

แร่ดินและการประยุกต์ใช้ในด้านเครื่องสำอาง

Clay Minerals and Cosmetic Applications

ภัทรนันท์ ทวดอาจ¹

เครื่องสำอางในปัจจุบัน มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญคือดิน ดินที่นำมาใช้ประกอบด้วยแร่ดินกลุ่มกาอลินไลท์ (Kaolinite) เบนโทไนท์ (Bentonite) และมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) ตามลำดับ (Isebel, 2002) เป็นกลุ่มแร่ที่พบมากในส่วนผสมของเครื่องสำอางในท้องตลาด ในบทความนี้ นำเสนอลักษณะทั่วไปของแร่ดิน โครงสร้างของแร่ดิน ลักษณะทางเคมีของแร่ดิน และการใช้ประโยชน์แร่ดินทางด้านเครื่องสำอาง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลักษณะทั่วไปของแร่ดิน

ดินขาว (Kaolin Clay) มีส่วนประกอบหลักคือแร่ดินกาอลินไนท์ (Kaolinite Clay) เป็นดินที่มีบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง แสดงถึงภาพประกอบ 1 สูตรทางเคมีคือ $Al_2(Si_4O_{10})(OH)_8$ มีโครงสร้างประกอบด้วย แผ่นซิลิกา (Silica Sheet) 1 แผ่น ประกบทับแผ่นของอลูมินา (Alumina Sheet) อีก 1 แผ่น โดยมีซิลิกอน (Si) และอลูมิเนียม (Al) จะร่วมเกาะออกซิเจนตัวเดียวกันในด้านที่ประกบเข้าหากัน จึงทำให้แผ่นทั้งสองประสานกันรวมกันเข้าเป็นผลึกของกาอลินไนท์ ลักษณะดินมีสีขาวมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิด และองค์ประกอบทางเคมี ขึ้นอยู่กับปริมาณฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) ดินกลุ่มนี้ ในประเทศไทยพบมากที่จังหวัดลำปาง นราธิวาส ระนอง ดินมีลักษณะทางกายภาพที่ละเอียดค่อนข้างสูง (ปรีดา พิมพ์ขาวดำ, 2547)



ภาพประกอบ 1 เกาอลินไนท์ (Kaolinite)

ที่มา : ภัทรนันท์ ทวดอาจ (2556)

¹อาจารย์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

แร่ดินเบนโทไนท์ (Bentonite Clay) ประกอบด้วยแร่ดินเหนียวชนิดมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เป็นองค์ประกอบหลัก ประกอบด้วยแผ่นซิลิกา (Silica Sheet) 2 แผ่น และแผ่นอะลูมินา (Alumina Sheet) 1 แผ่น นิยมเรียกว่าเป็นพวก 2 : 1 ไทป์เคลย์ โดยมีซิลิกอน และอลูมิเนียมอะตอมในแผ่นเหล่านี้ต่างก็เกาะยึดออกซิเจนร่วมกันประกอบกันเป็นผลึกของมอนต์มอริลโลไนต์ มีสูตร $\text{Na}(\text{SiAl}_4\text{O}_{20}(\text{OH})_6$ ก่อนแต่งและล้างให้สะอาดอาจมีสีเหลืองปนน้ำตาล สีเขียว สีเขียวอมน้ำเงิน หรือสีชมพู อนุภาคดินกลุ่มนี้มีขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูง แบ่งออกได้ 2 ชนิด ขึ้นกับอยู่ว่าโซเดียมหรือแคลเซียมในโครงสร้างโมเลกุล

เบนโทไนท์ชนิดอุ้มน้ำ (Swelling Bentonite) เนื่องจากในโครงสร้างมีโซเดียมแทนที่ในโมเลกุล มีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี 4-5 เท่า มีความเหนียวมากเป็นพิเศษ มีคุณสมบัติคล้ายกาว ผนวกกับลักษณะโครงสร้างหนึ่งชั้น (Layer) 2 : 1 แสดงดังภาพประกอบ 4

