ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี
General Information of Nanotechnology

ณยา วงษ์พูน[1] **ใจพร พุ่มคำ**[1] **ศิรศักดิ์ เทพาคำ**[2]
[1]*สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา*
[2]*ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ*

บทนำ

นาโน (nano) เป็นคำที่มีรากศัพท์มาจากคำในภาษากรีกว่า Nanos ซึ่งแปลว่า แคระ หรือเล็ก เป็นหน่วยวัดทางคณิตศาสตร์เท่ากับ "เศษหนึ่งส่วนพันล้านส่วน"เมื่อนำไปวางไว้หน้าหน่วยวัดใดๆ หมายถึง"เศษหนึ่งส่วนพันล้านส่วนของหน่วยวัดนั้นๆ" เช่น นาโนเมตร (nanometer: nm) หมายถึง "เศษหนึ่งส่วนพันล้านเมตร" มีค่าเท่ากับ 0.000 000 001 เมตร หรือ 10^{-9} หรือหากมองภาพบนไม้บรรทัดซึ่งมีหน่วยวัดขนาดเล็กสุดเป็นมิลลิเมตรนั้น ให้จินตนาการแบ่ง 1 มิลลิเมตรออกเป็นล้านส่วน โดยหนึ่งส่วนในล้านส่วนจะเท่ากับหนึ่งนาโนเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่าหรือแม้แต่การใช้กล้องจุลทรรศน์ธรรมดา แต่ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงมาก เช่น กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดในอุโมงค์ (Scanning Tunneling Microscope: STM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic Force Microscope: AMF) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope: TEM) [1-4] รวมถึงการใช้เครื่องมือพิเศษในการตรวจสอบลักษณะโครงสร้าง หรือเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน [5, 6] เป็นต้น

นาโนเทคโนโลยี ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์เพื่อการอุปโภคและบริโภคหลายชนิด เช่น เสื้อผ้า สิ่งทอ ถุงเท้า โดยการเคลือบหรือฝังอนุภาคนาโนเงินเพื่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือวัสดุในยานอวกาศ คอมพิวเตอร์ รถยนต์เพื่อทำให้แข็งแรงทนทาน ยืดหยุ่น มีประสิทธิภาพสูง แต่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ในสารฆ่าแมลงเพื่อเพิ่มความเจาะจงต่อเป้าหมาย และลดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมในผลิตภัณฑ์ยาเพื่อเพิ่มความจำเพาะเจาะจงต่อเซลล์เป้าหมาย ลดขนาดยา (dose) และลดอาการไม่พึงประสงค์ [7, 8] เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น ครีมกันแดด ทำให้โปร่งแสงไม่เป็นคราบ และในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อให้บูดเสียช้าลงหรือเพิ่มคุณค่าทางอาหาร ดังนั้น หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการควบคุมกำกับ ดูแลผลิตภัณฑ์ในหลายประเทศเริ่มมีแนวทาง กฎ ระเบียบ เพื่อใช้ในการกำกับดูแลผลิตภัณฑ์ที่มาจากนาโนเทคโนโลยี

ความเป็นมาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

เมื่อปี พ.ศ.2502 (ค.ศ. 1959) ดร. ริชาร์ด ไฟน์แมน (Richard Feynman) เป็นคนแรกที่ได้กล่าวไว้ในการประชุม "There's plenty of room at the bottom" เกี่ยวกับความเป็นไปได้ของนาโนเทคโนโลยี ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2517 (ค.ศ. 1974) คำว่า "นาโนเทคโนโลยี" ได้ถูกบัญญัติขึ้นเป็นครั้งแรกโดย ศาสตราจารย์โนริโอะ ทานิกูชิ (Norio Taniguchi)" ชาวญี่ปุ่น

คำจำกัดความ [9-12]

"นาโนสเกล (nanoscale) หรือขนาดนาโน" หมายถึง ขนาดในช่วง 1 นาโนเมตร (nanometer: nm) ถึง 100 นาโนเมตร (nm) โดยประมาณ

"วัตถุนาโน (nano-object)" หมายถึง วัตถุที่มีมิติภายนอก 1 มิติ หรือ 2 มิติ หรือ 3 มิติ อยู่ในระดับนาโนสเกล หรือหมายถึง วัตถุที่มีมิติอย่างน้อยหนึ่งมิติอยู่ในระดับนาโนสเกล

"วัสดุนาโน (nanomaterial)" หมายถึง วัสดุที่มีมิติภายนอกอยู่ในระดับนาโนสเกล หรือวัสดุที่มีโครงสร้างภายในหรือมีโครงสร้างพื้นผิวอยู่ในระดับนาโนสเกล

"อนุภาคนาโน (nanoparticle)" หมายถึง วัตถุนาโนที่มีมิติภายนอกทั้งสามมิติอยู่ในระดับนาโนสเกล

