการค้าที่มีใช้ภาษี" (Non-Tariff Measures: NTMs) ที่มีข้อบังคับทางกฎหมายอย่างเคร่งครัด โดยกำหนดให้สินค้าโภคภัณฑ์เป้าหมาย 7 ชนิด ซึ่งรวมถึงยางพาราและผลิตภัณฑ์แปรรูปจากยางพารา ต้องพิสูจน์ได้ว่าไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดไม้ทำลายป่าหรือทำให้ป่าเสื่อมโทรมหลังวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2563

ปรากฏการณ์นี้ได้สร้างผลกระทบต่ออุตสาหกรรมยางพาราไทยอย่างมาก เห็นได้จากข้อมูลทางสถิติระบุว่าในปี พ.ศ. 2565 ยางพารามีสัดส่วนการส่งออกไปยังสหภาพยุโรปสูงถึงร้อยละ 92 ของมูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่ม EUDR ทั้งหมดของไทย แต่ภายหลังจากการประกาศใช้กฎระเบียบ มูลค่าการส่งออกในปี พ.ศ. 2566 กลับลดลงต่ำกว่าร้อยละ 37.14 (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2567) ตัวเลขดังกล่าวเป็นแสดงให้เห็นถึงช่องโหว่ของโครงสร้างการส่งออกที่ต้องพึ่งพาตลาดที่มีกฎเกณฑ์เข้มงวด

จากสถานการณ์ดังกล่าว บทความวิชาการนี้จึงถูกเขียนขึ้น เพื่อวิเคราะห์เชิงลึกและสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับการปรับตัวของอุตสาหกรรมยางพาราไทย โดยไม่ได้มุ่งเน้นเพียงการรายงานข้อเท็จจริงทางเศรษฐกิจ แต่ยังมุ่งนำเสนอทิศทางวิชาการผ่านการตั้งคำถามต่อความเหลื่อมล้ำเชิงโครงสร้างที่อาจเกิดจากต้นทุนการปฏิบัติตามกฎระเบียบ (พิมลพรรณ โสริกุล และคณะ, 2568) พร้อมทั้งบูรณาการองค์ความรู้เดิมด้านการจัดการสวนยางอย่างยั่งยืน (ปัญญา สมบูรณ์สุข, 2566) เข้ากับเครื่องมือทางเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อเป็นพื้นฐานและนำเสนอแนวทางที่เป็นรูปธรรมสำหรับการยกระดับยางพาราไทยให้ก้าวข้ามข้อจำกัดทางการค้าในระดับสากล

บริบทของกฎระเบียบ EUDR และผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานยางพาราไทย

การทำความเข้าใจผลกระทบของ EUDR จำเป็นต้องวิเคราะห์ลึกถึงกลไกและข้อกำหนดเชิงเทคนิคที่ซ่อนอยู่ในกฎระเบียบ กฎหมายฉบับนี้ไม่ได้มีลักษณะเป็นการห้ามนำเข้าโดยตรง แต่ทำงานผ่านระบบการตรวจสอบสถานะสินค้า (Due Diligence Statement: DDS) ซึ่งผลักภาระการพิสูจน์ยังผู้ประกอบการ และผู้ค้าที่ต้องการนำสินค้าเข้าสู่ตลาดยุโรป (ประพันธ์ ลีน้อย, 2566)

ข้อเท็จจริงและข้อมูลเชิงประจักษ์ เจาะใจหัวใจสำคัญของ EUDR ประกอบด้วย 3 ประการหลัก ได้แก่ 1) สินค้าต้องปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่า (Deforestation-free) 2) การผลิตต้องถูกต้องตามกฎหมายของประเทศผู้ผลิต (Legality) และ 3) ต้องมีระบบตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ที่สามารถระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Geolocation) ของแหล่งผลิตได้อย่างแม่นยำ (สำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศ ณ กรุงบรัสเซลส์, 2568) ความซับซ้อนทวีคูณขึ้นเมื่อพิจารณาว่า สำหรับยางพาราธรรมชาติผลิตในแปลงขนาดใหญ่กว่า 25 ไร่ ผู้ประกอบการจะต้องส่งมอบพิกัดแบบรูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ไม่ใช่เพียงจุดพิกัด (Point) ธรรมดา (TraceX, 2026)

เมื่อพิจารณาโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานยางพาราไทยซึ่งมีความซับซ้อนและมีผู้เกี่ยวข้องหลายภาคส่วน ข้อกำหนดทางเทคนิคภายใต้กฎระเบียบ EUDR ได้สร้างผลกระทบเชิงโครงสร้างต่อกระบวนการดำเนินงานในทุกขั้นตอนตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำอย่างมีนัยสำคัญ ดังนี้

ระดับต้นน้ำ (Upstream) เกษตรกรผู้ปลูกยางและผู้กรีดยาง เป็นจุดเริ่มต้นของระบบการตรวจสอบย้อนกลับที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากข้อกำหนดด้านความถูกต้องของเอกสารสิทธิ์ที่ดินและการระบุพิกัดทางภูมิศาสตร์ เกษตรกรรายย่อยต้องเผชิญกับข้อจำกัด หากแปลงปลูกตั้งอยู่ในพื้นที่ทับซ้อนหรือไม่มีเอกสารสิทธิ์ที่ถูกต้องตามกฎหมาย นอกจากนี้เกษตรกรยังต้องปรับเปลี่ยนวิธีการขายผลผลิตแบบดั้งเดิม ไปสู่การจดบันทึกข้อมูลและส่งมอบข้อมูลพิกัดแปลงปลูก ซึ่งสร้างภาระต้นทุนด้านเวลาและการจัดการให้แก่เกษตรกรรายย่อยที่มีข้อจำกัดด้านความพร้อมทางเทคโนโลยี

ระดับกลางน้ำ (Midstream) พ่อค้าคนกลาง ผู้รวบรวมยางท้องถิ่น และสถาบันเกษตรกร ถือเป็นข้อต่อในห่วงโซ่อุปทานที่ต้องเผชิญกับการปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินงานอย่างสิ้นเชิง ในอดีตการรับซื้อผลผลิต เช่น ยางก้อนถ้วย น้ำยางสด หรือยางแผ่น มักเป็นกระบวนการรวบรวม และเทรวมผลผลิตจากเกษตรกรหลายร้อยรายเข้าด้วยกันโดยไม่คัดแยก แต่ภายใต้กฎระเบียบ EUDR ผู้รวบรวมยางจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนระบบโลจิสติกส์ และการบริหารจัดการสต็อก โดยต้องดำเนินการคัดแยกกองผลผลิตอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันไม่ให้ผลผลิตที่ผ่านเกณฑ์ EUDR ปนเปื้อนกับยางนอกระบบ รวมทั้งต้องมีระบบจัดเก็บและส่งต่อข้อมูลพิกัดต้นทางควบคู่ไปกับตัวสินค้าในทุกช่วงของการซื้อขาย

ระดับปลายน้ำ (Downstream) โรงงานแปรรูปยางพาราและผู้ส่งออก จะเป็นผู้รับภาระความรับผิดชอบทางกฎหมายโดยตรงในฐานะผู้จัดทำและยื่นรายงานตรวจสอบสถานะสินค้า ในระบบสารสนเทศของสหภาพยุโรป ก่อนการส่งออก ผู้ส่งออกต้องแบกรับต้นทุนการปฏิบัติตามกฎระเบียบที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก ทั้งจากการลงทุนในระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับ หรือซอฟต์แวร์ติดตามห่วงโซ่อุปทาน ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบความถูกต้องและประเมินความเสี่ยงของข้อมูล ตลอดจนความเสี่ยงทางกฎหมายและทางการค้า หากข้อมูลผิดพลาดต้นน้ำที่ได้รับมามีความคลาดเคลื่อนหรือไม่แท้จริง

ซึ่งผู้เขียนมองเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงในแต่ละองค์ประกอบของห่วงโซ่อุปทานดังกล่าว แสดงให้เห็นว่ากฎระเบียบ EUDR ไม่ได้ส่งผลกระทบจำกัดอยู่เพียงขั้นตอนการส่งออกปลายทางเท่านั้น แต่กำลังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดการจัดระเบียบห่วงโซ่อุปทานยางพาราไทยทั้งระบบ จากเดิมที่มีลักษณะกระจัดกระจาย และมีความคลุมเครือ ให้ก้าวไปสู่การเป็นห่วงโซ่อุปทานดิจิทัลที่โปร่งใสสามารถตรวจสอบย้อนกลับถึงแหล่งต้นกำเนิดได้อย่างแท้จริง

ทรรชนะและข้อสังเกตของผู้เขียน เมื่อพิจารณาจากข้อกำหนดดังกล่าว ผู้เขียนมองว่า EUDR กำลังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิริยาการเปลี่ยนผ่าน ที่บีบบังคับให้อุตสาหกรรมยางพาราไทยต้องเปลี่ยนแปลงห่วงโซ่อุปทานแบบดั้งเดิมที่มักมีความคลุมเครือ และไม่สามารถระบุแหล่งที่มาของ น้ำยาง ยางก้อนถ้วย และ ยางแผ่นดิบ เมื่อผ่านกลไกพ่อค้าคนกลางหลายช่วงของการขาย การเปลี่ยนผ่านไปสู่ห่วงโซ่อุปทานดิจิทัลที่ผูกติดกับเทคโนโลยีสารสนเทศและปัญญาประดิษฐ์จึงไม่ใช่ทางเลือก แต่เป็นทางที่เลี่ยงไม่ได้ที่ผู้ประกอบการไทยต้องเผชิญ (TraceX, 2026)

