



# กลยุทธ์การจัดการสารเคมีด้วยเคมีสีเขียว (Strategies for Chemicals Management by Green Chemistry)

**ป** จวบจนเรื่องเกี่ยวกับสารเคมี รวมทั้งผลกระทบของสารเคมีเป็นประเด็นในการอภิปรายในเชิงวิชาการอย่างกว้างขวาง สังคมทุกภาคส่วนมีความตระหนักและเห็นพ้องต้องกันว่าปัญหาเหล่านี้เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข ดังนั้นจึงมีการนำกลยุทธ์ในการจัดการสารเคมีได้อย่างครบวงจร ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ กลยุทธ์สำคัญในการจัดการสารเคมี คือ การจัดการสารเคมีอย่างเป็นระบบและถูกต้องตั้งแต่ขั้นตอนแรกของการใช้สารเคมี โดยเริ่มจากการนำเข้า การแยกประเภท การจัดเก็บ การเลือกใช้ การขนส่ง รวมถึงการจัดการของเสียจากการใช้สารเคมี การดำเนินการตามแนวทางปฏิบัติที่ดี และการปฏิบัติตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง และถูกต้องตามกฎหมาย เพื่อไม่ให้เกิดความยุ่งยากในการแก้ปัญหาในภายหลัง ซึ่งมีแนวโน้มในการสูญเสียมากกว่า โดยเฉพาะเรื่องของค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น เช่น ต้นทุนการผลิต/การนำเข้า การฟื้นฟูบำรุงในกรณีที่เกิดความเสียหาย ดังนั้น จึงนำแนวความคิดของเคมีสีเขียว (Green Chemistry) มาใช้ในการจัดการสารเคมี เพื่อให้เกิดความคุ้มค่า และก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในปี ค.ศ. 1991 Paul Anastas และ John C. Warner ได้เสนอการใช้คำว่า **“Green Chemistry”** เป็นครั้งแรกในโครงการพิเศษที่จัดทำขึ้นโดยองค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมสหรัฐอเมริกา (US Environmental Protection Agency; EPA) เคมีสีเขียวมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการและเทคโนโลยีทางเคมีให้มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอันเป็นแนวทางพัฒนาแบบยั่งยืน โดยใช้หลักการและระเบียบวิธีทางเคมีเพื่อลดและป้องกันการเกิดมลพิษตั้งแต่แหล่งผลิต หลักการเปลี่ยนแปลงสมบัติภายในของผลิตภัณฑ์ทางเคมีหรือกระบวนการทางเคมีเพื่อลดความเสี่ยงต่อสุขภาพมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมให้น้อยลง

แนวความคิดของเคมีสีเขียว ประกอบด้วยหลักการพื้นฐาน 12 ข้อ ซึ่งเป็นแนวคิดแบบครบวงจร เริ่มตั้งแต่การคิดออกแบบวางแผน การพัฒนาในขั้นตอนต่าง ๆ และการจัดการกระบวนการเคมีทั้งระบบ รวมถึงผลิตภัณฑ์และผลผลิตข้างเคียงที่จะเกิดขึ้น เพื่อให้ใช้สารเคมีลดลงและพยายามหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นพิษหรืออันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ทำให้กระบวนการผลิตทางเคมีนั้นมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประหยัดและคุ้มค่ามากที่สุด ถ้าในการพัฒนากระบวนการผลิตทางเคมีขั้นใหม่ สามารถใช้หลักการพื้นฐานนี้ได้ จะทำให้กระบวนการเคมีที่พัฒนาขึ้นนั้นเป็นเคมีสีเขียวอย่างสมบูรณ์แบบ ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุด

แต่โดยส่วนใหญ่แล้ว กระบวนการผลิตทางเคมีที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรมนี้ไม่ใช่กระบวนการผลิตที่พัฒนาขึ้นใหม่ แต่เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้อยู่เดิม และยังคงดำเนินการผลิต

ไปอย่างต่อเนื่อง ก็สามารถเลือกปรับปรุงกระบวนการบางขั้นตอนให้เป็นเคมีสีเขียวได้ก่อน โดยควรเลือกขั้นตอนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดมาปรับปรุงก่อน และถ้าต้องการให้เป็นเคมีสีเขียวแบบสมบูรณ์ครบวงจรก็ต้องพัฒนาขั้นตอนอื่น ๆ ทั้งหมดให้เป็นเคมีสีเขียวด้วย

## หลักการพื้นฐาน 12 ข้อของเคมีสีเขียว มีดังนี้

1. Prevent wastes ป้องกันไม่ให้เกิดของเสีย จะดีกว่าการบำบัดหรือทำความสะอาดภายหลังเมื่อของเสียเกิดขึ้นแล้ว
2. Renewable materials การใช้สารหรือวัตถุดิบที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ซึ่งรวมถึงการใช้วัสดุเหลือใช้หรือทิ้งแล้วจากกระบวนการอื่น ๆ
3. Omit derivatization steps หลีกเลี่ยงการสร้างสารอนุพันธ์ การบล็อก การป้องกันและการถอนการป้องกัน การเปลี่ยนแปลงชั่วคราวของกระบวนการทางกายภาพและทางเคมีโดยไม่จำเป็น
4. Degradable chemical products ออกแบบผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่แน่ใจได้ว่า หลังจากการใช้งานแล้ว จะไม่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม หรือจะสลายตัวไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ
5. Use safe synthetic methods ออกแบบวิธีสังเคราะห์ที่ใช้หรือสร้างสารเคมีที่มีความเป็นพิษต่ำหรือไม่เป็นพิษต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทุกครั้งที่สามารถทำได้
6. Catalytic reagents ใช้สารทำปฏิกิริยาแบบเร่งปฏิกิริยาที่มีความเฉพาะเจาะจงสูง ดีกว่าใช้สารทำปฏิกิริยาแบบปริมาณสัมพัทธ์