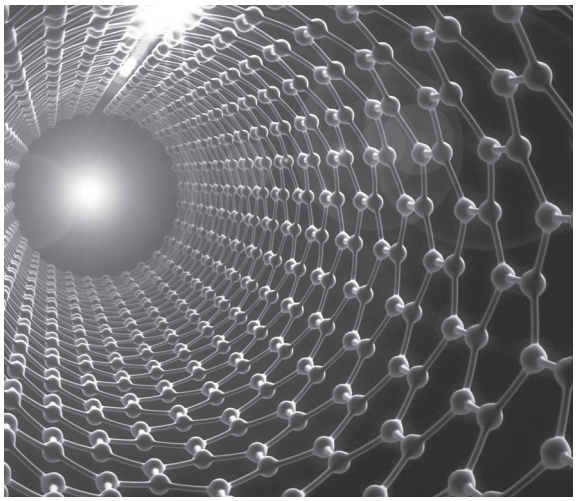
<u>หมายเหตุ</u> หากอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นของวัตถุมีค่ามากกว่า 3 ให้เรียกว่า "เส้นใยนาโน" หรือ "แผ่นนาโน" แทน "อนุภาคนาโน"

"วัสดุนาโนจากการผลิต (manufactured nanomaterial)" หมายถึง วัสดุนาโนที่ผลิตขึ้นโดยให้มีคุณสมบัติหรือองค์ประกอบที่จำเพาะ สำหรับใช้ในวัตถุประสงค์ทางการค้า

"วัสดุโครงสร้างนาโน (nanostructure nano-material)" หมายถึง วัสดุที่มีโครงสร้างภายในอยู่ในระดับนาโนสเกล หรือมีโครงสร้างพื้นผิวอยู่ในระดับนาโนสเกล

"นาโนศาสตร์ (nanoscience)" หมายถึง วิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และวัตถุในระดับนาโนเมตรเพื่อทำให้มีคุณสมบัติพิเศษขึ้น

"นาโนเทคโนโลยี (nanotechnology)" หมายถึง การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ในการจัดการและควบคุมสาร และการสังเคราะห์วัสดุในระดับนาโนสเกล เพื่อใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นกับขนาดหรือโครงสร้างของสสาร โดยคุณสมบัติหรือปรากฏการณ์ดังกล่าวแตกต่างจากที่พบในวัสดุขนาดใหญ่



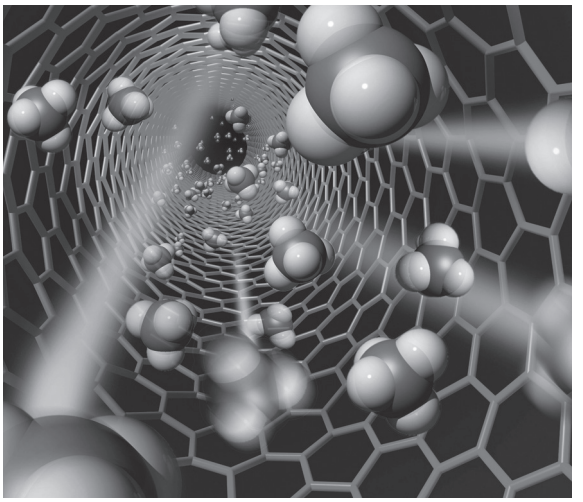
ตัวอย่างสารในระดับนาโน

เพื่อให้เห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น จึงมีการเปรียบเทียบขนาดของสิ่งต่าง ๆ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) นาโนแมททีเรียลในธรรมชาติ จากนิยามคำว่า nanoscale หมายถึง "ต้องมีมิติอย่างน้อยหนึ่งมิติน้อยกว่า 100 นาโนเมตร" นั้นพบว่ามีสารหลายชนิดในธรรมชาติที่มีคุณสมบัติตรงตามนิยามนี้ เช่น ดีเอนเอ (Deoxyribonucleic acid: DNA) อาร์เอนเอ (Ribo-nucleic acid: RNA) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 นาโนเมตร และเอนไซม์เอทีพีซินเทส (ATP synthase) มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 นาโนเมตร ตามลำดับ หรืออินฟลูเอนซาไวรัส ซึ่งโดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 80-100 นาโนเมตร ส่วนฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5.5 นาโนเมตร นอกจากนั้น ไฟบริน (fibrin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในกระดูก มีความกว้างประมาณ 1.5 นาโนเมตร หรือบริเวณปลายนิ้วของตุ๊กแก มีลักษณะเป็น nanostructure

จำนวนมาก เรียกว่า “สปาทูลา (spatula)” ทำให้เท้าตุ๊กแกมีคุณสมบัติเป็นระบบยึดเกาะ (gecko adhesive system) และเท้าไม่เปื้อนหรือเปียกน้ำเมื่อเดินในบริเวณต่างๆ