อย่างไรก็ตามในวิกฤตย่อมมีโอกาสซ่อนอยู่ ผู้เขียนมองว่าประเทศไทยมีความได้เปรียบเชิงเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญเหนือประเทศคู่แข่งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากการที่สหภาพยุโรปจัดให้ประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศความเสี่ยงต่ำ (Low-Risk Country) (สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรประจำสหภาพยุโรป, 2568) สถานะดังกล่าวจะช่วยลดอัตราการสุ่มตรวจสอบของเจ้าหน้าที่ยุโรปลงเหลือเพียงร้อยละ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในกลุ่มความเสี่ยงมาตรฐานที่มีอัตราสุ่มตรวจร้อยละ 3 และกลุ่มความเสี่ยงสูงที่ร้อยละ 9 ความได้เปรียบนี้ได้รับการสนับสนุนจากโครงสร้างพื้นฐานด้านฐานข้อมูลของการยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ที่มีการทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ครอบคลุมเกษตรกรที่ขึ้นทะเบียนกว่าร้อยละ 95 ซึ่งถือเป็นต้นทุนทางข้อมูลที่ประเทศคู่แข่งหลายแห่งยังไม่มี

แต่ทั้งนี้ ผู้เขียนขอตั้งข้อสังเกตว่าสถานะความเสี่ยงต่ำนี้เป็นเพียงความได้เปรียบเชิงสัมพัทธ์ในระยะสั้น ซึ่งเราอยู่ในจุดที่ตีกว่าคู่แข่งแต่ความได้เปรียบนี้อาจจะไม่ยั่งยืน หากอุตสาหกรรมภายในประเทศไม่สามารถปรับโครงสร้างเพื่อรองรับต้นทุนแฝงที่จะเกิดขึ้นในระดับฐานรากได้ ความได้เปรียบนี้อาจสูญเปล่าซึ่งจะนำไปสู่การวิเคราะห์ในหัวข้อถัดไป

ความท้าทายเชิงโครงสร้างเป็นวิกฤตความเหลื่อมล้ำและชะตากรรมของเกษตรกรรายย่อย

แม้ภาพรวมระดับมหภาคของไทยจะดูมีความหวัง แต่เมื่อประเมินลึกลงไปในระดับจุลภาค จะพบกับรอยร้าวเชิงโครงสร้างที่อาจนำไปสู่วิกฤตความเหลื่อมล้ำทางเศรษฐกิจอุตสาหกรรมยางพาราไทยมีลักษณะเป็นตลาดผู้ผลิตรายย่อย (Smallholder-dominated Market) โดยผลผลิตกว่าร้อยละ 90 มาจากเกษตรกรรายย่อย (Smallholders) (พิมลพรรณ โสริกุล และคณะ, 2568) ซึ่งกลุ่มคนเหล่านี้คือผู้ที่ได้รับผลกระทบที่รุนแรงและตรงไปตรงมาที่สุดจากกฎระเบียบ EUDR

ข้อเท็จจริงและข้อมูลเชิงประจักษ์ ความท้าทายหลักที่เกษตรกรรายย่อยต้องเผชิญ สามารถแบ่งออกเป็น 2 มิติที่ทับซ้อนกัน ดังนี้

1. มิติด้านความถูกต้องตามกฎหมายของที่ดิน (Land Tenure Legality) เกษตรกรชาวสวนยางจำนวนมากไม่น้อยในประเทศไทยยังคงประกอบอาชีพบนพื้นที่ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ที่ดินที่ต้องสมบูรณ์ หรือทับซ้อนกับแนวเขตพื้นที่ป่าไม้ของรัฐ ซึ่งขัดต่อเงื่อนไขข้อที่ 2 ของ EUDR โดยตรง แม้ผลผลิตยางนั้นจะไม่ได้เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่าใหม่ (หลังปี พ.ศ. 2563) แต่หากไม่มีเอกสารสิทธิ์ของรัฐมารับรอง ยางพาราเหล่านั้นก็ไม่สามารถจำหน่ายหรือรับรองการตรวจสอบสถานะสินค้า ได้

2. มิติด้านต้นทุนการปฏิบัติตามกฎระเบียบ (Compliance Cost) การจัดทำระบบพิกัด GPS การจ้างผู้ตรวจสอบอิสระ การปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการสวนยางพารา และการแยกกองผลผลิตล้วนมีค่าใช้จ่าย (พินลพวรรณ ไสริกุล และคณะ, 2568) สำหรับผู้ประกอบการรายใหญ่ ต้นทุนเหล่านี้อาจถูกเฉลี่ยให้ลดลงได้ตามหลักการประหยัดต่อขนาดแต่สำหรับเกษตรกรรายย่อย ต้นทุนเหล่านี้คือภาระที่อาจสูงเกินกว่าส่วนต่างกำไรที่พวกเขาได้รับ

ทรรศนะและข้อสังเกตของผู้เขียน ในประเด็นนี้ ผู้เขียนมีมุมมองที่สอดคล้องกับงานวิจัยในระดับสากลของ Warren-Thomas et al. (2023) ว่าแม้มีการนำสินค้ายางพาราเข้าสู่กฎหมายปลอดการตัดไม้ทำลายป่าจะเป็นความจำเป็นด้านนิเวศวิทยา แต่หากขาดกลไกการสนับสนุนที่เพียงพอ กฎหมายนี้อาจสร้างผลกระทบย้อนกลับกลายเป็นเครื่องมือที่นำไปสู่การกีดกันเกษตรกรรายย่อยออกจากขบวนการค้าโลก

ผู้เขียนวิเคราะห์ว่า หากปล่อยให้ผู้ประกอบการส่งออกเป็นฝ่ายหลักภาระต้นทุนในการทำการตรวจสอบสถานะ (ตามกฎหมาย EUDR จะถูกบังคับให้ต้องทำครบทั้ง 3 ขั้นตอน คือ การรวบรวมข้อมูลการประเมินความเสี่ยง และการลดความเสี่ยง) ลงมาสู่เกษตรกรต้นน้ำเพียงฝ่ายเดียว จะเกิดปรากฏการณ์ตลาดแบ่งขั้ว กล่าวคือเกษตรกรที่มีความพร้อมด้านเงินทุนและที่ดินจะสามารถเข้าสู่ห่วงโซ่อุปทานของ EU และอาจได้รับราคาพรีเมียม (Premium Price) ในขณะที่เกษตรกรรายย่อยที่ขาดความพร้อมจะถูกผลักให้ไปขายยางในตลาดที่ไม่ต้องการมาตรฐาน ซึ่งมักเป็นตลาดที่กดราคาและมีความผันผวนทางราคาสูง

ดังนั้น ทรรศนะสำคัญที่บทความนี้ต้องการเน้นย้ำคือระบบการตรวจสอบย้อนกลับ ภายใต้กฎระเบียบ EUDR ควรเป็นกลไกเชิงบวกมากกว่ามาตรการคัดกรองหรือกีดกันเกษตรกรรายย่อยที่ขาดความพร้อมทั้งภาครัฐและภาคเอกชนจึงควรเปลี่ยนมุมมอง โดยใช้ระบบดังกล่าวเป็นเครื่องมือสร้างโอกาสเพื่อดึงเกษตรกรเข้าสู่กระบวนการสนับสนุน ช่วยเหลือการเข้าถึงแหล่งเงินทุน และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน (ไพโร สุตจิตร, 2568)

การประยุกต์ใช้องค์ความรู้การจัดการสวนยางอย่างยั่งยืนตามมาตรฐานสากล

เพื่อรับมือกับวิกฤตความเหลื่อมล้ำและแรงกดดันจากกฎระเบียบ EUDR ดังที่ได้วิเคราะห์ในหัวข้อก่อนหน้านี้ แม้ว่าเทคโนโลยีการตรวจสอบย้อนกลับ จะเป็นเครื่องมือทางเทคนิคที่สำคัญและเป็นเงื่อนไขบังคับที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ในการพิสูจน์ทราบที่มาของผลผลิต แต่การพึ่งพาเทคโนโลยีเพียงมิติเดียวยังไม่เพียงพอที่จะนำพาเกษตรกรก้าวข้ามอุปสรรคทางการค้านี้ไปได้ เนื่องจากเทคโนโลยีทำหน้าที่เป็นเพียงเครื่องมือในการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลแต่ไม่ได้ช่วยยกระดับกระบวนการผลิตจริงในพื้นที่แปลงปลูก ดังนั้นอุตสาหกรรมยางพาราไทยจึงจำเป็นต้องบูรณาการเครื่องมือทางเทคโนโลยีเข้ากับการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านการจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืนซึ่งถือเป็นองค์ความรู้ฐานราก ในการพัฒนาระบบการผลิตให้สอดคล้องกับระเบียบการค้าสากล

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดองค์ความรู้ด้านการจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืนดังกล่าว ไม่ใช่แนวคิดใหม่ ในวงการวิชาการเกษตรของไทย แต่เป็นองค์ความรู้เชิงปฏิบัติที่มีการพัฒนาและเผยแพร่มาอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นหลักการจัดการที่สร้างความสมดุลใน 3 มิติ ได้แก่ ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านสิ่งแวดล้อม (บัญชา สมบูรณ์สุข, 2566) ซึ่งครอบคลุมถึงองค์ความรู้ที่สำคัญ เช่น เทคนิคการจัดการแปลงปลูกโดยไม่บุกรุกป่าไม้เดิม การอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการสารเคมีและของเสียอย่างถูกวิธี การคุ้มครองความปลอดภัย และสิทธิแรงงาน ตลอดจนการเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตต่อไป เป็นต้น

