



การวิเคราะห์ทดสอบ ด้านนาโนเทคโนโลยีในผลิตภัณฑ์

ดร. อนุรักษ์ ศุภกา

หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ระดับนาโน
ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)



ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในตลาด



(Photo by David Hawxhurst-Woodrow Wilson International Center for Scholars.)

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในตลาด



สารเคลือบผิวกันน้ำ
ของบริษัท BASF



แผ่นรองเท้าที่ลดแรงกระแทกและ
ให้ความอบอุ่น บริษัท Aspen
Aerogels



น้ำยาฆ่าเชื้อนาโน EcoTru
บริษัท EnviroSystem



ครีมบรรเทาอาการอักเสบ
กล้ามเนื้อ Flex-Power



น้ำยาเช็ดกระจกรถยนต์
Clarity Defender



ฟูกรองเตียงที่ซึกได้ของ
Simmons Bedding Co.



กาวติดพื้น 3M



ครีมบำรุงผิวนาโน
บริษัท Bionova



พลาสติกเคลือบผิวของ
บริษัท Nucryst
Pharmaceuticals

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในตลาด



Apple Computer's
iPod Nano



Shemen Industries
Canola Active



O'Lala Foods Choco'la
Chewing Gum



Zelens Fullerene
C-60 Face Cream



Sports Stealth CNT Bat



Nanotex fabric



ArcticShield Socks



Behr NanoGuard Paint
Pilkington Activ Glass



NanoBreeze Air
Purifier

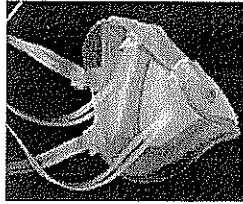




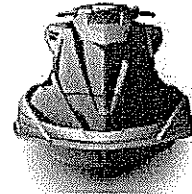
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในตลาด



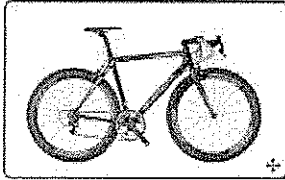
Diorskin forever



NanoMask®



2008 Fx Cruiser SHO



928 Carbon/SL Record



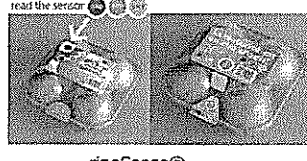
928 Carbon/SL Record



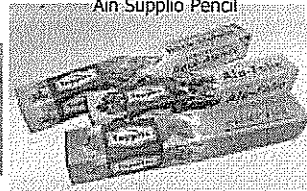
Ain-Supplio Pencil



Acnel Lotion N



ripeSense®

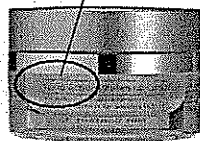
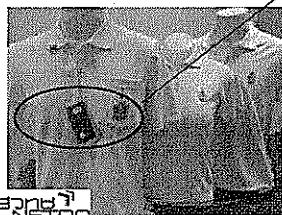
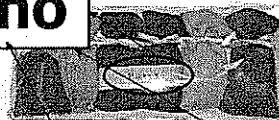
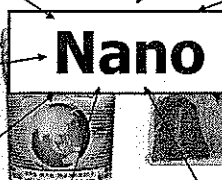
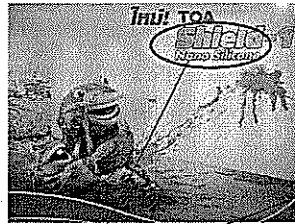


ToppitsBack®

สภาวิชาชีพ
NSTDA

NANOTEC
A member of STDA

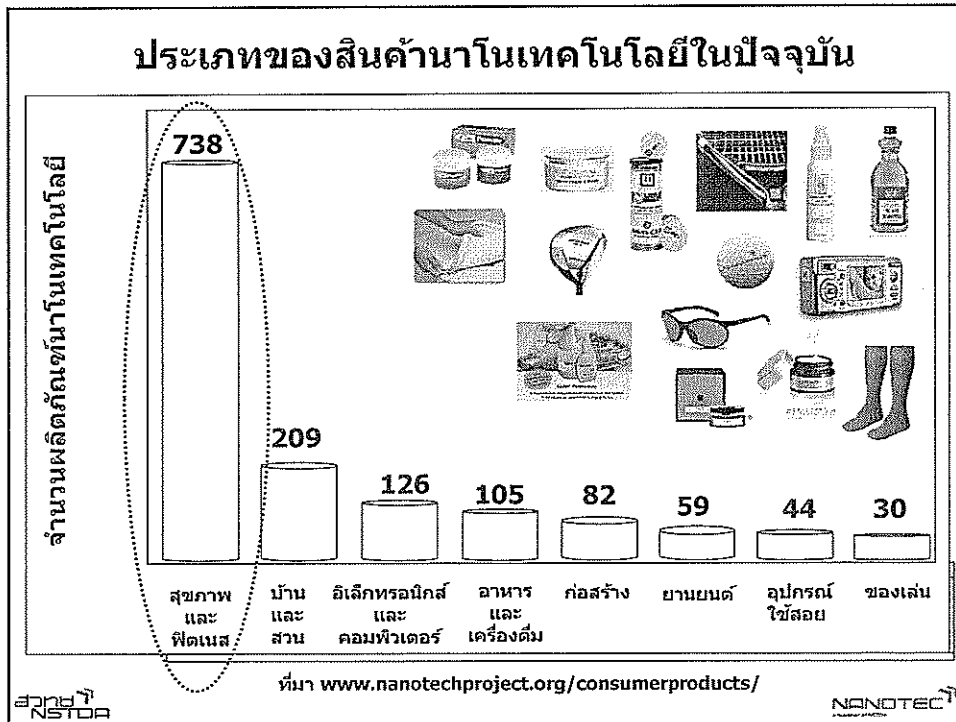
ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในประเทศไทย



Nano

สภาวิชาชีพ
NSTDA

NANOTEC
A member of STDA



ข้อเท็จจริง

ผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ขาด ข้อมูลการวิเคราะห์ "ความเป็นนาโน"

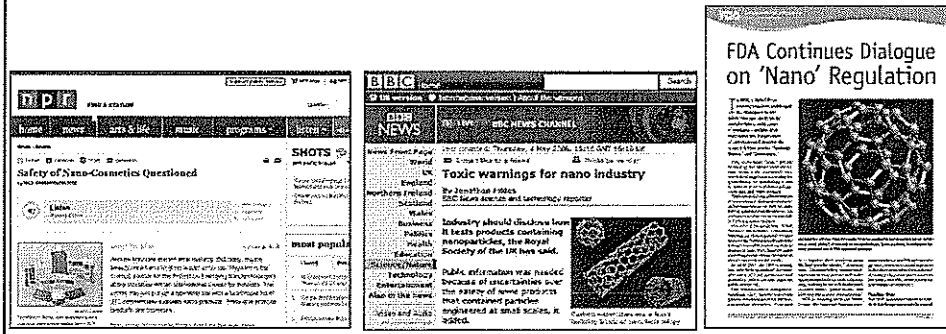
ขาด ข้อมูลการวิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

