บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 นาโนเทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยี หมายถึง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้าง การสังเคราะห์ วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ซึ่งมีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร เทียบเท่ากับระดับอนุภาคของโมเลกุลหรืออะตอม รวมถึงการออกแบบหรือการใช้เครื่องมือสร้างวัสดุที่อยู่ในระดับที่เล็กมาก หรือการเรียงอะตอมและโมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการ ได้อย่างแม่นยำ และถูกต้อง ทำให้โครงสร้างของวัสดุหรือสสารมีคุณสมบัติพิเศษ ไม่ว่าทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ ส่งให้มีผลประโยชน์ต่อผู้ใช้สอย ความหวังที่จะฝ่าวิกฤติปัจจุบันของมนุษยชาติจาก นาโนเทคโนโลยี มีดังนี้

- พบทางออกที่จะได้ใช้พลังงานราคาถูกและสะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
- มีน้ำที่สะอาดเพียงพอสำหรับทุกคนในโลก
- ทำให้มนุษย์สุขภาพแข็งแรงและอายุยืนกว่าเดิม
- สามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างพอเพียงกับประชากรโลก
- เพิ่มศักยภาพในการติดต่อสื่อสารของผู้คนทั้งโลกอย่างทั่วถึง ทัดเทียม และพอเพียง
- เพิ่มศักยภาพในการสำรวจอวกาศมากขึ้น

วัสดุนาโน (Nanomaterial) หมายถึง วัสดุที่มีขนาดอย่างน้อยหนึ่งมิติเป็นขนาดนาโนหรือมีโครงสร้างของพื้นผิวหรือโพรงภายในอยู่ในระดับนาโน ตัวอย่างวัสดุนาโนที่พบได้ตามธรรมชาติ เช่น อนุภาคของแร่ต่างๆ นอกจากนี้ยังมีวัสดุนาโนที่ได้รับการออกแบบและผลิตขึ้นอย่างจงใจ เช่น สารเคมีบางชนิด เป็นต้น วัตถุนาโน (Nano-Object) หมายถึง วัตถุที่มีมิติภายนอกหนึ่ง สอง หรือ สามมิติมีขนาดนาโน โดยอาจมีหลายรูปแบบ เช่น อนุภาคนาโน ละอองนาโน แผ่นนาโน เส้นใย นาโน แท่งนาโน ก้อนหลอม และกลุ่มมวล เป็นต้น

2.2 สารนาโน

สารนาโนที่มีอนุภาคขนาดนาโนจัดว่าเป็นนาโนเทคโนโลยี ในปัจจุบันไม่มีกฎตายตัวในการระบุช่วงความยาวของขนาดอนุภาค แต่เป็นสิ่งที่มีขนาดอนุภาคในช่วง 1 นาโนเมตร ถึง 100 นาโนเมตร จึงจัดว่าเป็นนาโนเทคโนโลยี ตัวอย่าง มีดังนี้

2.2.1 ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) หรือซิงค์ออกไซด์นาโน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเปลี่ยนขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์ให้มีขนาดเล็กลงอยู่ในระดับอนุภาคนาโนเมตร มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียดมีขนาดอนุภาคเล็กระดับนาโนเมตร (10^{-9} เมตร) มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี สามารถป้องกันรังสี UV-A และUV-B ยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย (Anti-Bacteria) ระงับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้

2.2.1.1 ลักษณะและคุณสมบัติของสารซิงค์ออกไซด์

สารซิงค์ออกไซด์ เป็นที่รู้จักในนามของคาลาไมล์ ซึ่งเป็นภาษาอียิปต์โบราณ เป็นธาตุธรรมชาติจากสินแร่สมิธโซไนต์ (Smithsonite) มนุษย์ใช้ซิงค์ออกไซด์ในการรักษาโรคตั้งแต่ในยุคอียิปต์โบราณ ซิงค์ออกไซด์มีลักษณะเป็นผง อนุภาคละเอียดสีขาว เป็นสารที่ใช้ยับยั้งแบคทีเรีย (Anti-Bacteria) ไม่มีความเป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากทำลายแบคทีเรียแล้วยังช่วยป้องกันและยับยั้งการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย ด้วยเหตุผลนี้ซิงค์ออกไซด์จึงเป็นหนึ่งในสารสำคัญที่ใช้เป็นยาต้านแบคทีเรีย และยังสามารถป้องกันรังสี UV-A และ UV-B ระงับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์

ซิงค์ออกไซด์นาโน หรือ ZnO Nano คือ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการเปลี่ยนขนาดอนุภาคซิงค์ออกไซด์ให้มีขนาดเล็กลงอยู่ในระดับอนุภาคนาโนเมตร มีลักษณะเป็นผงอนุภาคละเอียด มีขนาดอนุภาคเล็กระดับนาโนเมตร (10^{-9} เมตร) มีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี สามารถป้องกันรังสี UV-A และ UV-B ต้านทานแบคทีเรียและระงับกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ นำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide) เป็นวัสดุในกลุ่มโลหะออกไซด์ที่มีการนำมาใช้งานในรูปแบบของวัสดุนาโน ตัวอย่าง การใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ ได้แก่ การใช้งานในกลุ่มของอิเล็กทรอนิกส์หรืออุปกรณ์ตรวจจับก๊าซ ใช้สำหรับการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในทางทันตกรรม ใช้ในการบำบัดสิ่งแวดล้อม เนื่องจากมีสมบัติที่ดีในด้านการดูดซับแสง และสมบัติด้านการเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง นอกจากนี้ยังใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับคนโดยตรง คือ เครื่องสำอาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลชั่นกันแดดที่เริ่มนิยมนำซิงค์ออกไซด์ขนาดนาโนมาใช้เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากมีระดับความสามารถในการป้องกันรังสียูวีได้ในระดับเดียวกับอนุภาคซิงค์ ออกไซด์ มีขนาดใหญ่

กว่านาโน แต่ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดเจนของโลชั่นกันแดดที่มีอนุภาคนาโนเป็นองค์ประกอบ คือ การส่งผ่านแสงได้ดีกว่า ทำให้ไม่ทิ้งร่องรอยให้เห็นเป็นสีขาวอย่างชัดเจนบนผิว เมื่อเทียบกับโลชั่นกันแดดที่ใช้อนุภาคขนาดใหญ่ จากเหตุที่ซิงค์ออกไซด์ได้รับความสนใจในการใช้ประโยชน์มากขึ้น ทำให้เกิดการผลิตในภาคอุตสาหกรรมมากขึ้นด้วย ซึ่งผลที่ตามมา คือ การศึกษาด้านความเป็นพิษของนาโนซิงค์ออกไซด์ ในแง่มุมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านสิ่งแวดล้อม หรือด้านความเป็นพิษต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่าง การศึกษาด้านความเป็นพิษของนาโนซิงค์ออกไซด์ ต่อแบคทีเรียแกรมลบโดยใช้ *E.coli* เป็นตัวแทน ส่วนแบคทีเรียแกรมบวกใช้ *S.aureus* เป็นตัวแทน และต่อเซลล์ที่ทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันของมนุษย์ในระดับเบื้องต้น (T cell) จากผลการศึกษาที่ใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ขนาดประมาณ 13 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่า นาโนซิงค์ออกไซด์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *E.coli* ได้ที่ระดับความเข้มข้น $\geq$ 3.4 มิลลิโมล ในขณะที่การเจริญเติบโตของ *S.aureus* ถูกยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ที่ระดับความเข้มข้น $\geq$ 1 มิลลิโมล และโดยการใช้นาโนซิงค์ออกไซด์แบบเดียวกัน พบว่า นาโนซิงค์ออกไซด์มีผลต่อ T cell ของมนุษย์เพียงเล็กน้อยที่ระดับความเข้มข้นเดียวกับที่เป็นพิษต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ โดยรวมแล้วผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความเป็นพิษที่แตกต่างกันระหว่างระบบของแบคทีเรียและ T cell ของมนุษย์ ส่วนการศึกษาถึงระดับความเป็นพิษที่แตกต่างกันระหว่าง ZnO, CuO และ TiO_2 ต่อแบคทีเรีย และสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง เช่น กุ้ง หรือ ปู เนื่องจากสิ่งมีชีวิตทั้ง 2 ชนิด อยู่ในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน์จึงใช้สิ่งมีชีวิตเหล่านี้เป็นตัวแทนสำหรับการศึกษา ซึ่งผลจากการศึกษา พบว่าความเป็นพิษของโลหะออกไซด์ (ทั้งในระดับนาโนและขนาดใหญ่) ต่อแบคทีเรีย *V. Fisheri* และต่อกุ้ง จัดลำดับได้ ดังต่อไปนี้ $TiO_2 < CuO < ZnO$ นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นอีกว่า อนุภาคโลหะออกไซด์ไม่จำเป็นต้องเข้าไปในเซลล์จึงจะเป็นสาเหตุของความเป็นพิษ แต่การสัมผัสกันระหว่างเซลล์กับอนุภาคนาโนก็ทำให้เกิดความเสียหายต่อเยื่อหุ้มเซลล์ได้ สำหรับการศึกษาถึงผลของอนุภาคนาโนต่อเซลล์ผิวหนังของคน (Human Skin Fibroblast) พบว่า เซลล์ผิวหนังของคนมีความว่องไวต่อทั้งอนุภาคนาโนของไทเทเนียมไดออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ โดยนาโนซิงค์ออกไซด์มีความเป็นพิษสูงกว่านาโนไทเทเนียมไดออกไซด์ จากข้อมูลแสดงในข้างต้นจะเห็นได้ว่าอนุภาคนาโนมีผลต่อเซลของสิ่งมีชีวิตทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ดังนั้นในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์นาโนจึงควรพิจารณาถึงผลกระทบระยะยาวต่อสิ่งต่าง ๆ ทั้งที่ตัวผู้ใช้เอง