ในระดับสากลองค์ความรู้เชิงปฏิบัติดังกล่าวมีความสอดคล้องโดยตรงกับเกณฑ์ของคณะกรรมการรับรองมาตรฐานการจัดการป่าไม้ (Forest Stewardship Council: FSC) และ Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ทั่วโลกและสหภาพยุโรปให้การยอมรับในปัจจุบันของภาครัฐและภาคเอกชนไทยจึงพยายามผลักดันให้เกษตรกรนำองค์ความรู้นี้ไปปรับใช้จริงในแปลง เพื่อก้าวเข้าสู่ระบบมาตรฐาน FSC/ PEFC และใช้เป็นเครื่องมือยืนยันสถานะการปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่า (กรมประชาสัมพันธ์, 2567) เนื่องจากมาตรฐานเหล่านี้มีข้อกำหนดเชิงลึกที่ครอบคลุมทั้งมิติของพืชที่ที่ดิน การรักษาสภาพแวดล้อม และสิทธิแรงงาน ซึ่งทับซ้อนและเกี่ยวพันกับเงื่อนไขการประเมินความเสี่ยงของกฎระเบียบ EUDR อย่างมีนัยสำคัญ

ทรงสนและข้อสังเกตของผู้เขียน ผู้เขียนมีมุมมองว่าการปรากฏขึ้นของ EUDR ถือเป็นโอกาสของแนวคิดการทำเกษตรยั่งยืนที่เคยมองว่าเป็นเพียงทางเลือกให้กลายเป็นทางรอดมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม การผลักดันเกษตรกรรายย่อยให้ขอรับมาตรฐาน FSC แบบรายบุคคลนั้นเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากต้นทุนที่สูง

ดังนั้นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ในบริบทนี้ ต้องกระทำผ่านระบบการรับรองแบบกลุ่ม (Group Certification) โดยใช้สถาบันเกษตรกรหรือสหกรณ์เป็นแกนกลาง (ไพโร สุจิตร์, 2568) ผู้เขียนมองว่า มาตรฐาน FSC และ PEFC ควรถูกใช้เป็นเครื่องมือเปลี่ยนผ่านที่ช่วยให้เกษตรกรรายย่อยสามารถเรียนรู้การบันทึกข้อมูลการผลิต การจัดการแปลงให้ปลอดสารเคมีต้องห้าม และการพิสูจน์แหล่งที่มา ซึ่งจะทำให้การจัดทำรายงานตรวจสอบสถานะสินค้า ในขั้นตอนของผู้ส่งออกกลายเป็นเรื่องง่ายและโปร่งใสขึ้น

วิธีการศึกษา

บทความวิชาการชิ้นนี้ใช้วิธีการวิจัยเอกสารร่วมกับการวิเคราะห์การอ้างอิงจากข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) โดยผู้เขียนได้กำหนดกระบวนการคัดเลือกและสังเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบเพื่อความโปร่งใสเชิงระเบียบวิธี การสืบค้นข้อมูลดำเนินการระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2569 จากฐานข้อมูลวิชาการระดับนานาชาติ ได้แก่ ScienceDirect, Scopus และ Google Scholar ควบคู่กับรายงานนโยบาย และข้อกำหนดทางกฎหมายจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องโดยตรง อาทิ คณะกรรมาธิการยุโรป (EU Commission) สำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศ ณ กรุงบรัสเซลส์ การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ธนาคารแห่งประเทศไทย และคณะกรรมการรับรองมาตรฐานการจัดการป่าไม้ (FSC/ PEFC) โดยกำหนดขอบเขตระยะเวลาของเอกสารที่เผยแพร่ระหว่างปี พ.ศ. 2563 ถึงปี พ.ศ. 2568 และให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับเอกสารหลังการประกาศใช้กฎระเบียบ EUDR (29 มิถุนายน พ.ศ. 2566) สำหรับเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion Criteria) จะพิจารณาเฉพาะบทความวิจัย บทความวิชาการ รายงานนโยบาย และประกาศทางกฎหมายที่สามารถระบุผู้แต่งหรือหน่วยงานรับรองที่น่าเชื่อถือ และมีเนื้อหาเชื่อมโยงโดยตรงกับตัวแปรหลักของการศึกษา ได้แก่ กฎระเบียบ EUDR โครงสร้างห่วงโซ่อุปทานยางพาราธรรมชาติ ระบบการตรวจสอบย้อนกลับ และการจัดการสวนยางอย่างยั่งยืน โดยทำการคัดออก ในส่วนของบทความข่าวทั่วไปและเอกสารที่ไม่สามารถเข้าถึง

เนื้อหาฉบับเต็มได้ ทั้งนี้ เอกสารทั้งหมดที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกได้ถูกนำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์การอ้างอิง เพื่อสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ความรู้การจัดการสวนยางเดิมเข้ากับข้อกำหนดทางกฎหมายใหม่ ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาและสร้างข้อเสนอเชิงยุทธศาสตร์ผ่าน "กรอบแนวคิดไตรภาคี" เพื่อพัฒนาเป็นข้อเสนอและกรอบแนวคิดเชิงนโยบายสำหรับการปรับตัวของอุตสาหกรรมยางพาราไทย อย่างยั่งยืน ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

ข้อเสนอแนะเชิงยุทธศาสตร์ กรอบแนวคิดไตรภาคีเพื่อความยั่งยืนของยางพาราไทย (Tripartite Framework)

จากการทบทวนวรรณกรรม วิเคราะห์ข้อเท็จจริง และประเมินความเสี่ยงทั้งหมด ผู้เขียนได้สังเคราะห์ องค์ความรู้และข้อเสนอกรอบแนวคิดไตรภาคีเพื่อเป็นโมเดลเชิงนโยบายสำหรับการขับเคลื่อนอุตสาหกรรม ยางพาราไทย กรอบแนวคิดนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าความยั่งยืนภายใต้มาตรการทางการค้าที่มีใช้ภาษี (NTMs) แต่หากปล่อยให้เกษตรกรรายย่อยต้องแบกรับต้นทุนในการปรับตัวไว้เพียงลำพัง ทุกภาคส่วนในห่วงโซ่อุปทาน จึงต้องก้าวไปพร้อมกัน ด้วยการร่วมรับความเสี่ยงและแบ่งปันผลประโยชน์อย่างเป็นธรรม โดยมีเป้าหมาย สูงสุดเพื่อยกระดับยางพาราไทยจากสินค้าเกษตรขั้นต้นไปสู่การเป็น "สินค้ายั่งยืนมูลค่าสูง" (High-Value Sustainable Product) ที่ตอบโจทย์ทั้งความมั่นคงทางเศรษฐกิจ คุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อม ตามมาตรฐาน สิ่งแวดล้อมสากล โดยขับเคลื่อนผ่าน 3 เสาหลักที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน แสดงดัง Figure 1



Figure 1 กรอบแนวคิดไตรภาคี (Tripartite Framework)

เสาหลักที่ 1 การสนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานและนโยบายจากภาครัฐ (Public Policy and Infrastructure Pillar) รัฐบาลต้องปรับบทบาทจากผู้กำกับดูแลเป็นผู้อำนวยความสะดวกอย่างเต็มตัว

- **การสร้างความมั่นคงด้านสิทธิที่ดินทำกิน** เพื่อไม่ให้ข้อจำกัดทางกฎหมายกลายเป็นอุปสรรคต่อเกษตรกรรายย่อย ภาครัฐต้องเร่งขับเคลื่อนโครงการแผนที่แนวเขตที่ดินของรัฐแบบบูรณาการ มาตราส่วน 1:4000 (One Map) เพื่อแก้ไขปัญหาที่ดินทับซ้อนและเร่งออกโฉนดเพื่อการเกษตร โดยสามารถนำประสบการณ์และความสำเร็จจากระบบรับรองความถูกต้องตามกฎหมายของไม้ไทย (TH-TLAS) มาเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบรับรองที่โปร่งใสและเชื่อถือได้ของเกษตรกร (European Forest Institute, 2025)

- **โครงสร้างพื้นฐานด้านข้อมูล** การยางแห่งประเทศไทย (กยท.) ต้องขับเคลื่อนบทบาทการเป็นศูนย์กลางข้อมูล (Data Hub) ผ่านระบบ GIS Rubber และเชื่อมต่อกับแพลตฟอร์มการซื้อขาย TRT (Thai Rubber Trade) (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2567) เพื่อสนับสนุนให้เกษตรกรสามารถนำข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์มาใช้ประโยชน์ทางการค้าได้จริง โดยไม่มีค่าใช้จ่ายและข้อจำกัดทางเทคโนโลยี

- **กลไกทางการเงิน** รัฐควรพิจารณาสนับสนุนสินเชื่อสีเขียว (Green Loans) เพื่อเสริมสภาพคล่องในการปรับตัวของสถาบันเกษตรกร

เสาหลักที่ 2 การจัดการห่วงโซ่อุปทานและกลไกตลาดที่เป็นธรรม (Supply Chain and Market Mechanism Pillar) ผู้ประกอบการรายใหญ่และผู้ส่งออกต้องขับเคลื่อนบทบาทการเป็นผู้เชื่อมต่อโอกาสและผู้ร่วมรับความเสี่ยงเพื่อเกื้อกูลเกษตรกรต้นน้ำ ดังนี้

