

การพิมพ์อาหารสามมิติ

ลักษิกา งามวงศ์ล้ำเลิศ^๑ และ ลักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา^{๑,๒}

^๑ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

^๒ ภาควิชาวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวเคมี ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, sakamon.dev@kmutt.ac.th

บทนำ

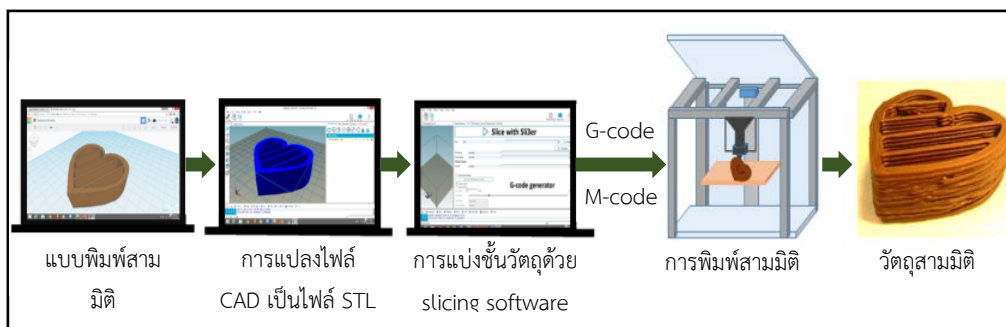
การพิมพ์สามมิติเป็นเทคนิคการสร้างวัตถุสามมิติด้วยวิธีการผลิตแบบเติมเนื้อวัสดุ ซึ่งต่างจากวิธีการขึ้นรูปทั่วไป เช่น การหล่อ การตัด และการเจียรระโน โดยเครื่องพิมพ์สามมิติจะเติมเนื้อวัสดุพิมพ์ทีละชั้นตามแนวระนาบจนได้ชิ้นงานตามแบบที่กำหนดไว้ในไฟล์ดิจิทัล การพิมพ์สามมิติเริ่มพัฒนาขึ้นเป็นครั้งแรกตั้งแต่คริสต์ทศวรรษ ๑๙๘๐ และได้รับความสนใจเพิ่มสูงขึ้นเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะในช่วง ๗ ปีที่ผ่านมา (Baiano, 2020) ปัจจุบัน มีการประยุกต์ใช้การพิมพ์สามมิติในอุตสาหกรรมหลากหลาย รวมถึงอุตสาหกรรมอาหาร การพิมพ์อาหารสามมิติเป็นการผลิตอาหารที่มีคุณลักษณะแตกต่างไปจากอาหารที่เตรียมหรือผลิตด้วยวิธีการที่ใช้ อยู่โดยทั่วไป โดยอาจเป็นการผลิตอาหารที่มีรูปร่างลักษณะสวยงาม สร้างความพึงพอใจแก่ผู้บริโภค ทั้งในครอบครัว ร้านอาหาร และสถานที่ท่องเที่ยว นอกจากนี้ ยังอาจใช้การพิมพ์สามมิติในการผลิตอาหารสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการเฉพาะ เช่น ผู้ป่วยที่มีภาวะกลืนลำบาก ตลอดจนผู้สูงอายุที่เริ่มมีปัญหากลืนอาหาร ซึ่งเป็นกลุ่มคนที่จะมีจำนวนสูงมากขึ้นเมื่อประเทศไทยเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ ในอนาคตอันใกล้ การพิมพ์อาหารสามมิติยังสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตอาหารเพื่อดูแลสุขภาพและรักษาโรคของประชากรได้อย่างเฉพาะเจาะจงในแต่ละบุคคล จึงอาจนับได้ว่าการพิมพ์อาหารสามมิติเป็นกระบวนการผลิตอาหารแห่งอนาคต

