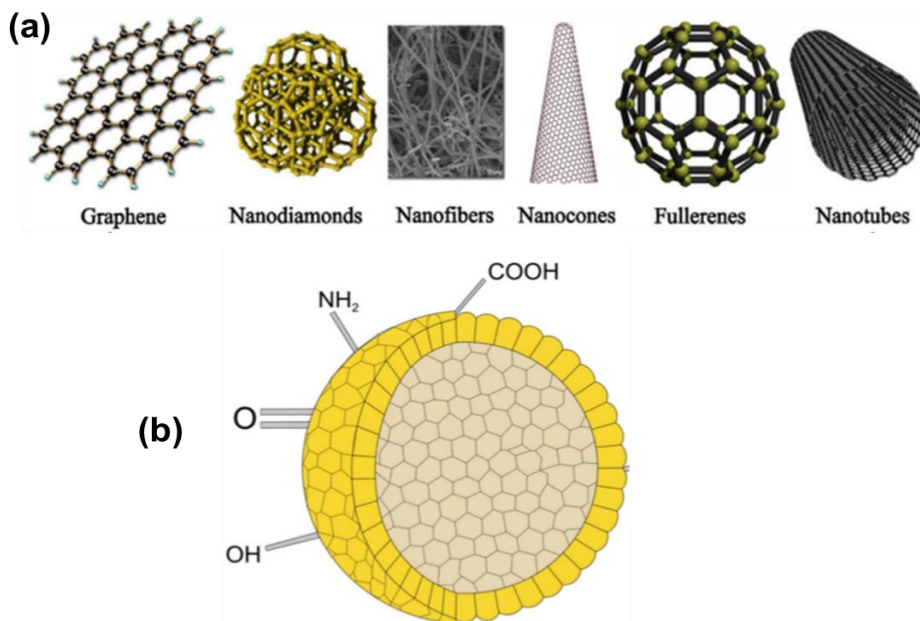


คาร์บอนควอนตัมดอต: นวัตกรรมจิ๋วเพื่ออนาคตของบรรจุภัณฑ์อาหาร (Carbon Quantum Dots: Tiny Innovations for the Future of Food Packaging)

อาหารมักเสื่อมคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นผักที่เหี่ยว เนื้อสัตว์ที่เริ่มมีกลิ่นผิดปกติ หรืออาหารสดที่เน่าเสียก่อนถึงมือผู้บริโภค ปัญหาดังกล่าวไม่เพียงส่งผลต่อผู้บริโภคเท่านั้น แต่ยังกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานอาหารทั้งหมด ตั้งแต่ผู้ผลิต ผู้ขนส่ง ผู้ค้าปลีก ไปจนถึงผู้บริโภคปลายทาง เนื่องจากการเสื่อมคุณภาพของอาหารก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านความปลอดภัยอาหาร และเพิ่มปริมาณอาหารที่สูญเสียและอาหารเหลือทิ้ง ทั้งนี้การเสื่อมสภาพของอาหารมักเกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์และปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ จึงทำให้การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ที่ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของอาหารมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น

ที่ผ่านมา บรรจุภัณฑ์อาหารแบบดั้งเดิมมีบทบาทสำคัญในการปกป้องอาหารจากสภาพแวดล้อมภายนอก และบางประเภทสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามบรรจุภัณฑ์ดังกล่าวยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ประสิทธิภาพในการต้านจุลินทรีย์ที่ไม่ครอบคลุม ความทนทานของบรรจุภัณฑ์ที่อาจไม่เพียงพอ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และข้อจำกัดด้านความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาวัสดุบรรจุภัณฑ์รุ่นใหม่จึงได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เพื่อไม่ให้บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่เพียงห่อหุ้มอาหาร แต่ยังช่วยปกป้องและรักษาคุณภาพอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

หนึ่งในวัสดุที่ได้รับความสนใจอย่างมากคือ คาร์บอนควอนตัมดอต หรือ Carbon Quantum Dots (CQDs) ซึ่งเป็นวัสดุนาโนคาร์บอนขนาดเล็กมาก มีลักษณะเป็นอนุภาคทรงกลมขนาดต่ำกว่า 10 – 20 นาโนเมตร และจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุนาโนแบบศูนย์มิติ