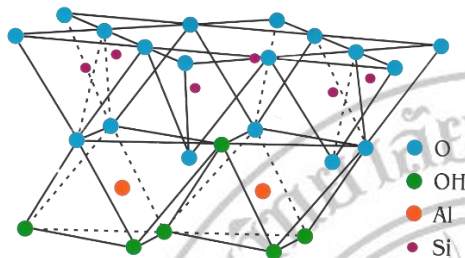
เบนโทไนท์ที่ไม่อุ้มน้ำ (Nonswelling Bentonite) เป็นชนิดที่มีแคลเซียมในโครงสร้างโมเลกุล มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำคุณสมบัติในการดูดซับสูง (Swelling Clay) สามารถขยายตัวได้ถึง 5-10 เท่า คล้ายฟองน้ำ นอกจากจะนำมาใช้ประโยชน์ในด้านเครื่องสำอางแล้ว ยังสามารถดัดแปรพื้นผิวให้ขยายตัวในระดับนาโนเมตร เรียกว่า นาโนเคลย์ (Nanoclay) สามารถดูดกลืนและสารพิษได้ดี วัสดุเสริมแรง เพิ่มความแข็งแรงของวัสดุ เพิ่มคุณค่าทางเศรษฐกิจ (Liping, 2017) และเป็นแร่ดินที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนสูง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของมอนต์มอริลโลไนต์ (ศุภชัย สมเพ็ชร, 2551)



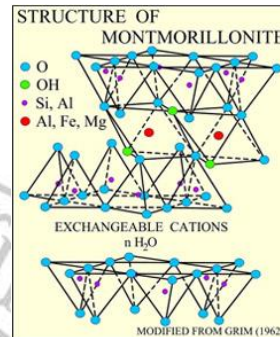
ภาพประกอบ 2 เบนโทไนท์ (Bentonite)

ที่มา : Alibaba Group (2558)

2. โครงสร้างของแร่ดิน



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างแร่ดินเกาลินไนท์
ที่มา : Shree ram minerals (2560)



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างแร่ดินเบนโทไนท์
ที่มา : SIPAG BISLTA SPA (2560)

จากภาพประกอบ 3 แสดงโครงสร้างของเกาลินไนท์ (Kaolinite) เป็นแร่ดินที่พบมากที่สุด โครงสร้างประกอบด้วยหนึ่งชั้น (Layer) 1 : 1 ในหนึ่งเซลล์ประกอบด้วยชั้นของซิลิกาเรียงสลับกับชั้นของอลูมินาเกิดจากการจับของแผ่นรูปเหลี่ยมสี่หน้า (Tetrahedral Sheet) หรือแผ่นซิลิกา (Silica Sheet) กับแผ่นอลูมินารูปแปดหน้า (Octahedral Sheet) อย่างละแผ่น ส่งผลให้พื้นผิวมีประจุเป็นลบ

จากภาพประกอบ 4 แสดงโครงสร้างของเบนโทไนท์ (Bentonite Clay) เป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเป็นสารประกอบอะลูมิโนซิลิเกตของรูปเหลี่ยมสี่หน้าซิลิกา (SiO_4 , Tetrahedral) และรูปเหลี่ยมแปดหน้าอะลูมินา (AlO_6 , Octahedral) แร่ดินทั้งสองชนิดที่พบในธรรมชาติโครงสร้างซิลิกอนและอลูมิเนียม ทั้งในชั้นซิลิกอนและชั้นอลูมิเนียมออกตรฮีตรัลจะถูกแทนที่ด้วยอะตอมของโลหะอื่นที่มีค่าออกซิเดชันต่ำกว่า เช่น แมกนีเซียม โพแทสเซียม เหล็ก ทำให้โครงสร้างมีประจุพื้นผิวรวมเป็นลบ และจากเหตุผลนี้เองทำให้ช่องว่างระหว่างชั้นในโครงสร้างมีอะตอมของโลหะที่มีประจุบวกสามารถเกิดปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุกับอะตอมโลหะอื่นที่ละลายอยู่ในน้ำได้เรียกปฏิกิริยานี้ว่า ปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุบวก ทำให้ดินมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity, CEC) จากโครงสร้างของแร่ดินทั้งสองกลุ่ม คือชนิดที่ชอบน้ำ (Hydrophilic Clays) ผนวกกับพื้นผิวเป็นประจุลบ โดยเฉพาะแร่กลุ่มเบนโทไนท์มีความสามารถในการพองตัว (Swelling Clay) เมื่อนำแร่ดินดังกล่าวมาผสมในเครื่องสำอางโดยเฉพาะ เป็นผลิตภัณฑ์บำรุงผิวหน้า ประเภทโคลนพอกหน้า ทำหน้าที่เป็นตัวอิมัลชัน (Emulsifier) เป็นตัวกลางสำคัญในการช่วยผสมผสานให้วัฏภาคน้ำและน้ำมันเข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneous) และช่วยดูดซับความมันบนใบหน้า ประกอบกับแร่ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของแร่ดินมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อลักษณะทางเคมีของแร่ดิน