- **การบริหารจัดการระบบข้อมูลโลจิสติกส์** ภาคเอกชนต้องเป็นผู้ลงทุนในระบบตรวจสอบย้อนกลับ เช่น เทคโนโลยีบล็อกเชน และบริหารจัดการระบบคัดแยกกองสินค้า อย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของผลผลิตที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ EUDR โดยไม่ทิ้งภาระค่าใช้จ่ายและขั้นตอนที่ซับซ้อนเหล่านี้ให้เกษตรกรต้นน้ำ (TraceX, 2026)

- **นโยบายราคาพรีเมียม (Premium Price)** การที่เกษตรกรรายย่อยสามารถเข้าถึงตลาดยุโรปและเกิดผลดีต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ของฟาร์มได้อย่างแท้จริงนั้น จำเป็นต้องมีกลไกราคารับซื้อพรีเมียมมารองรับ (Abro et al., 2025) กลไกตลาดจึงต้องรับประกันส่วนต่างราคาที่สูงขึ้นเพื่อชดเชยต้นทุน และสร้างแรงจูงใจที่เป็นธรรมให้แก่เกษตรกร (ไพโร สุตจิตร, 2568)

เสาหลักที่ 3 การยกระดับความเข้มแข็งของชุมชนและเกษตรกรรายย่อย (Smallholder Empowerment Pillar) เกษตรกรรายย่อยต้องเสริมสร้างศักยภาพของตนเอง เพื่อปรับเปลี่ยนจากการเป็นผู้พึ่งพิงสู่การเป็นผู้มีอำนาจต่อรองในห่วงโซ่อุปทาน

- **ยุทธศาสตร์การรวมกลุ่ม** ภายใต้ข้อจำกัดและกติกาการค้าระดับโลก เกษตรกรรายย่อยไม่อาจแบกรับต้นทุนการปรับตัวอย่างโดดเดี่ยวตามลำพังได้ ต้องอาศัยการรวมกลุ่มผ่านสถาบันเกษตรกรหรือสหกรณ์ เพื่อร่วมกันจัดทำระบบควบคุมภายใน สำหรับรองรับการรับรองมาตรฐานแบบกลุ่ม ซึ่งจะช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ความยุ่งยากทางเอกสาร และสามารถเพิ่มข้อต่อรองทางการตลาด

- **การปรับตัวสู่วิถีเกษตรยั่งยืน** โดยเกษตรกรจะต้องให้ความร่วมมือจัดเก็บพิกัดทางภูมิศาสตร์โดยไม่บุกรุกพื้นที่ป่า และร่วมกันอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ การปรับตัวดังกล่าวไม่ใช่แค่เพื่อให้ผ่านเกณฑ์ของ EUDR แต่เป็นการสร้างจะเป็นการภูมิคุ้มกันระดับชุมชน ที่สามารถช่วยปกป้องความมั่นคงในอาชีพของเกษตรกรได้ และเตรียมพร้อมรับมือกับความท้าทายด้านมาตรฐานสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในอนาคตได้อย่างยั่งยืน (Warren-Thomas et al., 2023)

บทสรุป

อุตสาหกรรมยางพาราไทยกำลังเผชิญอยู่กับจุดเปลี่ยนผ่านที่สำคัญ โดยมีกฎระเบียบ EUDR เป็นแรงผลักดันให้เกิดการปฏิรูปโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานทั้งระบบ จากการสังเคราะห์องค์ความรู้และวิเคราะห์เอกสาร บทความวิชาการชิ้นนี้ข้อสรุปได้ว่า แม้ประเทศไทยจะมีข้อได้เปรียบเบื้องต้นจากการถูกประเมินให้อยู่ในกลุ่มประเทศความเสี่ยงต่ำ แต่ความเปราะบางของเกษตรกรรายย่อยนั้น ทั้งในด้านความไม่มั่นคงของสิทธิในที่ดินทำกิน และข้อจำกัดด้านทุนทรัพย์ในการเข้าถึงระบบตรวจสอบย้อนกลับ ยังคงเป็นจุดอ่อนเชิงโครงสร้างที่อาจก่อให้เกิดความเหลื่อมล้ำ และผลกระทบเชิงลบต่อคุณภาพชีวิตของเกษตรกรในระยะยาว

ทางรอดของอุตสาหกรรมยางพาราไทยภายใต้วิกฤตนี้ จึงไม่ใช่เพียงแต่การพึ่งพาเครื่องมือทางเทคโนโลยี หากแต่เป็นการบูรณาการมิติทางสังคมและนโยบายเข้าด้วยกันผ่าน "กรอบแนวคิดไตรภาคี" โดยภาครัฐมีหน้าที่สนับสนุนโครงสร้างพื้นฐานและแก้ไขข้อจำกัดด้านสิทธิที่ดินทำกิน กลไกตลาดและภาคเอกชนต้องยกระดับความโปร่งใสควบคู่ไปกับการร่วมรับความเสี่ยงผ่านระบบราคาพรีเมียมที่เป็นธรรม และท้ายที่สุดคือการเสริมสร้างศักยภาพให้เกษตรกรรายย่อยให้มีความเข้มแข็ง ผ่านการรวมกลุ่มและยกระดับการจัดการสวนยางสู่วิถีเกษตรยั่งยืนตามมาตรฐานสากล

ซึ่งผู้เขียนมีมุมมองว่าหากประเทศไทยสามารถขับเคลื่อนพันธกิจทั้งสามเสาหลักนี้ร่วมกันได้อย่างเป็นระบบ กฎระเบียบ EUDR จะไม่ใช่ข้อจำกัดทางการค้าอีกต่อไป แต่จะกลายเป็นจุดเปลี่ยน โอกาส และเป็นแรงขับเคลื่อนในการยกระดับยางพาราไทยให้ก้าวพ้นจากการเป็นเพียงสินค้าเกษตรขั้นต้นที่ต้องแข่งขันด้วยราคาสู่การเป็น "สินค้ายั่งยืนมูลค่าสูง" (Premium Sustainable Product) ซึ่งไม่เพียงสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันบนเวทีการค้าโลก แต่ยังช่วยสร้างความมั่นคงในอาชีพ สร้างคุณภาพชีวิตที่ดี และความภาคภูมิใจให้แก่เกษตรกรไทยได้อย่างแท้จริง

เอกสารอ้างอิง

- กรมประชาสัมพันธ์. (2567). ไทยประกาศความพร้อมทำสวนยางแบบไม่ทำลายป่า ผลักดันไทยเป็นผู้ส่งออกยางพาราชั้นนำของโลกตามกฎระเบียบ EUDR ก้าวสู่วิถีเกษตรแบบยั่งยืน. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2569, จาก <https://www.prd.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/297840>
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2567). กระทรวงเกษตรฯ เปิดตัวแพลตฟอร์มซื้อ-ขายยางตรวจสอบย้อนกลับผลผลิตได้ Thai Rubber Trade (TRT). ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2569, จาก <https://www.moac.go.th/news-preview-461191792450>
- บัญชา สมบูรณ์สุข. (2566). ระบบการจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ประพันธ์ สีน้อย. (2566). EUDR เมื่อสินค้าที่ส่งออกไปสหภาพยุโรปต้องปราศจากการทำลายป่า. ธนากรกรุงศรีอยุธยา. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2569 จาก <https://www.krungsri.com/th/research/research-intelligence/eudr-2023>
- พิมลพรรณ ไสริกุล, ณิษชล ปัญญาชิโรกุล, และศุภณิดา รัตนบุรี. (2568). ผลกระทบของกฎระเบียบ EU Deforestation Regulation (EUDR) ต่ออุตสาหกรรมยางพาราไทย (Economic Pulse Issue 9). ธนากรแห่งประเทศไทย.
- ไพโร สุจิตร์. (2568). แนวทางการพัฒนาและการขับเคลื่อนการจัดการสวนยางพาราตามกฎระเบียบว่าด้วยสินค้าปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่าของสหภาพยุโรป. ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรเกษตรเขตร้อน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรประจำสหภาพยุโรป. (2568). EU ประกาศไทยเป็นประเทศ “ความเสี่ยงต่ำ” ภายใต้กฎ EUDR. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2569 จาก <https://www.agrithai.be>
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2567). ไทยต้องพร้อมรับ EUDR เมื่ออียูเตรียมแบนสินค้าเข้าช่วยทำลายป่า. กระทรวงพาณิชย์.
- สำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศ ณ กรุงบรัสเซลส์. (2568). ข้อกำหนดว่าด้วยสินค้าที่ปลอดจากการตัดไม้ทำลายป่า (EUDR). กระทรวงพาณิชย์.

TraceX. (2026). EUDR Compliance Tools for Rubber Exporters: A Comprehensive Guide to Traceability and DDS Automation. TraceX Technologies. Retrieved ค่ำเมื่ อ 25 มีนาคม 2569 จาก <https://tracex.tech.com/eudr-compliance-tools-rubber-exporters/>

Abro, Z., et al. (2025). EUDR Compliance in Ghana's Natural Rubber Sector and Its Implications for Smallholders. MDPI.

Manopinives, S., Aung, E. D., & Sasaki, N. (2025). The Impacts of the EU Deforestation Regulation on Businesses in Thailand: Challenges and Opportunities.

Warren-Thomas, E., et al. (2023). Rubber's inclusion in zero-deforestation legislation is necessary but not sufficient to reduce impacts on biodiversity.