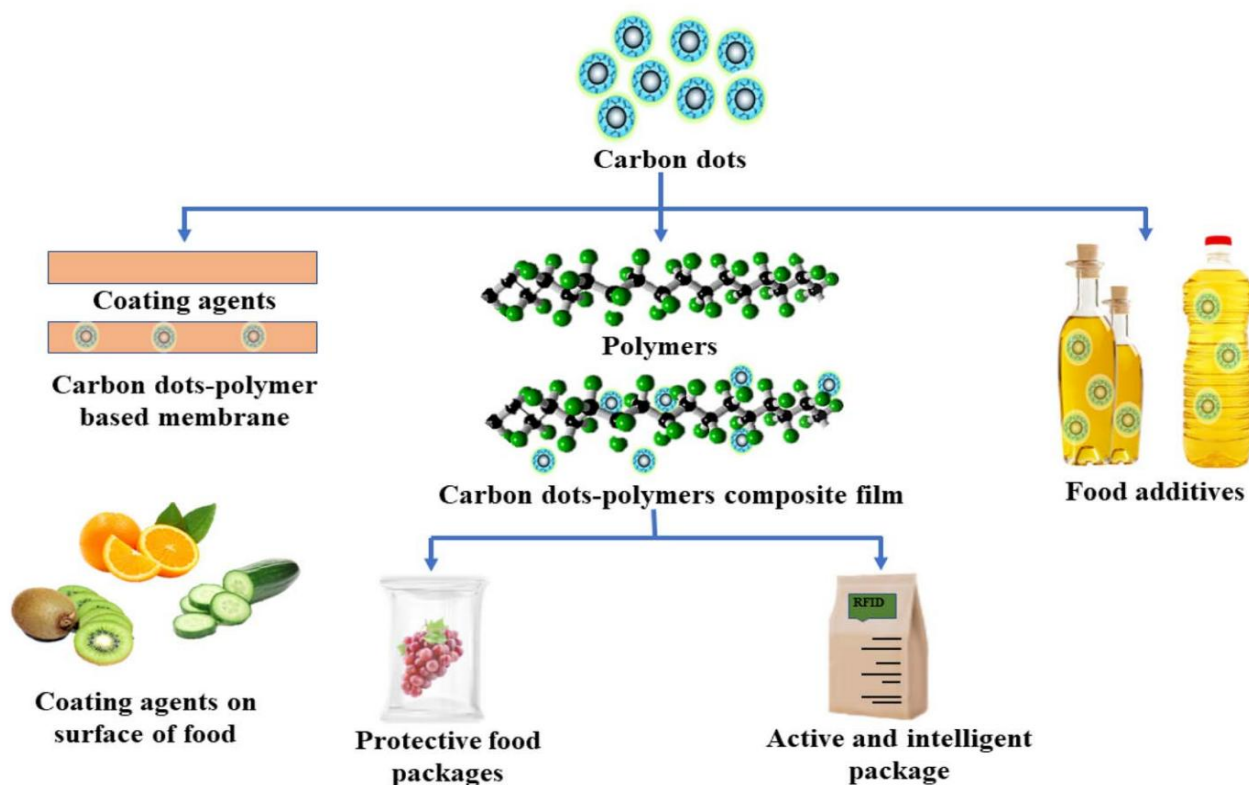


รูปที่ 1 (a) ลักษณะของอนุภาคนาโนของคาร์บอน และ (b) คาร์บอนควอนตัมดอตที่มีหมู่ฟังก์ชัน โดย Aksu และ Güzdemir (2025) *Food and Bioprocess Technology* 18: 6753–6778. (<https://doi.org/10.1007/s11947-025-03854-1>)

CQDs ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 2004 และได้รับการตั้งชื่ออย่างเป็นทางการในปี ค.ศ. 2006 จุดเด่นสำคัญคือ มีต้นทุนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับวัสดุนาโนคาร์บอนบางชนิด อีกทั้งยังมีสมบัติเด่นหลายประการ ทั้งด้านแสง ด้านไฟฟ้า ด้านกล ด้านความร้อน และความเข้ากันได้ทางชีวภาพ นอกจากนี้พื้นผิวของ CQDs ยังมีหมู่ฟังก์ชันหลากหลาย เช่น คาร์บอกซิล (COOH) อีพอกไซด์ (C-O-C) อะมิโน (NH_2) และไฮดรอกซิล (OH) ซึ่งเอื้อต่อการปรับแต่งสมบัติของวัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว CQDs จึงได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้นในฐานะวัสดุนวัตกรรมที่มีศักยภาพสูงสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารยุคใหม่