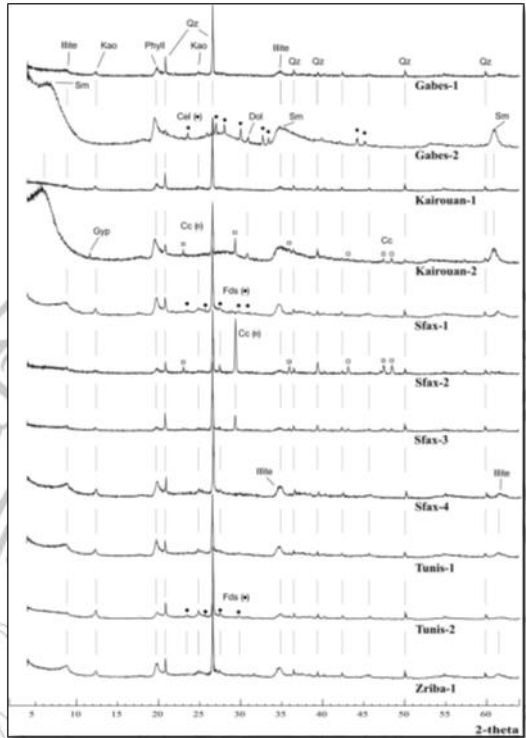
3. ลักษณะทางเคมีของแร่ดิน

ดินที่นำมาประยุกต์ใช้ด้านเครื่องสำอาง ควรทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสิ่งปนเปื้อน โลหะหนักที่เป็นพิษต่อผู้บริโภค ประกอบด้วย สารหนู (As) พลวง (Sb) แคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) ทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn)ปรอท (Hg) ซีลีเนียม (Se) เทลลูเรียม (Te) แทลเลียม (Tl) แบเรียม (Ba) และโลหะหนักที่เป็นพิษน้อย ได้แก่ ลิเทียม (Li) รูบิเดียม (Rb) สทรอนเตียม (Sr) โครเมียม (Cr) โมลิบดีนัม (Mo) ตามลำดับ (Lopez-Galindo *et al.*, คณะ 2007)

ตารางที่ 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดิน (Harbon, 2002)

องค์ประกอบทางเคมี	กลุ่มแร่ดินที่ใช้ในเครื่องสำอาง	
	เกาลินไนท์ (Kaolinite) (%)	เบนโทไนท์ (Bentonite) (%)
SiO ₂	44.64-46.4	51.2-65
Al ₂ O ₃	38.1-39.5	15.2-34
MgO	01-0.2	0.1-7.4
CaO	0.1-0.2	0-4.2
Na ₂ O	0-0.1	0-3.7
K ₂ O	0-0.2	0-1.8
TiO ₂	0-1.4	0-2.9
Fe ₂ O ₃	0.1-0.2	0-13.6
โลหะหนัก (Heavy metal)	≤ 50 ppm	≤ 50 ppm
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC, meg/100g)	3-15	80-100
ค่าพีเอช (pH)	7-9	9.5-10.5