7. Temperature, pressure ambient คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อทางเศรษฐศาสตร์ทุกครั้งที่ต้องใช้พลังงาน และควรใช้พลังงานให้น้อยที่สุด วิธีสังเคราะห์ต้องทำที่อุณหภูมิและความดันปกติ

8. In-process monitoring พัฒนาวิธีวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องเพื่อทำให้สามารถตรวจวัดค่าแบบเรียลไทม์ในขณะผลิต และสามารถควบคุมได้ก่อนที่จะเกิดเป็นสารเคมีอันตราย

9. Very few auxiliary substances หลีกเลี่ยงการใช้สารช่วยต่างๆ เช่น ตัวทำละลาย สารช่วยในการแยก และอื่นๆ ถ้าจำเป็นต้องใช้จะต้องเลือกใช้สารที่ไม่เป็นพิษทุกครั้งที่สามารถทำได้

10. E-factor, maximize feed in product ออกแบบวิธีสังเคราะห์ให้วัสดุทุกชนิดที่ใช้ในกระบวนการรวมเข้าไปอยู่ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้ได้มากที่สุด

11. Low toxicity of chemical products ออกแบบผลิตภัณฑ์เคมีให้มีผลในการใช้งานตามที่ต้องการ ในขณะที่ต้องทำให้ความเป็นพิษลดลง

12. Yes, it is safe เลือกสารและรูปแบบของสารที่ใช้ในกระบวนการทางเคมี ที่ลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุทางเคมี ได้แก่ การรั่วไหล การระเบิด และการเกิดเพลิงไหม้

หลักการพื้นฐาน 12 ข้อ ของเคมีสีเขียวนี้ มุ่งเพื่อออกแบบกระบวนการผลิตทางเคมีให้มีประสิทธิภาพ ใช้วัตถุดิบ สารเคมีรีเอเจนต์ ตัวทำละลาย สารช่วยและพลังงานอย่างคุ้มค่า เพื่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ปกป้องรักษาสุขภาพของมนุษย์และมีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด หลักการพื้นฐาน 12 ข้อของเคมีสีเขียว สามารถรวบรวมสรุปเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 1 เมื่อนำอักษรตัวแรกสุดของแต่ละบรรทัดมาประกอบกันจะได้คำว่า “PRODUCTIVELY” ซึ่งหมายถึง “ก่อให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพ”

ภาพที่ 1 แผนภาพสรุปหลักการพื้นฐาน 12 ข้อ ของเคมีสีเขียว [4]

P	Prevent wastes
R	Renewable materials
O	Omit derivatization steps
D	Degradable chemical products
U	Use safe synthetic methods
C	Catalytic reagents
T	Temperature, pressure ambient
I	In-process monitoring
V	Very few auxiliary substances
E	E-factor, maximize feed in product
L	Low toxicity of chemical products
Y	Yes, it is safe

แนวคิดเคมีสีเขียวช่วยเปิดมุมมองใหม่เกี่ยวกับการจัดการสารเคมีและกระบวนการผลิต เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นหนึ่งในกลยุทธ์สำคัญในเรื่องนี้ เพราะครอบคลุมตั้งแต่ การเลือกใช้สารเคมีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การขนส่ง การเคลื่อนย้าย การจัดเก็บ และการจัดการของเสียจากการใช้สารเคมี นอกจากนี้ยังมีแนวทางปฏิบัติที่พัฒนาขึ้นมาจากแนวคิดเคมีสีเขียว คือ เคมีวิเคราะห์สีเขียว (Green Analytical Chemistry ; GAC) ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยเริ่มจากการพัฒนาวิธีวิเคราะห์ทดสอบไปจนถึงกระบวนการจัดการของเสียที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการ ได้มีแนวความคิดเผยแพร่ข้อมูล ความรู้ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีเนื้อหาครอบคลุมในเรื่องการจัดการสารเคมีในห้องปฏิบัติการอย่างครบวงจร เพื่อยกระดับขีดความสามารถห้องปฏิบัติการในประเทศไทย และเป็นแนวทางการพัฒนาประเทศทางด้านกลยุทธ์การจัดการสารเคมี ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

**เอกสารอ้างอิง**

TANG, Samantha L.Y., Richard L. SMITH, and Martyn POLIAKOFF. Principles of green chemistry: productively. Green Chemistry. 2005, 7 (11), 761-762.

WARNER, John C., Amy S. CANNON, and Keven M. DYE. Green chemistry. Environmental Impact Assessment Review. October-November 2004, 24 (7-8), 775-799.

วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ. เคมีวิเคราะห์สีเขียว Green Analytical Chemistry. วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง. กรกฎาคม-ธันวาคม 2554, 20 (2), 30-44.

ศุภวรรณ ดันตยานนท์ และ กอบรัตน์ เกรียงสกุล. Green Chemistry : ทฤษฎีและการปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สมาคมเคมีแห่งประเทศไทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรนานาชาติ หัวข้อ Strategies for Chemicals Management วันที่ 3-25 มีนาคม 2557 ณ กรุงสตอกโฮล์ม ราชอาณาจักรสวีเดน. จัดโดย Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) and Kemikalieinspektionen Swedish Chemicals Agency (KEMI), 2557.