CQDs มีศักยภาพในการต้านจุลินทรีย์ โดยสามารถรบกวนการอยู่รอดและการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้หลายกลไก ส่งผลให้ช่วยชะลอการเน่าเสียของอาหาร ลดการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์บนผิวอาหาร และสนับสนุนความปลอดภัยอาหาร ระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง นอกจากนี้ CQDs ยังมีความเป็นพิษต่อเซลล์ต่ำและมีความเข้ากันได้ทางชีวภาพที่ดี สมบัติดังกล่าวทำให้วัสดุชนิดนี้มีความเหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในบรรจุภัณฑ์อาหารสมัยใหม่ โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์เชิงรุกที่ช่วยลดปัจจัยซึ่งเร่งการเสื่อมสภาพของอาหาร

CQDs ยังมีศักยภาพในการป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือแสง UV ซึ่งเป็นปัจจัยที่สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงของสี กลิ่น รส และคุณค่าทางโภชนาการของอาหารได้ ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่สามารถกรองหรือป้องกันแสงบางส่วนจึงมีบทบาทสำคัญในการคงคุณภาพอาหาร โดยโครงสร้างระดับนาโนและสมบัติทางแสงของ CQDs ช่วยเสริมสมบัติการป้องกันแสง UV ให้กับบรรจุภัณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 ศักยภาพของคาร์บอนดอตในการประยุกต์ใช้เป็นสารเติมแต่ง สารเคลือบ และองค์ประกอบสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหารอัจฉริยะและแบบแอคทีฟ โดย Gupta, Kumar และคณะ Gaikwad, *Sustainable Food Technol.* 1 (2023) 185–199. (DOI: 10.1039/d2fb00020b)

อีกสมบัติสำคัญของ CQDs คือการช่วยเสริมสมบัติการกั้นก๊าซของวัสดุบรรจุภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์อาหารที่ดีไม่ควรเพียงป้องกันการรั่วซึมเท่านั้น แต่ควรควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซบางชนิด เช่น ออกซิเจนและความชื้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่เร่งการเสื่อมสภาพของอาหาร CQDs มีลักษณะผิวและโครงสร้างที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกั้นก๊าซ จึงช่วยปกป้องอาหารจากปัจจัยที่เร่งการเสื่อมคุณภาพ และช่วยรักษาคุณภาพด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัสของอาหารได้ดียิ่งขึ้น

ถึงแม้ว่า CQDs จะมีศักยภาพสูง แต่การนำไปใช้จริงในระดับอุตสาหกรรมยังต้องอาศัยการพัฒนาเพิ่มเติม ทั้งในด้านการผลิตให้มีคุณภาพสม่ำเสมอ การควบคุมต้นทุน ความเหมาะสมกับวัสดุบรรจุภัณฑ์แต่ละประเภท และการประเมินความปลอดภัยในการใช้งานระยะยาว ประเด็นดังกล่าวสะท้อนว่า การเปลี่ยนผ่านจากงานวิจัยไปสู่การประยุกต์ใช้จริงอย่างแพร่หลายยังต้องอาศัยการศึกษาและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

โดยสรุป CQDs เป็นวัสดุนาโนที่มีศักยภาพสูงสำหรับบรรจุภัณฑ์อาหาร เนื่องจากสามารถผสานสมบัติสำคัญหลายด้านไว้ในวัสดุเดียว ทั้งการต้านจุลินทรีย์ การเสริมความแข็งแรง การป้องกันรังสี UV และการเพิ่มประสิทธิภาพการกั้นก๊าซ

สมบัติเหล่านี้ล้วนมีส่วนช่วยยกระดับความปลอดภัยอาหาร ยืดอายุการเก็บรักษา และลดการสูญเสียอาหาร จึงอาจกล่าวได้ว่า CQDs เป็นหนึ่งในนวัตกรรมวัสดุที่ควรจับตามองสำหรับอนาคตของบรรจุภัณฑ์อาหาร

ที่มาของข้อมูล

1. Xue, H., Yang, J., Yu, H., Dong, R., Liao, X., Tan, J. (2026), The carbon quantum dots: Preparation, antibacterial mechanisms, and application in food packaging. *Current Research in Food Science*, 12: e101316. (<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2026.101316>)
2. Aksu, M., Güzdemir, Ö. (2025), Food Waste-Derived Carbon Quantum Dots and Their Applications in Food Technology: A Critical Review. *Food Bioprocess Technol* 18: 6753–6778. (<https://doi.org/10.1007/s11947-025-03854-1>)
3. Gupta, D., Kumar, L., Gaikwad, K.K. (2023), Carbon dots for food packaging applications. *Sustainable Food Technology*, 1: 185-199. (DOI: 10.1039/d2fb00020b)