จากตารางที่ 1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่ดินทั้งสองชนิด โดยเทคนิคเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ (X-ray fluorescence, XRF) พบองค์ประกอบออกไซด์หลักคือซิลิกาและอะลูมินา และออกไซด์อื่น ๆ เจือปนเพียงเล็กน้อย และพบปริมาณโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบต้องห้ามตามระเบียบการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง (EC Regulation 1223, 2009) และคุณลักษณะทางกายภาพ พบค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมากกว่าดินทั่วไป บ่งชี้ถึงคุณลักษณะเฉพาะของแร่ดินที่ได้อธิบายกล่าวไว้ในโครงสร้างของแร่ดิน จากภาพประกอบ 5 แสดงโครงสร้างผลึกของดินที่ผ่านการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรกชัน (X-ray Diffraction, XRD) พบเฟสหลักคือ เกาลินไนท์ (Kaolinite) สเมกไทต์ (Smectite) อิลไลต์ (Illite) และเฟสรองที่พบคือ ควอตซ์ (Quartz) แคลไซต์ (Calcite) และคลอไรต์ (Chlorite) ตามลำดับ



ภาพประกอบ 5 แสดงโครงสร้างของดินที่เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอาง
ที่มา : Imen *et al.*, (2014)

4. การใช้ประโยชน์แร่ดินทางด้านเครื่องสำอาง

การใช้ประโยชน์ทางเภสัชศาสตร์ สุขภาพและเครื่องสำอาง โดยจากรายงานพบองค์ประกอบทางแร่เป็นกลุ่มสมกไทต์ (Smectites) คลอไรท์ (Chlorite) แคลไซต์ (Calcite) ซีพิโอไลต์ (Sepiolite) และกลุ่มดินเส้นใยประกอบด้วยกลุ่มปาลิโกร์สไกต์ (Palygorskite) และซีพิโอไลต์ (Sepiolite) โดยกลุ่มดินที่มีองค์ประกอบทางแร่เป็นที่นิยมนำมาใช้ในเครื่องสำอางคือกาอลินไนท์ (Kaolinite) มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เบนโทไนท์ (Bentonite) ซึ่งพบเป็นองค์ประกอบของเครื่องสำอางที่พบในท้องตลาดโดยทั่วไป เนื่องจากกลุ่มดินที่มีแร่กาอลินไนท์ (Kaolinite) มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite) เบนโทไนท์ (Bentonite) มีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากภายในองค์ประกอบทางเคมีพบออกไซด์หลักคือ ซิลิกา (SiO₂) และอะลูมินา (Al₂O₃) และพบออกไซด์อื่นๆ เพียงเล็กน้อย แต่ข้อเสียคือกลุ่มแร่ดินเหล่านี้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง ส่งผลให้สามารถดูดซับโลหะหนักที่เป็นพิษได้ดีซึ่งอาจปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตและการจัดจำหน่ายได้ (Bergaya *et al.*, 2006)






อย่างไรก็ตามมีผลการศึกษานำดินพื้นเมืองทั้งหมด 11 ตัวอย่าง ในประเทศตูนิเซียเพื่อนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์รักษาโรคและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางประเภทโคลนพอกหน้า จากการทดลองได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางแร่ พบกลุ่มแร่ที่เป็นองค์ประกอบหลัก