2.2.1.2 บทบาทของนาโนซิงค์ออกไซด์

1) ด้านเภสัชกร นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารที่สามารถเติมในอาหารได้โดยมีความปลอดภัยสูง สามารถใช้ได้ทั้งในอาหารคนและอาหารสัตว์ เนื่องจากธาตุสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยปกติร่างกายผู้ใหญ่ต้องการสังกะสีวันละ 15 มิลลิกรัม และ

เพิ่มขึ้นเป็น 25 มิลลิกรัม ในสตรีที่ให้นมบุตร ซิงค์ออกไซด์เป็นยาสมานแผล ลดการอักเสบและยับยั้งแบคทีเรียได้ดีโดยนำมาใช้เป็นยาสมานผิวและรักษาโรคติดเชื้อที่ผิวหนังบางชนิด เช่น โรคเรื้อนกวาง โรคผิวหนังเป็นตุ่มพุพองจากเชื้อแบคทีเรีย โรคกลากเกลื้อน ฝี อาการคันตามผิวหนังและผิวระคายเคือง โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้จะอยู่ประมาณ 10 ถึง 20 นาโนเมตร จากการสังเกตภายใต้กล้องกำลังขยายสูง พบว่า มีลักษณะเป็นผง อนุภาคละเอียดมีความบริสุทธิ์สูง มีสีขาวและไม่เปลี่ยนสี

2) ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์กันแดด นาโนซิงค์ออกไซด์มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันรังสี UVA และ UVB นอกจากนั้นยังมีอนุภาคเล็กละเอียด มีความบริสุทธิ์สูงและปลอดภัย เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กันแดดสำหรับผิวเพื่อปกป้องรังสี UV ซิงค์ออกไซด์มีความปลอดภัยและอ่อนโยนต่อร่างกาย โดยได้รับการยืนยันจาก Food and Drug Administration (FDA) ว่าเป็น 1 ใน 2 ชนิดของสารกันแดดที่เป็นส่วนผสมในประเภทผลิตภัณฑ์ดูแลผิว ซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้ง UVA และ UVB อนุภาคปกติของซิงค์ออกไซด์จะมีสีขาวเมื่อนำมาทาลงบนผิว ดังนั้น ซิงค์ออกไซด์จึงไม่นิยมนำมาใช้ในครีมหรือผลิตภัณฑ์กันแดดสำหรับผิว อย่างไรก็ตาม นาโนซิงค์ออกไซด์ได้รับการทดสอบโดย Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (ACSIRO) พบว่านาโนซิงค์ออกไซด์ เมื่อนำมาใช้เป็นส่วนผสมของครีมหรือโลชั่นกันแดดจะให้สัมผัสนุ่ม ลื่นโปร่งใสและไม่มีสี หลังจากที่ทาลงบนผิวนาโนซิงค์ออกไซด์จึงเหมาะที่จะนำมาผสมเป็นสารกันแดดในเครื่องสำอางค์

3) อุตสาหกรรมอาหารสัตว์และยาอาหารสัตว์ ที่มีนาโนซิงค์ออกไซด์จะให้ผลดีกว่าการเติมไมโครซิงค์ออกไซด์โดยจะทำให้อัตราการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้สูงกว่าทำให้ลดปริมาณการเติมซิงค์ออกไซด์ในอาหารได้

4) อุตสาหกรรมการผลิตยาง นาโนซิงค์ออกไซด์ถูกใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวช่วยในการยืดอายุการใช้งานของยางและใช้ในการผลิตยางที่สามารถป้องกันรอยขูดขีด

5) อุตสาหกรรมเซรามิก ปกติในอุตสาหกรรมเซรามิกจะใช้ซิงค์ออกไซด์ในการให้สีขาวจากการใช้นาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่า สามารถช่วยลดอุณหภูมิการเผาเซรามิกให้เหลือเพียง 400 ถึง 600 องศาเซลเซียส โดยหลังการเผา พบว่า ผิวของเซรามิกที่ได้มีความมันวาวราวกับกระจก

6) อุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมเคมีอื่น ๆ ผลิตสิ่งทอป้องกันแบคทีเรียและเชื้อรา การกำจัดกลิ่นของเสื้อผ้า เสื้อผ้าทำความสะอาดตัวเอง ผลิตเส้นใย และสิ่งทอที่สามารถป้องกันรังสี UV ได้

7) อุตสาหกรรมสี นาโนซิงค์ออกไซด์เป็นสารป้องกันไฟฟ้าสถิตตัวใหม่ ซึ่งมีความสามารถเป็นสารกึ่งตัวนำ การเติมนาโนซิงค์ออกไซด์ในเรซินสามารถนำมาใช้ป้องกันไฟฟ้าสถิตได้ ทั้งยังสามารถผลิตสีป้องกันรังสี UV สีที่สามารถทำความสะอาดตัวเองได้

2.2.2 ซิลเวอร์ อ๊อกไซด์ (Silver Oxide) หรือ Silver Oxide nano

Silver Oxide nano คือ ธาตุเงินที่ถูกทำให้มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิว ที่จะสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ และด้วยขนาดที่เล็กมาก ทำให้ใช้ธาตุเงินเพียงเล็กน้อยก็สามารถครอบคลุมพื้นที่ และเพิ่มโอกาสในการสัมผัสกับเชื้อจุลินทรีย์ได้มากขึ้น จากการศึกษาของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข พบว่า Silver Nano จะทำปฏิกริยากับสารโปรตีน ที่เป็นส่วนประกอบผนังเซลล์ของจุลชีพเท่านั้น โดยไม่ทำอันตรายกับเซลล์ของสัตว์หรือมนุษย์แต่อย่างใดจึงปลอดภัยกับมนุษย์ Silver nano จะทำปฏิกริยากับสารโปรตีน ที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ ที่จำเป็นของจุลชีพ ทั้งจุลินทรีย์ แบคทีเรีย และไวรัส ปฏิกริยาดังกล่าว จะทำลายผนังเซลล์ของจุลชีพ ส่งผลให้ DNA ของจุลชีพหยุดทำงาน และตายในที่สุด

เทคโนโลยีการเคลือบผิว จะใช้ Silver nano เคลือบในลักษณะของฟิล์ม คล้ายกับการสกรีนลงไปบนผ้า ทำให้ Silver nano ติดแน่นกับพื้นผิวผ้า ไม่หลุดลอกออกง่าย ๆ ทนทานต่อการซักล้าง และไม่สร้างปัญหากับสิ่งแวดล้อม

2.2.2.1 ลักษณะและคุณสมบัติของสารซิลเวอร์นาโน

สารซิลเวอร์นาโน มีลักษณะและคุณสมบัติ ต่าง ๆ ดังนี้

1) มีลักษณะเป็นของเหลว สีขาวขุ่นคล้ายนม

2) ค่า pH เป็นกลาง และมีประจุไฟฟ้า

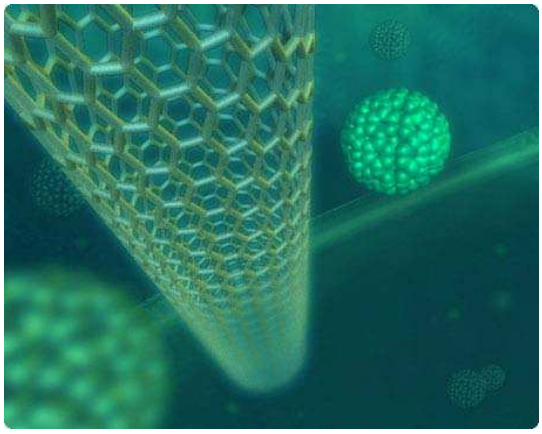
3) ความสามารถในการละลาย คือ ละลายในน้ำ แอลกอฮอล์หรือกรด

4) เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

5) ใช้งานร่วมกับผ้าได้ทุกประเภท เช่น ผ้าถัก ผ้าทอ หรือผ้าที่ไม่ทอก็ได้

6) มีสมบัติเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่เนื้อผ้าหรือเส้นใย โดยนำไปฉีด พ่นหรือด้วยวิธีการเคลือบสารลงบนผ้าหรือเส้นใย

7) ทำลายจุลชีพได้เกือบ 650 ชนิด



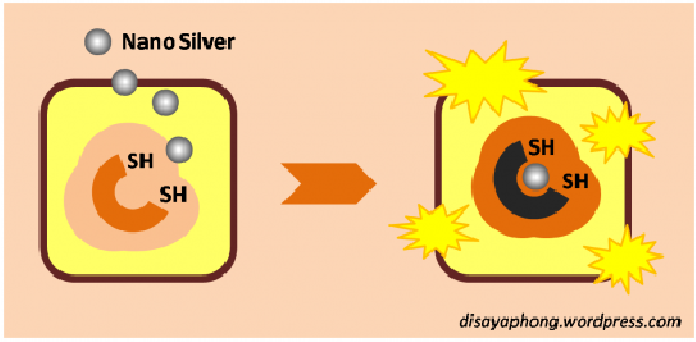
ภาพที่ 1 Silver nano

ที่มา : Physics, n.d.

