Published Online: 04 Dec 2020

ผลของลักษณะสัณฐานไทเทเนียมไดออกไซด์ต่อการป้องกันรังสียูวีของเครื่องสำอางกันแดด

Effect of Titanium Dioxide Morphology on UV Protection in Sunscreen Cosmetics

ไอริณ พฤฒิเสถียร

อีเมล: irin.p@outlook.com

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำภา จิมไธสง

อีเมล: ampa@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

ไทเทเนียมไดออกไซด์ในแบบของรูไทล์ที่มีรูปทรง Tetragonal นิยมใช้เป็นสารสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเลตในครีมและเครื่องสำอางกันแดดเนื่องจากมีความสามารถในการสะท้อนรังสียูวีได้ดี อย่างไรก็ตามก็พบว่ามีปัญหาในเรื่องของความยากในการเกลี่ยเนื้อครีมรวมทั้งความขาววอกเมื่อทาบนผิวหนังเมื่อใช้ปริมาณมากในส่วนผสม ด้วยเหตุนี้ ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ได้รับการปรับปรุงโครงสร้างให้มีรูปทรงต่าง ๆ กันจึงได้ถูกนำมาใช้ในส่วนผสมครีมกันแดดเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการศึกษาในครั้งนี้ รูปทรงของไทเทเนียมไดออกไซด์และค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดจะถูกตรวจสอบด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) และเครื่อง SPF Analyzer ตามลำดับ นอกจากนี้ยังทำการศึกษาความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดที่ถูกเตรียมขึ้นมาจากไทเทเนียมชนิดต่าง ๆ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like จะมีค่าความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่นยูวีมากที่สุด ร้อยละ 16.1 วิเคราะห์โดยเครื่อง UV/Vis/NIR Spectrophotometer และค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดมากที่สุด ที่ SPF 12.61 ในขณะที่ครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Cubical ซึ่งมีค่ากันแดดต่ำที่สุด จะให้ผลในเรื่องของการใช้งานและความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวมสูงสุด

คำสำคัญ: ไทเทเนียมไดออกไซด์, สัณฐานวิทยา, การสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์, ค่าประสิทธิภาพป้องกันแสงแดด

Abstract

Titanium dioxide (TiO_2), tetragonal-like rutile, has been commonly employed as a physical sunscreen due to its undisputed UV light scattering effect. However, several negative outcomes

especially poor spread ability and whiteness after apply TiO_2 content in the sunscreen have been often investigated. Hence, the engineered TiO_2 with various crystal forms were incorporated in the designated sunscreen formulation to solve the mentioned drawbacks. TiO_2 morphology and Sun Protection Factor (SPF) of each formulated sunscreen product was characterized by Scanning Electron Microscope (SEM) and SPF analyzer, respectively. The advantage for practical use and the consumer's satisfaction rating of the products were also determined. It was found that plate-like TiO_2 showed the best in UV reflectance 16.1% by UV/Vis/NIR Spectrophotometer and Solar Protection Factor values 12.61 while the sunscreen incorporated with the cubical TiO_2 has SPF lowest revealed several superiors in workability and product satisfaction.

Keywords: Titanium Dioxide, Morphology, Sunscreen, Total Solar Reflectance, Sun Protection Factor

บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันสภาวะโลกร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ จากการศึกษาพบว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลก โดยหนึ่งในนั้นคือการเกิดรูโหว่โอโซนในชั้นบรรยากาศ (Ozone depletion) ซึ่งเป็นสาเหตุให้รังสีจากดวงอาทิตย์เดินทางมายังโลกได้มากขึ้น โดยเฉพาะรังสีอุลตร้าไวโอเล็ตชนิดเอ (UVA) และบี (UVB) โดยรังสี UVA มีอนุภาพสูงในการทำลายชั้นผิวหนัง ทำให้เกิดริ้วรอยและอาจเป็นมะเร็งผิวหนังได้ ส่วนรังสี UVB จะมีค่าพลังงานมากกว่า UVA สามารถทำให้เกิดผิวหนังเกรียมแดดและผิวคล้ำ (รวีโรจน์ จันทร์หอม, 2551) ด้วยเหตุนี้ ครีมกันแดด หรือเครื่องสำอางที่มีสารป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ จึงถูกคิดค้นขึ้นเพื่อช่วยเป็นเกราะป้องกันรังสี UVA และ UVB ไม่ให้ผิวถูกแสงแดดมากเกินไปและเพื่อลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผิวหนัง โดยกลไกการทำงานของสารป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ สามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ Physical หรือ Inorganic solar protection คือสารที่มีสมบัติสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar reflectance) ทึบแสง (Opaque) ไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีกับผิวหนัง มีการดูดซึมได้น้อยมาก ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2), ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide, ZnO) เป็นต้นและแบบ Chemical sunscreen หรือ Organic solar protection คือสารที่มีสมบัติดูดซับรังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar absorbance) และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน เช่น Octocrylene และ Oxybenzone เป็นต้น