กระบวนการพิมพ์อาหารสามมิติ

ขั้นตอนการพิมพ์อาหารสามมิติเริ่มจากการสร้างโมเดลหรือแบบพิมพ์ที่ต้องการโดยใช้โปรแกรมช่วยในการออกแบบ (computer-aided design, CAD) หรือใช้เครื่องสแกนสามมิติ จากนั้นจึงแปลงแบบพิมพ์ที่ได้ให้อยู่ในรูปของไฟล์ที่เก็บข้อมูลสำหรับแบบพิมพ์สามมิติ หรือไฟล์ STL (STereoLithography) ก่อนจะแบ่งรูปร่างของวัตถุในไฟล์ STL เป็นชั้นในแนวระดับ และตั้งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการพิมพ์ (เช่น ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวฉีด อุณหภูมิของหัวฉีด และความสูงของวัสดุพิมพ์ในแต่ละชั้น) ด้วยซอฟต์แวร์สำหรับแบ่งชั้นวัตถุ (slicing software) ทั้งนี้ ชุดคำสั่งที่ได้จากซอฟต์แวร์ดังกล่าว ซึ่งอยู่ในรูปของ G-code และ M-code จะถูกส่งต่อไปยังเครื่องพิมพ์เพื่อสร้างวัตถุสามมิติ ดังแสดงในภาพที่ ๑ โดย G-code เป็นชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมเชิงตัวเลข เช่น ขอบเขตการพิมพ์ ความเร็วของหัวฉีด และแนวแกนพิมพ์ ในขณะที่ M-code เป็นชุดคำสั่งเสริมที่สนับสนุนการทำงานของเครื่องพิมพ์สามมิติ (Baiano, 2020)

เทคนิคการพิมพ์อาหารสามมิติแบบอัดรีดขึ้นรูป

การพิมพ์แบบอัดรีดขึ้นรูป (extrusion-based printing) เป็นเทคนิคการพิมพ์สามมิติที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากเป็นเทคนิคที่ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้ได้กับอาหารทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวที่มีความหนืดไม่สูงนัก เช่น เนย ช็อกโกแลต ชีส มันทด อีกทั้งเครื่องพิมพ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์นี้มักมีราคาต่ำกว่าเครื่องพิมพ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์อื่น หลักการของเทคนิคการพิมพ์นี้คือการอัดรีดวัสดุพิมพ์ผ่านหัวฉีด พร้อมกับ การลากเส้นวัสดุพิมพ์ที่ถูกอัดรีดออกจากหัวฉีดให้มีรูปร่างตามแบบพิมพ์สามมิติที่ออกแบบไว้ทีละชั้น โดยเริ่มจากจากชั้นล่างสุดไปจนถึงชั้นบนสุด ดังแสดงในภาพที่ ๒ อย่างไรก็ตาม ข้อด้อยของเทคนิคการพิมพ์นี้คือมีความแม่นยำต่ำและใช้ระยะเวลาในการพิมพ์นาน (Baiano, 2020)



ภาพที่ ๑ ขั้นตอนการพิมพ์สามมิติ (ที่มา : O'Neal, 2020)



ภาพที่ ๒ การพิมพ์แบบอัดรีดขึ้นรูปและตัวอย่างอาหารที่พิมพ์ได้ (ที่มา : Noort et al., 2017; Pitayachaval et al., 2018)

เทคนิคการพิมพ์อาหารสามมิติแบบพ่นหมึก

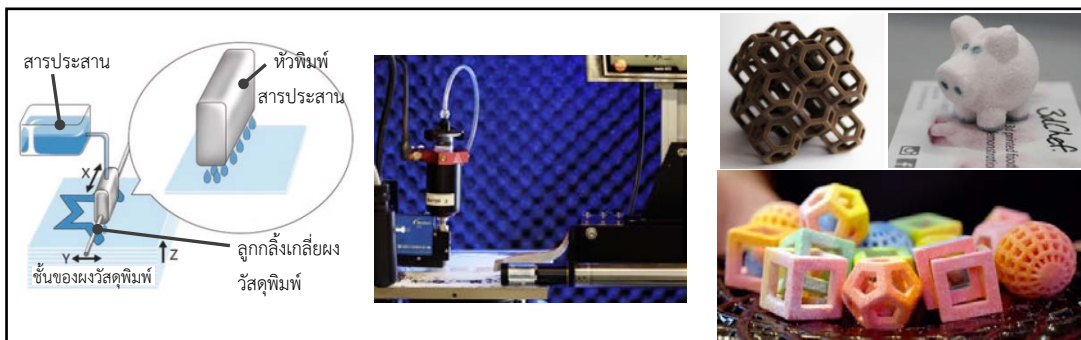
การพิมพ์แบบพ่นหมึก (inkjet printing) เป็นเทคนิคการพิมพ์ที่อาศัยการพ่นวัสดุพิมพ์เป็นละอองขนาดเล็กผ่านหัวพิมพ์ลงบนพื้นผิวของวัสดุรองรับ ดังแสดงในภาพที่ ๓ เทคนิคการพิมพ์แบบพ่นหมึกเหมาะสำหรับการพิมพ์ของเหลวที่มีความหนืดต่ำ เช่น ช็อกโกแลตและครีม เทคนิคการพิมพ์นี้เหมาะสำหรับการเติมพื้นผิวหรือตกแต่งอาหารเท่านั้น ไม่เหมาะสำหรับการพิมพ์เพื่อขึ้นรูปอาหารที่มีโครงสร้างซับซ้อน (Baiano, 2020)



