

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์สู่การเป็นห้องปฏิบัติการเภสัชเคมีสีเขียว คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิจักขณ์ เจริญสุข

ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

อีเมลผู้ประพันธ์บรรณกิจ: vijak.j@chula.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเสนอแนวทางการพัฒนาสู่ห้องปฏิบัติการสีเขียว (Green Laboratory) โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ตามหลักเกณฑ์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ขอบเขตการศึกษาครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Scope 2) และการใช้น้ำประปาและสารเคมี (Scope 3) จากข้อมูลกิจกรรมของห้องปฏิบัติการในปี พ.ศ. 2568 คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่า Emission Factor จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและฐานข้อมูล Ecoinvent ผลการศึกษาพบว่า ห้องปฏิบัติการมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 9.20 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (tCO₂e/year) โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดหลัก มีปริมาณ 8.98 tCO₂e/year คิดเป็นร้อยละ 97.61 ของการปล่อยทั้งหมด ขณะที่การใช้น้ำประปาและสารเคมีมีการปล่อยรวม 0.22 tCO₂e/year คิดเป็นร้อยละ 2.39 ของการปล่อยทั้งหมด ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นมาตรการสำคัญที่สุดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของห้องปฏิบัติการ ขณะที่การลดการใช้สารเคมี การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ และการบริหารจัดการของเสียอย่างเหมาะสม เป็นมาตรการสนับสนุนที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการดำเนินงานตามแนวทาง ห้องปฏิบัติการสีเขียว ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของห้องปฏิบัติการในสถาบันอุดมศึกษา สนับสนุนนโยบาย ความเป็นกลางทางคาร์บอนและ ห้องปฏิบัติการสีเขียวรวมทั้งเป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาห้องปฏิบัติการให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก, ห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี, ห้องปฏิบัติการสีเขียว, ความเป็นกลางทางคาร์บอน, ความยั่งยืน

Carbon Footprint Assessment Towards a Green Pharmaceutical Chemistry Laboratory, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University, Thailand

Vijak Jaroensuk

Department of Food and Pharmaceutical Chemistry Faculty of Pharmaceutical Sciences, Pathumwan Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

Corresponding author's e-mail: vijak.j@chula.ac.th

Abstract

This research aimed to assess the carbon footprint of the Pharmaceutical Chemistry Laboratory, Department of Food and Pharmaceutical Chemistry, Faculty of Pharmacy, Chulalongkorn University, and to propose guidelines for developing a Green Laboratory. The assessment followed the Carbon Footprint for Organization (CFO) methodology established by the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). The study covered greenhouse gas emissions from electricity consumption (Scope 2) and water and chemical consumption (Scope 3) based on laboratory activity data for the year 2025. Greenhouse gas emissions were calculated using emission factors obtained from the Thailand Greenhouse Gas Management Organization and the Ecoinvent life cycle inventory database. The results indicated that the laboratory emitted a total of 9.20 tCO₂e/year. Electricity consumption was the dominant emission source, accounting for 8.98 tCO₂e/year (97.61%), while water and chemical consumption contributed 0.22 tCO₂e/year (2.39%). These findings demonstrate that improving energy efficiency is the most effective strategy for reducing greenhouse gas emissions in laboratory operations. Additional measures, including reducing chemical consumption, implementing solvent recycling, and improving waste management practices, can further support environmental sustainability and Green Laboratory implementation. The findings provide baseline information for greenhouse gas management in university laboratories and can support institutional policies on Carbon Neutrality and Green University initiatives. Furthermore, the proposed approach may serve as a practical framework for promoting sustainable laboratory management in higher education institutions.