ในปัจจุบันครีมกันแดด ชนิด Physical solar protection เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดย TiO_2 ในรูปแบบของ Rutile จะถูกใช้เป็นสารช่วยสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ในผลิตภัณฑ์กันแดด เนื่องจากมีความเสถียร สามารถกระเจิงแสงได้ดี นอกจากนี้ยังไม่ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองและแพ้

Published Online: 04 Dec 2020

ถึงแม้ว่าปริมาณของไทเทเนียมไดออกไซด์จะเป็นตัวแปรหลักในการกำหนดความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ของผลิตภัณฑ์กันแดด แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้ไทเทเนียม-ไดออกไซด์ในส่วนผสมจะถูกจำกัด ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากจะส่งผลเสียต่อลักษณะจำเพาะของผลิตภัณฑ์กันแดด เช่น ความข้นเหลว ความขาววอก และ ความเรียบเนียน ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ของผลิตภัณฑ์กันแดดโดยไม่มีผลกระทบต่อลักษณะจำเพาะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์กันแดด ด้วยการใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีการปรับปรุงโครงสร้างผลึก ด้วยวิธี Crystal engineering โดยการแทนที่โครงสร้างพื้นฐานของไทเทเนียมไดออกไซด์ด้วยโลหะทรานซิชันชนิดต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัณฐานผลึก (Crystal morphology) ของไทเทเนียมไดออกไซด์ให้มีรูปร่างต่าง ๆ กัน ซึ่งมีงานวิจัยในรูปแบบของงานสีและเคลือบ โดยผลศึกษาของ Thomas (2011) สรุปได้ว่าขนาดอนุภาคที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วงนาโนเมตร รวมทั้งมีการกระจายขนาดอนุภาคในช่วงแคบ อย่างไรก็ตามลักษณะจำเพาะดังกล่าวจะส่งผลให้เกิดผลกระทบในเชิงลบต่อความสามารถในการกระจายตัว ซึ่งก่อให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งาน Eliane, Vicente and Arno (2015) รวมถึง Yan, Zhenwei, Ruiqun and Wei (2008) ระบุว่าซิงค์ออกไซด์ซึ่งเป็นอีกสารกันแดดกายภาพที่นิยมใช้ ที่มีรูปทรงรูปแบบเส้นใยทรงกระบอก (Tetrapod whisker) จะให้ผลการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าทรงกลม งานวิจัยของ Imai, Koike, Chihara, Murata, and Tsuchiyama (2009) ได้ศึกษาถึงผลของรูปทรงและอัตราการบิดของโครงสร้างผลึก (Degree of crystal lattice distortion) ที่มีต่อค่าความสามารถของการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอัตราการบิดของโครงสร้างจะแปรผกผันกับการดูดกลืนรังสีจากดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุนี้จึงมีงานวิจัยมากมายที่มุ่งเน้นในการศึกษาสมบัติของรูปทรงที่มีต่อความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์

ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology)

โครงการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของลักษณะสัณฐานไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ รวมทั้งจะนำไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดมาเตรียมให้อยู่ในรูปของครีมกันแดดเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด รวมทั้งความพึงพอใจต่อคุณลักษณะต่าง ๆ ของครีมกันแดด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษารูปทรงและขนาดของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด ด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) (JEOL InTouchScope™ series SEMs, the JSM-IT500HR) วิธีการคือ นำตัวอย่างผงไทเทเนียมแต่ละชนิดนำมาเคลือบผิวด้วยทอง และนำไปส่องด้วยกล้อง SEM และใช้โปรแกรม Image Analyzer ในการวัดขนาดของตัวอย่างไทเทเนียมไดออกไซด์