มนุษย์รู้จักการใช้ประโยชน์จากโลหะเงินมานานแล้ว ในอดีตนิยมนำเงินมาทำเป็นภาชนะเก็บอาหาร เพราะเชื่อกันว่าสามารถทำให้อาหารคงสภาพ ไม่เน่าเสียง่าย หรือ การใส่เหรียญเงินไว้ในบ่อน้ำของชุมชม เพื่อทำให้เป็นน้ำสะอาดที่เก็บไว้ดื่มกินได้ตลอดทั้งปี หรือในภาพยนตร์กำลังภายในก็นิยมใช้เข็มเงินทดสอบอาหารว่ามีพิษผสมอยู่หรือไม่ ธาตุเงินเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติพิเศษและมนุษย์ เรียนรู้ที่จะใช้ประโยชน์จากความพิเศษมาเนิ่นนาน จะด้วยความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอนุภาคของธาตุชนิดนี้อย่างชัดแจ้งแล้ว หรือ เป็นแค่เพียงการสังเกตการณ์ของคนรุ่นก่อนก็ตาม

เมื่อพูดถึงนาโนเทคโนโลยีที่กำลังเป็นที่สนใจอยู่ในขณะนี้ นวัตกรรมซิลเวอร์นาโนกลายเป็นในพรีเซนเตอร์ หลักของนาโนเทคโนโลยี เช่น การนำอนุภาคซิลเวอร์นาโนมาเคลือบผิวเส้นใยผ้าชนิดต่าง ๆ เพื่อนำมาทำเป็นเสื้อนาโนที่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้โดยไม่ต้องนำไปซัก หรือระบบกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศที่บรรจุอนุภาคซิลเวอร์นาโนลงในแผ่นกรองเพื่อใช้ฆ่าเชื้อโรคเช่นเดียวกัน รวมไปถึงการผสมสารซิลเวอร์นาโนลงในสีทาภายใน รถพยาบาลที่ต้องสัมผัสกับเชื้อโรคต่าง ๆ อยู่เป็นประจำ สารละลายซิลเวอร์หรือเงิน สามารถนำมาใช้ในการทำลายเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดได้ แต่เนื่องจากเงินเป็นโลหะที่มีราคาแพงและจะถูกออกซิไดซ์จนกลายเป็นสีดำเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานานจึงทำให้เกิดข้อจำกัดในการใช้งานขึ้น เมื่อนาโนเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมา นักวิทยาศาสตร์กลับให้ความสนใจกับธาตุซิลเวอร์ อีกครั้งด้วยเหตุผลที่ว่า ถ้าทำให้อนุภาคของเงินมีขนาดเล็กมาก ๆ จนสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในผนังเซลล์ของแบคทีเรียได้ และออกฤทธิ์ทำลายเซลล์ของแบคทีเรียได้โดยใช้ปริมาณโลหะเงินเพียงเล็กน้อยเท่านั้น อนุภาคซิลเวอร์นาโนที่ผลิตได้จากการใช้นาโนเทคโนโลยีจะมีขนาดอนุภาคประมาณ 25 นาโนเมตร หรือประมาณ 1 ใน 1,000 ของขนาดเซลล์ของแบคทีเรีย หนึ่งใน

สมมุติฐานเกี่ยวกับกลไกการทำงานของอนุภาค ซิลเวอร์นาโน คือ เมื่ออนุภาคซิลเวอร์นาโนสัมผัสกับผนังเซลล์จะสามารถแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์ของแบคทีเรียหรือเชื้อราได้ จากนั้นอนุภาคซิลเวอร์นาโนซึ่งมีสมบัติเป็นกรดอ่อนจะเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่เป็นเบสอ่อนภายในเซลล์ ซึ่งคือส่วนที่เรียกว่าหมู่ซัลฟิดริล (Sulphydryl group) ของเอนไซม์โปรติเนส (Proteinase) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับเมตาบอลิซึมของเซลล์ โดยหมู่ซัลฟิดริล (-SH) มีอะตอมของซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบจะจับตัวกับอนุภาคของเงิน ทำให้กระบวนการทำงานของเอนไซม์หยุดการทำงานจนกระทั่งเซลล์ของแบคทีเรียหยุดการเจริญเติบโตและเสื่อมสภาพไปในที่สุด



ภาพที่ 2 Nano Silver

ที่มา : Archived, 2008.

ซิลเวอร์นาโนเป็นอีกหนึ่งองค์ความรู้จากนาโนเทคโนโลยี โดยการแยกโลหะเงินให้มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตรซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ มากมาย โลหะเงินมีสมบัติทางเคมีที่เป็นธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุดแค่เพียงตัวเดียว เมื่อทำให้เล็กลงในระดับนาโนเมตร โลหะเงินจะแตกตัวทำให้เกิดเป็นประจุเงินแขวนลอย (silver colloid) ขึ้น อนุภาคนาโนจึงสามารถแทรกซึมเข้าไปสู่ผนังของแบคทีเรียโดยจะเข้าไปจับกับหมู่ Sulphydryl (-SH) ของเอนไซม์ในแบคทีเรียและทำให้แบคทีเรียตายลงในที่สุด ในทางวิทยาศาสตร์พบว่าอนุภาคเงิน สามารถฆ่าจุลชีพได้มากถึง 600 กว่าชนิด ด้วยคุณสมบัติที่สามารถกำจัดเชื้อโรค เชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดี อันเป็นคุณลักษณะเฉพาะของโลหะเงิน จึงนำเอาอนุภาคเงินมาแยกย่อยให้เป็นอนุภาคที่มีความเล็กลงระดับนาโนเมตรซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ยิ่งทำให้คุณสมบัติของเงินเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่ง

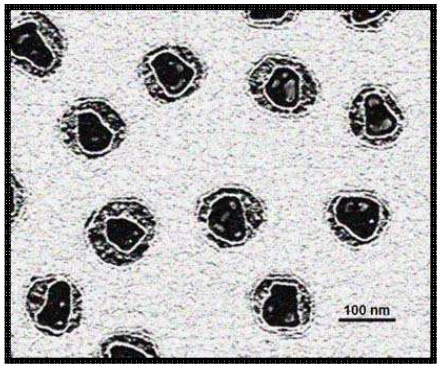
2.2.2.2 ซิลเวอร์นาโนกับงานอุตสาหกรรม

ปัจจุบันมีการนำซิลเวอร์นาโนไปใช้งานในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่นผลิตภัณฑ์อุปโภค บริโภคต่าง ๆ อุปกรณ์ทางการแพทย์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยการเคลือบผนังป้องกันเชื้อโรคและเชื้อราในตู้เย็น เป็นต้น ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ซิลเวอร์นาโน เช่น

1) กลุ่มสิ่งทอ เป็นอุตสาหกรรมที่นิยมนำซิลเวอร์นาโนมาใช้ประโยชน์ เช่น การกำจัดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นได้ในเสื้อผ้าที่สวมใส่ จากงานวิจัยพบว่า การผสมซิลเวอร์นาโนลงในเนื้อผ้า เมื่อมีการใช้งานและผ่านการซักไปได้ระยะหนึ่งแล้ว ซิลเวอร์นาโนจะมีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จำพวก *E. Coli* และ *Staphylococcus aureus* ได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังนิยมนำซิลเวอร์นาโนไปประยุกต์ใช้ในการผลิตผ้ากันน้ำ ในการผสมซิลเวอร์นาโน ลงในเส้นใยผ้ามักจะใช้อัตราส่วนของซิลเวอร์นาโนที่ 1 ส่วน ต่อ เส้นใยผ้า 1 ล้านส่วน ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณเล็กน้อยมากแต่เพียงพอต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งยังช่วยระงับกลิ่นเหงื่อด้วย

2) เครื่องใช้ไฟฟ้า มีการนำซิลเวอร์นาโนมาใช้กับการผลิตตู้เย็น เพื่อช่วยรักษาความเย็น และอนุภาคจากซิลเวอร์นาโนยังช่วยการยืดอายุของอาหารที่เก็บไว้ในตู้เย็นเพิ่มขึ้น หรือ การนำเทคโนโลยีซิลเวอร์นาโนมาใช้ในการผลิตเครื่องซักผ้าก็ยังช่วยให้เครื่องซักผ้ามีประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีขึ้นเพราะโดยปกติที่อนุภาคของเงินสามารถกำจัดแบคทีเรียหรือเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นอย่างดีอยู่แล้ว เป็นต้น

