

การเตรียมดินสอพองเคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลสเพื่อประยุกต์ใช้
ในผลิตภัณฑ์รองพื้น

Preparation of Cellulose Derivative Coated Marl
as An Application in Foundation Product

เหมือนฝัน วงษ์ท้าว

อีเมล: 6351701280@lamduan.mfu.ac.th

หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ดร.ฐาปกรณ์ ตรีอุดม

อีเมล: thapakorn.tre@mfu.ac.th

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์เครื่องสำอาง มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อทำการเคลือบดินสอพองด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส โดยใช้กระบวนการผสมเชิงกล จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพของดินสอพองที่เคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส เปรียบเทียบกับดินสอพองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว ผลการทดลองพบว่า เมทิลเซลลูโลสเคลือบดินสอพอง คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเคลือบดินสอพอง และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสเคลือบดินสอพอง มีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 8 ไมโครเมตร มีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ มีค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคเป็นลบ โดยค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคและค่าความหนืดที่สูงที่สุดพบในตัวอย่างคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเคลือบดินสอพอง เมื่อศึกษาลักษณะรูปร่างพบว่า อนุภาคยังคงรูปร่างผลึกแบบแคลไซต์ ผิวหน้ามีความขรุขระ เกาะกันเป็นกลุ่มก้อนมากขึ้น เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมในตำรับครีมรองพื้นพบว่า ผลิตภัณฑ์มีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้น และมีค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวีบีเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของดินสอพองเคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส

คำสำคัญ: ดินสอพอง, อนุพันธ์เซลลูโลส, กระบวนการผสมเชิงกล, ครีมรองพื้น

Abstract

This research aims to coat marl with cellulose derivatives including methyl cellulose (MC), carboxymethyl cellulose (CMC), and hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC). The coating process was performed by mechanical alloying method. Chemical and physical properties of cellulose derivatives coated marl were studied compared with non-coated marl. The results were found that the average particle size of MC-coated marl, CMC-coated marl and HPMC-coated marl was 8 μm . The particle size distribution was consistent and zeta potential had a negative charge. Especially, CMC-coated marl gave the highest zeta potential and the highest viscosity. Its crystal structure was calcite and the surface was rough. Regarding applications as a foundation product, the viscosity and sun protection factor (SPF) increased compared to the formulation without cellulose derivative-coated marl.

Keywords: Marl, Cellulose Derivative, Mechanical Alloying Process, Foundation

บทนำ/หลักการและเหตุผล

ดินสอพอง (Marl) นิยมนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันมีการนำดินสอพองมาใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางมากขึ้น เช่น ใช้ทำเป็นแป้งทาหน้า ผสมกับสุมุนไพรรักษาผิว ป้องกันหน้า และใช้เป็นส่วนผสมในยาสีฟันสุมุนไพร แต่เนื่องจากดินสอพองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากดินธรรมชาติที่มีส่วนประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตมากถึง 80% ทำให้ดินสอพองมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ pH 8-9 ซึ่งมีค่าความเป็นด่างสูง หากนำมาใช้ทาผิวหนึ่งโดยตรงอาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวได้ (นวพร อนันตสินกุล และคณะ, 2558) นอกจากนี้ผงดินสอพองยังเป็นอนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่ ให้ความรู้สึกรูขรุขระเมื่อสัมผัสทาบบนผิว และมีการกระจายตัวเข้ากับสูตรตำรับที่เป็นน้ำได้ไม่ดี เกิดการตกตะกอนได้ง่าย จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีผู้สนใจศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์พอกผิวจากดินสอพอง การศึกษาพัฒนาแป้งฝุ่นโรยตัวจากดินสอพอง และการศึกษาคุณสมบัติการต้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตของดินสอพอง พบว่าอนุภาคดินสอพองมีแนวโน้มในการสะท้อนรังสียูวีเอมากกว่ายูวีบี ทำให้ผงดินสอพองมีค่าประสิทธิภาพการป้องกันรังสียูวีบีต่ำ แต่มีคุณสมบัติป้องกันแสงได้ในช่วงกว้าง (กฤตภัฏญา เบญจจาริกุล, 2562) อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาวิธีการปรับปรุงผิวของดินสอพอง หากสามารถพัฒนาดินสอพองและปรับปรุงคุณสมบัติบางประการของดินสอพองให้ดีขึ้น ก็จะเป็นการเพิ่มมูลค่าให้ดินสอพอง และสามารถนำดินสอพองมาใช้เป็นส่วนผสมในตำรับเครื่องสำอางได้หลากหลายมากขึ้น