Published Online: 04 Dec 2020

2. ศึกษาผลของรูปทรงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีต่อความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Total Solar Reflectance, TSR) ด้วยเครื่อง UV/Vis/ NIR Spectrophotometer (Perkin Elmer รุ่น LAMBDA 950) วิธีการคือ นำไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด จำนวน 5% กระจายในวาสลีน และ ทาบนกระจกใส ขนาด 5.0x5.0x0.3 เซนติเมตรจากนั้นใช้โปรมแกรมวิเคราะห์ค่า TSR ตามมาตรฐาน ASTM G 173-03 (2012), Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface (Synchrotron Light Research Institute, UV/Vis/ NIR Spectrophotometer, 2019)

3. ศึกษาผลของรูปทรงไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีค่าการป้องกันแสง (Sun Protection Factor, SPF) โดยจะเตรียมไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดให้อยู่ในรูปของครีมกันแดดจำนวน 5 สูตรโดยจะมีส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 1. ซึ่งในแต่ละสูตรจะมีไทเทเนียมไดออกไซด์ตามตัวอย่างดังนี้No. 1 คือ Commercial A (Tetragonal) TiO_2, No. 2 คือ Commercial B (Tetragonal) TiO_2, No. 3 คือ Plate-like TiO_2, No. 4 คือ Cubical TiO_2 และ No. 5 คือ Spherical TiO_2

ตารางที่ 1 สูตรครีมกันแดด

Part	INCI name	%w/w	Function
A	DI Water	q.s.100	Diluent
	Glycerin	2	Humectant
	Polyurethan-62(and)Trideceth-6	0.75	Emulsifier
	Xanthan Gum	0.5	Thickener
B	Titanium Dioxide	6	Sunscreen Agent
	C12-15 Alkyl Benzoate	5	Emollient
	Isopropyl Isostearate	5	Emollient
	Mineral Oil	3	Emollient
C	Propylene Glycol (and) Diazolidinyl Urea (and) Iodopropynyl Butylcarbamate	1	Preservative

1) ขั้นตอนการเตรียมครีมกันแดด

ให้ความร้อนส่วนของพาร์ท A และ B ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส ผสมพาร์ท A ลงในพาร์ท B และผสมให้เข้ากัน โดยใช้ Homogenizer เป็นเวลา 10 นาที เติมพาร์ท C ในขั้นตอนสุดท้ายและกวนผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 10 นาที

2) การทดสอบค่าการป้องกันแสง (SPF) ของครีมกันแดดที่เตรียมได้จากไทเทเนียม-ไดออกไซด์แต่ละชนิด โดยใช้เครื่อง SPF Analyzer ทดสอบค่าการป้องกันแสง Sun Protection Factor (SPF) (สิรินมาส คัชมาตย์, 2557) แบบอัตโนมัติพร้อมชุดคอมพิวเตอร์ประมวลผล รุ่น SPF-290S วิธีการคือ ทาตัวอย่างครีมกันแดด 2 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรบนแผ่น transport tape ทิ้งให้แห้ง 15 นาที และทำการวัดค่า SPF

3) การทดสอบความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดที่เตรียมได้จากไทเทเนียม-ไดออกไซด์แต่ละชนิด โดยจะทำการทดสอบในอาสาสมัครจำนวน 20 คน ซึ่งอาสาสมัครแต่ละคนจะทำการเลือกครีมกันแดดที่พึงพอใจและทำการให้คะแนนในแต่ละหัวข้อของการทดสอบ ได้แก่ ความสามารถในการทา/เกลี่ยเนื้อครีม, ความเข้ากันกับสีผิวกับเนื้อครีม, ความนุ่ม/ความละเอียดของเนื้อ, และ ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์โดยรวม โดยคะแนนของค่าความพึงพอในแต่ละระดับจะแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งครีมกันแดดที่ถูกเตรียมในแต่ละสูตรในปริมาณ 0.05 มิลลิลิตร จะทำการทดสอบบริเวณหลังแขนของอาสาสมัครแต่ละคน โดยจะกำหนดให้มีขนาดพื้นที่ในการเกลี่ย กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 8 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 คะแนนของความพึงพอใจในแต่ละระดับ

ความพึงพอใจ	คะแนน
มากที่สุด	10
มาก	7
ปานกลาง	5
น้อย	3
น้อยที่สุด	1

ผลวิจัย (Results)

1. รูปทรงและขนาดของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด

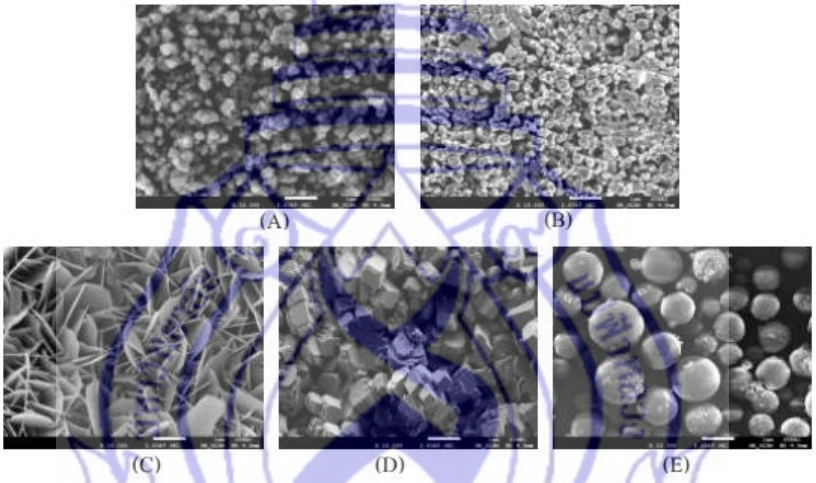
ไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะมีรูปทรงและขนาดที่แตกต่างกันจากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดทั้งสองชนิดคือ Commercial A และ Commercial B จะมีความขาวและเนื้อเนียนละเอียดใกล้เคียงกัน เมื่อทำการเปรียบเทียบกับไทเทเนียมไดออกไซด์ซึ่งถูกดัดแปลงโครงสร้างด้วยเทคนิคของ Crystal engineering เพื่อให้รูปทรงต่าง ๆ พบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Spherical จะมีความขาวและเนื้อเนียนละเอียดไม่แตกต่างจากไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้งสองชนิดที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาด ส่วนไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like และ แบบ Cubical แม้ว่าจะให้ความขาวไม่แตกต่างจาก

Published Online: 04 Dec 2020

ไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้งสองชนิดที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาด แต่จะมีลักษณะของเนื้อและความละเอียดที่ต่างกัน โดยที่ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Cubical จะมีเนื้อลักษณะเบาและโปร่ง ส่วนไทเทเนียม-ไดออกไซด์แบบ Plate-like จะมีเนื้อหยาบที่สุด

ตารางที่ 3 ลักษณะกายภาพของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด

Sample TiO_2	**ลักษณะทางกายภาพ**
Commercial A (Tetragonal) TiO_2	สีขาว เนื้อเนียน ละเอียดมาก
Commercial B (Tetragonal) TiO_2	สีขาว เนื้อเนียน ละเอียดมาก
Plate-like TiO_2	สีขาว เนื้อจะมีความหยาบ
Cubical TiO_2	สีขาว เนื้อเบา โปร่ง
Spherical TiO_2	สีขาว เนื้อละเอียด



ภาพที่ 1 รูปทรงสัณฐานของไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้ง 5 ตัวอย่าง ดังนี้ (A) = Commercial A (Tetragonal) TiO_2, (B) = Commercial B (Tetragonal) TiO_2, (C) = Plate-like TiO_2, (D) = Cubical TiO_2 และ (E) = Spherical TiO_2

ไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะถูกตรวจสอบรูปทรงและขนาดด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) โดยจะแสดงรูปทรงสัณฐานลักษณะผิวภายนอกของตัวอย่าง การจัดเรียงตัวของผลึกในลักษณะภาพ 3 มิติ การกระจายขนาดและขนาดของอนุภาพโดยการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Image analyzer จากผลของ SEM ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่าไทเทเนียม-ไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดทั้งสองชนิดคือ Commercial A และ Commercial B ซึ่งเป็นแบบ Rutile ที่มีรูปทรง Tetragonal และมีการกระจายขนาดของอนุภาคที่ใกล้เคียงสม่ำเสมอกัน ส่วนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะซึ่งเป็นแบบ Rutile เช่นเดียวกันแต่จะถูกดัดแปลง