3) กระบวนการผลิตมีผลต่อความคงตัวของอนุภาคซิลเวอร์ที่นำมาผสมในเส้นใยทอผ้า ดังเช่น ผู้ผลิตบางรายที่ไม่มีความพิถีพิถันในกระบวนการผลิตมากพอ อาจส่งผลเสียต่อคุณภาพของผ้า ซึ่งทดสอบได้โดยนำผ้าที่ผลิตจากเทคโนโลยีซิลเวอร์นาโน มาทดสอบโดยการซักด้วยน้ำเปล่า ถ้าในการซักครั้งแรกมีการปล่อยอนุภาคเงินที่เจือผสมอยู่ในเส้นใยผ้าออกมาจนเกือบหมดหรือ อาจมีอนุภาคซิลเวอร์หลุดลอดออกมาเป็นจำนวนมากเกิดขึ้น แสดงว่ากระบวนการผลิตไม่เหมาะสม แต่ถ้าไม่พบการปนเปื้อนของอนุภาคซิลเวอร์ออกมาเลยในน้ำล้าง แสดงว่าอนุภาคซิลเวอร์มีความคงตัวดีกว่า ดังนั้น การนำเทคโนโลยีซิลเวอร์นาโนมาใช้ต้องมีกระบวนการผลิตที่รัดกุมเหมาะสม



ภาพที่ 3 อนุภาคของซิลเวอร์นาโนที่แทรกอยู่ในเส้นใยผ้า

ที่มา : Archived, 2008

การมีอนุภาคซิลเวอร์นาโนในระบบนิเวศมากเกินพอดี อาจส่งผลเสียกับระบบนิเวศได้เช่นกัน เนื่องจาก ประสิทธิภาพของอนุภาคเงินในการกำจัดจุลิทรีย์ ไม่ได้จำแนกการกำจัด

เฉพาะเชื้อโรคที่ไม่มีประโยชน์เท่านั้น แต่ในทางกลับกันอนุภาคเงินยังกำจัดแบคทีเรียที่มีความจำเป็นในระบบนิเวศด้วย เช่น การทำลายแบคทีเรียบางชนิดที่มีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อราอาจส่งผลกระทบต่อแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน หรือการผันกลับไปเพิ่มความต้านทานให้แก่แบคทีเรียบางชนิดทำให้ยากต่อการทำลายมาขึ้น

อนุภาคขนาดนาโนของซิลเวอร์หรือโลหะเงิน สามารถพบมากได้ขึ้นในผลิตภัณฑ์อุปโภค บริโภคต่าง ๆ เช่น การบรรจุหีบห่ออาหาร สิ่งทอที่ต้านทานการเกิดกลิ่น อุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน และอุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมถึงผ้าปิดแผล ทำให้เริ่มมีการตระหนักถึงความเสี่ยงของอนุภาคซิลเวอร์นาโนต่อการเป็นพิษต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ที่มีความเป็นไปได้ว่าอนุภาคซิลเวอร์นาโนจะส่งผลกระทบต่อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินและน้ำ หรือทำให้แบคทีเรียที่มีโทษมีต้านทานในการยับยั้งต่อซิลเวอร์นาโน ด้วยเหตุที่ซิลเวอร์นาโนมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้เป็นอย่างดี จึงเป็นไปได้ว่าซิลเวอร์นาโนอาจทำลายแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่อยู่ในระบบนิเวศน์ ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรียในดินที่มีบทบาทสำคัญในการตรึงไนโตรเจนและย่อยสลายสารอินทรีย์ แบคทีเรียที่ช่วยรักษาน้ำให้สะอาดด้วยการนำไนเตรตออกจากการปนเปื้อนในแหล่งน้ำจากการใช้ปุ๋ยมากเกินไป สำหรับแบคทีเรียที่มีโทษ มีความเป็นไปได้ว่าซิลเวอร์นาโนอาจจะไปเพิ่มความต้านทานต่อการฆ่าเชื้อของแบคทีเรียที่เป็นอันตรายได้ และอาจต้านทานต่อยาฆ่าเชื้อที่มีอยู่ในปัจจุบันด้วย

2.2.2.3 หลักการทำงานของนาโนซิลเวอร์ นาโนซิลเวอร์จะเกิดปฏิกิริยากับโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์ ซึ่งใช้ในการดำรงค์ชีพของแบคทีเรีย ปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ซึ่งส่งผลให้ดีเอ็นเอของแบคทีเรียหยุดทำงานและตายในที่สุด สำหรับผลกระทบต่อมนุษย์ พบว่า อนุภาคเงินที่เป็นประจุจะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ด้วยเช่นกัน แต่อนุภาคที่มีความเล็กระดับนาโนเมตรยังไม่มีงานวิจัยที่ชี้ชัดถึงอันตรายต่อเซลล์ร่างกายของมนุษย์ว่าจะมีผลกระทบมากน้อยเพียงใด อนุภาคซิลเวอร์ที่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในรูปของแร่ที่เกี่ยวข้องกับธาตุอื่น ๆ ซึ่งแม้แต่ในรูปแบบของก้อน ซิลเวอร์ก็เป็นอันตรายอย่างมากต่อปลา สาหร่าย สัตว์น้ำพวกกุ้ง ปู พืชบางชนิด รา และแบคทีเรีย อนุภาคซิลเวอร์สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วยระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ๆ และความเป็นพิษของซิลเวอร์นาโนมากกว่าของซิลเวอร์ในรูปแบบก้อน ซิลเวอร์มีความเป็นพิษสูงกว่าโลหะอื่นที่อยู่ในรูปของอนุภาคนาโนเช่นกัน การศึกษาในหลอดทดลอง (In vitro) แสดงให้เห็นว่าซิลเวอร์นาโนมีความเป็นพิษต่อเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมไม่ว่าจะเป็นเซลล์ตับ สเต็มเซล และแม้แต่เซลล์สมอง ดังนั้น การใช้ประโยชน์จากซิลเวอร์นาโนในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต้องศึกษาข้อมูลด้านพิษวิทยาและข้อมูลด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้แน่ชัดด้วย

2.2.3 ทิทาเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide) หรือไททาเนีย (Titania)

ทิทาเนียมไดออกไซด์ มีสูตรโมเลกุล คือ TiO_2 มีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำในรูปผลึกและเป็นสารโฟโตคะตะลิตส์ (Photocatalyst) ที่สามารถถูกเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยแสงอัลตราไวโอเลต จึงสามารถนำมาใช้กำจัดทั้งสารอินทรีย์ และ อนินทรีย์ในน้ำ อากาศและสิ่งมีชีวิต สำหรับการบำบัดน้ำเสียหรือเพื่อเพิ่มคุณสมบัติการฆ่าเชื้อโรคให้กับสิ่งทอ เป็นต้น

การเพิ่มสมบัติการฆ่าเชื้อโรคให้กับสิ่งทอ ได้ริเริ่มขึ้น เมื่อ Walid และคณะ ซึ่งเป็นนัก วิทยาศาสตร์จาก The Hong Kong Polytechnic University ที่ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลประเทศฮ่องกงในปี 2003 ให้ทำการพัฒนานาโนเทคโนโลยีสำหรับการผลิตวัสดุที่สามารถทำความสะอาดหรือกำจัดสิ่งสกปรกได้ด้วยตัวเอง ซึ่งสารเคมีที่มีสมบัติในการกำจัดสิ่งสกปรกได้ คือ ทิทาเนียมไดออกไซด์ โดยเริ่มจากการจุ่มผ้าลงในสารละลายที่มีทิทาเนียมไดออกไซด์ จาก นั้นจึงนำไปผ่านเครื่องอัดรีดเพื่อรีดเอาสารละลายส่วนเกินออก และนำไปทำให้แห้ง แล้วนำไปผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มัล (Hydrothermal) และต้มผ้าในน้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ผ้าที่ได้จากกระบวนการจะมีสารเคมีที่ประกอบด้วยทิทาเนียมไดออกไซด์เคลือบอยู่บนเส้นใยด้วยความ หนาประมาณ 50 นาโนเมตร ซึ่งสามารถเกาะติดได้ดีบนเส้นใยฝ้าย เส้นใยสังเคราะห์ และ วัสดุอื่น ๆ เช่น พลาสติก และไม้ เป็นต้น ชั้นของสารเคลือบจะมีสมบัติในการย่อยสลายสารอินทรีย์ กลิ่น แบคทีเรีย และสารพิษ เช่น ฟอร์แมลดีไฮด์ ดังนั้น ทิทาเนียมไดออกไซด์ จึงเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติพิเศษในการฆ่าเชื้อโรค อีกทั้งยังไม่เป็นสารพิษ

2.3 นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติ

2.3.1 ใบบัว (แสดงดังภาพที่ 4)

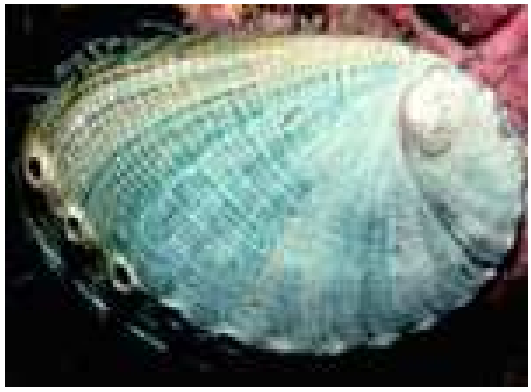
การที่ใบบัวมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ เพราะว่า พื้นผิวของใบบัวมีลักษณะคล้ายกับหนามขนาดเล็กจำนวนมหาศาลเรียงตัวกระจายอยู่อย่างเป็นระเบียบ โดยที่หนามขนาดเล็กเหล่านี้ยังมีปุ่มเล็ก ๆ ที่มีขนาดในช่วงระดับนาโนเมตรและเป็นสารที่มีคุณสมบัติคล้ายขี้ผึ้งซึ่งไม่ชอบน้ำ

ภาพที่ 4 นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติจากใบบัว
ที่มา : Reangchai, 2010.