ขาด ข้อมูลด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต



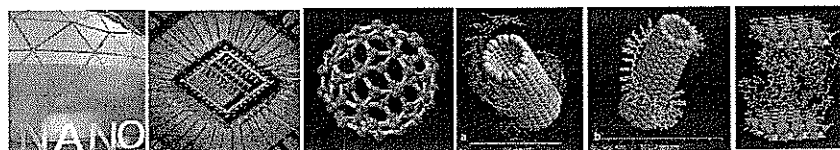

ข้อจำกัดและอุปสรรคในการควบคุมผลิตภัณฑ์นาโนฯ

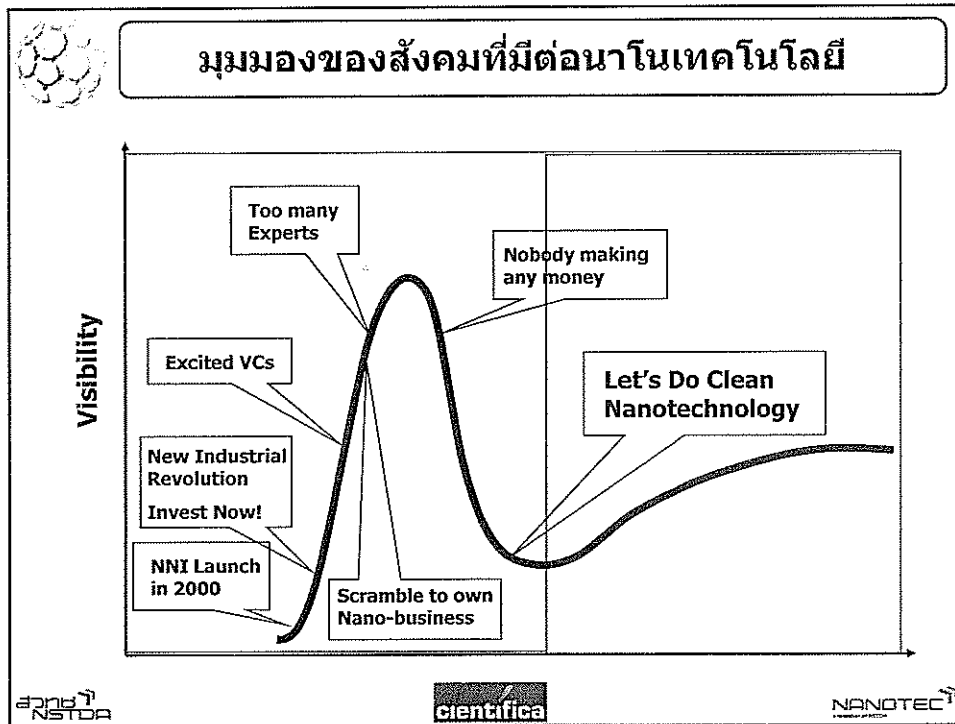
- ยังไม่มีวิธีการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติด้านกายภาพและเคมีของวัสดุนาโนที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล
- ไม่มีวิธีการประเมินความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์นาโนที่มีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม
- วิธีการทดสอบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้ทดสอบผลิตภัณฑ์นาโน
- ยังขาดการพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์ทดสอบ และวิธีการวิเคราะห์ทดสอบสำหรับวัสดุนาโน
- ขาดวัสดุอ้างอิงและวิธีการสอบเทียบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ทำให้ผลการวิเคราะห์ทดสอบไม่ถูกต้อง



ความเสี่ยงของผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี

- เมื่อวัสดุและสสารต่างๆ มีขนาดเล็กถึงระดับนาโนเมตร สมบัติทางกายภาพและเคมีหลายประการเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นความเข้าใจถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และพิษภัยที่เกิดจากวัสดุขนาดนาโนยังอยู่ในวงจำกัด
- ปัญหาด้านคุณธรรมและจริยธรรมในการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ ยังเป็นที่ถกเถียงกันไม่สิ้นสุด





ประชาคมอาเซียน (2558)

ตลาดเดียวและฐานการผลิตเดียวกัน

ประเทศไทยกำลังจะกลายเป็นศูนย์กลางของภูมิภาคอาเซียนในการผลิตสินค้านาโนเทคโนโลยี

ต้องการ โครงสร้างพื้นฐานในการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีทั้งภูมิภาคในการผลิตสินค้านาโนเทคโนโลยี

