

เทคโนโลยีการสกัดสำหรับ : เส้นทางสู่การใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน (2)



เทคโนโลยีการสกัดสมัยใหม่ : นวัตกรรมที่เปลี่ยนโลก

การสกัดด้วยคลื่นไมโครเวฟ (Microwave-Assisted Extraction, MAE) เทคโนโลยีที่ใช้คลื่นไมโครเวฟในการให้ความร้อนโดยตรงกับสาร ทำให้โมเลกุลภายในเซลล์สั่นสะเทือนและช่วยทำลายผนังเซลล์ การศึกษาแสดงให้เห็นว่า MAE ให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงสุดถึง 70 mg/g และผลผลิตสารประกอบฟีนอลิก ที่ 20-60 mg GAE/g วิธีนี้โดดเด่นด้วยเวลาสกัดที่สั้นเพียง 5-30 นาที ประสิทธิภาพสูง ใช้ตัวทำละลายน้อย และควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิสูงอาจส่งผลกระทบต่อสารที่ไวต่อ ความร้อน

การสกัดด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Ultrasound-Assisted Extraction, UAE) เป็นการใช้พลังของคลื่นเสียงความถี่สูง 20-100 kHz ในการสร้างฟองอากาศขนาดเล็กที่แตกออกอย่างรุนแรง ส่งผลให้ผนังเซลล์สำหรับแตกและปล่อยสารภายในออกมา การศึกษาพบว่าการใช้ UAE เป็นเวลา 60 นาที ให้ผลผลิตโปรตีนจากสาหร่ายสีแดงสูงที่สุดถึง 9.73 ± 0.41 mg/g DW เทคนิคนี้ เป็นที่ชื่นชอบสำหรับการสกัดสารที่ไวต่อความร้อน เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ 30-60°C และสามารถรักษาโครงสร้างทางเคมีของสารสกัดได้ดียิ่งขึ้น

การสกัดด้วยไฟฟ้าแรงสูงแบบพัลส์ (Pulsed Electric Field, PEF) เทคนิคนี้ใช้สนามไฟฟ้าแรงสูงในช่วงเวลาสั้นเป็นมิลลิวินาที (ms) เพื่อสร้างรูพรุนชั่วคราวในเยื่อหุ้มเซลล์ผ่านกระบวนการ electroporation

(กระบวนการที่ใช้กระแสไฟฟ้าแรงดันสูงเพื่อสร้างรูพรุนชั่วคราวในเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความซึมผ่านเพิ่มขึ้น) ทำให้สารภายในเซลล์สามารถหลุดออกมาได้โดยไม่ต้องใช้ความร้อน PEF แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมสูงในการสกัดไฟโคไซยานิน โดยให้ความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ในระดับที่น่าพอใจ

การสกัดด้วยของไหลเหนือวิกฤต (Supercritical Fluid Extraction, SFE) เทคนิคที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะเหนือวิกฤต (sc-CO₂) เป็นตัวทำละลาย ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษในการซึมผ่านเข้าไปในวัสดุได้ดีเหมือนก๊าซ แต่มีความสามารถในการละลายเหมือนของเหลว การศึกษาพบว่า SFE สามารถสกัดแกลโรทีนอยด์ จาก *Scenedesmus* sp. ได้ถึง 72.9 µg แอสตาแซนทีน และ 72.9 µg บีตา-แคโรทีน/g DW ข้อดีที่โดดเด่นคือความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์สูง และสามารถนำตัวทำละลายกลับมาใช้ได้ 100% แต่ข้อจำกัดคือต้นทุนอุปกรณ์สูงและเหมาะสำหรับสารที่ไม่มีขั้ว

การสกัดด้วยเอนไซม์ (Enzyme-Assisted Extraction, EAE) วิธีการที่ใช้เอนไซม์เฉพาะ เช่น เซลลูเลส เพกตินเอส และโปรตีเอส ในการทำลายผนังเซลล์หรือแยกสารเป้าหมายอย่างเฉพาะเจาะจง โดยใช้สภาวะที่เหมาะสม (อุณหภูมิ 30-50°C, pH 4-8) มีความเฉพาะเจาะจงสูง ไม่ทำลายโครงสร้างของสารที่ต้องการ และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ให้ผลผลิตสูง แต่มีข้อจำกัดด้านต้นทุนเอนไซม์และระยะเวลาที่ใช้