คือ เกาליนไนท์ สเมคไทต์ อิลไลต์ คลอไรท์ ควอตซ์ และแคลไซต์ และองค์ประกอบทางเคมี พบออกไซด์ที่เป็นองค์ประกอบด้วยซิลิกา (SiO_2) อะลูมินา (Al_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) แมงกานีสออกไซด์ (MnO) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ฟอสฟอรัสเพนทอกไซด์ (P_2O_5) ฟลูออไรด์ ซัลเฟอร์ คลอไรด์ และโลหะหนัก สตรอนเชียม (Sr) แบเรียม (Ba) รูบิเดียม เซอร์โคเนียม (Zr) วานาเดียม (V) โครเมียม (Cr) นิกเกิล (Ni) คอปเปอร์ (Cu) สังกะสี (Zn) แกลเลียม (Ga) อิตเทรียม โบรมีน (Br) ไอโอดีน (I) ตามลำดับ ผ่านการกำจัดสิ่งปนเปื้อน โดยเปรียบเทียบการเผาที่อุณหภูมิสูง 350 และ 550 องศาเซลเซียส พบว่ายังไม่เพียงพอต่อการกำจัดสิ่งปนเปื้อนที่พบในดินแต่ละแหล่ง เนื่องจากทำให้เพียงอินทรีย์วัตถุที่พบในดินสลายไปเท่านั้น และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า 700 องศาเซลเซียสเป็นผลแต่เพียงให้คาร์บอนแตก องค์ประกอบเท่านั้น ดังนั้นการผ่านการเผาแคลไซต์ด้วยความร้อนยังไม่เพียงพอต่อการกำจัดสิ่งปนเปื้อนและสามารถนำมาผลิตเป็นโคลนร้อนพอกผิวหน้า ต้องทำการศึกษาสมบัติทางเคมี และทางกายภาพ หลังผ่านการกำจัดสิ่งปนเปื้อน เพื่อนำดินมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง (Imen *et al.*, 2014)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นพบว่าธาตุต่างๆ ที่พบในดินนั้นมีประโยชน์ในแง่การประยุกต์ใช้ เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและดวงเครื่องสำอาง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Viseras และคณะ 2006 พบองค์ประกอบทางแร่ของดินประกอบด้วยธาตุแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) เหล็ก (Fe) สังกะสี (Zn) คอปเปอร์ (Cu) ฟลูออไรด์ (F) และ ซีลีเนียม (Se) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางธรณีการแพทย์ นอกจากนี้ยังพบว่าจากการศึกษา ของ Gomes และคณะ 2007 กล่าวว่ากลุ่มแร่ธาตุที่พบในดิน มีประโยชน์ดังนี้ ซิลิกอน (Si) ช่วยฟื้นฟูเนื้อเยื่อผิว เพิ่มความชุ่มชื้น และให้ความรู้สึกสบายแก่ผิว แมกนีเซียม (Mg) ให้ความสดชื่น กระปรี้กระเปร่า แคลเซียม (Ca) และโพแทสเซียม (K) กระตุ้นการไหลเวียนของเลือดและให้ความชุ่มชื้นแก่เนื้อเยื่อ ไทเทเนียม (Ti) เป็นแร่ธาตุที่เป็นนิยมในปัจจุบันถูกใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ เครื่องสำอางเป็นจำนวนมาก เพื่อวัตถุประสงค์ป้องกันแสงแดด เนื่องจากไทเทเนียมมีคุณสมบัติในการสะท้อนรังสียูวีจากแสงแดด

5. ตัวอย่างเครื่องสำอางที่พบในท้องตลาด

ตารางที่ 2 สํารวจเครื่องสำอางในร้านสะดวกซื้อในจังหวัดบุรีรัมย์

ที่	ประเภทผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อ	กาอลินไนท์ (Kaolinite)	เบนโทไนท์ (Bentonite)	ฉลาก	ส่วนประกอบ
1	โคลนขัดหน้าและผิวกาย	นวลอนงค์	พบ	พบ		Water, Kaolinite, Bentonite, Glycerin, Propylene glycol, Polysorbate 20, Dimethicone, Alcohol, oil
2	โคลนพอกหน้าและผิวกาย	สมุนไพรปทุมมาศ	พบ	พบ		Water, Kaolinite, Bentonite, Glycerin, Helimoor clay, Butylene glycol, Sodium lactate,
3	มาร์สก์โคลนดำลอกสิวเสี้ยน	เฟชี	พบ	ไม่พบ		Water, Alcohol, Kaolinite, Black clay, Lactic acid, Aloe barbadensis leaf extract
4	มาร์สบํารุงผิวหน้า	วัตสัน	พบ	ไม่พบ		Water, Dipropylene Glycol, Glycerin, Niacinamide, 1,2 Hexanediol, Volcanic ash, Kaolinite
5	สครับบํารุงผิวหน้าและลำคอ	เฟชีโคโคไนท์ มีล์ท สครับไวท์	พบ	ไม่พบ		Propylene Glycol, Kaolinite, Water, Alcohol, Acetate, Oil, Cocos Nucifera Oil

6. บทสรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและทางแร่ของแร่ดินกาลินไนท์และเบนโทไนท์ พบว่ามีความบริสุทธิ์สูง องค์ประกอบออกไซด์หลักคือซิลิกาและอะลูมินามากกว่าร้อยละ 95.84 เปอร์เซ็นต์ และพบองค์ประกอบออกไซด์อื่นเพียงเล็กน้อย ก่อนนำมาใช้ประโยชน์ด้านเครื่องสำอาง ควรกำจัดสิ่งปนเปื้อน วิเคราะห์โลหะหนักที่เป็นพิษต่อสุขภาพ ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเครื่องสำอาง และตรวจวิเคราะห์ทางด้านจุลชีววิทยา เพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภคเป็นหลัก แร่ดินชนิดนี้ เรียกว่าเกรดเครื่องสำอาง นำมาใช้เป็นส่วนผสมในโคลนขัดผิว มาร์กหน้า แป้ง และลิปสติก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ปรีดา พิมพ์ขาวดำ. (2547). **เซรามิกส์ พิมพ์ครั้งที่ 5**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศุภชัย สมเพ็ชร. (2551). การเตรียมพอลิเมอร์-นาโนเคลย์คอมโพสิตสำหรับใช้เป็นวัสดุกันรั่วในเซลล์เชื้อเพลิงประเภทเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- Bergaya, F., Theng, B.K.G., (2006). **Handbook of clay science**. Elsevier, Amsterdam. **European Pharmacopoeia 4th Ed. (2002)**. European Pharmacopoeia Convention, Strasbourg, France. Aluminium magnesium silicate, 621–623; Bentonite, 707– 708; Kaolin, heavy, 1429; Magnesium trisilicate, 1518; Talc, 1999–2000.
- Gomes, C.S.F., Silva, I.B.P., (2007). Minerals and clay in medical geology. **Applied Clay Science**. 36, 4-21.
- Harben, P.W., 2002. **The industrial minerals handy book-A guide to markets, specifications and prices, 4th ed**. Industrial Minerals Information Services, Worcester Park, UK, p. 412.
- Imen, K., Samir, M., Rita, S.E., Pilar C., Carlo, A., Alberto, L. G., Fakher, J., Cesar, V. I., (2014). Study of traditional Tunisian medina clays used in therapeutic and cosmetic mud-packs. **Applied Clay Science**. 101, 141-148.
- Liping, L., Shaopeng, W., Gang, L., Tingwei, C., Serji, A., (2017). Effect of organo-montmorillonite nanoclay on VOCs inhibition of bitumen. **Construction and Building Materials**. 146, 429-435.
- López-Galindo, A., Viseras, C., Cerezo, P., (2007). Compositional, technical and safety specifications of clays to be used as pharmaceutical and cosmetic products. **Applied Clay Science**. 36, 51–63.

- M. Isebel Carretero, (2002). Clay Minerals and their beneficial effects upon human health. **Applied Clay Science**. 21, p. 158.
- Viseras, C., Aguzzi C., Cerrzo, P., Lopez-Galindo, A., (2007). Uses of clay minerals in semisolid health care and therapeutic products. **Applied Clay Science**. 36, 37-50. <https://th.aliexpress.com/item/100g-cosmetic-grade-Bentonite-powder-natural-mask-powder>, 5 กรกฎาคม 2560
- Shree ram minerals. (2560). **ABOUT KAOLIN**. <http://shreeramminerals.com/minerals/about-kaolin>, 6 กรกฎาคม 2560
- Sipag Bislta Spa. (2560). **Bentonite structure**. <http://www.bentonite.it/bentonite-structure.php>, 6 กรกฎาคม 2560