เคลือบอยู่ภายนอกอีกด้วย จึงทำให้น้ำที่ตกลงมาบนใบบัวมีพื้นที่สัมผัสน้อยมาก และไม่สามารถซึมผ่านหรือกระจายตัวแผ่ขยายออกในแนวกว้างบนใบบัวได้ ดังนั้น น้ำจึงต้องม้วนตัวเป็นหยดน้ำขนาดเล็กกลิ้งไปรวมกันอยู่ที่บริเวณที่ต่ำที่สุดบนใบบัว นอกจากนี้ สิ่งสกปรกทั้งหลายไม่ว่าจะเป็นผงฝุ่น เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ก็ไม่สามารถเกาะติดแน่นอยู่กับใบบัวได้เช่นกัน เพราะว่ามีพื้นที่สัมผัสกับใบบัวได้แค่เพียงบริเวณปลายยอดของหนามเล็ก ๆ แต่ละอันเท่านั้น ดังนั้น เมื่อเวลาที่มีน้ำตกลงมาสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่บนใบบัวก็จะหลุดติดไปกับหยดน้ำอย่างง่ายดาย จึงทำให้ใบบัวสะอาดอยู่ตลอดเวลา

นักวิทยาศาสตร์จึงได้นำหลักการของน้ำกลิ้งบนใบบัว (Lotus effect) มาใช้ในการสังเคราะห์วัสดุชนิดใหม่เลียนแบบคุณลักษณะของใบบัว หรือการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสีทาบ้านที่สามารถไม่เปียกน้ำและสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ รวมไปถึงการพัฒนาเป็นเสื้อผ้ากันน้ำไร้รอยคราบสกปรก

2.3.2 เปลือกหอยเป๋าฮื้อ (นาโนเซรามิกส์) (แสดงดังภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 นาโนเซรามิกส์จากเปลือกหอยเป๋าฮื้อ
ที่มา : Reangchai, 2010.

สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ คือ แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกันกับชอล์คเขียนกระดาน อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเปลือกหอยและชอล์คมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง โดยที่ชอล์คจะเปราะ หักง่าย เป็นผงฝุ่นสีขาว แต่เปลือกหอยจะมีลักษณะเป็นมันวาวและมีความแข็งแรงสูงมาก ที่เป็นเช่นนี้เพราะการจัดเรียงตัวในระดับโมเลกุลของแคลเซียมคาร์บอเนตที่พบในชอล์คและเปลือกหอยมีความแตกต่างกันมาก โดยเมื่อใช้กล้องขยายกำลังสูงส่องดูโครงสร้างระดับโมเลกุลของเปลือกหอยเป๋าฮื้อ พบว่า การจัดเรียงตัวของโมเลกุลแคลเซียมคาร์บอเนตมีลักษณะคล้ายเป็นกำแพงอิฐก่อที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยที่ก้อนอิฐขนาดนาโนแต่ละก้อนนี้จะเชื่อมติดกันด้วยกาวที่เป็นโปรตีนและพอลิแซคคาไรด์ จากโครงสร้างที่จัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบจึงทำให้เปลือกหอยเป๋าฮื้อมีความทนทานต่อแรงกดกระแทกมาก ตัวอย่างเช่น การใช้ค้อนทุบไม่แตกเป็นต้น เปลือกหอยเป๋าฮื้อจึงเป็นตัวอย่างที่ดีสำหรับการอธิบายคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบเป็นสารเคมีชนิดเดียวกันทุกประการ แต่มีสมบัติปลี่ยนแปลงไปตามการจัดเรียงตัวของโครงสร้างในช่วงนาโน เช่น โมเลกุลและอะตอม ดังนั้น นักนาโนเทคโนโลยีจึงสามารถใช้ความรู้นี้ในการสร้างวัสดุใหม่ๆ ให้มีคุณสมบัติต่างไปจากเดิมได้

2.3.3 ใยแมงมุม (แสดงดังภาพที่ 6)

ภาพที่ 6 นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติจากใยแมงมุม
ที่มา : Reangchai, 2010.

แมงมุมเป็นสัตว์เพียงชนิดเดียวที่สามารถสร้างและปั่นทอเส้นใยได้ โดยที่ใยแมงมุมเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและเหนียวมาก ใยแมงมุมสามารถหยุดแมลงที่บินด้วยความเร็วสูงสุดได้ โดยที่ใยแมงมุมไม่ขาด นักวิทยาศาสตร์ พบว่า แมงมุมมีต่อมพิเศษที่สามารถหลั่งโปรตีนที่ละลายในน้ำได้ชนิดหนึ่งมีชื่อว่า ไฟโบรอิน (Fibroin) โดยเมื่อแมงมุมหลั่งโปรตีนชนิดนี้ออกมาจากต่อม แล้วโปรตีนจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง ซึ่งแมงมุมจะใช้ขาถักทอโปรตีนเหล่านี้ให้เป็นเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งก็คือใยแมงมุมนั่นเอง บริษัทในต่าง ประเทศแห่งหนึ่งสามารถสร้างเส้นใยที่เลียนแบบใยแมงมุมได้ โดยการตัดต่อยีนที่ควบคุมการสร้าง

โปรตีนไฟโบรอินจากแมงมุม แล้วนำไปใส่ไว้ในโครโมโซมของแพะ เพื่อให้นมแพะมีโปรตีนใยแมงมุม ก่อนที่จะแยกโปรตีนออกมาแล้วปั่น ทอเป็นเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนที่แข็งแรงแต่มีน้ำหนักเบา โดยเส้นใยที่สร้างขึ้นนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กถึงห้าเท่าเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ยังสามารถนำใยแมงมุมไปใช้เป็นเส้นใยผ้ารักษาแผลสดได้อีกด้วย

2.4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นาโน

2.4.1 เสื้อกันแบคทีเรีย

เสื้อกันแบคทีเรีย จัดว่าเป็นเสื้อเพื่อสุขอนามัยของคนรุ่นใหม่อีกแบบหนึ่ง เพราะได้เพิ่มคุณสมบัติพิเศษในการป้องกันเชื้อแบคทีเรียด้วยอนุภาคนาโน ที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ อนุภาคนาโนเหล่านี้ ได้แก่ อนุภาคนาโนไททาเนียมไดออกไซด์ อนุภาคซิงค์ออกไซด์ และอนุภาคเงินนาโน เป็นต้น

ไททาเนียมไดออกไซด์ และซิงค์ออกไซด์ จัดเป็นสารประเภทโฟโตคะตะลิสต์ ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียและกำจัดกลิ่นได้ก็ต่อเมื่อมีแสง เข้ามาร่วมด้วย ดังนั้น ถ้ามีเสื้อนาโนที่เคลือบด้วยไททาเนียมไดออกไซด์หรือซิงค์ออกไซด์แล้ว หลังจากสวมใส่จะต้องเอาเสื้อมาตากแดด เพื่อให้แสงแดดช่วยทำความสะอาด โดยฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ แต่ไททาเนียม -ไดออกไซด์และซิงค์ออกไซด์ ไม่สามารถทำให้คราบต่าง ๆ ที่เปรอะเปื้อนบนเสื้อผ้าหายไปได้ หากเสื้อตัวนั้นมีคุณสมบัติกันน้ำร่วมด้วยอาจไม่ต้องเปลืองแรงซัก จะเป็นการประหยัดน้ำ และประหยัดเวลาได้ด้วย

อนุภาคเงินนาโน หรือ นาโนซิลเวอร์ เป็นสารระดับนาโนเมตร ที่นิยมนำมาใช้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรียบนเสื้อผ้า เมื่อเชื้อราและแบคทีเรียปนเปื้อนแตะบนเสื้อที่มีเงินนาโนเคลือบอยู่ อนุภาคเงินจะซึมผ่านผนังเซลล์ของแบคทีเรียเข้าไปทำปฏิกิริยากับสารบางตัวที่เยื่อเซลล์แบคทีเรีย และขัดขวางการแบ่งตัวของดีเอ็นเอ จึงทำให้เชื้อแบคทีเรียตายลง

การทำงานของอนุภาคเงินนาโน ไม่จำเป็นต้องมีแสงเข้ามาช่วย ดังนั้น เสื้อนาโนซิลเวอร์ จึงไม่จำเป็นต้องเอาไปตากแดด เพื่อกระตุ้นการฆ่าแบคทีเรีย แต่ถ้าหากมีคราบเลอะเทอะ อยู่จำเป็นที่จะต้องนำไปซัก เช่นเดียวกับไททาเนียมไดออกไซด์