ขนาดของเทคโนโลยีการสกัด: การพัฒนาเทคโนโลยีการสกัดสำหรับในอนาคตมุ่งเน้น 3 แนวทางหลัก

เทคโนโลยีผสมผสาน (Hybrid Technology) แนวโน้มที่การรวมหลายเทคนิคเข้าด้วยกัน เช่น การใช้ MAE เป็นขั้นตอนเตรียมก่อนนำไปสกัดด้วย UAE หรือ SFE การผสมผสานเทคนิคนี้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง

20-40%

เทคโนโลยีสีเขียว (Green Technology) การพัฒนาตัวทำละลายสีเขียวอย่าง ionic liquids และ deep eutectic solvents (DES)/เกลือเหลวและสารผสมเหลว จุดหลอมต่ำ กำลังได้รับความสนใจอย่างมาก ตัวทำละลายเหล่านี้มีความปลอดภัยสูง สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่าตัวทำละลายดั้งเดิม แต่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมกว่าอย่างชัดเจน

แนวคิด Biorefinery การใช้ประโยชน์อย่างครบวงจร แนวคิดการใช้สารเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิดภายในกระบวนการเดียว ไม่ว่าจะเป็นโปรตีนสำหรับอาหาร ไบโอมัสสำหรับเชื้อเพลิงชีวภาพ หรือสัณฐานสำหรับเครื่องสำอางระบบ biorefinery ไม่เพียงช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ แต่ยังลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด สะท้อนหลักการเศรษฐกิจหมุนเวียน ที่โลกกำลังให้ความสนใจแบบมุ่งเป้า

การพัฒนาเทคโนโลยีการสกัดสารหายกำลังก้าวเข้าสู่ยุคใหม่ที่ผสมผสานประสิทธิภาพสูง ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ การเลือกเทคนิคที่เหมาะสมต้องพิจารณาชนิดของสารเป้าหมาย งบประมาณ และวัตถุประสงค์การใช้งาน ในอนาคตอันใกล้ การบูรณาการเทคโนโลยีเหล่านี้จะช่วยปลดล็อกศักยภาพของสารหายให้เต็มที่ สร้างโอกาสใหม่สำหรับอุตสาหกรรมยั่งยืนและมีส่วนสำคัญในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมโลก นั่นเอง

เอกสารอ้างอิง

Carreira-Casais, A., Otero, P., Garcia-Perez, P., Garcia-Oliveira, P., Pereira, A.G., Carpena, M., Soria-Lopez, A., Simal-Gandara, J. and Prieto, M.A., 2021. Benefits and drawbacks of ultrasound-assisted extraction for the recovery of bioactive compounds from marine algae. *International*

journal of environmental research and public health, 18(17), p.9153.

Finkel, Z.V., Follows, M.J., Liefer, J.D., Brown, C.M., Benner, I. and Irwin, A.J., 2016. Phylogenetic diversity in the macromolecular composition of microalgae. *PLoS One*, 11(5), p.e0155977.

Georgiopoulou, I., Tzima, S., Louli, V. and Magoulas, K., 2023. Process optimization of microwave-assisted extraction of chlorophyll, carotenoid and phenolic compounds from *Chlorella vulgaris* and comparison with conventional and supercritical fluid extraction. *Applied Sciences*, 13(4), p.2740.

Raj, T., Morya, R., Chandrasekhar, K., Kumar, D., Soam, S., Kumar, R., Patel, A.K. and Kim, S.H., 2023. Microalgae biomass deconstruction using green solvents: Challenges and future opportunities. *Bioresource technology*, 369, p.128429.

Sanzo, G.D., Mehariya, S., Martino, M., Larocca, V., Casella, P., Chianese, S., Musmarra, D., Balducci, R. and Molino, A., 2018. Supercritical carbon dioxide extraction of astaxanthin, lutein, and fatty acids from *Haematococcus pluvialis* microalgae. *Marine drugs*, 16(9), p.334.

นวจันทร์ ใจใส

ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพ
 สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)