Keywords: Greenhouse Gases, Pharmaceutical Chemistry Laboratory, Green Laboratory, Carbon Neutrality, Sustainability

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลกที่เกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ หลายประเทศรวมถึงประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality) ส่งผลให้สถาบันอุดมศึกษาซึ่งมีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบต่องlobal warming ผ่านการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ใช้พลังงานสูงและก่อให้เกิดของเสียอันตรายจำนวนมาก แนวคิด Green Laboratory จึงถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ลดการใช้พลังงาน ลดการเกิดของเสีย และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเตรียมสารและสนับสนุนการเรียนการสอนและการวิจัย จึงมีการใช้สารเคมีและพลังงานอย่างต่อเนื่อง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จึงเป็นเครื่องมือสำคัญในการระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกและกำหนดแนวทางการพัฒนาสู่ Green Laboratory

1) ก๊าซเรือนกระจก

จาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2565 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases: GHGs) คือ ก๊าซในชั้นบรรยากาศที่สามารถดูดซับและกักเก็บความร้อนจากพื้นผิวโลก ส่งผลให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นจนทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) ขึ้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และก๊าซฟลูออรีนต่าง ๆ ตามแนวทางของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2006) การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกนิยมนำมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon Dioxide Equivalent; CO_2e) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลกระทบของก๊าซแต่ละชนิดต่อภาวะโลกร้อนได้ในหน่วยเดียว

2) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมจากการดำเนินงานของหน่วยงาน โดยแสดงผลในรูปคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2e หรือ tCO_2e) แนวคิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้รับการพัฒนาภายใต้กรอบของการประเมินก๊าซเรือนกระจกตามมาตรฐานสากล เช่น Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) ซึ่งใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการวัด ติดตาม และบริหารจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ช่วยให้องค์กรสามารถระบุแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ และกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ (อบก, 2565)

3) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO)

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สามารถแบ่งแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้แก่ Scope 1 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกิจกรรมที่หน่วยงานเป็นเจ้าของหรือควบคุม เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงหรือการรั่วไหลของสารทำความเย็น Scope 2 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก เช่น พลังงานไฟฟ้า และ Scope 3 คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของหน่วยงาน เช่น การใช้น้ำ การใช้สารเคมี การเดินทาง และการจัดการของเสีย

4) Green Laboratory

Green Laboratory หรือห้องปฏิบัติการสีเขียว เป็นแนวคิดการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการที่มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ควบคู่กับการรักษาประสิทธิภาพและคุณภาพของการดำเนินงานทางวิทยาศาสตร์ โดยให้ความสำคัญกับการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า การลดการใช้พลังงาน การลดการใช้สารเคมีอันตราย การจัดการของเสียอย่างเหมาะสม และการส่งเสริมความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในห้องปฏิบัติการ หลักการสำคัญของ Green Laboratory ประกอบด้วย 6 ด้าน ได้แก่ 1 คือ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) 2 คือ การบริหารจัดการน้ำ (Water Management) 3 คือ การจัดการสารเคมีและวัสดุอันตราย (Chemical Management) 4 คือ การลดและจัดการของเสีย (Waste Reduction and Waste Management) 5 คือ การจัดซื้อจัดจ้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Green Procurement) และ 6 คือ การสร้างวัฒนธรรมองค์กรด้านสิ่งแวดล้อมและความปลอดภัย (Environmental and Safety Culture) โดยการดำเนินงานตามแนวทาง Green Laboratory สามารถช่วยลดต้นทุนการดำเนินงาน ลดการใช้ทรัพยากร และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างมาตรการที่นิยมใช้ ได้แก่ การเปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ

ให้เหมาะสม การปิดเครื่องมือเมื่อไม่ใช้งาน การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (Solvent Recycling) การลดการใช้พลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว และการคัดแยกของเสียอันตรายอย่างถูกต้อง ดังนั้น Green Laboratory จึงไม่ได้เป็นเพียงแนวทางการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมเท่านั้น แต่ยังเป็นกลไกสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการ ลดต้นทุนการดำเนินงาน สนับสนุนเป้าหมาย Carbon Neutrality ของมหาวิทยาลัย และส่งเสริมการพัฒนาองค์กรสู่ความยั่งยืนในระยะยาว

5) ความยั่งยืน (Sustainability)