MYANMAR

THAILAND

CAMBODIA

SINGAPORE

INDONESIA

LAOS

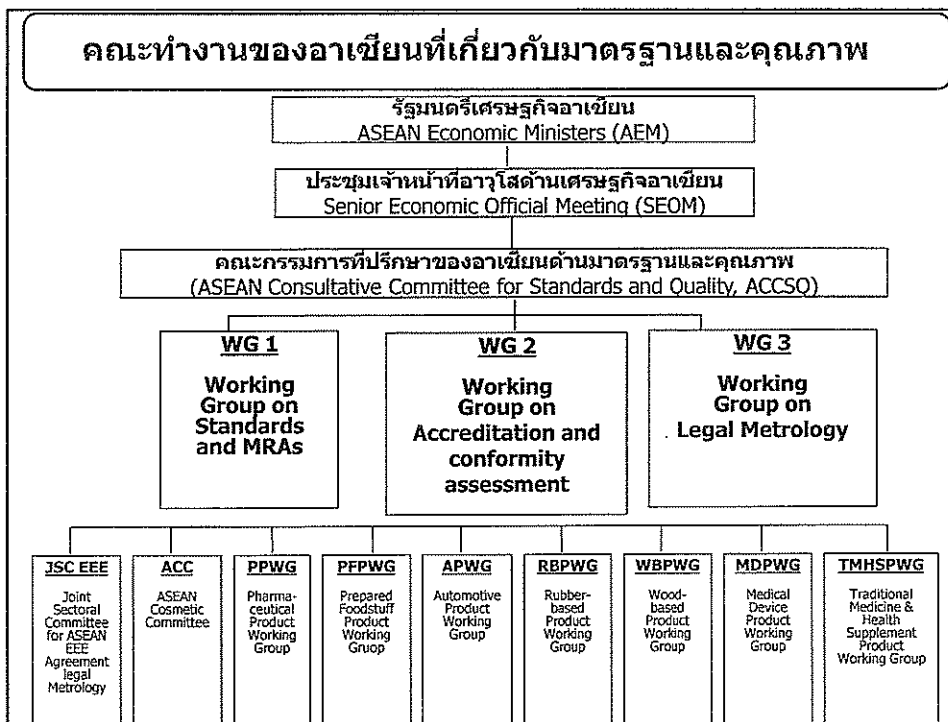
VIETNAM

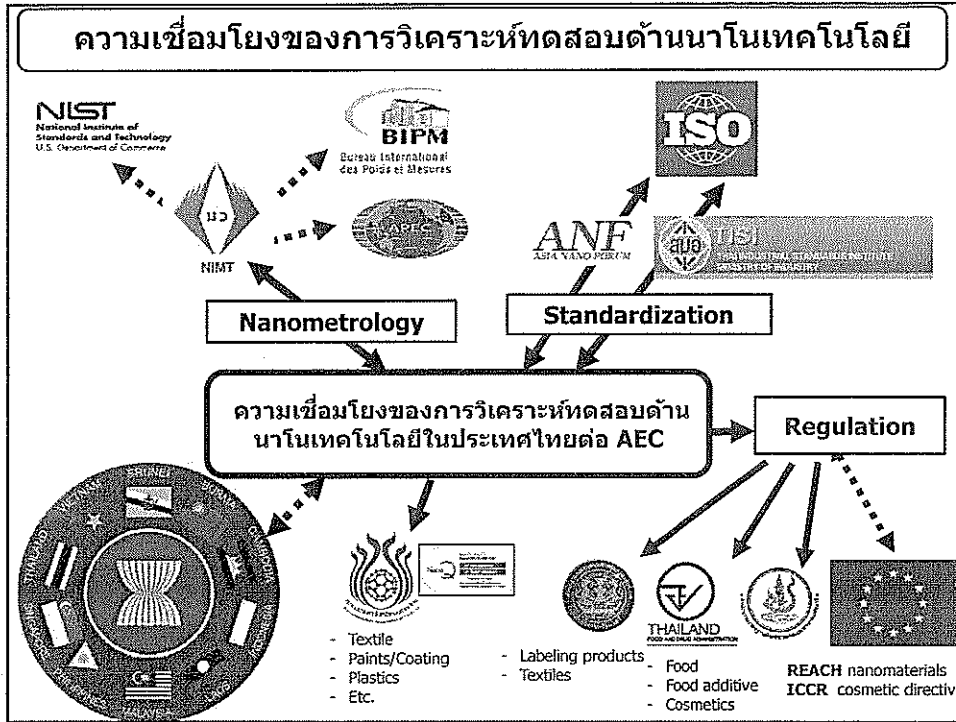
MALAYSIA

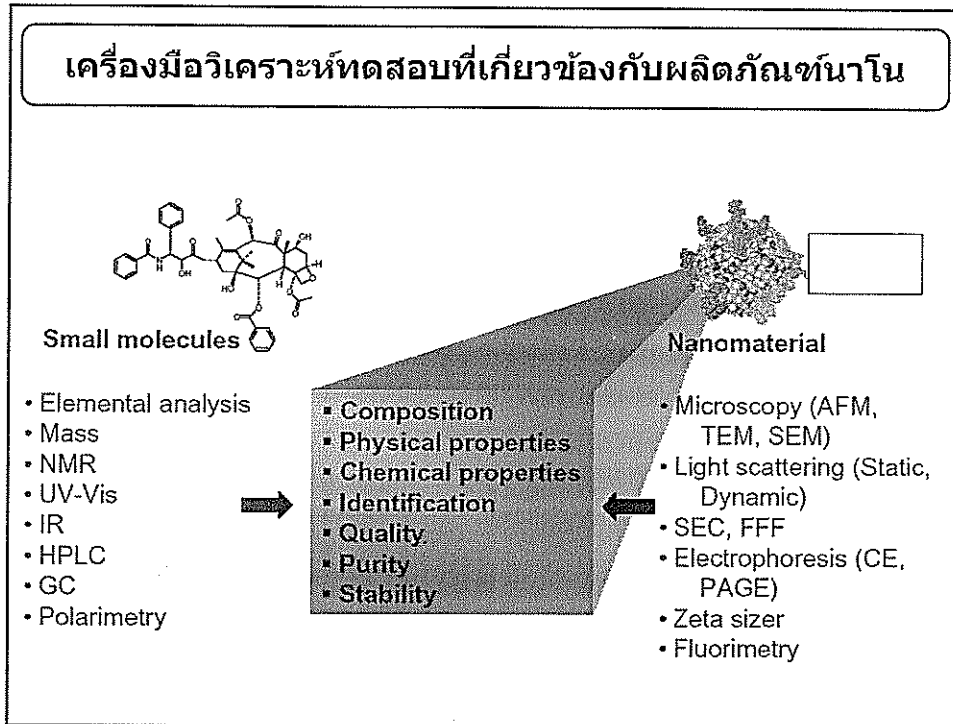
PHILIPPINES

BRUNEI DARUSSALAH

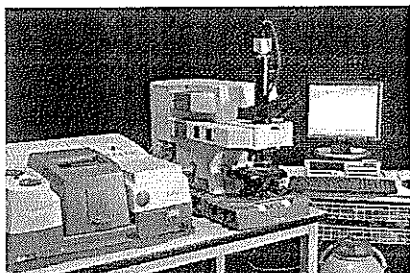
ความต้องการของภาคอุตสาหกรรม	
ภาคอุตสาหกรรมของไทยและอาเซียนต้องการหน่วยงานที่สามารถวิเคราะห์ทดสอบขั้นสูง ด้านนาโนเทคโนโลยี สำหรับ วัสดุดีบและสินค้า	
กลุ่มอุตสาหกรรม	ความต้องการวิเคราะห์ทดสอบ
อาหาร อาหารเสริม ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร	Nano-scale particle size, size distribution, nanostructure, compositions, surface charge, surface area, cytotoxicity
สี และสารเคลือบ	nanostructure, particle size, size distribution, surface chemistry, chemical composition, surface area, cytotoxicity
เครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์สมุนไพร	Nano-scale particle size, size distribution, nanostructure, compositions, surface charge, surface area, cytotoxicity
สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม	morphology, nanostructure, chemical composition, antimicrobial, strain resistance, photocatalyst, cytotoxicity
สารเคมีและปิโตรเคมี	Nano-scale particle size, size distribution, compositions, nanostructure, surface chemistry, chemical composition, surface area, cytotoxicity
คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	nanostructure, surface chemistry, chemical composition, surface area



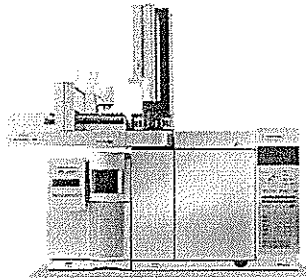




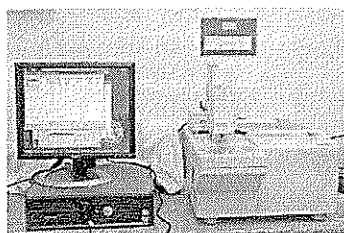
เครื่องมือที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ทดสอบ



Fourier transform-infrared spectroscopy (FTIR)



Gas Chromatograph-Mass Spectrometer



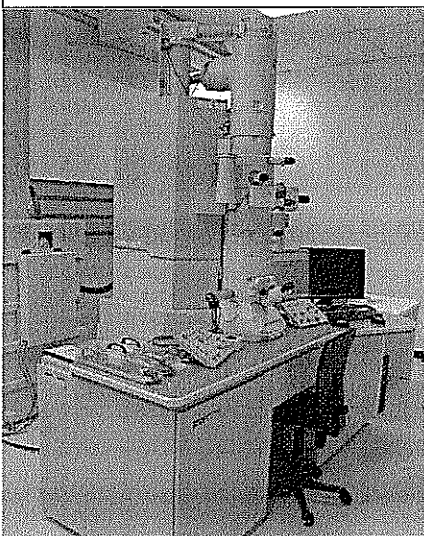
Differential scanning calorimetry (DSC)



Thermogravimetric Analysis (TGA)

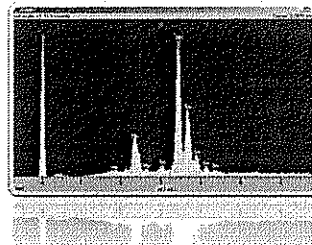
เครื่องมือที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ทดสอบ