โครงสร้างด้วยเทคนิคของ Crystal engineering เพื่อให้รูปทรงต่าง ๆ ซึ่งจากภาพถ่าย SEM สามารถระบุลักษณะของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดได้ดังนี้ ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like ดังแสดงในภาพที่ 1 (C) จะมีรูปทรงในลักษณะแผ่น 6 เหลี่ยมแบน (Hexagonal plate) ที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ แบบ Cubical ดังแสดงในภาพที่ 1 (D) จะมีรูปทรงในแบบลูกบาศก์ (Cubic) ที่มีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกัน โดยจะมีขนาดเล็กสุดและใหญ่สุดอยู่ที่ 0.1 และ 1.0 ไมโครเมตร ตามลำดับ ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ แบบ Spherical ดังแสดงในภาพที่ 1 (E) จะมีรูปร่างเป็นทรงกลม (Sphere) ที่มีที่มีขนาดเล็กใหญ่ปะปนกัน โดยจะมีขนาดเล็กสุดและใหญ่สุดอยู่ที่ 0.1 และ 1.0 ไมโครเมตรตามลำดับ นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยทำการวิเคราะห์ภาพถ่าย SEM ของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดด้วย Image analyzer พบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าเฉลี่ย ของขนาดอนุภาคดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขนาดของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด

Sample TiO_2	**Average size (Micrometer)**
Commercial A (Tetragonal) TiO_2	0.14
Commercial B (Tetragonal) TiO_2	0.27
Plate-like TiO_2	1.22
Cubical TiO_2	0.70
Spherical TiO_2	1.01

ซึ่งไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดทั้งสองชนิด คือ Commercial A และ Commercial B จะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 0.14 และ 0.27 ไมโครเมตร ตามลำดับ โดยจะพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ Commercial A จะมีขนาดเล็กกว่า Commercial B เกือบ 2 เท่า ส่วนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกดัดแปลงโครงสร้างเพื่อให้รูปทรงต่าง ๆ คือ Plate-like, Cubical, และ Spherical จะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยอยู่ที่ 1.22, 0.70, และ 1.01 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกดัดแปลงโครงสร้างทุกชนิดจะมีขนาดใหญ่กว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาด 5-10 เท่า

2. ความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (Total Solar Reflectance, TSR)

ไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะถูกตรวจสอบความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (TSR) โดยค่ารายงานจะเป็นแบบเปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงของคลื่นแสงด้วยเครื่อง UV/Vis/NIR Spectrophotometer โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จะแสดงในตารางที่ 5

Published Online: 04 Dec 2020

ตารางที่ 5 ค่าความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (TSR) ของไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด

Sample TiO_2	TSR (%)		
	UV	**Visible**	**NIR**
Commercial A (Tetragonal) TiO_2	14.2	37.3	40.1
Commercial B (Tetragonal) TiO_2	13.8	37.3	38.8
Plate-like TiO_2	16.1	37.3	78.6
Cubical TiO_2	13.7	37.3	83.4
Spherical TiO_2	15.2	37.3	85.7

จากผลการศึกษาค่า TSR ด้วยเครื่อง UV/Vis/NIR Spectrophotometer พบว่าไทเทเนียม-ไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะตอบสนองต่อการสะท้อนของรังสีจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงคลื่นแสงที่แตกต่างกันโดย ช่วงคลื่น UV เป็นช่วงคลื่นสั้นที่มีพลังงานสูงและจะเป็นช่วงคลื่นที่มุ่งเน้นในการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดทั้ง Commercial A, Commercial B และไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีรูปทรง Cubical จะมีค่า TSR ในช่วง UV ใกล้เคียงกันอยู่ที่ 14.2, 13.8 และ 13.7 ตามลำดับ ส่วนไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีรูปทรง Plate-like และ Spherical จะมีค่า TSR ในช่วง UV เพิ่มมากขึ้นโดยจะมีค่าอยู่ที่ 16.1 และ 15.2 ตามลำดับ ซึ่งผลดังกล่าวเกิดจากสารที่ใช้เป็นตัวปรับปรุงโครงสร้างผลึกหรือที่เรียกว่า อินคลูชัน (Inclusion) คือโลหะทรานซิชันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความหนาแน่นของโครงสร้างผลึกเพิ่มขึ้นส่งผลให้สามารถสะท้อนช่วงคลื่น UV ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่มีพลังงานสูงได้ดีขึ้น ช่วงคลื่น Visible: ไทเทเนียมไดออกไซด์ทุกชนิดที่ใช้ในการทดสอบครั้งนี้จะมีสีขาวเหมือนกันทั้งหมด ด้วยเหตุนี้ค่า TSR ในช่วงคลื่น Visible จึงมีค่าเท่ากันทั้งหมด และ ช่วงคลื่น Near-infrared, NIR, ซึ่งเป็นช่วงคลื่นยาวและเป็นรังสีความร้อนพบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกดัดแปลงโครงสร้างให้มีรูปทรงต่าง ๆ ทุกชนิดจะมีค่า TSR ในช่วงคลื่น NIR มากกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดถึง 2 เท่า โดยเป็นผลมาจากการปรับปรุงโครงสร้างผลึกด้วยโลหะทรานซิชันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ ส่งผลให้โครงสร้างใหม่ของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกดัดแปลงจะมีค่าความจุความร้อน สูงกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ปกติ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สามารถเก็บความร้อนในโครงสร้างผลึกได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การจัดเรียงตัวของรูปทรง รวมทั้งการที่มีขนาดอนุภาคที่มีขนาดใหญ่เล็กและกระจายตัวปะปนกัน จะทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคของบริเวณที่รับ

รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ลดน้อยลง ส่งผลให้พลังงานความร้อนที่เกิดจากรังสีในช่วงคลื่น NIR จึงสะท้อนกลับได้เป็นส่วนใหญ่ไม่สามารถส่งผ่านได้

3. ประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (Sun Protection Factor, SPF) ไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะถูกเตรียมให้อยู่ในลักษณะของครีมกันแดด ซึ่งจะกำหนดให้มีปริมาณไทเทเนียมไดออกไซด์อยู่ที่ 6% โดยน้ำหนัก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด (SPF) ด้วยเครื่อง SPF Analyzerโดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จะแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าแสดงประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด

Sample TiO_2	SPF
Commercial A (Tetragonal) TiO_2	12.23
Commercial B (Tetragonal) TiO_2	12.36
Plate-like TiO_2	12.61
Cubical TiO_2	10.99
Spherical TiO_2	12.52

จากผลการศึกษาค่า SPF ด้วย SPF Analyzer โดยไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดจะถูกใช้อยู่ในตัวอย่างครีมกันแดดในปริมาณ 6% โดยน้ำหนัก พบว่าค่า SPF ของครีมกันแดดซึ่งถูกเตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้ในท้องตลาดทั้งสองชนิดคือ Commercial A และ Commercial B ให้ค่า SPF ที่ 12.23 และ 12.36 ตามลำดับ โดยเมื่อเทียบกับไทเทเนียมไดออกไซด์ ที่มีรูปทรง Plate-like และ Spherical พบว่าจะมีค่า SPF ที่สูงขึ้นที่ 12.61 และ 12.52 ตามลำดับ ในขณะที่ครีมกันแดดซึ่งถูกเตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์รูปทรง Cubical จะให้ค่า SPF ต่ำที่สุด คือ 10.99 โดยค่า SPF จะมุ่งเน้นความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์เฉพาะในช่วงคลื่น UV เป็นหลัก ซึ่งผลที่ได้ดังกล่าวจะสอดคล้องกับผลของค่าความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ ในช่วงคลื่น UV โดยการเพิ่มขึ้นของค่า SPF ในครีมกันแดด เป็นผลมาจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในส่วนผสมจะมีการปรับปรุงโครงสร้างด้วยโลหะทรานซิชันที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ปกติ ส่งผลให้ความหนาแน่นของโครงสร้างผลึกเพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ครีมกันแดดจึงมีค่า TSR ในช่วงคลื่น UV เพิ่มมากขึ้น

4. ค่าความพึงพอใจของลักษณะครีมกันแดดครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดจะถูกทดสอบความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อในอาสาสมัครจำนวน 20 คน โดยคะแนนเฉลี่ยของความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อจะแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ค่าความพึงพอใจของลักษณะครีมกันแดดในอาสาสมัครจำนวน 20 คน

ครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิด	คะแนนความพึงพอใจ*			
	ความสามารถในการทาและเกลี่ย	ความเข้ากันกับสีผิว	ความนุ่มและความละเอียดของเนื้อ	ความพึงพอใจต่อผลิตภัณฑ์
Commercial A (Tetragonal) TiO_2	3.3	6.9	7.3	3.1
Commercial B (Tetragonal) TiO_2	1.3	5.1	4.9	1.4
Plate-like TiO_2	7.1	1.5	1.6	7.2
Cubical TiO_2	9.5	9.7	9.6	9.7
Spherical TiO_2	4.8	3.4	3.6	5.3

หมายเหตุ *คะแนนเฉลี่ยในแต่ละหัวข้อจากอาสาสมัครจำนวน 20 คน

จากผลการศึกษาพบว่าครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้ในท้องตลาดทั้งสองชนิด จะได้รับความพึงพอใจในเรื่องของการทาและการเกลี่ยเนื้อครีมอยู่ในช่วงน้อยถึงน้อยที่สุด อันเป็นผลมาจากการเกิดคราบและเป็นขุยในขั้นตอนการทา ทำให้ต้องใช้เวลาในการเกลี่ยเนื้อครีมนานกว่าปกติเพื่อให้ได้เนื้อครีมสม่ำเสมอกัน โดยหลังจากการทาพบว่าคะแนนความพึงพอใจในเรื่องความเข้ากันกับสีผิวและความละเอียดของเนื้อครีมจะอยู่ในช่วงปานกลางถึงมาก ซึ่งเป็นผลมากจากการขนาดของอนุภาคที่มีความละเอียดสูง อย่างไรก็ตามเมื่อตรวจสอบผลในเรื่องความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดดพบว่าจะอยู่ในช่วงน้อยถึงน้อยที่สุด เมื่อทำการเปรียบเทียบความพึงพอใจในแต่ละหัวข้อของครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่ถูกปรับปรุงโครงสร้าง พบว่า ครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์รูปทรง Cubical จะมีคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ยมากที่สุดในทุกหัวข้อ ผลดังกล่าวจะสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพที่จะมีเนื้อในลักษณะเบาและโปร่ง ส่งผลให้ครีมกันแดดที่เตรียมได้มีเนื้อนุ่มและเอียด สามารถทาและเกลี่ยให้เข้ากันได้ง่ายในระยะเวลาไม่นาน ไม่เกิดคราบในระหว่างการทา นอกจากนี้รูปทรง Cubical จะมีเหลี่ยมมุมของผลึกชัดเจนรวมทั้งมีการกระจายขนาดอนุภาคในช่วงกว้าง จึงทำให้สามารถเกิดการกระเจิงแสงได้ดี ส่งผลให้ครีมกันแดดที่เตรียมได้จึงสามารถเข้ากันกับสีผิวได้ดี ส่วนครีมกันแดดที่เตรียมได้จากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีรูปทรง Plate-like และ Spherical จะให้ผลในเรื่องความพึงพอใจของการทาและเกลี่ยเนื้อครีมมากกว่าครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้ในท้องตลาดทั้งสองชนิด ผลที่ได้เกิดจากรูปทรงของไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นหกเหลี่ยมแบบ (Hexagonal plate) และ ทรงกลม (Sphere) จะช่วยส่งเสริมให้การทาและการเกลี่ยเนื้อครีมให้สม่ำเสมอกันทำได้ง่าย

ไม่เกิดคราบ อย่างไรก็ตามคะแนนความพึงพอใจในเรื่องความเข้ากันของสีผิวและความนุ่มละเอียดของเนื้อครีมจะมีค่าน้อยกว่าครีมกันแดดที่เตรียมจากไทเทเนียมไดออกไซด์ทั้งสองชนิดที่นิยมใช้ในท้องตลาด ผลดังกล่าวเกิดจากลักษณะทางกายภาพของไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like และ Spherical ที่จะมีเนื้อหยาบ นอกจากนี้จะพบว่าความสามารถในการทาและเกลี่ยครีมจะเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตัดสินใจเรื่องความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ครีมกันแดด โดยสอดคล้องกับผลคะแนนของความพึงพอใจโดยรวมของผลิตภัณฑ์ที่จะแปรผันตรงกับความสามารถในการทาและเกลี่ยครีม

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ (Discussion and Suggestion)