2.4.2 เสื้อกันน้ำ

ปัจจุบันมีการนำสิ่งทอกันน้ำมาตัดเย็บเป็นเสื้อแจ๊คเก็ต เนคไทและผ้าพันคอ กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งทำให้เสื้อผ้าสิ่งทอสามารถป้องกันการเกิดคราบน้ำชา กาแฟ หรืออาหาร ที่อาจหกเลอะเทอะบนเสื้อผ้าได้ ทั้งนี้ คุณสมบัติกันน้ำดังกล่าวคล้ายกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่เรียกว่า " น้ำกลิ้งบนใบบัว " ซึ่งเกิดจากความขรุขระบนพื้นผิว และการเคลือบของสารคล้ายขี้ผึ้งบนผิวใบบัวอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งจะช่วยลดพื้นที่ผิวสัมผัสของน้ำกับพื้นผิวใบบัว น้ำจึงกลิ้งบนใบบัวได้ ดังนั้น จึงสังเกตได้ว่าใบบัวจะ "สะอาด" ตลอดเวลา และแม้จะเปื้อนฝุ่นหรือโคลน แต่เมื่อฝนตก น้ำฝนก็จะสามารถชะล้างฝุ่นและสิ่งสกปรกออกไปได้เป็นอย่างดี

จากความรู้ดังกล่าวผสมผสานกับนาโนเทคโนโลยีจึงทำให้สามารถจำลองการทำงานของปรากฏการณ์ "น้ำกลิ้งบนใบบัว" ขึ้นโดยการทำให้พื้นผิวของเสื้อผ้าที่สวมใส่มีลักษณะขรุขระ และเคลือบด้วยสารที่ไม่ชอบน้ำ จึงทำให้ไม่เกิดคราบน้ำชา หรือกาแฟ ที่หกเลอะเทอะขึ้นบนเสื้อผ้าได้

2.4.3 เสื้อกัน ยู วี

สารที่นิยมใช้ในการป้องกันรังสียูวี มี 2 ชนิด ได้แก่ ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซึ่งสารเหล่านี้เมื่ออนุภาคมีขนาดเล็กลงจนถึงในระดับนาโนเมตร จะสามารถสะท้อนแสงและรังสียูวีได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากสารในระดับนาโนเมตรมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง อีกทั้งยังโปร่งแสง มีลักษณะใส แต่สามารถป้องกันได้ทั้ง UVA และ UVB (ซึ่งมีขนาดความยาวคลื่นระหว่าง 280-400 นาโนเมตร) จึงมักนิยมใช้ผสมในครีมกันแดด และเมื่อนำสารดังกล่าวมาเคลือบบนเส้นใยหรือผ้าผืน เราก็จะสามารถผลิตเวื้อกันรังสียูวีได้

2.4.4 เสื้อกันไฟฟ้าสถิตย์

สังเกตได้ว่าเวลาอากาศแห้ง เสื้อผ้าที่สวมใส่จะแนบบกับผิวหนังเหมือนเกิดแรงดูดระหว่างผิวหนังกับเสื้อผ้าของเรา นั่นคือ การเกิดไฟฟ้าสถิตย์ มักเกิดกับเส้นใยที่ทำจากไนลอนและโพลีเอสเตอร์ เพราะเส้นใยเหล่านี้ดูดซับน้ำได้ไม่ดี ทำให้ชุดที่สวมใส่ดูไม่ดี ทำให้เสียบุคลิกและก่อความรำคาญให้กับเราอีกด้วยเราจะใช้อะไรในการลดไฟฟ้าสถิตย์ เนื่องจากไฟฟ้าสถิตย์เกิดเมื่ออากาศแห้ง เส้นใยผ้าก็แห้งไปด้วย วิธีแก้ ทำได้โดยเพิ่มความชื้นนั่นเอง สารที่เพิ่มความชื้นในเนื้อผ้าได้แก่ สารหมู่ไฮดรอกซิล (OH), ไซเลน นาโนซอล (Silane nanosol) สารที่มีสมบัตินำไฟฟ้า ซึ่งสามารถลดไฟฟ้าสถิตย์ที่สะสมในเนื้อผ้าได้ ได้แก่ ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO2), ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และแอนติโมนีตินออกไซด์ (ATO)

นาโนเทคโนโลยีเพื่อการลดไฟฟ้าสถิตย์ในเนื้อผ้า ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ใช้โพลีเตตระฟลูออโรเอทธีลีน (PTFE-Dupont's Teflon) ในการเคลือบเส้นใยเพื่อป้องกันไฟฟ้าสถิตย์โดยเฉพาะ หรือที่บริษัท Gore-Text ได้ใช้อนุภาคระดับนาโนเมตรที่นำไฟฟ้าได้ป้องกันการเกิดไฟฟ้าสถิต เป็นต้น แต่สำหรับประเทศไทยนั้น คุณสมบัติป้องกันไฟฟ้าสถิตย์ไม่เป็นที่นิยมนัก อาจจะเป็นเพราะเมืองไทยมีอากาศร้อนชื้น จึงทำให้ไม่มีปัญหาไฟฟ้าสถิตย์บนเนื้อผ้า เหมือนในประเทศเมืองหนาว

2.4.5 เสื้อกันยับ

เสื้อผ้าที่ไม่ต้องรีดซึ่งนอกจากประหยัดเวลาในการรีดผ้าแล้ว ยังเป็นการช่วยชาติประหยัดพลังงานทางอ้อมได้อีกด้วย ผ้าฝ้าย และผ้าไหม เป็นเนื้อผ้าที่สวมใส่สบาย แต่ยับง่ายเรามีวิธีการอย่างไรช่วยให้ผ้าทั้งสองชนิดยังใส่สบายเหมือนเดิมแต่ยับน้อยลง วิธีการเดิมๆ เพื่อกันเสื้อยับย่นนั้น คือ การใช้เรซิน แต่วิธีนี้ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากการใช้เรซินทำให้ผ้าแข็งกระด้างขึ้น การซับน้ำไม่ดี และทำให้ผู้สวมใส่อึดอัด เนื่องจากอากาศถ่ายเทไม่สะดวก

นาโนเทคโนโลยีช่วยลดข้อจำกัดตรงนี้ได้ ด้วยการใช้ ไททาเนียมไดออกไซด์กับผ้าฝ้ายและนาโนซิลิกากับผ้าไหม เนื่องจากไททาเนียมไดออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างเส้นใยเซลลูโลสในเนื้อผ้าฝ้ายได้ ส่วนนาโนซิลิกาผสมกับสารกระตุ้นมาเลอิกแอนไฮดรายด์ (Maleic Anhydride) สามารถช่วยป้องกันการยับในผ้าไหมได้

2.4.6 เสื้อกันร้อน กันหนาว

เสื้อกันร้อน กันหนาว หมายถึงใส่ในที่ร้อนก็ไม่ร้อน ใส่ในที่เย็นก็ไม่หนาว ซึ่งสามารถทำได้โดยการบรรจุอนุภาคนาโนที่เรียกว่า PCM (Phase Change Materials) ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับความร้อนได้มากกว่าน้ำนับสิบเท่า สมมติเราใส่เสื้อผ้าที่มีอนุภาคนาโน PCM ในเนื้อผ้าออกไปภายนอกอาคารที่มีอุณหภูมิต่ำ ความร้อนที่สะสมอยู่ในอนุภาค PCM จะค่อยๆปล่อยออกมาจากเนื้อผ้าและให้ความอบอุ่นแก่เรา ในขณะเดียวกันหากเราเข้าไปในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง เจ้าอนุภาค PCM จะเริ่มกระบวนการสะสมความร้อนเข้าไปในตัวเอง ทำให้ผู้สวมใส่ยังรู้สึกเย็นอยู่

2.4.7 เสื้อกันลม กันชื้น

ผ้าฉลาดต้องสามารถกันฝน กันหิมะซึมเข้ามา ในขณะเดียวกันก็ปล่อยให้ความอับชื้นที่ผิวของผู้สวมใส่สามารถระเหยออกไปได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้เมมเบรนที่มีรูขนาดนาโน ซึ่งกันอนุภาคของเม็ดฝน หยดน้ำ และหิมะไม่ให้เข้ามา แต่ไอน้ำของความชื้น หรือ กลิ่นอับภายในซึ่งมีขนาดเล็กกว่าสามารถระเหยออกไปได้

2.4.8 คุณสมบัติอื่นๆ

คุณสมบัติอื่นๆ เช่น ป้องกันอาวุธเชื้อโรค กันกระสุน เปลี่ยนสีตามสภาพแวดล้อม (อำพรางตัวเองได้) เป็นความสามารถพิเศษที่เพิ่มเข้ามาสำหรับใช้ในทางทหาร ซึ่งเป็นหัวข้อวิจัยของสถาบันนาโนเทคโนโลยีทหาร ดังที่กล่าวมาข้างต้น (ธีรเกียรติ์, 2542)