2) นาโนแมททีเรียลสังเคราะห์ องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ได้แจกแจงรายชื่อ nanomaterial ที่ถูกผลิตขึ้นดังนี้ ฟลูเลอลีน (Fullerenes, C60) ซิงเกิลวอลล์คาร์บอนนาโนทิวป์ (Single-walled carbon nanotubes: SW-CNTs) มัลติวอลล์คาร์บอนนาโนทิวป์ (Multi-walled carbon nanotubes: MWCNTs) อนุภาคนาโนเหล็ก (Iron nanoparticles) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide: TiO_2) อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide: Al_2O_3) ซีเรียมออกไซด์ (Cerium oxide: CeO_2) ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide: ZnO) ซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon dioxide: SiO_2) เดนไดร์เมอร์ (Dendrimer) นาโนเคย์ (Nanoclays) อนุภาคนาโนทองคำ (Gold nanoparticles) เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium: ZrO_2) ไลโพโซม (Liposome) เอ็กโซโซม (Exosome) กรดโพลีแลคติคโคไกลโคลิก (poly (lactic-co-glycolic acid): PLGA) โพลีเอทิลลีนไกลคอล (Polyethylene glycol: PEG)



สรุป

แนวความคิดและการกำหนดนิยามศัพท์ของคำว่า “นาโนเทคโนโลยี” เริ่มขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2502 และ พ.ศ. 2517 ตามลำดับ ซึ่งต่อมาก็ได้มีการกำหนดนิยามศัพท์คำอื่นๆ เช่น นาโนสเกล นาโนแมททีเรียล และนาโนพาร์ติเคิล เป็นต้น ซึ่งสารในขนาดนาโนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ นาโนแมททีเรียลในธรรมชาติ และนาโนแมททีเรียลสังเคราะห์ ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ ผลิตภัณฑ์อาหาร ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์ด้านอื่นๆ เช่น ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร และผลิตภัณฑ์วัตถุอันตรายที่ใช้ในบ้านเรือนหรือทางสาธารณสุข เป็นต้น โดยคุณสมบัติของวัสดุนาโน จะประกอบด้วย

1. เป็นวัตถุที่อย่างน้อยมีมิติใดมิติหนึ่งมีขนาดในช่วงประมาณ 1-100 นาโนเมตร ตามมาตรฐานที่กำหนด (ISO TC 229)
2. มีโครงสร้างของสารในรูปแบบใหม่ที่ให้คุณสมบัติพิเศษ (ที่อาจจะไม่เคยมีมาก่อน) ซึ่งสามารถควบคุมได้
3. มีข้อมูลหรือข้อพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ที่อธิบายรายละเอียดการทำหน้าที่ (Function) ของวัสดุนาโนนั้นได้

เอกสารอ้างอิง

1. Powers KW, Brown SC, Krishna VB, et al. Research Strategies for Safety Evaluation of Nanomaterials. Part VI. Characterization of Nanoscale Particles for Toxicological Evaluation. ToxicolSci 2006;90(2): 296-303.
2. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. Atomic Force Microscope (Acessed on Mar 21, 2013, http://www.nanotec.or.th/th/?page_id=545
3. CIMS (Center of Intelligent Materials and Systems) Faculty of Science, Mahidol University. NanoCenter Facilities (Acessed on Mar 21, 2013, http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/center/center.html)

4. Calabi M, Jara A, Bendall J, et al. Structural characterization of natural nanomaterials: potential use of increase the phosphorus mineralization. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 2010:29-32.
5. Ministry of Science and Technology, Thailand. เครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอน (Acessed Mar 22, 2013, http://www.most.go.th/main/index.php/flagship/120-slri/1532-slri.html)
6. วารสารส่งเสริมการลงทุน เดือนกันยายน 2555 วันเพ็ญ หรูจิตตวิวัฒน์ นักวิชาการส่งเสริมการลงทุน ระดับชำนาญการพิเศษ กลุ่มผู้ชำนาญการต่างประเทศ ศูนย์บริการลงทุนอุตสาหกรรมนาโน(Acessedon July 20, 2014,http://www.faq108.co.th/common/topic/nano.php)
7. EUROPA. Nanotechnologies (Acessed on Mar 19, 2013, http://ec.europa.eu/health/opinions2/en/nanotechnologies/index.htm)
8. Nano.gov National Nanotechnology Initiative. What is naontechnology ? (Acessed on 19, 2013, http://www.nano.gov/)
9. ร่างมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยี บทที่ 1แนวปฏิบัติสำหรับการควบคุมและผลิตวัสดุนาโนที่มีคุณภาพ มกราคม 2557 (Acessed on July 20, 2014, http://www.nanotec.or.th/th/wp-content/uploads/2013/12/4_1.pdf)
10. EUROPEAN COMMISSIONHEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL. The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies (Acessed on Mar 21, 2013,http://ec.europa.eu/health/ph_risk/documents/synth_report.pdf)
11. EUROPEAN COMMISSION HEALTH & CONSUMER PROTECTION DIRECTORATE-GENERAL. SAFETY OF NANOMATERIALS IN COSMETIC PRODUCTS (Acessed on Mar 21, 2013,http://ec/europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scc/docs/sccp_mi_009.pdf)
12. Oberdorster G, Maynard A, Donaldson K, et al. Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. Part FibreToxicol 2005;2(8):1-35.