อนุพันธ์เซลลูโลส (Cellulose derivatives) เป็นโพลิเมอร์ชีวภาพได้จากเส้นใยเซลลูโลสของพืช ไม่มีความเป็นพิษ และสามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยนิยมใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มความหนืด สารเคลือบ สารยึดเกาะ สารแขวนตะกอน และใช้ในเทคโนโลยีนำส่งยาและสารสำคัญ เป็นต้น (สอิ่ง จักขุศिला, 2546) ซึ่งโครงสร้างหลักของโมเลกุลเซลลูโลสประกอบด้วยหน่วยย่อยซ้ำ ๆ กันของหน่วยกลูโคส สามารถดัดแปลงองค์ประกอบภายในโครงสร้างด้วยกระบวนการทางเคมีทำให้เป็นอนุพันธ์เซลลูโลส โดยการแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ด้วยหมู่ฟังก์ชันต่าง ๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮเดรชันด้วยโมเลกุลน้ำได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างสารอนุพันธ์เซลลูโลสที่เกิดจากปฏิกิริยาอีเทอร์ฟิเคชัน ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (MC) มีการแทนที่ด้วยหมู่เมทิล (-CH₃) เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่ไม่มีประจุ สามารถก่อตัวเป็นเจลได้ดีในน้ำเย็น (Fahad et al., 2021) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) มีการแทนที่ด้วยหมู่คาร์บอกซิเมทิล (-CH₂-COOH) โดยนิยมเตรียมในรูปของเกลือโซเดียม เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่มีประจุลบ สามารถก่อตัวเป็นเจลได้ดีในน้ำร้อนและน้ำเย็น มีความคงตัวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ pH 4-10 (Ye & Estarki, 2023) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) มีการแทนที่ด้วยหมู่เมทิล (-CH₃) และหมู่ไฮดรอกซีโพรพิล [-CH₂CH(OH)CH₃] เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่ไม่มีประจุ สามารถก่อเนื้อเจลได้ดีในน้ำร้อน (Dos Santos Carvalho et al., 2022)

กระบวนการบดผสมเชิงกล (Mechanical alloying process) เป็นวิธีการผสมที่ช่วยลดขนาดอนุภาค ทำให้อนุภาคมีความละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน และกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (Ramezani & Neitzert, 2012) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือบดแต่ละชนิด Planetary ball mill คือ เครื่องมือที่ใช้บดผสมวัสดุเชิงวิศวกรรมที่มีข้อดี คือ เครื่องมีขนาดเล็ก มีความเร็วสูง มีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีลูกบอลที่ช่วยบดเป็นจำนวนมาก และสามารถทำการบดได้ทั้งสภาวะแบบแห้งและแบบเปียก ทำให้อนุภาคตัวอย่างเกิดการผสม และมีความละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันได้ในระยะเวลาที่สั้น (Lu et al., 2015)

วัตถุประสงค์

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมี ของดินสอพองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส ได้แก่ MC CMC และ HPMC โดยใช้กระบวนการบดผสมเชิงกลด้วยเครื่อง Planetary ball mill เพื่อให้ดินสอพองสามารถกระจายตัวในน้ำได้ โดยการศึกษาครั้งนี้ดินสอพองที่พัฒนาขึ้นใช้เป็นส่วนผสมในสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้น เพื่อหวังผลในการช่วยเพิ่มการกระจายตัวของอนุภาคดินสอพองในสูตรตำรับได้ดีขึ้น และช่วยเพิ่มคุณสมบัติการป้องกันรังสียูวี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. วิธีการเคลือบผิวดินสอพองด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส

1.1 นำผงดินสอพอง (Marl) จากกลุ่มผู้ผลิตดินสอพอง หมู่บ้านหินสองก้อน จังหวัดลพบุรี มาคัดแยกขนาด ด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 325 mesh โดยใช้เครื่อง Sieve shaker รุ่น AS200 (RETSCHE, Germany) ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ (กฤตภัฏญา เบญจาทิกุล, 2562)