2.5 คุณสมบัติของผ้า

2.5.1 คุณสมบัติผ้าฝ้าย

ฝ้ายเป็นเส้นใยธรรมชาติจากพืชที่นิยมกันมากที่สุด คุณสมบัติมีเหนือกว่าเส้นใยอื่น ๆ คือมีความงดงาม คงทน และสวมใส่สบาย ย้อมสีติดง่าย ทำให้สีสันสวยสด ง่ายแก่การซักรีด ผ้าฝ้ายที่ผ่านกรรมวิธีตกแต่งแล้วจะไม่ยับ ไม่ย่น มีความเหนียวแน่น ไม่หลุดลุ่ยง่าย จากการทดลองผ้าฝ้ายทนทานต่อการขัดถูได้ดีกว่าเส้นใยชนิดอื่น ดังนั้นผ้าฝ้ายยิ่งเปียกก็ยิ่งทนต่อสารเคมีที่เป็นด่างได้ดี ถ่ายเทความร้อนได้ดี ทนทานต่อความร้อน ผ้าฝ้ายจึงเหมาะสำหรับอากาศทั้งร้อนและหนาว สวมใส่สบาย ไม่ร้อน ซักรีดง่าย ดูดซึมน้ำและความชื้นได้ดี และฝ้ายยังย้อมสีติดง่าย ทำให้ได้ผ้าฝ้ายสีสวยมากมาย (นวลแข, 2542) ฝ้ายที่อยู่ในสภาพเปียกชื้น และอับจะไม่ทนต่อเชื้อเห็ดราโดย ราดำ จะขึ้นได้ง่ายบนฝ้าย ทำให้เกิดจุดดำฝังแน่นในเส้นใย แบคทีเรียจะทำให้เสื้อผ้าที่หมักแช่ไว้นาน ๆ มีกลิ่นเหม็น และเปื่อยขาดได้ง่าย (มณฑา, 2541) ตัวมอด ตัวด้วงไม่กัดกินฝ้าย แต่แมลงบางชนิด เช่นตัวสามง่ามจะชอบกัดกินฝ้าย โดยเฉพาะผ้าที่ลงแป้ง

2.5.2 คุณสมบัติผ้าพอลิเอสเตอร์

เป็นเส้นใยยาวนุ่ม เงามัน ดูดความชื้นได้น้อย น้ำหนักเบา ยับยากจับจีบถาวรได้หากใช้ไปนานๆ จะเกิดเป็นขุยได้ง่าย สามารถคืนตัวเมื่อยืดหรือถูกกดทับ ทนทานต่อการขัดถู ทนต่อแสงแดดได้ดี ถ้าถูกแสงนานๆก็จะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลงเรื่อยๆถ้าอยู่หลัง

กระจกใสเส้นใยจะมีความทนทานต่อแสงได้มากกว่าเส้นใยอื่นๆ ทนต่อสารฟอกขาวได้ดี ซักรีดง่าย แห้งเร็ว ทนทานต่อตัวทำลายอินทรีย์ทุกชนิด โดยเฉพาะสารซักแห้งที่ใช้ในบ้าน ทนต่อมอดแมลง ปลวก มดได้ดี ทนทานต่อรา เชื้อแบคทีเรียบางตัวที่เติบโตบนผ้า และไม่มีความระคายเคืองต่อผิวหนัง (อภิชาติ, 2545)

2.5.3 คุณสมบัติของผ้าเรยอง (Rayon)

เรยอน (Rayon) หมายถึงเส้นใยที่ได้จากพอลิเมอร์ธรรมชาติ หรือกึ่งสังเคราะห์ (Semi synthetic fibers) เรียกว่า รีเจนเนอเรตเตด เซลลูโลส (Regenerated Cellulose)

เส้นใยกึ่งสังเคราะห์ (semi-synthetic fiber) ส่วนใหญ่จะถูกเรียกรวมๆ ว่า เรยอน Rayon หรือวิสโคส Viscose ซึ่งได้มาจาก เซลลูโลสจากพืช (Cellulose pulp) ผ่านกระบวนการและสารเคมี เพื่อสกัดและปั่นออกมาเป็นเส้นใย ได้แก่ โมดอล เทนเซลใยไผ่ คุณสมบัติของผ้าเรยอน สวมใส่สบาย เพราะดูดความชื้นและระบายความร้อนออกได้ดี มีความทนทาน ทนความร้อน ยับง่าย (leerarudee, 2013.)

2.6 นวัตกรรมผ้าเคลือบ (Coated Textiles)

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ด้านสิ่งทอเทคนิค (Technical Textiles) เคหะสิ่งทอ (Home Textiles) และ เครื่องนุ่งห่ม (Apparel) ที่มีฟังก์ชั่นการใช้งานใหม่ๆ เริ่มมีการใช้งานอย่างแพร่หลายการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติเหล่านี้ทำได้หลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาโครงสร้างเคมีของวัสดุสิ่งทอ การพัฒนาโครงสร้างของผ้า รวมทั้งการตกแต่งสำเร็จโดยใส่สารเคมีลงบนวัสดุที่ต้องการ ด้วยกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่พยายามลดการใช้สารเคมี การเคลือบผ้าดูจะเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการตกแต่งสำเร็จแบบเดิม เช่น การจุ่มอัด ที่ใช้สารเคมีและน้ำจำนวนมาก นอกจากนี้เทคนิคการเคลือบผ้ายังประยุกต์ใช้กับการพัฒนาผ้าให้มีสองชั้นโดยการ laminate ผ้าสองชิ้นที่มีมูลค่าไม่สูง มาเป็นผ้าสองชั้นที่มีมูลค่าสูงกว่า ด้วยเหตุผลดังกล่าวการพัฒนาเทคนิคการเคลือบจึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาอย่างยิ่ง

เทคโนโลยีการเคลือบนั้นมีการนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ต่างๆ อย่างกว้างขวาง ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำสารมาเคลือบบนผิวของวัสดุ ทำให้แห้งแล้วยึดติดอยู่บนผิวของวัสดุด้วยความร้อน โดยสารที่จะนำมาเคลือบนั้นต้องอยู่ในรูปของสารละลายที่มีความหนืดพอสมควร และเมื่อให้ความร้อนจะต้องเกิดเป็นฟิล์มเคลือบอยู่บนผิวของวัสดุ

นอกจากความหลากหลายของสารเคมีหรือพอลิเมอร์ที่สามารถใช้ได้แล้ว ในส่วนของเทคนิคการเคลือบผ้ายังมีหลายวิธีโดยจุดประสงค์หลักคือการทำให้สารเคมีที่ต้องการไปอยู่บนพื้นผิวของวัสดุนั้นโดยสามารถควบคุม % Pick-up ได้อย่างแน่นอนซึ่งมีวิธีการที่ทราบกันดีก็คือ

2.6.1 Lick roll การเคลือบด้วยวิธีนี้ ผ้าจะผ่าน roller ที่มีสาร coating ซึ่งมีการควบคุมความสม่ำเสมอของสารโดยการใช้มีดปาด วิธีนี้เหมาะกับสารเคมีที่มีความหนืด

2.6.2 Knife coating วิธีนี้ สารที่นำมาเคลือบจะสัมผัสกับผ้าโดยตรง และใช้มีดปาดเป็นส่วนที่ควบคุมความหนาของสาร ซึ่งวิธีนี้เหมาะกับผ้าที่ค่อนข้างมีความหนา

2.6.3 Gravure coating ใช้ Engraved roller วิ่งผ่านอ่างสารเคมี ทำให้สารเคมีเกาะติดบนช่องว่างของ roller สารเคมีส่วนเกินจะถูกปาดออกโดยมีดปาด เมื่อผ้าวิ่งผ่านระหว่าง Engraved roller และ Pressure roller สารเคมีจะถูกผ่านไปบนผ้า

2.6.4 Rotary screen coating การเคลือบด้วยวิธีนี้ใช้ประโยชน์จาก Screen ที่ดัดเป็นแนวโค้ง หรือ ม้วน และนำสารเคมีส่งผ่าน Screen เพื่อเคลือบไปบนผ้า

2.7 ตัวอย่างผ้าเคลือบ (Coated fabrics)

2.7.1 ผลิตภัณฑ์ที่ 1 การพัฒนาการเคลือบผ้าให้มีคุณสมบัติกันน้ำ จากการทดสอบโดยลองหยดน้ำลงไปบนผ้าทอที่ผ่านการเคลือบมาแล้ว ผลปรากฏว่าน้ำจะไม่ซึมลงบนผืนผ้าและไม่กระจายตัว แต่จะมีลักษณะเป็นก้อนกลมๆ เหมือนกับการหยดน้ำลงบนใบบัว และแม้จะทำการบี้หยดน้ำดูแล้วน้ำก็ไม่ซึมเข้าไปในผืนผ้า จึงสรุปได้ว่าผ้าที่ผ่านการเคลือบมาแล้วมีคุณสมบัติกันน้ำแบบ Water Proof โดยสารที่ทำให้เกิดคุณสมบัติป้องกันน้ำ ป้องกันสิ่งสกปรก คือ RUCO COAT FC-9000 แต่การเติม RUCO COAT FC-9000 ลงไปแค่ตัวเดียวจะทำให้ความสามารถในการยึดเกาะกับผืนผ้าไม่ดีนักจึงจำเป็นต้องเติม RUCO COAT FX-8005 ซึ่งทำหน้าที่เป็น Binder จึงทำให้ความสามารถในการยึดติดกับผืนผ้าดีขึ้น