ความยั่งยืน หมายถึง เป็นแนวคิดที่มุ่งสร้างสมดุลระหว่างมิติด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐกิจ เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของคนในปัจจุบันโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคนรุ่นต่อไป สำหรับห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นั้น การดำเนินงานอย่างยั่งยืนไม่ได้มุ่งเน้นเฉพาะการลดต้นทุนหรือการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมการวิจัยและการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการจึงเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสนับสนุนการพัฒนาห้องปฏิบัติการสู่ Green Laboratory และการดำเนินงานตามเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ถือเป็นกลไกสำคัญในการสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนของ United Nations โดยเฉพาะ SDG 7 พลังงานสะอาด SDG 12 การผลิตและการบริโภคที่ยั่งยืน และ SDG 13 การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations, 2015)

6) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการและแนวทาง Green Laboratory

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากห้องปฏิบัติการเป็นหน่วยงานที่ใช้พลังงาน ทรัพยากร และสารเคมี โดยเฉพาะไฟฟ้าสำหรับเครื่องมือวิเคราะห์ ระบบปรับอากาศ ตู้ดูดควัน และอุปกรณ์สนับสนุนการวิจัย (International Institute for Sustainable Laboratories [I2SL], 2023) ส่งผลให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารสำนักงานทั่วไป (Nowak et al., 2023)

Nowak et al., (2023) ได้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องมือวิเคราะห์หลายประเภท เช่น HPLC, GC และ LC-MS พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด โดยเฉพาะในประเทศที่ยังพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้า ต่อมา Manobanda-Lisintuña and Villamar-Ayala (2025) ได้ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์และวงจรชีวิตของห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อมโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) ตามมาตรฐาน ISO 14040 และ ISO 14044 ผลการศึกษาพบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักของห้องปฏิบัติการ ขณะที่การใช้บรรจุภัณฑ์และวัสดุสิ้นเปลืองมีผลกระทบในระดับรอง นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังรายงานว่า การใช้ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียนสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ประมาณร้อยละ 75 และการลดการใช้พลังงานแฝงของอุปกรณ์สามารถลดการใช้พลังงานและต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อพิจารณางานวิจัยทั้งสองแห่ง พบว่าการใช้ไฟฟ้ายังคงเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุดของห้องปฏิบัติการ ในขณะที่การลดการใช้พลังงาน การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องมือ และการใช้พลังงานสะอาด เป็นมาตรการที่มีศักยภาพสูงในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวดำเนินการในประเทศยุโรปและอเมริกาใต้ ซึ่งมีโครงสร้างการผลิตไฟฟ้าและระบบจัดการของเสียแตกต่างจากประเทศไทย จึงไม่สามารถนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้ได้โดยตรง ในด้านการจัดการของเสีย หลักการ Green Laboratory ให้ความสำคัญกับการลดการใช้สารเคมี การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ (Solvent Recovery) และการลดของเสียอันตราย แม้ว่าหลายงานวิจัยจะระบุว่าการรีไซเคิลตัวทำละลายสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แต่ยังมีข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของห้องปฏิบัติการในระดับองค์กรค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย

จากการสังเคราะห์งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าองค์ความรู้ส่วนใหญ่เน้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการในต่างประเทศ และมุ่งวิเคราะห์การใช้พลังงานหรือกระบวนการวิเคราะห์เป็นหลัก ขณะที่งานวิจัยในประเทศไทยยังมีจำนวนจำกัด และยังไม่พบการศึกษาที่ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการด้านเภสัชศาสตร์โดยบูรณาการข้อมูลการใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำ การใช้สารเคมี และการจัดการของเสียรีไซเคิล เพื่อเสนอแนวทางพัฒนา Green Laboratory อย่างเป็นระบบ ช่องว่างขององค์ความรู้ดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการศึกษานี้ ซึ่งมุ่งประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พร้อมทั้งเสนอแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สอดคล้องกับบริบทของมหาวิทยาลัยไทย

วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1) เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี
- 2) เพื่อวิเคราะห์แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ
- 3) เพื่อประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกและพัฒนาสู่ Green Laboratory

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาแบบกรณีศึกษา (Case Study) โดยใช้ ห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี ซึ่งมีผู้ใช้ห้องในปี 2568 12 คน ซึ่งในห้องมีการใช้เครื่องชั่ง 1 เครื่อง, Hot plate and stirrer 2 เครื่อง, ตู้เย็น ขนาด 10 คิวบ์ 1 ตู้, ตู้ดูดควัน 1 ตัว โดยการเก็บข้อมูลจากค่าไฟฟ้าและค่าน้ำประปาที่บันทึกโดย กลุ่มงานบริหารกายภาพ คณะเภสัชศาสตร์ และปริมาณสารเคมีที่ใช้และกำจัดทิ้งโดยโปรแกรม ChemTrack&WasteTrack2026 จาก SHECU

นำข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ที่รวบรวมได้ถูกนำมาคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง Carbon Footprint for Organization (CFO) ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยใช้สมการ

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO}_2\text{e)} = \text{ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)} \times \text{ค่า Emission Factor (EF)}$$

จากนั้นจำแนกผลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามขอบเขตการปล่อย ได้แก่ Scope 2 และ Scope 3 และวิเคราะห์สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมในรูปของร้อยละ (%) รวมถึงคำนวณค่าความเข้มข้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ (kgCO₂e /m²/year) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัดการใช้คาร์บอนของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี โดยมีข้อมูลกิจกรรมดังนี้

ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมีประจำปี พ.ศ. 2568

ตารางที่ 1 ตารางแสดงข้อมูลกิจกรรมที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรม	Activity Data	ความหนาแน่น (kg/L)	มวล (kg/ปี)	ที่มาของข้อมูล
ค่าไฟฟ้า	18,000 kWh	-	-	กลุ่มงานบริหารกายภาพ คณะเภสัช
น้ำประปา	360 m ³ /ปี	-	-	กลุ่มงานบริหารกายภาพ คณะเภสัช
Methanol	40 ลิตร/ปี	0.79	31.68	ChemTrack&WasteTrack2026
Acetonitrile	12 ลิตร/ปี	0.79	9.43	ChemTrack&WasteTrack2026
Ethanol	8 ลิตร/ปี	0.79	6.31	ChemTrack&WasteTrack2026
Chloroform	12 ลิตร/ปี	1.49	17.87	ChemTrack&WasteTrack2026
Petroleum Ether	16 ลิตร/ปี	0.65	10.40	ChemTrack&WasteTrack2026
Hydrochloric Acid (37%)	4 ลิตร/ปี	1.2	4.76	ChemTrack&WasteTrack2026
Sulfuric Acid (98%)	8 ลิตร/ปี	1.8	14.72	ChemTrack&WasteTrack2026
Sodium Hydroxide	1 kg/ปี	-	1.00	ChemTrack&WasteTrack2026
Ammonium Hydroxide (25%)	2.5 ลิตร/ปี	0.91	2.28	ChemTrack&WasteTrack2026

ผลการวิจัย

- 1) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO}_2\text{e)} = \text{ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data)} \times \text{ค่า Emission Factor (EF)}$$

ตารางที่ 2 การคำนวณการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากกิจกรรม

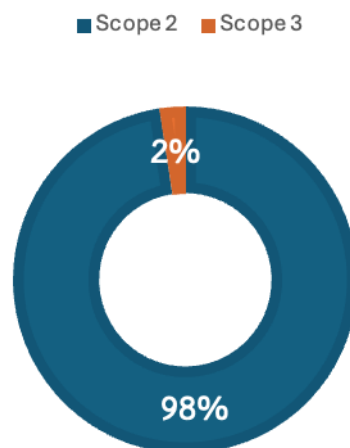
กิจกรรม	Activity Data	EF	ที่มาของข้อมูล	kgCO ₂ e/ปี	Scope
ค่าไฟฟ้า	18,000 kWh	0.499	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก	8,982.00	2
น้ำประปา	360 m ³ /ปี	0.34	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก	122.40	3
Methanol	31.68 kg/ปี	0.67	Ecoinvent LCA Database	21.23	3
Acetonitrile	9.43 kg/ปี	2.25	Ecoinvent LCA Database	21.22	3
Ethanol	6.31 kg/ปี	0.55	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก	3.47	3
Chloroform	17.87 kg/ปี	1.82	Ecoinvent LCA Database	32.52	3
Petroleum Ether	10.40 kg/ปี	0.29	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก	3.02	3
Hydrochloric Acid (37%)	4.76 kg/ปี	1.73	Ecoinvent LCA Database	8.23	3
Sulfuric Acid (98%)	14.72 kg/ปี	0.21	Ecoinvent LCA Database	3.09	3
Sodium Hydroxide	1.00 kg/ปี	1.12	Ecoinvent LCA Database	1.12	3
Ammonium Hydroxide (25%)	2.28 kg/ปี	1.60	Ecoinvent LCA Database	3.64	3

2) สรุปปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี

ตารางที่ 3 สรุปคาร์บอนฟุตพริ้นท์ห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี

แหล่งกำเนิด	kgCO ₂ e /ปี	tCO ₂ e/ปี	ร้อยละ
Scope 2	8,982.00	8.982	97.61
Scope 3	219.94	0.2199	2.39
สรุปรวม	9,201.94	9.202	100.00

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี



กราฟที่ 1 กราฟแสดงคาร์บอนฟุตพริ้นท์ห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี

3) มาตรการ Green Laboratory และศักยภาพการลดก๊าซคาร์บอน

จากผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แสดงให้เห็นว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ดังนั้นแนวทางการพัฒนา Green Laboratory ควรมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานร่วมกับการจัดการสารเคมีอย่างยั่งยืน

3.1) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ห้องปฏิบัติการมีการใช้ไฟฟ้าประมาณ 18,000 kWh ต่อปี คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 97 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด มาตรการที่สามารถดำเนินการได้ ได้แก่ การเปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิด LED การปิดเครื่องมือวิเคราะห์เมื่อไม่มีการใช้งาน การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ และการกำหนดอุณหภูมิห้องปฏิบัติการให้อยู่ในช่วง 25 ± 2 องศาเซลเซียส หากสามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ร้อยละ 10 จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 0.9 tCO₂e/ปี

3.2) การลดการใช้สารเคมีและตัวทำละลาย

การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น Methanol, Acetonitrile, Ethanol, Chloroform และ Petroleum Ether เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกระบวนการผลิตสารเคมี การวางแผนการทดลองให้เหมาะสม การลดขนาดการทดลอง และการใช้สารเคมีร่วมกันระหว่างโครงการวิจัย สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีลงได้ หากสามารถลดการใช้ตัวทำละลายได้ร้อยละ 20 จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตสารเคมีได้ประมาณ 0.02 - 0.03 tCO₂e/ปี

3.3) การสร้างวัฒนธรรม Green Laboratory

การส่งเสริมความรู้และความตระหนักด้านสิ่งแวดล้อมแก่บุคลากรและนิสิตเป็นอีกปัจจัยสำคัญ โดยควรมีการอบรมเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน การใช้สารเคมีอย่างคุ้มค่า และการคัดแยกของเสียอย่างถูกต้อง เพื่อสร้างวัฒนธรรมองค์กรที่สนับสนุนการดำเนินงานอย่างยั่งยืน

จากการวิเคราะห์ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่าการลดการใช้ไฟฟ้าร่วมกับการลดการใช้สารเคมีสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณ 0.92 - 0.93 tCO₂e/ปี หรือประมาณร้อยละ 9 - 10 ของการปล่อยทั้งหมด ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถดำเนินการได้จริงและสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนา Green Laboratory