ภาพที่ ๓ การพิมพ์แบบพ่นหมึกและตัวอย่างอาหารที่พิมพ์ได้
(ที่มา : Pallottino et al., 2016; Pitayachaval et al., 2018)

เทคนิคการพิมพ์อาหารสามมิติแบบพ่นสารประสานบนผงวัสดุ

การพิมพ์แบบพ่นสารประสานบนผงวัสดุ (binder jet printing) เป็นเทคนิคที่ใช้ได้กับวัสดุพิมพ์ที่เป็นผง เช่น ผงช็อกโกแลต แป้ง น้ำตาล การพิมพ์เริ่มจากการเคลือบผงวัสดุพิมพ์ด้วยลูกกลิ้งให้เป็นชั้นบาง ๆ ในแนวระนาบทีละชั้น สลับกับการพ่นสารประสานลงบนพื้นผิวของผงวัสดุเพื่อเชื่อมผงวัสดุในแต่ละชั้นเข้าด้วยกัน ดังแสดงในภาพที่ ๔ หลังจากพ่นสารประสานในแต่ละครั้งจะมีการให้ความร้อนกับผิววัสดุด้วยวิธีการฉายรังสีเพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างของวัตถุสามมิติ ทั้งนี้ ผงวัสดุที่ไม่ได้รับการพ่นสารประสานจะหลุดออกได้เอง หลังกระบวนการพิมพ์สิ้นสุดลง และสามารถนำกลับมาใช้ในการพิมพ์ครั้งต่อไป ข้อดีของเทคนิคการพิมพ์นี้คือ ใช้ระยะเวลาในการพิมพ์สั้น และสามารถพิมพ์วัตถุสามมิติที่มีโครงสร้างซับซ้อนได้ดี (Holland et al., 2019)



ภาพที่ ๔ การพิมพ์แบบพ่นสารประสานบนผงวัสดุและตัวอย่างอาหารที่พิมพ์ได้
(ที่มา : Pitayachaval et al., 2018; Holland et al., 2019)

วัสดุพิมพ์อาหาร

การเลือกวัสดุพิมพ์อาหารเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุดขั้นตอนหนึ่ง เนื่องจากสมบัติของวัสดุพิมพ์จะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการพิมพ์อาหารสามมิติ ตลอดจนคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์อาหารสามมิติที่พิมพ์ได้ วัสดุพิมพ์ที่สามารถนำมาใช้ในการพิมพ์สามมิติแบ่งได้เป็น ๓ กลุ่ม ได้แก่ ของเหลว ผง และเนื้อเยื่อ โดยกลุ่มที่เป็นของเหลวสามารถใช้ได้กับเทคนิคการพิมพ์แบบอัดรีดขึ้นรูปหรือการพิมพ์แบบพ่นหมึก วัสดุที่เป็นผงสามารถพิมพ์ได้โดยใช้เทคนิคการพิมพ์แบบพ่นสารประสานบนผงวัสดุ ส่วนการพิมพ์วัสดุที่เป็นเนื้อเยื่อหรือวัสดุชีวภาพให้มีลักษณะเป็นชิ้นเนื้อหรืออวัยวะ (bio-printing) สามารถกระทำได้โดยใช้เทคนิคการพิมพ์แบบอัดรีดขึ้นรูประดับจุลภาค (Baiano, 2020) อย่างไรก็ตาม วัสดุพิมพ์ทุกชนิดจะต้องมีสมบัติเป็นของไหลในขณะพิมพ์ (กล่าวอีกนัยหนึ่งคือสามารถไหลออกจากหัวฉีดหรือหัวพิมพ์ได้) และจะต้องมีความแข็งแรงเชิงกลสูงหลังจากออกจากหัวพิมพ์ รวมถึงต้องคงรูปอยู่ได้หลังกระบวนการพิมพ์สิ้นสุดลง นอกจากนี้ วัสดุพิมพ์อาหารยังอาจแบ่งได้เป็น ๓ ชนิด ตามความสามารถในการพิมพ์ ดังนี้