OpenAI. (2026). ChatGPT (Mar 14 version) [Large language model]. <https://chat.openai.com>

บทความวิจัย

การรักษาคุณภาพผักกาดแก้วตัดแต่งโดยการล้างด้วยน้ำร้อน ร่วมกับแคลเซียมแลคเตท

Preservation of Quality in Fresh-Cut Iceberg Lettuce Using Hot Water Washing and Calcium Lactate Treatment

พัชรี กิตติสุบรรณ^{1*} และ ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ²

Phatcharee Kittisubun^{1*}, and Laddawan Kowitcharoen²

¹คณะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการจัดการอาหาร สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ นนทบุรี ประเทศไทย 11120

²สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี ประเทศไทย 11120

¹Faculty of Food Science, Technology and Management, Panyapiwat Institute of Management, Nonthaburi, Thailand, 11120

²Agricultural Extension and Development, School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

*Corresponding author: phatchareekit@cpram.co.th

บทคัดย่อ

ผักกาดแก้วตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ที่เสื่อมคุณภาพได้อย่างรวดเร็วหลังการตัดแต่ง โดยเฉพาะการเกิดสีน้ำตาล และการเหี่ยวซึ่งส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาของผู้บริโภค งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจุ่มแคลเซียมแลคเตทร่วมกับการจุ่มน้ำร้อนต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลและการคงคุณภาพของผักกาดแก้วตัดแต่งพร้อมบริโภค ผักกาดแก้วตัดแต่งทำความสะอาดด้วยน้ำประปาถูกแบ่งออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ ได้แก่ ชุดควบคุม (จุ่มน้ำอุณหภูมิ 5 °C) การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 °C ตามด้วยน้ำเย็น (HW > CW) การจุ่มน้ำร้อนตามด้วยน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตท 1.5% (HW > 1.5% CL in CW) และการจุ่มน้ำร้อนที่มีแคลเซียมแลคเตท 1.5% ตามด้วยน้ำเย็น (1.5% CL in HW > CW) จากนั้นเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 6 วัน ผลการทดลองพบว่าชุดควบคุมมีการเกิดสีน้ำตาลสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.41 ในขณะที่ทรีตเมนต์ HW > 1.5% CL in CW ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดสีน้ำตาลต่ำที่สุด โดยมีคะแนนต่ำสุดเพียง 0.93 เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ความเหี่ยวของใบเพิ่มขึ้นในทุกทรีตเมนต์ อย่างไรก็ตามการใช้แคลเซียมแลคเตทร่วมกับการจุ่มน้ำร้อนช่วยลดความรุนแรงของความเหี่ยวได้ดีกว่าชุดควบคุม คะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคลดลงตามระยะเวลาเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์แต่ทรีตเมนต์ HW > 1.5% CL in CW ยังคงมีคะแนนการยอมรับสูงที่สุดในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา และยิ่งสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับอย่างชัดเจน ขณะที่ค่าแรงเหวี่ยงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าการจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 °C ตามด้วยน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตท 1.5% มีแนวโน้มช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพและคงคุณภาพของผักกาดแก้วตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าชุดควบคุม

คำสำคัญ: ผักกาดแก้วตัดแต่ง แคลเซียมแลคเตท การจุ่มน้ำร้อน การเกิดสีน้ำตาล ความเหี่ยว

Abstract

Fresh-cut lettuce is a highly perishable product that rapidly deteriorates after processing, particularly due to enzymatic browning and wilting, which adversely affect consumer acceptance. This research aimed to investigate the effect of calcium lactate dipping combined with heat treatment on enzymatic browning reduction and quality maintenance of fresh-cut Iceberg lettuce. The sample was divided into four treatments: control (tap water washing followed by dipping in water at 5 °C), hot water dipping at 45 °C followed by cold water dipping (HW > CW), hot water dipping followed by cold water containing 1.5% calcium lactate dipping (HW > 1.5% CL in CW), and hot water containing 1.5% calcium lactate dipping followed by cold water dipping (1.5% CL in HW > CW). All samples were then stored at 10 °C for 6 days. The results showed that the control had the highest browning score, significantly reaching 2.41 on day 6 of storage. In contrast, the HW > 1.5% CL in CW treatment showed the lowest browning score of 0.93 at the end of storage. Leaf wilting increased during storage in all treatments, however, treatments combining calcium lactate with hot water dipping reduced wilting severity more effectively than the control. Overall consumer acceptance scores declined over time in all treatments, but the HW > 1.5% CL in CW treatment maintained the highest acceptance score on day 4 of storage, which remained well above the acceptable threshold. Shear force did not differ significantly among treatments throughout storage time. In conclusion, hot water dipping followed by cold water containing 1.5% calcium lactate dipping treatment tended to delay quality deterioration and maintain the quality of fresh-cut lettuce during storage compared with the control.

Keyword: Fresh-cut Iceberg lettuce, Calcium lactate, Hot water dipping, browning, wilting

บทนำ

ตลาดผักและผลไม้ที่แปรรูปต่ำ (minimally processed) มีการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงที่ผ่านมา ทั้งนี้เนื่องมาจากความต้องการอาหารเพื่อสุขภาพและความสะดวกของผู้บริโภค อย่างไรก็ตามกระบวนการแปรรูปเพียงเล็กน้อย เช่น การหั่นหรือการปอก ทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความเครียดหลังการเก็บเกี่ยว (postharvest stress) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เร่งการสูญเสียคุณภาพของผลผลิต ทั้งในด้านสี เนื้อสัมผัส และอายุการเก็บรักษา (Hodges & Toivonen, 2008) โดยเฉพาะในผักสลัด ปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาของผู้บริโภคคือการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีคล้ำไม่น่ารับประทาน สูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ และมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง (พัชรินทร์ สายสังข์, 2545) การพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมผักและผลไม้สดแช่แข็งพร้อมบริโภค ในขณะเดียวกันอุตสาหกรรมผักพร้อมบริโภคกำลังเผชิญกับข้อจำกัดด้านกฎระเบียบในการใช้สารฆ่าเชื้อแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะคลอรีนซึ่งถูกห้ามใช้ในหลายประเทศในยุโรป ส่งผลให้เกิดความจำเป็นในการค้นหาสารทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้นสำหรับการล้างผักและผลไม้ (Ahvenainen, 1996)

แคลเซียมเป็นหนึ่งในสารทางเลือกที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการรักษาความแข็งแรงของเนื้อเยื่อพืชผ่านการเชื่อมโยงกับเพกตินในผนังเซลล์ โดยแคลเซียมแลคเตทถูกพิจารณาว่าเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าแคลเซียมคลอไรด์ เนื่องจากช่วยรักษาความแน่นของเนื้อเยื่อโดยไม่ก่อให้เกิดรสขมที่ไม่พึงประสงค์ (Luna-Guzmán & Barrett, 2000) นอกจากนี้ การใช้ความร้อนระดับอ่อนหรือการช็อกด้วยความร้อน (heat shock treatment) ได้ถูกนำมาใช้ทั้งแบบเดี่ยวและร่วมกับสารอื่นเพื่อชะลอการเกิดสีน้ำตาลและรักษาความแข็งของเนื้อเยื่อในผักและผลไม้สดแช่แข็ง โดยกลไกที่เป็นไปได้เกี่ยวข้องกับกระตุ้นเอนไซม์ Pectin Methyl Esterase (PME) และการเพิ่มการแพร่ของแคลเซียมเข้าสู่เนื้อเยื่อพืชที่อุณหภูมิสูงขึ้น (Bartolome & Hoff, 1972) แม้ว่าจะมีรายงานการใช้แคลเซียมและ Heat Shock ในผลผลิตอื่น แต่การศึกษาเกี่ยวกับการใช้แคลเซียมแลคเตทเป็นสารล้างสำหรับผักกาดแก้วยังมีอยู่อย่างจำกัด จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า Martin-Diana et al. (2005) ได้ศึกษาการล้างผักกาดแก้วแช่แข็งด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทที่ความเข้มข้น 1.5% ร่วมกับน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C พบว่า สามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO) และช่วยรักษาคุณภาพของผักกาดแก้วแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษาได้ดี ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำค่าความเข้มข้นของแคลเซียมแลคเตทที่ 1.5% มาใช้เป็นแนวทางและปรับใช้อุณหภูมิ น้ำร้อนที่ 45 °C ซึ่งเป็นช่วงที่มีรายงานว่าสามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อพืช (Jiang et al., 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาผลของการจุ่มแคลเซียมแลคเตทและการจุ่มน้ำร้อนต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลและการคงคุณภาพของผักกาดแก้วแช่แข็งพร้อมบริโภค

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการจุ่มแคลเซียมแลคเตทร่วมกับการจุ่มน้ำร้อนต่อการลดการเกิดสีน้ำตาลและการคงคุณภาพของผักกาดแก้วแช่แข็งพร้อมบริโภค