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมี ภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาแนวทางสู่ Green Laboratory โดยประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (Scope 2) และการใช้น้ำประปา รวมถึงการใช้สารเคมี (Scope 3) ตามแนวทาง Carbon Footprint for Organization (CFO) ผลการศึกษาพบว่าห้องปฏิบัติการมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 9.20 tCO₂e/ปี /year โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดหลัก คิดเป็น 8.98 tCO₂e/ปี /year หรือร้อยละ 97.61 ของการปล่อยทั้งหมด ขณะที่การใช้น้ำประปาและการใช้สารเคมีใน Scope 3 มีการปล่อยรวม 0.22 tCO₂e/ปี /year หรือร้อยละ 2.39 ของการปล่อยทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าการจัดการด้านพลังงานเป็นประเด็นสำคัญที่สุดในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของห้องปฏิบัติการ จากผลการประเมินสามารถระบุแนวทางพัฒนาห้องปฏิบัติการสู่ Green Laboratory ได้อย่างชัดเจน ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน การลดการใช้สารเคมี การนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ และการส่งเสริมพฤติกรรมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนเป้าหมายด้านความยั่งยืนของมหาวิทยาลัยได้

อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักของห้องปฏิบัติการ โดยมีสัดส่วนร้อยละ 97.61 ของการปล่อยทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิด Carbon Footprint for Organization (CFO) และ Green Laboratory ที่ระบุว่าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นหน่วยงานที่ใช้พลังงานสูงจากเครื่องมือวิเคราะห์ ระบบปรับอากาศ ตู้ดูดควัน และอุปกรณ์สนับสนุนการวิจัย ส่งผลให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่อยู่ใน Scope 2 ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Nowak et al., (2023) ซึ่งรายงานว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องมือวิเคราะห์ เช่น HPLC, GC และ LC-MS เป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุดของห้องปฏิบัติการ และสอดคล้องกับ Manobanda-Lisintuña and Villamar-Ayala (2025) ที่พบว่าการใช้ไฟฟ้าเป็นปัจจัยหลักของ

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ในห้วงปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม แม้ว่าการศึกษาดังกล่าวจะประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) และครอบคลุมวัสดุสิ้นเปลืองรวมถึงบรรจุภัณฑ์ด้วยก็ตาม ถึงอย่างไร การศึกษานี้พบว่าสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน Scope 3 มีเพียงร้อยละ 2.39 ซึ่งต่ำกว่าที่รายงานในงานวิจัยบางฉบับ สาเหตุสำคัญเกิดจากการกำหนดขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมเฉพาะการใช้น้ำประปาและการใช้สารเคมี ยังไม่ได้รวมกิจกรรมอื่นใน Scope 3 เช่น การเดินทางของบุคลากร การจัดซื้อครุภัณฑ์ วัสดุสิ้นเปลือง การขนส่ง และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการกำจัดของเสียตลอดวัฏจักรชีวิต ซึ่งค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้จึงสะท้อนผลกระทบจากกิจกรรมหลักของห้องปฏิบัติการ แต่ยังไม่ครอบคลุมการดำเนินงานทั้งหมดขององค์กร แม้ว่าปริมาณการใช้สารเคมีจะมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่สูงเมื่อเทียบกับการใช้ไฟฟ้า แต่สารเคมีอินทรีย์หลายชนิด เช่น Methanol, Acetonitrile และ Chloroform มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงการกำจัดของเสีย ดังนั้น การลดการใช้สารเคมี การออกแบบการทดลองให้ใช้สารเคมีน้อยลง และการนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ จึงเป็นมาตรการที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ แม้จะมีผลต่อการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยรวมไม่มากเท่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงทำให้เห็นว่าการจัดการพลังงานควรเป็นมาตรการลำดับแรกของการพัฒนา Green Laboratory ควบคู่กับการบริหารจัดการสารเคมีและของเสียอย่างเป็นระบบ เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกและการพัฒนาห้องปฏิบัติการอย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อจำกัดของการวิจัย