๑. วัสดุที่สามารถพิมพ์ได้ด้วยตัวเอง (natively printable materials) คือ วัสดุพิมพ์ที่สามารถอัดรีดได้ ขึ้นรูปได้ และคงรูปอยู่ได้ด้วยตัวเองหลังการพิมพ์ จึงไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการเตรียม (pretreatment) ก่อนการพิมพ์ ตัวอย่างของวัสดุชนิดนี้ ได้แก่ ช็อกโกแลต ชีส ครีม และเนย อย่างไรก็ตาม วัสดุที่สามารถพิมพ์ได้ด้วยตัวเองบางชนิด เช่น ครีมและเนย อาจต้องผ่านกระบวนการหลังการพิมพ์ เช่น กระบวนการแช่เยือกแข็ง (freezing) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับโครงสร้างสามมิติที่พิมพ์ได้
๒. วัสดุที่ไม่สามารถพิมพ์ได้ด้วยตัวเอง (non-printable materials) คือ วัสดุที่ต้องผ่านขั้นตอนการเตรียม หรือการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เพื่อเพิ่มความสามารถในการไหล ปรับค่าความหนืด หรือความคงตัว ก่อนการพิมพ์ วัตถุเจือปนอาหารที่นิยมใช้คือไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloids) เช่น สตาร์ช เพกติน เจลลาติน แชนแทนกัม วุ้น และอัลจิเนต ตัวอย่างของวัสดุที่ไม่สามารถพิมพ์ได้ด้วยตัวเอง ได้แก่ เนื้อสัตว์ กล้วย ฝรั่ง และผลไม้
๓. วัสดุทางเลือก (alternative materials) คือ วัสดุที่ไม่ใช่วัตถุดิบหลักสำหรับปรุง (หรือผลิตเป็น) อาหาร แต่เป็นวัสดุที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ที่น่าสนใจ เช่น โปรตีนและเส้นใยที่ได้จากแมลง สาหร่าย จุลินทรีย์ หรือเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการแปรรูปอาหาร วัสดุเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการพิมพ์สามมิติเพื่อผลิตอาหารที่มีรูปร่างและสีสันสวยงามน่ารับประทาน อีกทั้งยังมีคุณค่าทางโภชนาการที่เหมาะสมหรือมีสมบัติเชิงหน้าที่ตามที่ต้องการ

บทสรุป

การพิมพ์อาหารสามมิติเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติเพื่อผลิตอาหารที่มีรูปร่างและสีที่สวยงาม มีคุณค่าทางโภชนาการและสมบัติทางกายภาพหรือสมบัติเชิงหน้าที่ที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่มีความต้องการเฉพาะแต่ละบุคคล การเลือกใช้วัสดุทางเลือกสำหรับพิมพ์อาหารสามมิติ ตลอดจนการใช้วัสดุจากพืช (plant-based materials) สำหรับพิมพ์เนื้อสัตว์เทียม ยังอาจเป็นวิธีการซึ่งสามารถลดปัญหาวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมอาหาร ลดปัญหาภาวะขาดสารอาหาร และลดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากการลดจำนวนการเลี้ยงสัตว์เพื่อการบริโภค ทั้งนี้ การใช้เทคนิคการพิมพ์และวัสดุพิมพ์ที่เหมาะสมจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารสามมิติที่มีคุณลักษณะตามต้องการ

เอกสารอ้างอิง

- Baiano, A. (2020) 3D Printed Foods: A Comprehensive Review on Technologies, Nutritional Value, Safety, Consumer Attitude, Regulatory Framework, and Economic and Sustainability Issues. *Food Rev. Int.* 1762091.
- Holland, S., Foster, T. and Tuck, C. (2019) Creation of Food Structures Through Binder Jetting. In *Fundamentals of 3D Food Printing and Applications*; Godoi, F. C., Bhandari, B. R., Prakash, S. and Zhang, M. (Eds.); Academic Press: London, pp. 257–288.
- Noort, M., van Bommel, K. and Renzetti, S. (2017) 3D-Printed Cereal Foods. *Cereal Foods World.* 62, 272–277.
- O'Neal, B. (2020) University of Queensland: 3D Food Printing & the Potential of Chocolate. <https://3dprint.com/264993/university-queensland-3d-food-printing-the-potential-applications-chocolate> (accessed July 31, 2021).
- Pallottino, F., Hakola, L., Costa, C., Antonucci, F., Figorilli, S., Seisto, A. and Menesatti, P. (2016) Printing on Food or Food Printing: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 9, 725–733.
- Pitayachaval, P., Sanklong, N. and Thongrak, A. (2018) A Review of 3D Food Printing Technology, in: *Proceedings of MATEC Web of Conferences.* 213, 01012.