อุปกรณ์และวิธีการ

หัวผักกาดแก้วถูกเก็บเกี่ยวจากแหล่งผลิตของเกษตรกรและขนส่งมายังห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินการทดลอง จากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างโดยการตัดหัว แยกใบ คัดเลือกใบที่มีคุณภาพ และตัดแต่งให้ได้ขนาดที่เหมาะสมก่อนเข้าสู่การทดสอบ ทั้งนี้ผักกาดแก้วที่ผ่านการตัดแต่งแล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา และแบ่งออกเป็น 4 ทรีตเมนต์ โดยแต่ละทรีตเมนต์ล้างด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ ทรีตเมนต์ที่ 1 ชุดควบคุมจุ่มน้ำอุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 1 นาที (Control) ทรีตเมนต์ที่ 2 จุ่มน้ำอุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 1 นาที และจุ่มน้ำอุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 1 นาที (HW>CW) ทรีตเมนต์ที่ 3 จุ่มน้ำอุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 1 นาที และจุ่มน้ำอุณหภูมิ 5 °C ที่มีแคลเซียมแลคเตท (calcium lactate) เข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 1 นาที (HW>1.5% CL in CW) และทรีตเมนต์ที่ 4 จุ่มน้ำอุณหภูมิ 45 °C ที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% เป็นเวลา 1 นาที และจุ่มน้ำอุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 1 นาที (1.5% CL in HW>CW) จากนั้นทำการสะเด็ดน้ำส่วนเกินออก บรรจุในภาชนะปริมาณภาชนะละ 15 กรัม แล้วคลุมด้วยถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนก่อนนำไปเก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 10 °C เป็นเวลา 6 วัน สำหรับการประเมินในระหว่างการเก็บรักษา แต่ละทรีตเมนต์ใช้ตัวอย่างจำนวน 3 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำคือผักกาดแก้วตัดแต่ง 1 ภาชนะ ติดตามการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพทุก 2 วัน ได้แก่ การเกิดสีน้ำตาล ความเหี่ยว การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค และค่าแรงเหวี่ยง โดยการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาลประเมินด้วยสายตาบริเวณรอยตัดและแผ่นใบทั้งหมดของผักกาดแก้วตัดแต่ง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ (0 = ไม่เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด 1 = เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด 1-25% ของบริเวณรอยตัดทั้งหมด 2 = เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด 26-50% ของบริเวณรอยตัดทั้งหมด 3 = เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด 51-75% ของบริเวณรอยตัดทั้งหมด และ 4 เกิดสีน้ำตาลที่บริเวณรอยตัด 76-100% ของบริเวณรอยตัดทั้งหมด) การให้คะแนนความเหี่ยวได้จากการประเมินด้วยสายตา โดยให้ผู้ทดสอบสังเกตความเหี่ยวของแผ่นใบทั้งหมดของผักกาดแก้วตัดแต่ง โดยแบ่งเป็น 5 ระดับ (0 = ไม่ปรากฏอาการเหี่ยว 1 = ปรากฏอาการเหี่ยว 1-25% ของพื้นที่ใบ 2 = ปรากฏอาการเหี่ยว 26-50% ของพื้นที่ใบ 3 = ปรากฏอาการเหี่ยว 51-75% ของพื้นที่ใบ และ 4 ปรากฏอาการเหี่ยว 76-100% ของพื้นที่ใบ) การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคประเมินการให้คะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 15 คน ซึ่งพิจารณาจากความชอบมากที่สุดถึงน้อยที่สุด (9 = ชอบมากที่สุด 8 = ชอบมาก 7 = ชอบปานกลาง 6 = ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 3 = ไม่ชอบปานกลาง 2 = ไม่ชอบมาก 1 = ไม่ชอบมากที่สุด) และหาค่าแรงเหวี่ยงโดยการนำใบของผักกาดแก้วตัดแต่งมาวัดค่าแรงเหวี่ยงด้วยเครื่อง texture analyzer (Model; TA-XT2, Stable microsystem, England) โดยใช้หัววัดแบบใบมีด (Blade Set) ตัดผ่านกลางชั้นของผักกาดแก้วตัดแต่ง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 4 ทรีตเมนต์ แต่ละทรีตเมนต์มี 3 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) โดยใช้โปรแกรม SAS และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัย

1. การเกิดสีน้ำตาล การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการเกิดสีน้ำตาลของผักกาดแก้วตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C แสดงดัง Figure 1 จากการทดลองพบว่าคะแนนการเกิดสีน้ำตาลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ ผักกาดแก้วตัดแต่งชุดควบคุมมีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา และมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเท่ากับ 2.41 ในขณะที่ทรีตเมนต์อื่น ๆ สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดแก้วตัดแต่งได้และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาล

อยู่ในช่วง 0.93-1.52 ทรีตเมนต์การล้างผักกาดแก้วด้วยน้ำร้อน (45 °C) ตามด้วยน้ำเย็น (5 °C) ที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% (HW > 1.5% CL in CW) มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดสีน้ำตาลมากกว่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยผักกาดแก้วตัดแต่งมีคะแนนการเกิดสีน้ำตาลน้อยที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ณ วันที่ 6 พบว่า คะแนนการเกิดสีน้ำตาลมีค่าเท่ากับ 0.93

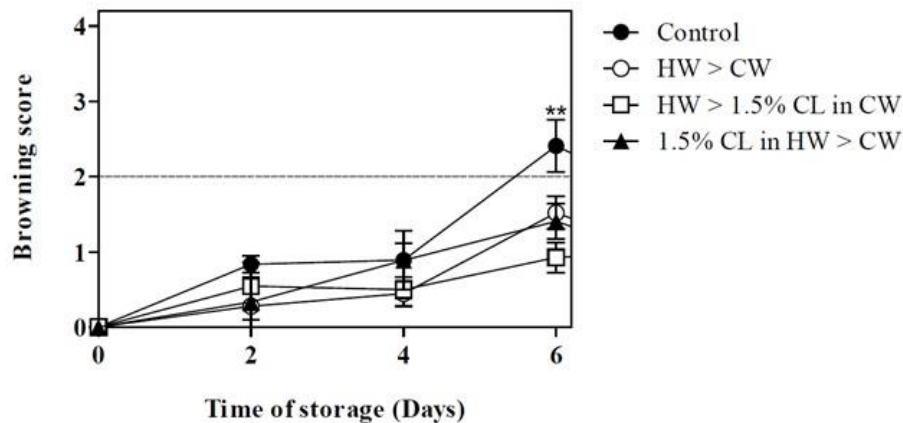


Figure 1 Changes of browning score in Fresh-cut Iceberg lettuce washed with various methods during storage at 10 °C

2. ความเหี่ยวของใบ การเปลี่ยนแปลงของคะแนนความเหี่ยวของผักกาดแก้วตัดแต่งที่ล้างด้วยวิธีต่าง ๆ ระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิ 10 °C แสดงใน Figure 2 พบว่าคะแนนความเหี่ยวของผักกาดแก้วตัดแต่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกทรีตเมนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุดควบคุมมีความเหี่ยวของใบเกิดขึ้นมากที่สุดและเกิดขึ้นเร็วกว่าทรีตเมนต์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 2 และ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนความเหี่ยวเท่ากับ 0.94 และ 2.00 ตามลำดับ ในขณะที่ทรีตเมนต์ที่ล้างด้วยน้ำร้อนตามด้วยน้ำเย็น (HW > CW) รวมถึงทรีตเมนต์ที่มีการใช้แคลเซียมแลคเตททั้งสองรูปแบบ (HW > 1.5% CL in CW และ 1.5% CL in HW > CW) ยังคงมีคะแนนความเหี่ยวต่ำกว่า และยังมีค่าไม่เกินระดับเกณฑ์ความยอมรับ (ระดับ 2) เมื่อครบระยะเวลาการเก็บรักษา 6 วัน ทุกทรีตเมนต์มีค่าคะแนนการเหี่ยวเพิ่มขึ้นโดยค่าคะแนนของชุดควบคุมยังคงสูงที่สุดและเกินระดับ 2 ซึ่งเป็นระดับที่เริ่มเห็นอาการเหี่ยวชัดเจน ในขณะที่ทรีตเมนต์ HW > CW และทรีตเมนต์ที่ใช้แคลเซียมแลคเตทมีค่าคะแนนต่ำกว่า โดยเฉพาะทรีตเมนต์การจุ่มในน้ำร้อนที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% ตามด้วยจุ่มด้วยน้ำเย็น (1.5% CL in HW > CW) ซึ่งมีค่าการเหี่ยวต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างเด่นชัด จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่า การล้างผักกาดแก้วตัดแต่งด้วยการจุ่มในน้ำร้อน (45 °C) ที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% ตามด้วยน้ำเย็น (1.5% CL in HW > CW) ช่วยลดความรุนแรงของความเหี่ยวของผักกาดแก้วได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าชุดควบคุมแต่อย่างไรก็ตามไม่มีความแตกต่างกับทรีตเมนต์อื่น ๆ

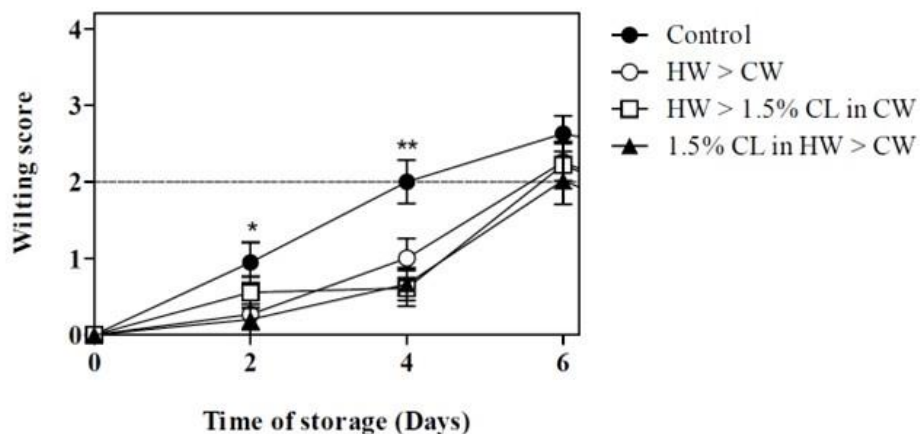


Figure 2 Changes of wilting score in Fresh-cut Iceberg lettuce washed with various methods during storage at 10 °C

3. การยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคที่ผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C แสดงดัง Figure 3 ผลการประเมินพบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกทริตเมนต์ตามระยะเวลาการเก็บรักษา โดยมีเกณฑ์การยอมรับขั้นต่ำอยู่ที่ 5.0 คะแนน ทริตเมนต์ควบคุม (Control) มีการลดลงของคะแนนการยอมรับโดยรวมเร็วที่สุด โดยคะแนนลดลงจาก 9 ในวันที่ 0 เหลือ ประมาณ 6.8 ในวันที่ 2 และลดลงต่ำกว่าเกณฑ์การยอมรับอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา โดยมีคะแนนอยู่ที่ประมาณ 5.0 ก่อนลดลงต่อเนื่องจนเหลือเพียง 3.3 ในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมทริตเมนต์อื่น ๆ สามารถระดับคะแนนการยอมรับโดยรวมไว้ได้สูงกว่าโดยเฉพาะในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ทริตเมนต์การจุ่มน้ำร้อนตามด้วยน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% (HW > 1.5 % CL in CW) และทริตเมนต์จุ่มน้ำร้อนตามด้วยน้ำเย็น (HW > CW) ยังคงมีคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงที่สุดที่ประมาณ 7.8 และ 7.5 ตามลำดับ ซึ่งยังสูงกว่าเกณฑ์การยอมรับอย่างชัดเจน เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาพบว่าคะแนนการยอมรับโดยรวมของทุกทริตเมนต์ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ทั้งหมด โดยชุดควบคุมยังคงต่ำที่สุดที่ 3.3 ขณะที่ทริตเมนต์ HW > CW, HW > 1.5% CL in CW และ 1.5% CL in HW > CW มีคะแนนใกล้เคียงกันและสูงกว่าชุดควบคุมเล็กน้อยที่ประมาณ 4.15 แม้ว่าคะแนนในช่วงท้ายจะลดลง แต่ทริตเมนต์ HW > 1.5 % CL in CW ยังมีแนวโน้มคงคุณภาพด้านความยอมรับได้ดีกว่า อาจกล่าวได้ว่าการจุ่มผักกาดแก้วในน้ำร้อนตามด้วยน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% มีแนวโน้มช่วยคงความสดและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสได้ดีกว่าทริตเมนต์อื่น ๆ ส่งผลให้ผู้บริโภคยอมรับสูงกว่าในช่วง 4 วันแรกของการเก็บรักษา

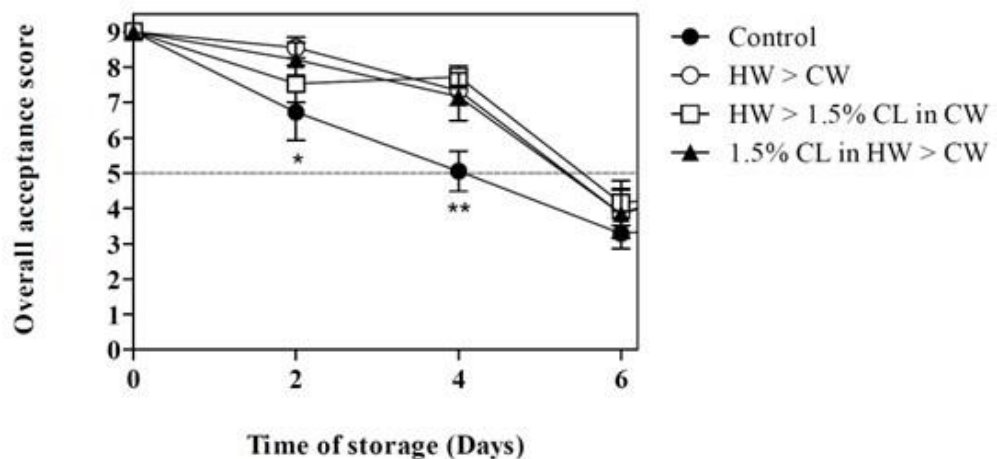


Figure 3 Changes of overall acceptance score in Fresh-cut Iceberg lettuce washed with various methods during storage at 10 °C

4. ค่าแรงเฉือน การเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนของผักกาดแก้วตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C แสดงให้เห็นว่าค่าแรงเฉือนของทุกทรีตเมนต์อยู่ในช่วงประมาณ 26.84–45.35 N และค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทรีตเมนต์ ในวันเริ่มต้นพบว่าทรีตเมนต์ที่จุ่มด้วยน้ำร้อนตามด้วยจุ่มด้วยน้ำเย็น (HW > CW) และชุดควบคุมมีค่าแรงเฉือนไม่แตกต่างกัน แต่มีค่าสูงกว่าทรีตเมนต์ที่มีการใช้แคลเซียมแลคเตททั้งสองรูปแบบอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากวันที่ 2 ของการเก็บรักษาเป็นต้นไป ค่าแรงเฉือนของทุกทรีตเมนต์มีค่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และไม่พบความแตกต่างทางสถิติจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา แม้ว่าทรีตเมนต์ HW > 1.5% CL in CW จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันที่ 4 จากผลการทดลองอาจกล่าวได้ว่าการจุ่มน้ำร้อนหรือการใช้แคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของผักกาดแก้วตัดแต่งอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากค่าแรงเฉือนของทุกทรีตเมนต์ยังคงค่อนข้างคงที่และอยู่ในระดับใกล้เคียงกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา (Figure 4)

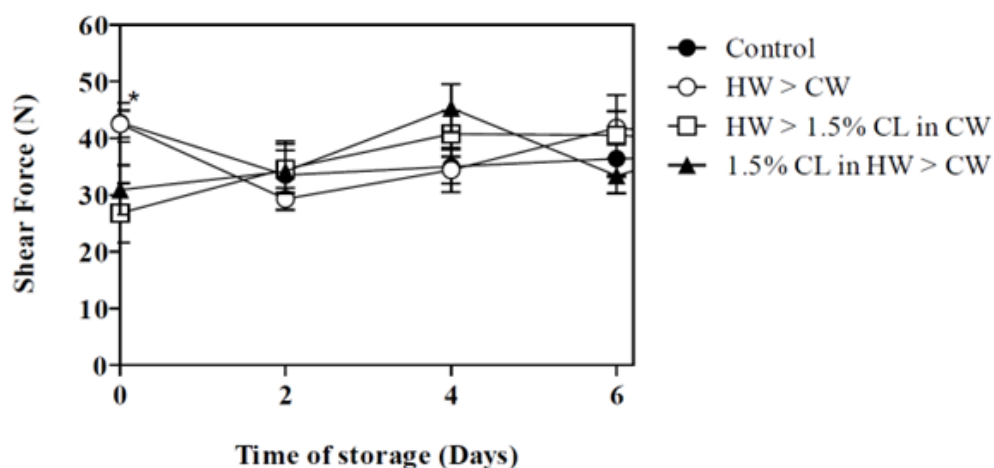


Figure 4 Changes of shear force in Fresh-cut Iceberg lettuce washed with various methods during storage at 10 °C

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การจุ่มน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 °C ตามด้วยน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตท ความเข้มข้น 1.5% มีแนวโน้มช่วยชะลอการเกิดสีน้ำตาล ลดความเหี่ยว และคงการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคในผักกาดแก้วตัดแต่งระหว่างการเก็บรักษาได้ดีกว่าชุดควบคุม เนื่องจากผลทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างทรีตเมนต์ที่ใช้และไม่ใช้แคลเซียมแลคเตทร่วมกับน้ำร้อน อาจกล่าวได้ว่าการจุ่มน้ำร้อนเป็นปัจจัยสำคัญในการชะลอการเสื่อมคุณภาพ ขณะที่การใช้แคลเซียมแลคเตทร่วมด้วยแสดงแนวโน้มสนับสนุนการคงคุณภาพ แต่ยังไม่สามารถยืนยันผลได้อย่างชัดเจนจากข้อมูลในการทดลองนี้