1.2 เตรียมสารแขวนลอยของดินสอพองในอนุพันธ์เซลลูโลส เริ่มจากชั่งอนุพันธ์เซลลูโลส จำนวน 1 กรัม กระจายตัวลงในน้ำปราศจากไอออน 90 กรัม นำไปกวนผสมด้วยเครื่องปั่นผสมแบบกระจาย รุ่น RW20 digital (IKA, Germany) ใช้ความเร็วรอบ 800 รอบต่อนาที จนสารอนุพันธ์เซลลูโลสก่อตัวเป็นเจล จากนั้นชั่งผงดินสอพองจากข้อ 1.1 จำนวน 33.33 กรัม กระจายตัวในสารกลีเซอริน 10 กรัม เติมน้ำในสารละลายอนุพันธ์เซลลูโลสที่เตรียมข้างต้น และนำมาปั่นกวนผสมด้วยเครื่องปั่นผสมแบบกระจายจนอนุภาคดินสอพองกระจายตัวในสารละลายได้ดี ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ (Padokhin et al., 2007) ในงานวิจัยนี้ใช้อนุพันธ์เซลลูโลส 3 ชนิด ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (MC) คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และ ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC)

1.3 เคลือบผิวและลดขนาดดินสอพองด้วยการผสมเชิงกล โดยใช้เครื่อง Planetary ball mill รุ่น Pulverisette 6 (Fritsch, Germany) ทำการบดผสมในสภาวะแบบเปียก โดยใส่ตัวอย่างดินสอพองในรูปสารแขวนลอยที่เตรียมได้จากข้อ 1.2 ลงในโถบดผสม และใส่ลูกบดชนิดสแตนเลสสตีลขนาด 10 มิลลิเมตร จำนวน 50 ลูก ตั้งความเร็วในการหมุนโถบดผสม 200 รอบต่อนาที เดินเครื่องบด 1 นาที หยุดพัก 30 วินาที และเดินเครื่องบดจำนวน 60 รอบ ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ (Palavecino et al., 2019) ตัวอย่างดินสอพองที่ได้หลังจากบดผสม ประกอบด้วยตัวอย่างดินสอพองที่ไม่เคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส และตัวอย่างดินสอพองที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส คือ ดินสอพองเคลือบด้วยเมทิลเซลลูโลส (MC-coated marl) ดินสอพองเคลือบด้วยคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC-coated marl) และดินสอพองเคลือบด้วยไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC-coated marl)

1.4 นำตัวอย่างจากข้อ 1.3 บางส่วนไปทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน รุ่น UF110 (Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่ ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีการของ (Camargo et al., 2020) และนำตัวอย่างไปบดให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องบดสับ จากนั้นนำตัวอย่างไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี

2. การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

2.1 วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter รุ่น Seven DirectSD20 (Mettler toledo, Switzerland) นำตัวอย่างในรูปแบบสารแขวนลอยใส่ในบีกเกอร์แก้ว และใช้โพรบของเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง จุ่มวัดลงไปตัวอย่าง ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.2 วัดค่าความหนืด โดยใช้เครื่อง Rheometer รุ่น RheoStress (HAAKE, Germany) โดยใช้ตัวอย่างในรูปแบบสารแขวนลอย 1 มิลลิลิตร ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบ 25 องศาเซลเซียส ตั้งระยะห่าง (Gap) 0.052 มิลลิเมตร ตั้งช่วงความถี่ในการวัด (Frequency) 0.01 – 600.00 1/วินาที รายงานค่าความหนืดที่ความถี่ 0.1 1/วินาที (Marto et al., 2016)

2.3 วัดค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาค โดยใช้เครื่อง Zetasizer รุ่น SZ-100-Z V2 (Horiba, Japan) นำตัวอย่างในรูปแบบสารแขวนลอยมาเจือจาง 100 เท่าด้วยน้ำปราศจากไอออน จากนั้นนำไปทดสอบหาค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาค (Zeta potential) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ

2.4 วัดขนาดและการกระจายตัวของอนุภาค โดยใช้เครื่อง Particle size analyzer รุ่น LA-960V2 (Horiba, Japan) นำตัวอย่างในรูปแบบสารแขวนลอยมาทดสอบในโหมด Wet dispersions ใช้ตัวทำละลายในการทดสอบเป็นน้ำปราศจากไอออน ตั้งค่า Refractive index เท่ากับ 1.3325 ใส่ตัวอย่างลงไป Chamber จนกระทั่งค่า %T อยู่ในช่วง Guide gap นำผลที่ได้วิเคราะห์หาขนาดของอนุภาค (Particle size) และการกระจายตัวของขนาดอนุภาค (Particle size distribution)