HR-TEM

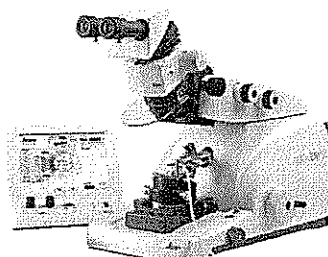


Transmission Electron Microscope JEOL JEM-2100 LaB6

Elemental analysis

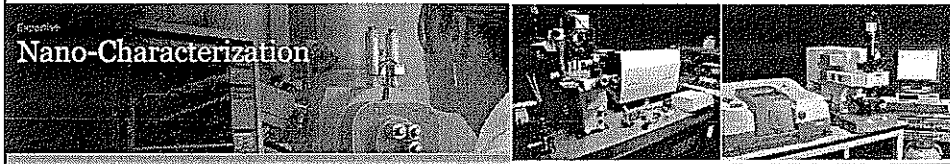


Sample preparation

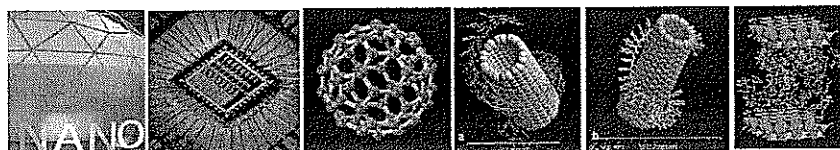


การวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยี

1. การตรวจความเป็น "นาโน"
2. การวิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์
3. การตรวจสอบด้านความปลอดภัย



การตรวจวิเคราะห์ความเป็น "นาโน" ของผลิตภัณฑ์





International Organization for Standardization

ISO/ TC 229 Nanotechnologies

ISO/TS 80004-1 Nanotechnologies — Vocabulary — Part 1: Core Terms

The Core Term definition is ...

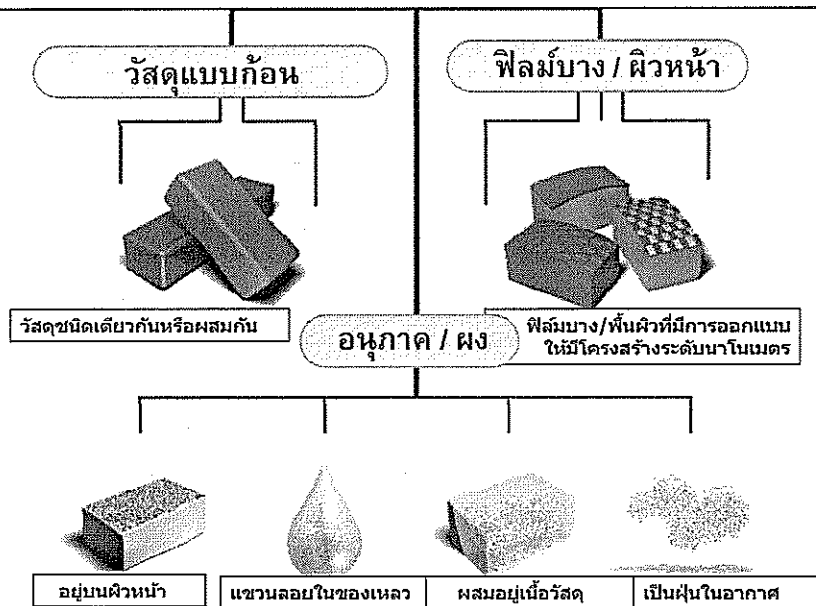
Nanoscale

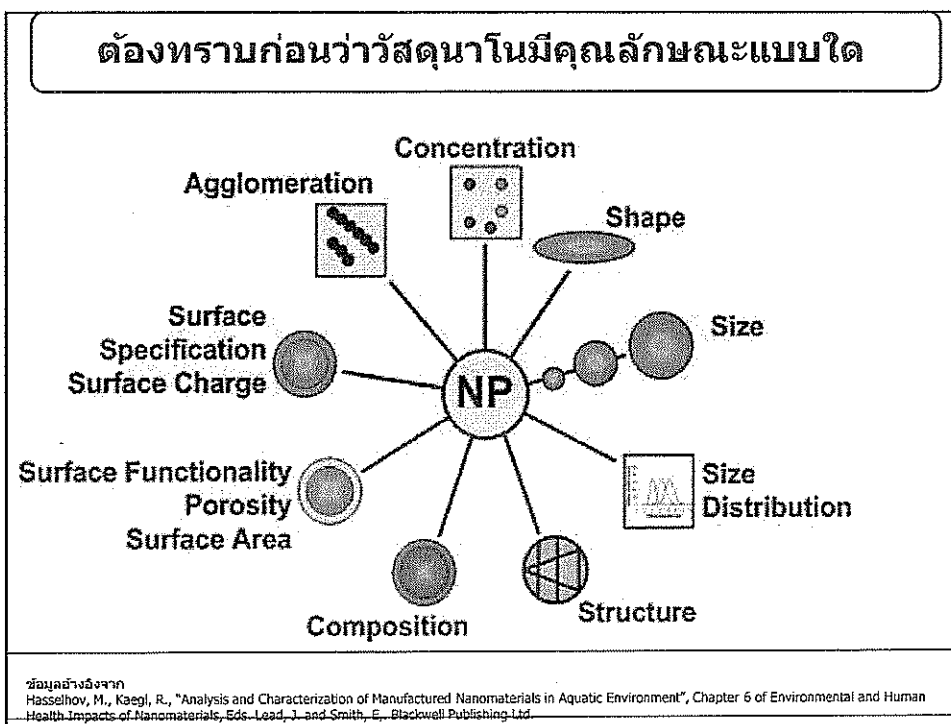
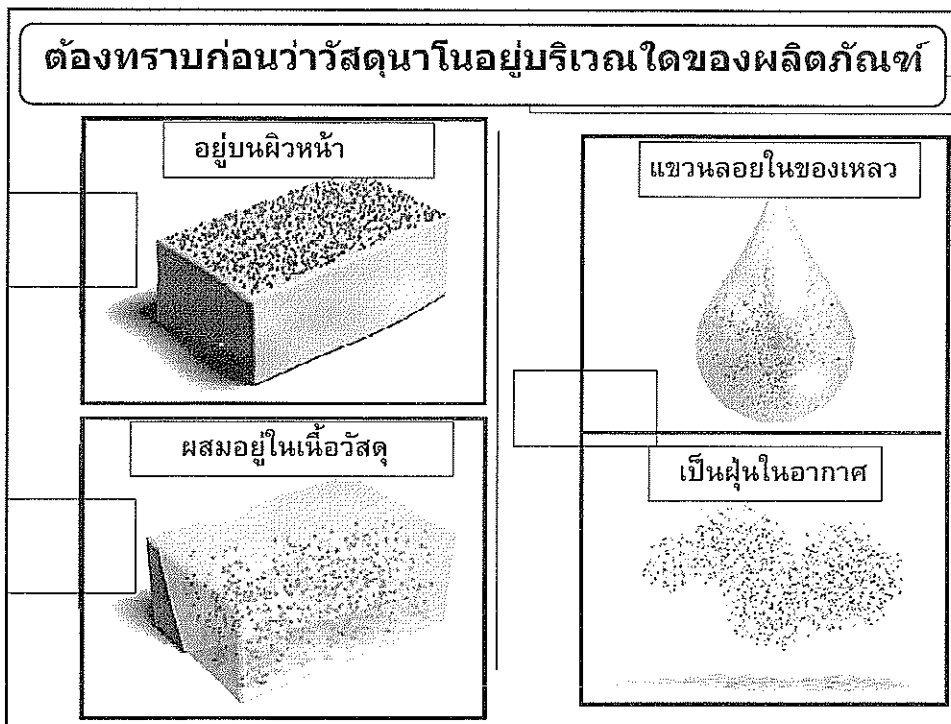
size range from approximately 1 nm to 100 nm

NOTE 1 Properties that are not extrapolations from a larger size will typically, but not exclusively, be exhibited in this size range. For such properties the size limits are considered approximate.