จากผลวิจัยพบว่ารูปทรงของไทเทเนียมไดออกไซด์จะส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ของเนื้อวัสดุและสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ เมื่อนำไปใช้ในรูปของครีมกันแดด โดยไทเทเนียมไดออกไซด์รูปทรงต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบสมบัติด้านต่าง ๆ กับไทเทเนียมไดออกไซด์ปกติที่มีรูปทรงในแบบ Tetragonal ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาด จากผลการวิเคราะห์รูปทรงด้วย Scanning Electron Microscope (SEM) และขนาดอนุภาคด้วย Image analyzer พบว่าไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like, Cubical, และ Spherical โดยจะมีขนาดอนุภาคเฉลี่ยใหญ่กว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ปกติที่นิยมใช้ในท้องตลาด 5-10 เท่า จากผลของค่าสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์พบว่า ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like และแบบ Spherical จะสามารถสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่น UV และ NIR ได้ดีที่สุด ตามลำดับ ผลดังกล่าวเกิดจากการที่ไทเทเนียม-ไดออกไซด์จะถูกปรับปรุงโครงสร้างผลึกให้มีรูปทรงต่าง ๆ ให้สามารถเกิดการสะท้อนรังสีช่วงคลื่น UV ที่มีพลังงานสูง และ ช่วงคลื่น NIR ที่เป็นรังสีความร้อนได้ดี

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ถือว่าเป็นการศึกษาวิจัยพื้นฐานที่สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปทำการศึกษาต่อยอด เนื่องจากไทเทเนียมไดออกไซด์ที่มีการปรับปรุงโครงสร้างให้มีรูปทรงต่าง ๆ จะแสดงสมบัติในด้านต่าง ๆ ได้ดีกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในท้องตลาดแม้ว่าจะมีขนาดใหญ่กว่า 5-10 เท่า ด้วยเหตุนี้ ถ้าสามารถเตรียมให้ไทเทเนียมไดออกไซด์รูปทรงต่าง ๆ ให้มีขนาดอนุภาคเล็กลงเทียบเท่าหรือน้อยกว่าไทเทเนียมไดออกไซด์ที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน ก็อาจจะส่งผลให้ประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นได้ โดยเฉพาะในเรื่องของค่าการสะท้อนรังสี UV นอกจากนี้ในแต่ละรูปทรงของไทเทเนียมไดออกไซด์ก็จะแสดงจุดเด่นจุดด้อยในแต่เรื่องแตกต่างกัน เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Plate-like จะมีจุดเด่นเรื่องการสะท้อนรังสี UV และค่า SPF แต่จะมีจุดด้อยในเรื่องของการใช้งานเมื่อถูกเตรียมอยู่ในรูปครีมกันแดด ในขณะที่ ไทเทเนียมไดออกไซด์แบบ Cubical จะมีจุดเด่นเรื่องการใช้งานและความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์โดยรวมเมื่อถูกเตรียมอยู่ในรูปของครีมกันแดด แต่จะมีจุดด้อย

ในเรื่องของการสะท้อนรังสี UV และค่า SPF ดังนั้นถ้านำไทเทเนียมไดออกไซด์แต่ละชนิดที่มีจุดเด่นต่าง ๆ กันมาผสมกัน ก็น่าจะทำให้ประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ ของครีมกันแดดที่ถูกเตรียมได้ดียิ่งขึ้น

รายการอ้างอิง

รวีโรจน์ จันทร์หอม. (2551). รู้รอบ - รอบรู้ พลศึกษากับแสงแดด. *Rusamilae Journal, 29*(2), 19-30.

สิรินมาส คัชมาตย์. (2557). การประเมินค่า Sun Protection Factor ของผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีสารป้องกัน แสงแดด ที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร. *วารสารวิชาการสาธารณสุข, 23*(1), 105-111.

Eliane, C., Vicente, M., & Arno, K. (2015). Development of paints with infrared radiation reflective properties. *Polímeros, 25*(3). doi:10.1590/0104-1428.1869

Imai, Y., Koike, C., Chihara, H., Murata, K., & Tsuchiyama, A. (2009). Shape and latticedistortion effects on infrared absorption spectra of olivine particles. *Astronomy & Astrophysics, 507*, 45

Thomas, S. (2011). *IR-reflective pigments*. Retrieved June 2, 2019, from https://www.pcimag.com/articles/92566-irreflecting-pigments

Yan, X., Zhenwei, L., Ruiqun, C., & Wei, G. (2008). Template Growth of ZnO Nanorods and Microrods with Controllable Densities. *Crystal Growth & Design Vol, 8*(7), 2406-2410. doi:10.1021/cg7012599