3. การศึกษาลักษณะรูปร่าง

นำตัวอย่างในรูปแบบผงแห้ง ทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) รุ่น MIRA4 (TESCAN, Czech Republic) โดยเตรียมตัวอย่างใส่ลงในสตรับ เคลือบพื้นผิวด้วยอนุภาคทองและใส่ Chamber ที่สภาวะสุญญากาศ นำภาพที่ได้มาศึกษาลักษณะรูปร่างและขนาด

4. การศึกษาโครงสร้างผลึกของตัวอย่าง

นำตัวอย่างในรูปแบบผงแห้งทดสอบด้วยเครื่อง X-ray Diffractometer (XRD) รุ่น X'Pert Pro MPD (PANalytical, USA) โดยทำการวัดค่าความเข้มของรังสีที่สะท้อนออกมาในช่วงมุม $3 - 80^\circ$ (Fahad et al., 2021) บันทึกสเปกตรัมที่วัดได้เป็นค่า Intensity และค่ามุม 2θ จากนั้นนำผลที่ได้วิเคราะห์หาความเป็นผลึก

5. การเตรียมตัวรับผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้น

เตรียมตัวรับผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้นจำนวน 5 สูตร กำหนดให้สูตร F0 เป็นสูตรพื้นฐาน สูตร F1 มีส่วนผสมของดินสอพองที่ไม่ผ่านการเคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส สูตร F2 มีส่วนผสมของ MC-coated marl สูตร F3 มีส่วนผสมของ CMC-coated marl และสูตร F4 มีส่วนผสมของ HPMC-coated marl ซึ่งสัดส่วนวัตถุดิบของแต่ละตัวรับแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมและสัดส่วนที่ใช้ในการเตรียมตำรับครีมรองพื้น

Part	Ingredients	Function	%W/W				
			F0	F1	F2	F3	F4
A	Deionized water	Solvent	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.	q.s.
			to 100	to 100	to 100	to 100	to 100
	Tween 20	Emulsifier	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	Triethanolamine	pH adjuster	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	Propylene glycol	Humectant	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Xanthan gum	Thickener	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C	Glyceryl monostearate	Emulsifier	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
	Isopropyl myristate	Emollient	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	Stearic acid	Thickener	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	Cetyl alcohol	Emollient	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
	Hydrogenated polyisobutene	Emollient	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
D	Marl	Physical sunscreen	-	25.00	-	-	-
	MC coated Marl		-	-	25.00	-	-
	CMC coated Marl		-	-	-	25.00	-
	HPMC coated Marl		-	-	-	-	25.00
E	Titanium dioxide	Pigment	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	Red Iron oxide	Pigment	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Yellow Iron oxide	Pigment	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Black Iron oxide	Pigment	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
F	Uniphen P-23	Preservative	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ที่มา อรรถฎา มโนสร้อย (2557)

5.1 ขั้นตอนการเตรียมตำรับผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้น

5.1.1 ผสมสารใน Part B โดยกระจาย Xanthan gum ใน Propylene glycol จากนั้นเติม Part A ลงใน Part B คนผสมให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน และนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บนอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ รุ่น WB29 (Mettler, Germany) จากนั้นเติม Part D และค่อยๆเติมเม็ดสีใน Part E ที่ผ่านการบดผสมให้เข้ากันด้วยโกร่งลงไป

5.1.2 ผสมสารใน Part C แล้วนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อสารละลายจนหมด ค่อย ๆ เติมลงในสารผสมที่เตรียมได้จากข้อ 5.1.1 คนผสมให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำให้ตำรับเย็นลงให้มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส เติม Part F ลงไป และนำตำรับที่ได้ไปปั่นผสมด้วยเครื่อง Homogenizer รุ่น T25 Basic (IKA, Germany) ด้วยความเร็ว 1,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที (Anwar & Rizkamiarty, 2020) จากนั้นนำตำรับเข้าเครื่องบดสี (Three roll mill) รุ่น EXAKT50 (EXAKT, Germany) จำนวน 3 รอบ จนเม็ดสีละเอียดและกระจายตัวเข้ากันได้ดี

5.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้น

5.2.1 วัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่อง pH meter รุ่น Seven DirectSD20

5.2.2 วัดค่าความหนืด ด้วยเครื่อง Viscometer รุ่น DV-II+Pro (Brookfield, USA) วัดค่าโดยใช้เข็มเบอร์ 06 ตั้งค่าความเร็วรอบของการหมุนเข็ม ให้ค่า %Torque อยู่ในช่วง 85-100%