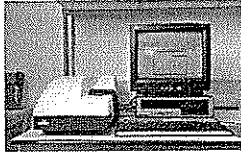
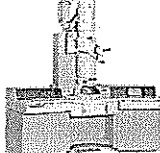
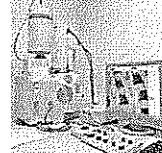
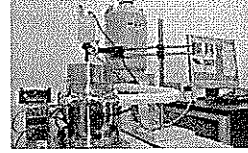
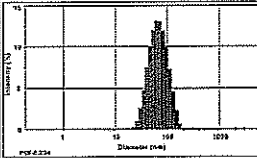
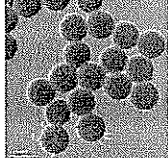
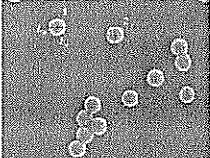
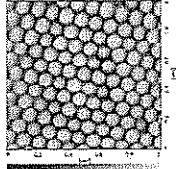
NOTE 2 The lower limit in this definition (approximately 1 nm) is introduced to avoid single and small groups of atoms from being designated as nano-objects or elements of nanostructures, which might be implied by the absence of a lower limit.

ต้องทราบก่อนว่าวัสดุนาโนอยู่บริเวณใดของผลิตภัณฑ์





เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดขนาดและรูปร่างของวัสดุนาโน

DLS	TEM	SEM	AFM
			
			

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีด้วย SEM



Scanning Electron Microscope (SEM-EDX/WDX)
Hitachi, S-3400N

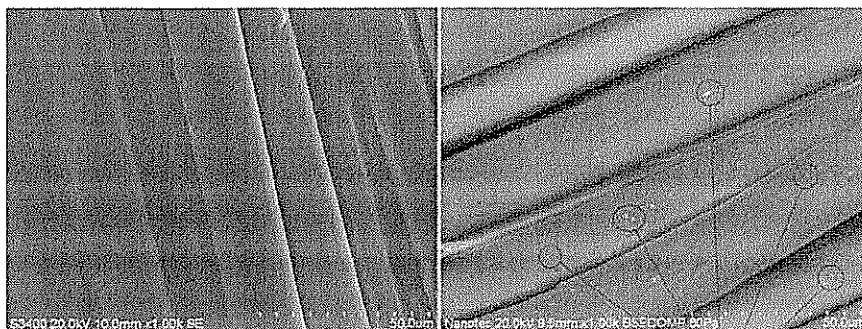


ลักษณะเส้นใยของท่อที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO₂)



Energy Dispersive X-ray : EDX

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและเคมีด้วย SEM

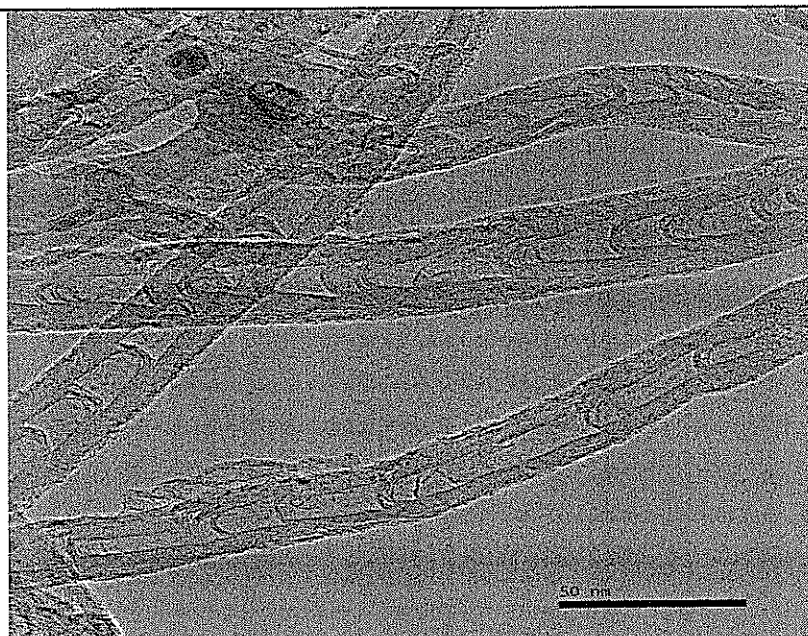


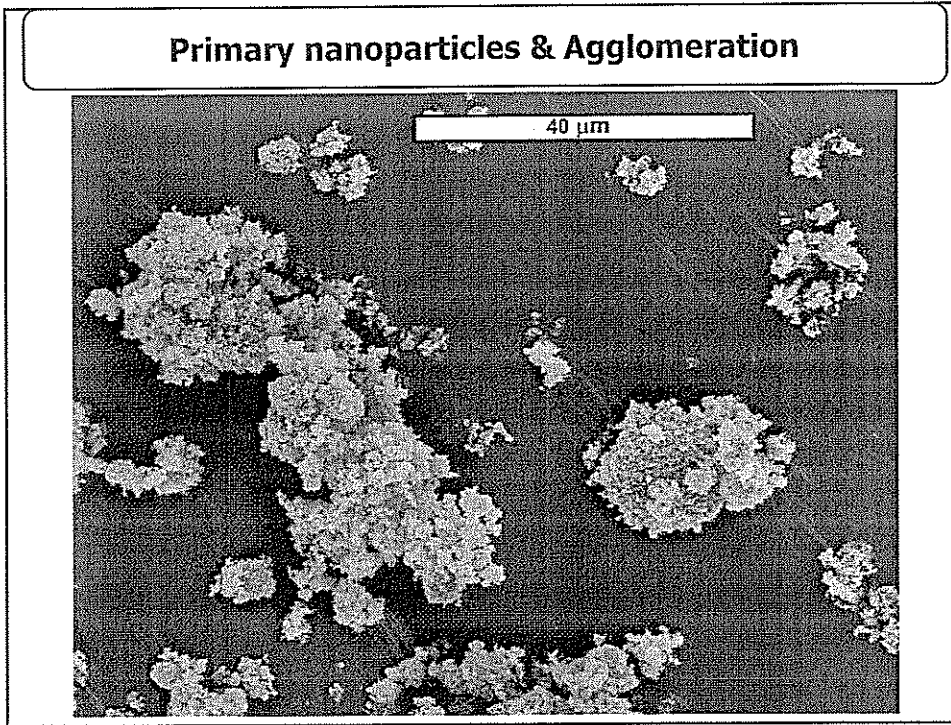
เส้นใยธรรมดาไม่ได้เคลือบอนุภาคนาโน

เส้นใยที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโน

**เปรียบเทียบลักษณะของเส้นใยที่เคลือบ/ไม่เคลือบอนุภาคนาโน
ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า**

การตรวจสอบรูปร่างของวัสดุนาโนในผลิตภัณฑ์





การตรวจหาวัสดุนาโนในเครื่องสำอาง

เครื่องสำอางนาโน

เป็นการพัฒนาวิธีการตรวจหาวัสดุนาโนที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่มีการโฆษณาว่ามีการใช้วัสดุนาโนหรือเป็นเครื่องสำอางนาโน