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ผักกาดแก้วตัดแต่งที่ผ่านการล้างด้วยวิธีต่าง ๆ แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 °C พบว่ามีการเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งเป็นลักษณะที่พบได้ทั่วไปในผักสดที่ผ่านการตัดแต่ง โดยผักกาดแก้วชุดควบคุมที่ผ่านการล้างน้ำเย็น (5 °C) มีการเกิดสีน้ำตาลมากที่สุดที่ 2.41 คะแนน ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลนี้เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อเนื้อเยื่อพืชได้รับความเสียหายทางกล เช่น การหั่น หรือการปอก เนื่องจากการทำลายเนื้อเยื่อดังกล่าวทำให้เอนไซม์หลัก คือ PPO และซีบสเตอร์ท คือ สารประกอบฟีนอลิก เกิดการสัมผัสและทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดปัญหาสำคัญต่อคุณภาพของผักและผลไม้สด (Jiang et al., 2016) ในทางตรงข้ามทรีตเมนต์ที่จุ่มน้ำร้อนก่อนจะจุ่มน้ำเย็นที่มีแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5 % (HW > 1.5% CL in CW) ช่วยลดการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดแก้วตัดแต่งได้ โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนนการเกิดสีน้ำตาลเพียง 0.93 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ความร้อนในระดับที่เหมาะสมร่วมกับแคลเซียมแลคเตทอาจมีฤทธิ์เสริมกันในการชะลอการเกิดสีน้ำตาลในผักกาดแก้วตัดแต่งได้ สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่รายงานว่าการใช้น้ำร้อนในอุณหภูมิที่เหมาะสม (ประมาณ 45°C) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO และเพอร์ออกซิเดสได้ กลไกการยับยั้งนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเอนไซม์ (enzyme denaturation) ที่เป็นผลจากความร้อนซึ่งช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์โดยไม่ทำให้เนื้อเยื่อเกิดความเสียหายเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ยังไม่สูงจนเกินไป (Jiang et al., 2016) นอกจากนี้ Ma et al. (2021) รายงานว่าการแช่มะเขือยาวในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 45 °C เป็นเวลา 20 นาที และ 30 นาที ก่อนนำไปตัดแต่งช่วยยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการแช่ 30 นาที มีประสิทธิภาพดีกว่า 20 นาที โดยความร้อนช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และชะลอการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด ทำให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C จากเดิม 4 วัน เพิ่มขึ้นเป็น 8 วัน แคลเซียมมีบทบาทในการเสริมความแข็งแรงของผนังเซลล์โดยจับกับเพกติน (pectin) ในชั้น middle lamella ของผนังเซลล์ซึ่งช่วยรักษาการยึดเหนี่ยวระหว่างเซลล์ (Yousefi et al., 2025) การศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าการล้างผักกาดแก้วตัดแต่งด้วยสารละลายแคลเซียมแลคเตทเข้มข้น 1.5% และน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 °C เป็นเวลา 1 นาทีเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 10 วัน ส่งผลดีต่อการรักษาคุณภาพโดยสามารถลดกิจกรรมของเอนไซม์ที่ PPO และช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ PME ซึ่งมีส่วนช่วยในการรักษาความกรอบของเนื้อสัมผัสผักกาดแก้วตัดแต่ง (Martin-Diana et al., 2005) นอกจากนี้แคลเซียมยังมีบทบาทในการชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของเซลล์ (senescence) โดยการรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ช่วยป้องกันการรั่วไหลของสารฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของเอนไซม์ PPO ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล (Luna-Guzmán & Barrett, 2000) จากผลการทดลองนี้มีแนวโน้มชี้ให้เห็นว่า ความร้อนและแคลเซียมแลคเตทอาจมีผลเสริมกัน โดยความร้อนช่วยยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดสีน้ำตาล ขณะที่แคลเซียมช่วยรักษาความสมบูรณ์ของโครงสร้างเซลล์และชะลอกระบวนการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ เนื่องจากไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างทรีตเมนต์ที่ใช้และไม่ใช้

แคลเซียมแลคเตท จึงยังไม่สามารถยืนยันผลเสริมกันดังกล่าวได้อย่างชัดเจน และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อยืนยันกลไกต่อไป

การศึกษานี้พบว่าความเหี่ยวของใบเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกทริตเมนต์ตลอดระยะเวลาเก็บรักษา โดยชุดควบคุมมีความเหี่ยวสูงที่สุด ปรากฏการณ์นี้อาจเกิดจากการสูญเสียน้ำของเนื้อเยื่อพืช ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของผักสดตัดแต่ง เนื่องจากผักสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบสูงประมาณ 80-95% และการสูญเสียน้ำเพียง 3-5% ก็สามารถทำให้ผักแสดงอาการเหี่ยวได้อย่างชัดเจน การล้างผักด้วยน้ำร้อนและน้ำเย็นร่วมกับแคลเซียมแลคเตท โดยเฉพาะอย่างยิ่งทริตเมนต์ 1.5% CL in HW > CW สามารถลดความเหี่ยวของใบได้ ซึ่งอาจเกิดจากการที่เนื้อเยื่อได้รับน้ำระหว่างการล้าง ส่งผลให้แรงดันเต่งของเซลล์เพิ่มขึ้น แคลเซียมยังมีบทบาทในการรักษาความสมบูรณ์ของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้การสูญเสียน้ำจากเซลล์ลดลง นอกจากนี้การให้ความร้อนในอุณหภูมิประมาณ 45°C เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ยังมีรายงานว่าสามารถลดอัตราการหายใจของพืช ซึ่งส่งผลให้การสูญเสียน้ำของผลผลิตลดลงและช่วยชะลอการเหี่ยวในระหว่างการเก็บรักษา (Alegria et al., 2012)

คะแนนการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภค มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกทริตเมนต์ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งสะท้อนให้เห็นการลดลงของคุณภาพโดยรวม ผลการทดลองนี้สามารถอธิบายได้ว่าคะแนนการยอมรับนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย รวมถึงสี ความสด ความแข็ง และไม่มีการเสื่อมสภาพที่มองเห็นได้ ทริตเมนต์ HW > 1.5% CL in CW มีแนวโน้มในการรักษาคะแนนการยอมรับเหนือเกณฑ์ยอมรับขั้นต่ำ (5.0 คะแนน) ได้นานที่สุด โดยยังคงมีคะแนนสูงถึง 7.8 ในวันที่ 4 ของการเก็บรักษา ขณะที่ชุดควบคุมมีคะแนนลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ยอมรับแล้ว ผลดังกล่าวบ่งชี้ว่าการคงระดับการยอมรับของผู้บริโภคเกิดจากผลรวมของการลดการเกิดสีน้ำตาล การลดความเหี่ยว และการรักษาความแข็งของเนื้อเยื่อพร้อมกัน ซึ่งส่งผลให้คุณภาพเชิงประสาทสัมผัสของผักกาดแก้วตัดแต่งยังคงอยู่ในระดับที่ผู้บริโภคยอมรับได้

นอกจากนี้ค่าแรงเฉือนซึ่งใช้เป็นตัววัดความแข็งของผักกาดแก้ว มีแนวโน้มค่อนข้างคงตัวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในทุกทริตเมนต์ แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำร้อนและแคลเซียมแลคเตทไม่ก่อให้เกิดผลเสียต่อโครงสร้างของเนื้อเยื่อพืช ผลดังกล่าวขัดแย้งกับสมมติฐานที่อาจคาดหวังว่าการให้ความร้อนจะทำให้เนื้อเยื่ออ่อนตัวลง อาจเป็นเพราะว่าอุณหภูมิ 45°C ยังไม่สูงพอที่จะทำให้เนื้อเยื่อได้รับความเสียหาย แต่ก็เพียงพอที่จะทำให้โครงสร้างของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพเปลี่ยนแปลง ในทำนองเดียวกันเนื่องจากแคลเซียมช่วยเสริมความแข็งแรงของผนังเซลล์โดยการเชื่อมโยงเพกติน ทริตเมนต์ที่ใช้แคลเซียมแลคเตทอาจช่วยรักษาความแข็งไว้ได้ดีกว่า แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติในการศึกษานี้สิ่งที่สำคัญคือการรักษาความแข็งของเนื้อเยื่อจะช่วยให้ผักกาดแก้วมีความสดและปลอดภัยต่อการบริโภคนานขึ้น

การศึกษานี้ยังไม่มีวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ PPO และ peroxidase (POD) โดยตรง จึงยังไม่สามารถสรุปกลไกของการลดการเกิดสีน้ำตาลได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การประเมินผลโดยอาศัยเพียงค่าคะแนนสีน้ำตาลอาจไม่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงเชิงเคมีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณสารฟีนอลรวม ดังนั้น การศึกษาเพิ่มเติมที่รวมการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์และองค์ประกอบทางเคมีจะช่วยยืนยันกลไกที่อธิบายผลการทดลองได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น และทำให้ผลการทดลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- พัชรินทร์ สายสังข์. (2545). การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์โดยสารยับยั้งจากเปลือกกล้วยประดับ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Yousefi, M., Arianfar, A., Hakimzadeh, V., & Rafe, A. (2025). Enhancing the Texture and Sensory Properties of Pickled Cucumbers with Different Brine Solutions. *Foods*, 14(3), 336. <https://doi.org/10.3390/foods14030336>
- Ma, Y., Zhang, L., & Wang, Q. (2021). Pre-cut hot water treatment inhibited the browning of fresh-cut eggplant. *Acta Horti*, 1319, 187–198. <https://doi.org/10.17660/ActaHorti.2021.1319.22>
- Jiang, Y., Duan, X., Qu, H., & Zheng, S. (2016). Browning: Enzymatic browning. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of food and health* (pp. 508–514). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00090-8>
- Alegria, C., Pinheiro, J., Duthoit, M., Gonçalves, E. M., Moldão-Martins, M., & Abreu, M. (2012). Fresh-cut carrot (cv. Nantes) quality as affected by abiotic stress (heat shock and UV-C irradiation) pre-treatments. *LWT Food Sci. Technol*, 48(2), 197–203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.03.013>
- Hodges, D. M., & Toivonen, P. M. A. (2008). Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress. *Postharvest Biol. Technol*, 48(2), 155–162.
- Martin-Diana, A. B., Rico, D., Barry-Ryan, C., Frias, J. M., Mulcahy, J., & Henehan, G. T. M. (2005). Calcium lactate washing treatments for salad-cut Iceberg lettuce: Effect of temperature and concentration on quality retention parameters. *Food Res. Int*, 38(7), 729–740. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.02.005>
- Luna-Guzmán, I., & Barrett, D. M. (2000). Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupe. *Postharvest Biol. Technol*, 19(1), 61–72.
- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in food science & technology*, 7(6), 179–187. [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(96\)10022-4](https://doi.org/10.1016/0924-2244(96)10022-4)
- Bartolome, L. G., & Hoff, J. E. (1972). Firming of potatoes. Biochemical effects of preheating. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 20(2), 266–270.

**สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช**

9/9 หมู่ที่ 9 ถ.แจ้งวัฒนะ ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 02 504 8126 e-mail: stou.agjournal@gmail.com