5.2.3 การศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันรังสียูวีของผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้น โดยใช้เครื่องวัดการส่องผ่านของรังสีอัลตราไวโอเล็ต รุ่น UV-2000S (Labsphere, USA) ทำการวัดโดยเตรียม Blank plate ซิงกลีเซอริน 0.015 กรัม ใช้น้ำที่สวมถุงมือเกลี่ยกลีเซอรินให้กระจายทั่วแผ่น PMMA และเตรียมตัวอย่าง ซิงตัวอย่างครีมรองพื้น 0.0287 ± 0.005 กรัม ลงบนแผ่น PMMA ใช้น้ำที่สวมถุงมือเกลี่ยเนื้อครีมให้กระจายทั่วแผ่น PMMA และนำแผ่น PMMA ที่เตรียมได้ไปเก็บในที่มืดที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เมื่อครบเวลาตามกำหนด นำแผ่น PMMA ไปวัดค่า SPF จำนวน 9 จุดตามตำแหน่งที่เครื่องวัดกำหนด และวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม UV-2000S Ultraviolet Transmittance Analyzer (กฤศกัญญา เบญจาทิกุล, 2562)

ผลวิจัยและอภิปราย

1. คุณสมบัติทางกายภาพ

เมื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนลอยดินสอพองในน้ำที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และสารแขวนลอยดินสอพองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลสพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.80 – 8.06 สารแขวนลอยดินสอพองในอนุพันธ์เซลลูโลสมีค่าความหนืดอยู่ในช่วง 4,851.12 – 9,129.78 มิลลิปาสคาล ซึ่งมีค่าความหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับสารแขวนลอยของดินสอพองในน้ำ มีขนาดอนุภาคที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 8.23 – 8.40 ไมโครเมตร และมีค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคเป็นลบ โดย CMC-coated marl มีค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคสูงที่สุด เท่ากับ -62.77 มิลลิโวลต์ เนื่องจากตัวอย่างถูกกระตุ้นด้วยพลังงานเชิงกลทำให้ดินสอพองแตกตัวให้แคลเซียมไอออนและคาร์บอเนตไอออน และมีส่วนประกอบของ CMC ที่เป็นพอลิเมอร์ชนิดที่ให้ประจุลบ ทำให้บนผิวของ

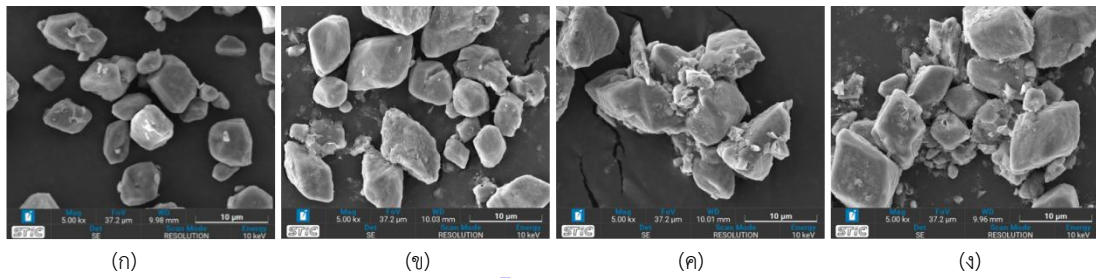
ดินสองพองมีประจุลบมากขึ้น (Song et al., 2022) และมีการรายงานค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคมากกว่า ± 60 มิลลิโวลต์ แสดงถึงสารแขวนลอยมีความสามารถในการกระจายตัวดีมาก (El-Shafai et al., 2021) จึงทำให้อนุภาคดินสองพองที่แขวนลอยในสารละลาย CMC มีความเสถียรสูงที่สุด อนุภาคดินสองพองรวมตัวกันตกตะกอนได้ช้าลง ส่วน MC-coated marl และ HPMC-coated marl มีค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาค เท่ากับ -22.73 และ -26.33 มิลลิโวลต์ ตามลำดับ เนื่องจากมีส่วนผสมของ MC และ HPMC เป็นพอลิเมอร์ชนิดไม่มีประจุ แต่เมื่อนำมาผสมกับดินสองพอง ซึ่งตัวอย่างดินสองพองมีค่าความต่างศักย์เท่ากับ -19.87 มิลลิโวลต์ จึงทำให้ผลค่าความต่างศักย์ของ MC-coated marl และ HPMC-coated marl มีค่าเป็นลบ โดยรายละเอียดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพของสารแขวนลอยของดินสองพอง และสารแขวนลอยของดินสองพองที่เคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส

ตัวอย่าง	pH	Viscosity (mPas)	ขนาดอนุภาค (μm)	การกระจายตัว ของขนาดอนุภาค	ค่าความต่างศักย์ บนผิวอนุภาค (mV)
Marl	7.88 ± 0.01	9.78 ± 0.21	8.23 ± 0.03	1.081 ± 0.009	-19.87 ± 0.40
MC- coated marl	7.82 ± 0.01	$4,851.12 \pm 144.50$	8.40 ± 0.02	1.003 ± 0.009	-22.73 ± 0.65
CMC- coated marl	8.06 ± 0.01	$9,129.78 \pm 198.40$	8.34 ± 0.07	0.997 ± 0.010	-62.77 ± 1.75
HPMC-coated marl	7.80 ± 0.01	$6,339.85 \pm 139.68$	8.35 ± 0.04	1.011 ± 0.008	-26.33 ± 1.78

2. การวิเคราะห์ทางด้านสัณฐานวิทยา

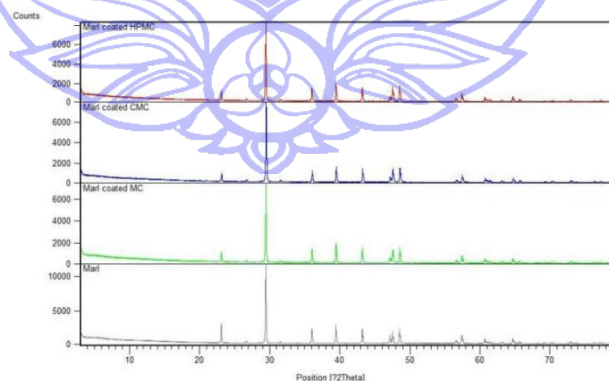
จากการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานของผงดินสองพอง และผงดินสองพองที่เคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส (ภาพที่ 1) พบว่า ผงดินสองพองมีลักษณะรูปร่างผลึกแบบแคลไซต์ มีผิวหน้าเรียบ ผิวหน้าแต่ละด้านทำมุมน้อยกว่า 90 องศา จึงมีลักษณะของผลึกเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน (Ma et al., 2013) สำหรับผงดินสองพองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส ได้แก่ MC-coated marl, CMC-coated marl และ HPMC-coated marl พบว่าผลึกมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ผิวหน้าบางส่วนมีความขรุขระ และถูกยึดเกาะเป็นกลุ่มก้อนเนื่องจากอนุพันธ์เซลลูโลสที่มาเคลือบ



ภาพที่ 1 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด ที่กำลังขยาย 5,000 เท่า ของตัวอย่าง (ก) Marl (ข) MC-coated marl (ค) CMC-coated marl (ง) HPMC-coated marl

3. โครงสร้างผลึกของตัวอย่าง

จากกราฟดิฟแฟร็กโตแกรมของอนุพันธ์เซลลูโลสพบพีคที่มีความกว้าง (Broad) โดย MC ปรากฏพีคที่มุม 2θ เท่ากับ 10.99° และ 20.68° (Fahad et al., 2021) ส่วน CMC ปรากฏพีคที่มุม 2θ เท่ากับ 20.09° ส่วน HPMC ปรากฏพีคที่มุม 2θ เท่ากับ 9.24° และ 20.04° (Ye & Estarki, 2023) จากดิฟแฟร็กโตแกรมของดินสอพอง (ภาพที่ 2) เกิดพีคขึ้นที่ตำแหน่ง 2θ เท่ากับ 23.08° , 29.42° , 35.99° , 39.42° , 43.17° , 47.14° , 48.52° , 57.41° ซึ่งมีตำแหน่งของพีคเหมือนกับ XRD pattern ของแคลไซต์ PDF47-1743 (Ma et al., 2013) เมื่อนำดินสอพองมาเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส พบพีคที่ตำแหน่งเดียวกันกับตัวอย่างดินสอพองก่อนการเคลือบผิว ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าหลังผ่านกระบวนการเคลือบผิว และถูกบดด้วยเครื่อง Planetary ball mill ดินสอพองยังคงรูปร่างผลึกแบบแคลไซต์ แต่ค่า Intensity ของพีคที่ตำแหน่งต่างๆ มีค่าลดลงเนื่องจากผลึกของดินสอพองถูกเกาะด้วยกลุ่มของสารเซลลูโลส (Song et al., 2022) ซึ่งผลการทดสอบนี้มีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการศึกษารูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด



ภาพที่ 2 ดิฟแฟร็กโตแกรมจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค XRD ของ Marl, MC-coated marl, CMC-coated marl และ HPMC-coated marl

4. คุณสมบัติทางกายภาพของตำรับครีมรองพื้น

เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของครีมรองพื้นพบว่า ทั้ง 5 ตำรับ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 7.64 - 8.24 เมื่อผสมดินสอพองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลสลงในตำรับทำให้มีค่าความหนืดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยเฉพาะตำรับ F3 ที่มีส่วนผสมของ CMC-coated marl มีค่าความหนืดสูงที่สุด และตำรับ F2 - F4 มีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีบี (SPF) อยู่ในช่วง 5.36 - 5.71 ซึ่งมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่มีส่วนผสมของดินสอพองที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว (F1) มีค่า SPF เท่ากับ 3.28 และตำรับพื้นฐานที่ไม่มีส่วนผสมของดินสอพอง (F0) มีค่า SPF เท่ากับ 2.67 ซึ่งผลการทดสอบค่า SPF ของผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของดินสอพองที่มีอนุภาคผลึกแบบแคลไซต์ มีกลไกในการป้องกันแสงโดยการสะท้อนแสงได้ และเมื่อนำดินสอพองมาเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลสทำให้อนุภาคผลึกแคลไซต์มีช่องว่างระหว่างอนุภาคน้อยลง ทำให้แสงส่องผ่านได้น้อยลง ส่งผลทำให้มีค่า SPF สูงขึ้น เมื่อประเมินประสิทธิภาพการป้องกันรังสียูวีเอ (PA) (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2560) ผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้นทุกสูตรตำรับมีความสามารถในการป้องกันรังสียูวีเอในระดับต่ำ เท่ากับ PA+ โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของตำรับครีมรองพื้น

ตัวอย่าง	pH	Viscosity (cP)	SPF	PA
F0	7.64 ± 0.01	4,873.33 ± 22.55	2.64 ± 0.29	PA+
F1	7.78 ± 0.01	4,911.67 ± 15.28	3.28 ± 0.36	PA+
F2	7.74 ± 0.01	6,620.00 ± 20.00	5.71 ± 0.65	PA+
F3	8.24 ± 0.01	16,522.33 ± 25.42	5.36 ± 0.52	PA+
F4	7.70 ± 0.01	12,458.33 ± 38.19	5.46 ± 0.63	PA+

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เตรียมสารแขวนลอยของดินสอพอง (Marl) ร่วมกับอนุพันธ์เซลลูโลสที่แตกต่างกัน 3 ชนิด ได้แก่ เมทิลเซลลูโลส (MC) คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (CMC) และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) เปรียบเทียบกับดินสอพองที่แขวนลอยในน้ำ ผ่านกระบวนการผสมเชิงกลด้วยเครื่อง Planetary ball mill เมื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่ามีขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ย 8 ไมโครเมตร มีการกระจายตัวของอนุภาคที่ดี มีค่าความต่างศักย์บนผิวอนุภาคเป็นลบ โดย CMC-coated marl มีความต่างศักย์บนผิวอนุภาคมากที่สุด มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงต่างอ่อนจากการศึกษารูปร่างด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด พบว่าดินสอพองมีรูปร่างผลึก

ผิวหน้ามีความชุ่มชื้น และมีการเกาะกลุ่มกันมากขึ้น เมื่อผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส เมื่อศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD พบว่าดินสอพองมีผลึกแบบแคลไซต์ และภายหลังการเคลือบผิวไม่ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเป็นผลึกของดินสอพอง

ในด้านการนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในตำรับครีมรองพื้น พบว่า ผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้นที่มีส่วนผสมของผงดินสอพองที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส มีค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวีบี (SPF) สูงขึ้นเมื่อเทียบกับตำรับพื้นฐาน และมีค่าความสามารถในการป้องกันรังสียูวีเอ (PA) ในระดับ PA+ จึงสรุปได้ว่าดินสอพองที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุพันธ์เซลลูโลส สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันแสงแดดให้สูตรตำรับได้