Peak	Position [nm]	Area [a.u.]	Height [a.u.]
1	21.000	72.37495	5.195501
2	62.77277	42.717895	2.717895
3	64.28916	64.86765	3.415938

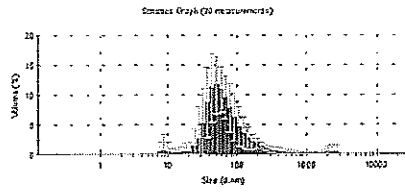
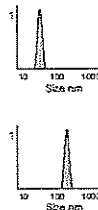
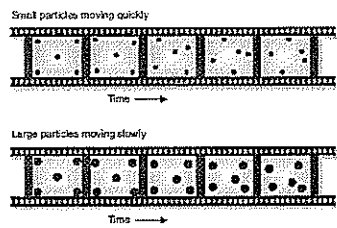
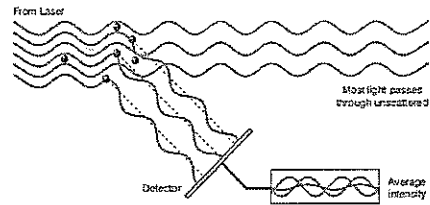
Sample 15

Sample 28

Sample 52

Sample 55

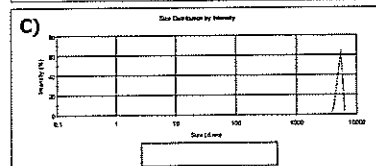
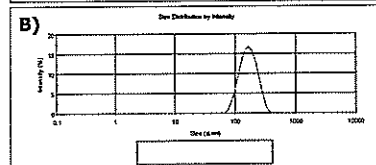
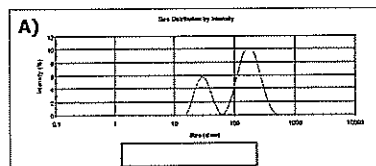
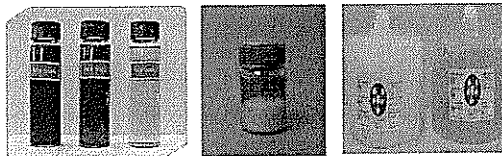
Dynamic light scattering (DLS)




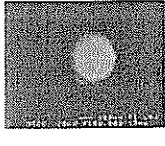
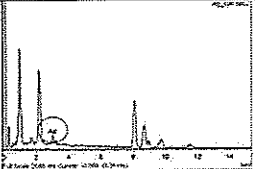
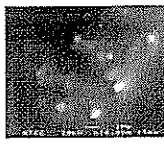

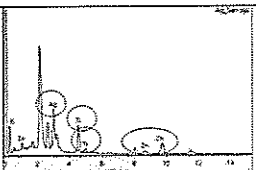

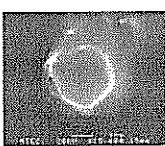
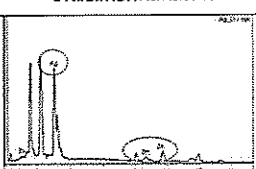
Dynamic Light Scattering (DLS), sometimes called Photon Correlation Spectroscopy (PCS) is the only technique able to measure particles in a solution or dispersion in a fast, routine manner with little or no sample preparation

การวิเคราะห์ขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคนาโนที่มี จำหน่ายในตลาดด้วยเทคนิค Dynamic Light Scattering (DLS)

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์	ขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย (นาโนเมตร)
A	150.0
B	78.5
C	6846.7

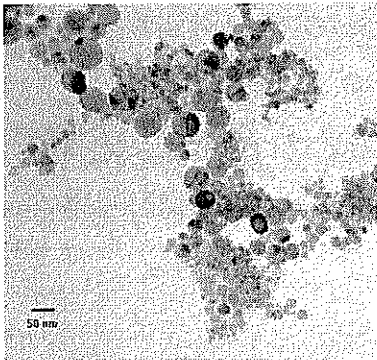


กราฟแสดงการกระจายตัวของขนาดอนุภาค

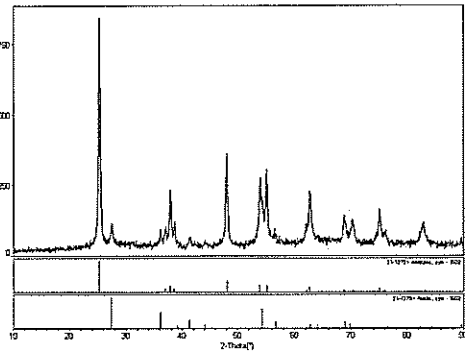
การวิเคราะห์ขนาดและองค์ประกอบทางเคมีของอนุภาคนาโนซิลเวอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (FE-SEM)			
นาโนซิลเวอร์สังเคราะห์	 5,000 เท่า	 100,000 เท่า	 นาโนซิลเวอร์สังเคราะห์
นาโนซิลเวอร์ทางการค้า A	 5,000 เท่า	 150,000 เท่า	 นาโนซิลเวอร์ทางการค้า A
นาโนซิลเวอร์ทางการค้า B	 10,000 เท่า	 50,000 เท่า	 นาโนซิลเวอร์ทางการค้า B

การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีและโครงสร้างผลึกของวัสดุนาโน



Commercial titanium dioxide nanoparticles




TEM image of titania with an average particle size of 15 nm.



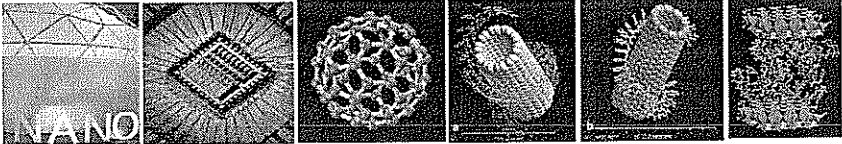
X-ray diffraction data for titania showing the material to be crystalline and anatase phase.



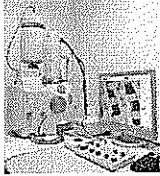
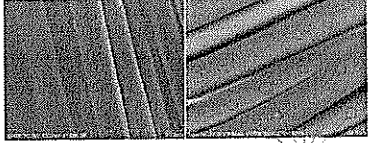
การวิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพ ของผลิตภัณฑ์นาโน

พฤติกรรมระดับมหภาค (bulk behaviors)
 กันน้ำ ต่อด้านแบคทีเรีย กันรังสียูวี ฟอกอากาศ หนร้อน กันความร้อน
 เพิ่มความยืดหยุ่น เพิ่มความเหนียว การนำไฟฟ้า ความแข็ง ฯลฯ



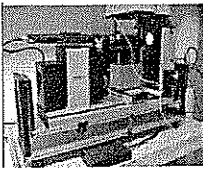
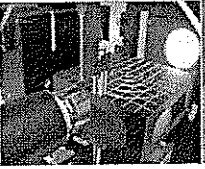
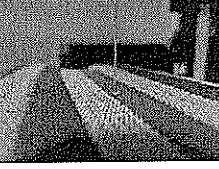
ตัวอย่างวิธีการทดสอบผลิตภัณฑ์สิ่งทอนาโนเทคโนโลยี

การตรวจสอบความเป็นนาโนของสิ่งทอ

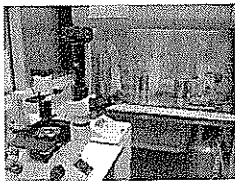
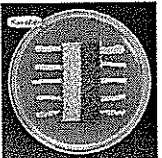
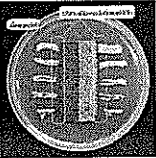