- 1) การศึกษาครั้งนี้ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉพาะ Scope 2 และ Scope 3 บางส่วน ได้แก่ การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำประปา และการใช้สารเคมี โดยยังไม่ได้ครอบคลุมกิจกรรมอื่นใน Scope 3 เช่น การเดินทางของบุคลากร การจัดซื้อครุภัณฑ์ วัสดุสิ้นเปลือง การขนส่ง และการกำจัดของเสียตลอดวัฏจักรชีวิต จึงอาจทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าความเป็นจริง
- 2) การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบกรณีศึกษา (Case Study) ของห้องปฏิบัติการเภสัชเคมีเพียงหนึ่งห้องปฏิบัติการ และใช้ข้อมูลกิจกรรมเพียงปี พ.ศ. 2568 จึงมีข้อจำกัดในการอ้างอิงผลไปยังห้องปฏิบัติการประเภทอื่นหรือช่วงเวลาที่แตกต่างกัน
- 3) ค่า Emission Factor ของสารเคมีบางชนิดอ้างอิงจากฐานข้อมูล Ecoinvent ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสากล อาจแตกต่างจากกระบวนการผลิตสารเคมีที่ใช้จริงในประเทศไทย ส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของผลการคำนวณในบางส่วน

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรขยายขอบเขตการประเมินให้ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน Scope 3 ทั้งหมด ได้แก่ การเดินทางของบุคลากร การจัดซื้อครุภัณฑ์ วัสดุสิ้นเปลือง การขนส่ง และการจัดการของเสียตลอดวัฏจักรชีวิต เพื่อให้ผลการประเมินสะท้อนการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการได้ครบถ้วนยิ่งขึ้น
- 2) ควรเก็บข้อมูลต่อเนื่องหลายปีและเปรียบเทียบระหว่างห้องปฏิบัติการหลายประเภทภายในมหาวิทยาลัย เพื่อพัฒนาเกณฑ์อ้างอิง (Benchmark) สำหรับการประเมิน Green Laboratory ในบริบทของสถาบันอุดมศึกษาไทย
- 3) ควรศึกษาศักยภาพของมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเชิงปริมาณ เช่น การเปลี่ยนอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ การใช้ตัวทำละลายทดแทน และการรีไซเคิลตัวทำละลาย เพื่อประเมินความคุ้มค่าทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐศาสตร์
- 4) ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดนโยบายด้าน Green Laboratory ของคณะเภสัชศาสตร์และมหาวิทยาลัย รวมทั้งใช้ติดตามผลการลดก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนเป้าหมาย Carbon Neutrality และ Net Zero Emissions ขององค์กรในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กลุ่มงานบริหารกายภาพ คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับข้อมูลค่าไฟฟ้าและน้ำประปาที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ และ สำนักศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับข้อมูลด้านสารเคมีและของเสียอันตรายของห้องปฏิบัติการภาควิชาอาหารและเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จากโปรแกรมการจัดการข้อมูลของเสียและสารเคมี (ChemTrack&WasteTrack2026)

เอกสารอ้างอิง

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO)*. กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.
- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2569). *ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับประเทศไทย (Thailand emission factor database)*. กรุงเทพมหานคร: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก.
- Ecoinvent Association. (2024). *Ecoinvent database (Version 3.9.1)* [Life cycle inventory database]. Retrieved from <https://ecoinvent.org/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies.
- International Institute for Sustainable Laboratories (I2SL). (2023). *Best Practices Guide for Laboratory Sustainability*. <https://www.i2sl.org/best-practices>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 14064-1:2018 greenhouse gases—Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. ISO.
- Manobanda-Lisintuña, M. F., & Villamar-Ayala, C. A. (2025). Carbon and water footprints within an environmental laboratory: Water, energy, and packaging management strategies. *Green Analytical Chemistry*, 13, 100243.
- Nowak, M. P., Bis, A., Rusin, M., & Wozniakiewicz, M. (2023). Carbon footprint of the analytical laboratory and the three-dimensional approach to its reduction. *Green Analytical Chemistry*, 4, 100051.
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Retrieved from <https://sdgs.un.org/2030agenda>