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาผลของเวลาบดผสม และความเร็วรอบที่ใช้บดผสมตัวอย่างด้วยเครื่อง Planetary ball mill ต่อคุณสมบัติในด้านกายภาพและเคมี
2. ศึกษาผลของปริมาณตัวอย่างดินสอพองที่นำมาผสมในสูตรตำรับ ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดด
3. ศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ครีมรองพื้นที่มีส่วนผสมของดินสอพอง

รายการอ้างอิง

- กฤตัญญา เบญจาทิกุล. (2562). *การศึกษาคุณสมบัติในการต้านรังสีอัลตราไวโอเล็ตของดินสอพอง* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ.
- คณะกรรมการอาหารและยา. (2560). *การแสดงค่าความสามารถในการป้องกันแสงแดดของเครื่องสำอางที่มีสารป้องกันแสงแดด พ.ศ. ๒๕๖๐*. สำนักพิมพ์คณะกรรมการรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา.
- นพพร อนันตสินกุล, อวิรุทธิ์ เขจรนิตย์ และชมพุกานต์ เจริญชวานนท์. (2558). *ดินสอพอง*. สำนักเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- สอิ่ง จักขุศิลา. (2546). *การศึกษาวิธีวิเคราะห์เซลลูโลสและอนุพันธ์ของเซลลูโลส (CMC)*. กลุ่มงานอินทรีย์เคมีวิเคราะห์ กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- อรัญญา มโนสร้อย. (2533). *หนังสือเครื่องสำอาง เล่ม 3. บทที่ 5 เครื่องสำอางอื่น ๆ สำหรับใบหน้า* (พิมพ์ครั้งที่ 1). โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

Anwar, E., & Rizkamiarty, S. (2020). Formulation and evaluation of cosmetic foundation using epigallocatechin gallate as a sun protection. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 130-134.

- Camargo, I. L. D., Lovo, J. F. P., Erbereli, R., & Fortulan, C. A. (2020). Influence of Media Geometry on Wet Grinding of a Planetary Ball Mill. *Materials Research*, 22.
- Dos Santos Carvalho, J. D., Rabelo, R. S., & Hubinger, M. D. (2022). Thermo-rheological properties of chitosan hydrogels with hydroxypropyl methylcellulose and methylcellulose. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209, 367-375.
- El-Shafai, N. M., Ramadan, M. S., Amin, M. A., & El-Mehasseb, I. M. (2021). Graphene oxide/cellulose derivative nanohybrid membrane with Yttrium oxide: Upgrading the optical and electrochemical properties for removing organic pollutants and supercapacitors implementations. *Journal of Energy Storage*, 44, 103344.
- Fahad, M. M., Khan, M. A., & Gilbert, M. (2021). Investigation of thermal gel formation of methylcellulose in glycols using DSC and XRD. *Gels*, 7, 205.
- Lu, Y., Guan, S., Hao, L., & Yoshida, H. (2015). Review on the photocatalyst coatings of TiO₂: Fabrication by mechanical coating technique and its application. *Coatings*, 5(3), 425-464.
- Ma, M. G., Dong, Y. Y., Fu, L. H., Li, S. M., & Sun, R. C. (2013). Cellulose/CaCO₃ nanocomposites: Microwave ionic liquid synthesis, characterization, and biological activity. *Carbohydrate Polymers*, 92(2), 1669-1676.
- Marto, J., Gouveia, L. F., Gonçalves, L., Chiari-Andréo, B. G., Isaac, V., Pinto, P., . . . Ribeiro, H. M. (2016). Design of novel starch-based Pickering emulsions as platforms for skin photoprotection. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 162, 56-64.
- Palavecino, P. M., Penci, M. C., & Ribotta, P. D. (2019). Effect of planetary ball milling on physicochemical and morphological properties of sorghum flour. *Journal of Food Engineering*, 262, 22-28.
- Ramezani, M., & Neitzert, T. (2012). Mechanical milling of aluminum powder using planetary ball milling process. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 55(2), 790-798.

Song, S., Qiang, S., Liang, J., Li, L., Shi, Y., Nie, J., . . . Zhang, M. (2022). Cellulose nanofibril/mineral composites induced by H-bond/ionic coordination in co-refining system. *Carbohydrate Polymers*, 289, 119425.

Ye, F., Sadeghi, M., & Estarki, M. R. L. (2023). Effect of cellulose derivatives on the morphology, agglomeration and phase transformation of spinel nanoparticles prepared via modified sol-gel method and comparison of optical transmission of spark plasma sintered ceramic. *Arabian Journal of Chemistry*, 16, 105198.