น้ำยาล้างความดันไฮโดรเทอร์มอล
เซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ

การทดสอบสมบัติการสะท้อนน้ำ

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งแบคทีเรีย

สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ
สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบ

การแถลงข่าวเรื่อง "ระวังตกเป็นเหยื่อ...สิ่งทอนาโนปลอม" ระหว่าง สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค ร่วมกับ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ ณ ทำเนียบรัฐบาล



‘องอาจ’ สั่งสคบ. คุ่มเข้มสิ่งทอใน ห้าคนคนโดนหลอก

รัฐมนตรีสั่งสคบ.เข้มสิ่งทอใน ห้าคนคนโดนหลอก

รัฐมนตรีสั่งสคบ.เข้มสิ่งทอใน ห้าคนคนโดนหลอก

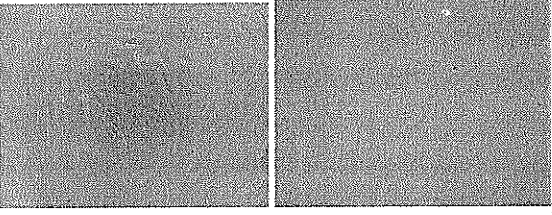
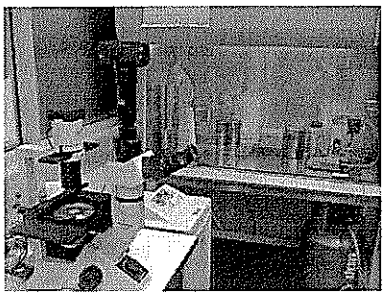
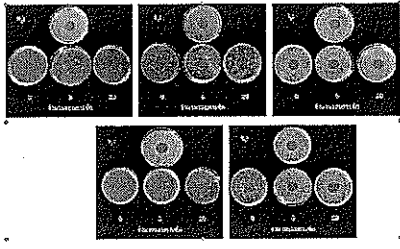
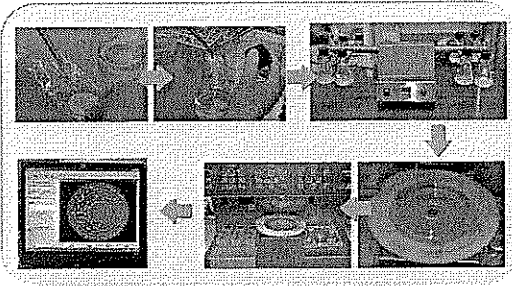


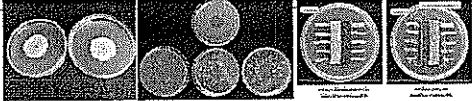
สคบ.เข้มสิ่งทอใน ห้าคนคนโดนหลอก



รัฐมนตรีสั่งสคบ.เข้มสิ่งทอใน ห้าคนคนโดนหลอก

การทดสอบทางด้านจุลชีววิทยาและเซลล์วิทยา



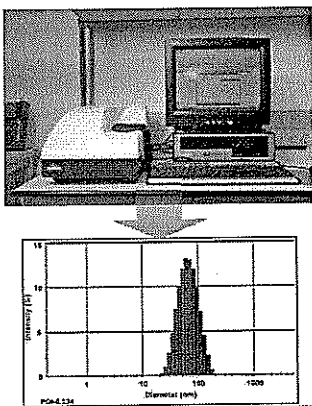
Antibacterial Test Capability	
Test Method	Titles
ISO 22916: 2011**	Antimicrobial products – Test for Antimicrobial Activity and Efficacy
JIS Z 2801: 2006	Test for Antimicrobial Activity of Plastics
AATCC 100 (2004)	Assessment of Antimicrobial Finishes on Textile Materials
ASTM E2149-10	Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents under Dynamic Contact Conditions
CLSI M7-A7 MIC (2006)	Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically
AATCC 147 (2011)	Antibacterial Activity Assessment of Textile Materials: Parallel Streak Method
JIS L 1902: 2008	Testing for Antibacterial Activity and Efficacy on Textile Products
NCCLS M2-A6 (DISK)	Antimicrobial Disk Susceptibility Tests
Remark: ** ISO/IEC 17025 certified 	

ISO/IEC 17025 Accreditation

NCL is accredited ISO/IEC 17025 in scopes of

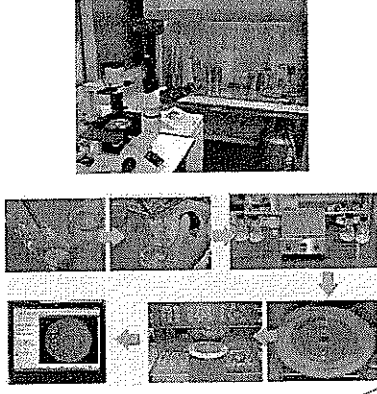
ISO 22412 : 2008


Particle size analysis - Dynamic light scattering (DLS) in liquid in the range 10 – 100 nm and 100 – 1000 nm.



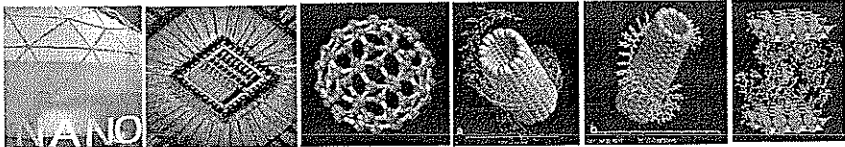
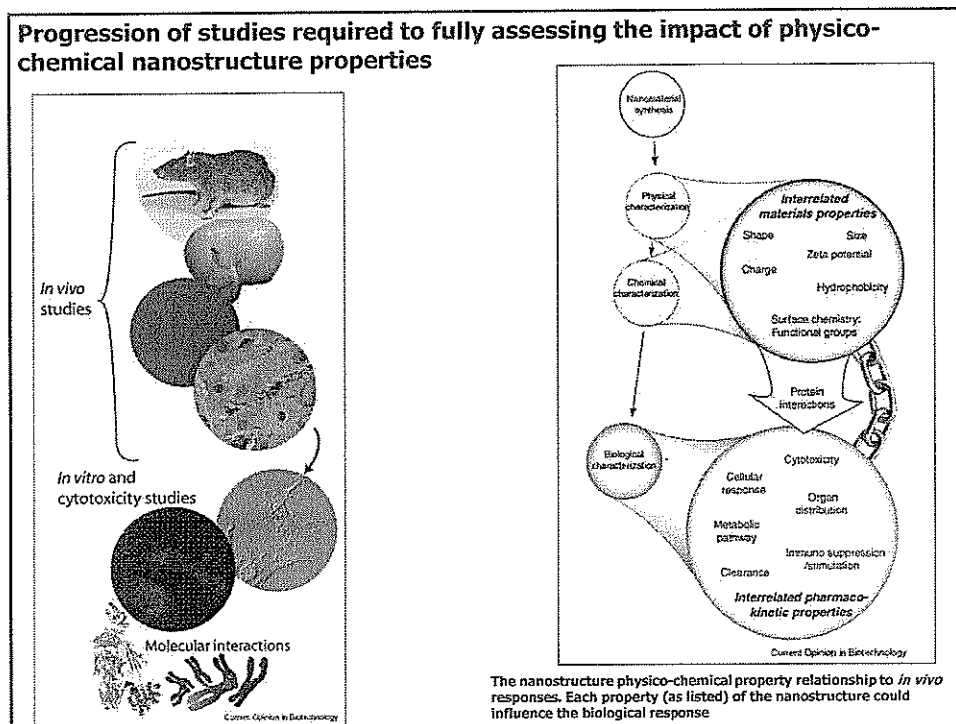
ISO 22196:2007

Plastics -Measurement of antibacterial activity on plastics surfaces



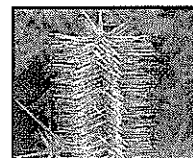
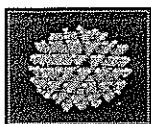


การตรวจสอบด้านความปลอดภัย ของผลิตภัณฑ์นาโน


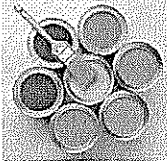
5S Factors involved in toxicity of nanomaterials

- Size
- Shape
- Surface area
- Surface chemistry
- Solubility

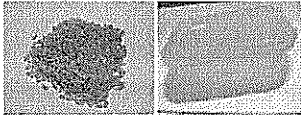



International, Regional and Thailand Activities

Standards	Global Organizations			Regional Organizations			U.S. Organizations			Thailand
	ISO TC229	IEC TC113	OECD	CEN TC 352	APEC	ANF	IEEE	ANSI-NSP	ASTM E56	
Terminology	X	X	X	X		X		X	X	X
Basic metrology	X	X			X	X		X		X
Instruments test methods	X	X				X		X		X
Particle measurements, characterizations					X	X			X	X
Dimension measurements, characterizations	X				X	X			X	X
Physical characterization	X				X	X		X	X	X
Chemical characterization	X					X				X
Environmental, health and safety	X		X	X		X		X	X	X
Test methods for toxicity	X		X	X		X		X	X	X
Risk evaluation	X		X	X		X		X	X	
Societal impacts, Regulatory frameworks			X							X
Materials specifications (CNT & others)	X	X				X	X	X	X	
Reference Materials specifications						X				
Manufacture processes										
Certification, performance assessment		X				X				

ข้อมูลการวิเคราะห์ทดสอบที่จำเป็นในกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆ	
กลุ่มอุตสาหกรรม	รายละเอียดในการวิเคราะห์ทดสอบ
<p>อาหาร อาหารเสริม ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Release test Biological and cell-based model assays Cytotoxicity Absorption Metabolism: interaction with hepatic enzyme Immunotoxicity Genotoxicity (Comet assay and micronucleus assay) Ecological-toxicity
<p>สี และสารเคลือบ</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Release test Health: Cell-based model assays Penetration test Acute toxicity assay Immunotoxicity assay Genotoxicity (Comet assay and micronucleus assay) Ecological-toxicity

ข้อมูลการวิเคราะห์ทดสอบที่จำเป็นในกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆ	
กลุ่มอุตสาหกรรม	รายละเอียดในการวิเคราะห์ทดสอบ
<p>เครื่องสำอาง ผลิตภัณฑ์จากสมุนไพร เครื่องมือแพทย์</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Biological and cell-based model assays Skin penetration test (<i>in vitro</i>) Acute skin irritation test (<i>in vitro</i>) Cytotoxicity (<i>in vitro</i>) ROS assay (<i>in vitro</i>) Immunotoxicity (<i>in vitro</i>) Genotoxicity (Comet assay and micronucleus assay) Ecological-toxicity
<p>สิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Release test Biological and cell-based model assays Acute skin irritation test (<i>in vitro</i>) Cytotoxicity (<i>in vitro</i>) ROS assay (<i>in vitro</i>) Immunotoxicity (<i>in vitro</i>) Genotoxicity (Comet assay and micronucleus assay) Ecological-toxicity

ข้อมูลการวิเคราะห์ทดสอบที่จำเป็นในกลุ่มผลิตภัณฑ์ต่างๆ	
กลุ่มอุตสาหกรรม	รายละเอียดในการวิเคราะห์ทดสอบ
<p>ปิโตรเคมี</p> 	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Release test Biological and cell-based model assays Cytotoxicity Absorption Metabolism: interaction with hepatic enzyme Immunotoxicity Genotoxicity (Comet assay and micronucleus assay) Ecological-toxicity
<p>คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์</p>  <p><small>Solder balls jetted onto suspension pads with poor wettability</small></p>	<ul style="list-style-type: none"> Physical-chemical characterization of nanomaterials Functionality / Performance of nanoproducts Micro/ Nanostructure Surface chemistry, Chemical composition Contamination Failure analysis

การควบคุมผลิตภัณฑ์นาโนในประเทศไทย



สโม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

- Standardization of nanotechnology

- Nomenclature/terminology;
- Testing, measurement and characterization procedures
- Health / Safety / Environment
- Material specification
- Guidelines and good practices

- Coordination of regulatory framework for nano-products

สโม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

แผนการจัดทำและส่งมอบร่างมาตรฐาน สำหรับปีงบประมาณ 2555 – 2556

ปีงบประมาณ 2555	ปีงบประมาณ 2556
1. นาโนเทคโนโลยี บทที่ 1: แนวปฏิบัติสำหรับการควบคุม และผลผลิตวัสดุนาโนที่มีคุณภาพ	1. ข้อปฏิบัติเกี่ยวกับสุขภาพและความ ปลอดภัยสำหรับผู้มีอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ นาโนเทคโนโลยี
2. นาโนเทคโนโลยี บทที่ 2: แนวปฏิบัติสำหรับการขนส่ง จัดการและกำจัดวัสดุนาโนสังเคราะห์	2. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความปลอดภัยและ ประเมินความเสี่ยงในการผลิตวัสดุนาโน
3. วิธีการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคด้วย เทคนิค Dynamic light scattering (DLS)	3. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะทาง ฟิสิกส์-เคมี ในการจัดการวัสดุนาโน สำหรับการประเมินความเป็นพิษ
	4. ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับข้อกำหนดเฉพาะ ของวัสดุนาโน

ข้อ ๒. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

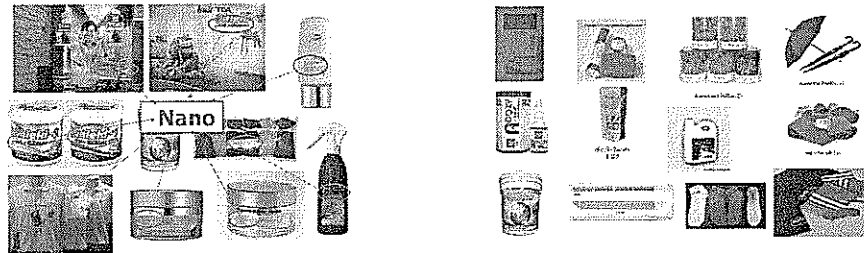


- **Pre-market approval**
 - For products that require an FDA approval prior to introduction to the market.

- **Post-market review**
 - For these products, market entry and distribution are at the discretion of the manufacturer and FDA monitors the behavior of these products. Regulatory action is taken if adverse events occur.

ข้อ ๒. : สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค

- **Permissible and mandatory labeling**
 - Truthful and not misleading
 - Labeling must include material information conditions of use



มว. : สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

พิธีลงนามความบันทึกข้อตกลงความร่วมมือด้านการวิจัยและพัฒนาการวัดระดับนาโน ระหว่าง
ศน. กับ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

วันที่ 5 กรกฎาคม 2553 ณ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