2.7.2 ผลิตภัณฑ์ที่ 2 การพัฒนาการเคลือบผ้าให้มีคุณสมบัติกันไฟ การเคลือบผ้าเพื่อเพิ่ม คุณสมบัติการหน่วงไฟ สารที่ทำให้มีคุณสมบัติหน่วงไฟคือ PEKOFLAM PES LJQ C เมื่อทำการเคลือบลงบนผืนผ้าแล้วนำมาทดสอบโดยการลองจุดไฟเผา ปรากฏว่า เมื่อจุดไฟจ่อไปที่ผืนผ้า ผ้าจะไม่ลุกติดไฟและไม่เกิดประกายไฟ เพียงแต่ผ้าจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เพราะสารเคมีดังกล่าวเป็นสารหน่วงไฟประเภทฟอสฟอรัส จะสลายตัวเป็นกรดฟอสฟอริก ซึ่งกรดที่เกิดขึ้นนี้จะไปเอสเทอริฟายหมู่คาร์บอกซิลของเซลลูโลสทำให้เกิดชั้นของของเหลวที่มีความหนืดปกคลุมพื้นผิวของวัสดุสิ่งทอ เพื่อป้องกันพื้นผิวชั้นในจากเปลวไฟและออกซิเจน สารหน่วงไฟชนิดนี้ยังทำหน้าที่เป็นกรดลูอิส (lewis acid) ซึ่งจะเกิดการสร้างชั้นของ Char ซึ่งชั้นของ Char นี้จะไปป้องกันวัสดุสิ่งทอจากความร้อน เปลวไฟ และออกซิเจน นอกจากนี้ยังเกิดแก๊สเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถเจือจางแก๊สที่ติดไฟได้ง่ายบนผ้าเส้นใยพอลิเอสเตอร์ได้ ทำให้วัสดุติดไฟยาก

2.7.3 ผลิตภัณฑ์ที่ 3 การพัฒนาการเคลือบผ้าให้มีคุณสมบัติกันแบคทีเรียการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษ ในการป้องกันเชื้อแบคทีเรียด้วยอนุภาคสารซิงค์ออกไซด์ ซึ่งจัดเป็นสารประเภท

“โฟโตคะตะลิสต์” มีความสามารถในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และกำจัดกลิ่นได้ โดยอาศัยแสงอาทิตย์เป็นตัวร่วม ดังนั้นผลิตภัณฑ์ที่ทำการเคลือบด้วยสารซิงค์ออกไซด์ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วเกิดกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ ให้นำผลิตภัณฑ์นั้นมาตากแดด เพื่อให้แสงแดดช่วยทำความสะอาดฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดกลิ่น นอกจากนี้การใส่กลิ่นน้ำมันหอมระเหยเข้าไปบนผลิตภัณฑ์ยังช่วยให้ผู้ที่อยู่ใกล้เกิดความผ่อนคลาย (Aromatherapy) อีกทั้งช่วยกลบกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เกิดเนื่องจากเชื้อแบคทีเรียได้อีกด้วย ผ้าที่พัฒนาสามารถผ่านการทดสอบ Anti-bacteria ตามมาตรฐาน AATCC 147 เกิด Clear Zone เป็นที่น่าพอใจ เทคโนโลยีการเคลือบผ้านั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์นำร่องทั้ง 3 ผลิตภัณฑ์ ผ่านการทดสอบเบื้องต้นได้เป็นอย่างดี การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนี้สามารถนำไปทำสิ่งทอเทคนิคได้หลากหลาย เช่น ผ้าคลุมหลังคา เพื่อป้องกันแสงยูวี หรือทำสิ่งทอห่อหุ้มอาคารเพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำจากภายนอก อาจทำการเคลือบผ้าเพื่อทำเป็นฉนวนกันความร้อนหรือแผ่นป้ายโฆษณาที่สามารถเรืองแสงได้ เพื่อให้เป็นที่สังเกตุได้ง่ายในเวลากลางคืน นอกจากนี้ยังเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้เคหะสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม ได้อีกด้วยทั้งนี้ขึ้นกับความคิดสร้างสรรค์ของนักวิจัยพัฒนาและผู้ประกอบการ (ชาญชัย, 2553)

2.8 เครื่องแต่งกายผู้ประกอบอาหารหรือเชฟ (Chef)

ผู้ประกอบอาหารหรือเชฟ เป็นผู้ที่มีหน้าที่ปรุงอาหาร และมีการสัมผัสกับอาหารโดยตรง จึงต้องมีความรู้ด้านโภชนาการ (Nutrition) และสุขาภิบาลอาหาร (Food Sanitation) รวมไปถึงประสบการณ์และความชำนาญในวิชาชีพ เชฟในร้านอาหารหรือภัตตาคารเกือบทุกแห่งจะสวมใส่เครื่องแต่งกายที่มีรูปแบบเฉพาะ(Uniform) ซึ่งมีหน้าที่การใช้งานที่เหมาะสมแตกต่างกันไป เชฟและผู้สัมผัสอาหารทุกคนควรมีเครื่องแต่งกายที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการใช้งานที่บ่งบอกตำแหน่งและหน้าที่ความรับผิดชอบ ซึ่งประกอบด้วย หมวก เสื้อคลุม ผ้าพันคอ และผ้ากันเปื้อน

เชฟ ควรสวมหมวก เสื้อคลุมแขนยาว ผ้าพันคอ กางเกง และรองเท้าที่ปกปิดร่างกาย เพื่อป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นกับอาหาร เครื่องแต่งกายเชฟควรเป็นสีอ่อน เพื่อให้สังเกตได้ง่ายถ้ามีรอยเปื้อนเกิดขึ้น เพราะรอยเปื้อนจะเป็นสาเหตุไปสู่การปนเปื้อนในอาหารได้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดผลเสียต่อร่างกายของผู้บริโภคและยังมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของอาหารอีกด้วยผ้าที่ใช้ตัดเย็บชุดเชฟส่วนมากจะเป็นผ้าที่สามารถดูดซึมความชื้นและระบายอากาศได้ดีเพื่อสะดวกต่อการสวมใส่

2.9 ความปลอดภัยในอาหาร

การกินอาหารอย่างถูกหลักโภชนาการ นอกจากต้องกินอาหารให้ได้รับสารอาหารครบถ้วน ทั้งชนิดและปริมาณที่พอดีกับความต้องการของร่างกายแล้ว ยังควรคำนึงถึง ความปลอดภัยจากการบริโภคอาหารด้วย เพราะอาหารก็อาจเป็นพาหะหรือตัวนำอันตรายที่เรามองไม่เห็นเข้าสู่ร่างกาย พิษภัยที่เกิดขึ้นอาจเป็นเพียงแค่คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย แล้วก็หายไปในระยะเวลาสั้น ๆ 1-3 วัน แต่ในบางกรณีอาจมีอาการรุนแรงและเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ หรืออาจเกิดการสะสมของสารพิษแล้วทำให้เกิดได้เช่นกัน เป็นที่ทราบกันดีว่า การเจ็บป่วยของคนเราแต่ละครั้งมีผลกระทบต่อร่างกายและเศรษฐกิจทั้งของรัฐและผู้ป่วย รัฐต้องสร้างโรงพยาบาล ผลิตแพทย์ เภสัชกรและบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อรองรับการเจ็บป่วย ผู้ป่วยก็ต้องรับภาระค่ารักษาพยาบาล สิ้นเปลืองทั้งเวลาและเงิน โดยที่โรคอันเกี่ยวเนื่องกับระบบทางเดินอาหารจากอาหารเป็นพิษนั้น เราสามารถป้องกันได้เพราะสาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการกินอาหาร เครื่องดื่ม และน้ำที่มีการปนเปื้อน ของเชื้อโรคหรือสารที่เป็นอันตราย ดังนั้นถ้าทุกคนรู้จักเลือกกินอาหารอย่างถูกสุขลักษณะเป็นประจำ ก็จะเป็นการดูแลตนเองให้ปลอดภัยได้ทางหนึ่ง ปัญหาความไม่ปลอดภัยจากการกินอาหารของคนไทยเกิดจากสาเหตุหลายประการ ซึ่งจะแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ ต่อไปนี้

2.9.1 การเกิดอาหารเป็นพิษเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์

บางคนอาจเคยมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเสีย หลังจากกินอาหารแล้ว 2-4 ชั่วโมง หรือ 4-12 ชั่วโมง ทั้ง ๆ ที่ขณะกินอาหารก็ดูน่ากิน ไม่บูดเน่า หรือเสื่อมคุณภาพแต่อย่างใด ที่เป็นเช่นนี้เพราะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปะปนในอาหารนั้น เนื่องจากจุลินทรีย์เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จุลินทรีย์มีหลายชนิดที่ทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ จุลินทรีย์แต่ละชนิดสามารถเจริญเติบโตในอาหาร อากาศ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน บางชนิดเจริญได้ดีในที่เย็น เช่น อุณหภูมิตู้เย็น (4-10 องศาเซลเซียส) บางชนิดเมื่ออากาศร้อนอบอ้าวจะยิ่งเจริญได้ดี จุลินทรีย์แพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว บางชนิดยังสามารถสร้างสารพิษในอาหารด้วย แต่ยังโชคดีของคนเรา จุลินทรีย์เหล่านี้มักถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าต้มให้อาหารสุก หรือใช้อุณหภูมิสูงมากกว่า 100 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลว่าควรกินอาหารสุกใหม่ ๆ หรืออุ่นให้ร้อนก่อนจึงปลอดภัย

เชื้อจุลินทรีย์มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำ ดิน หรือมาจากความไม่สะอาด เช่น น้ำเสีย น้ำทิ้ง อุจจาระคน และสัตว์ ปะปนมากับน้ำที่คนเรานำมาใช้อุปโภค บริโภค ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์ ตามพื้นเฉอะแฉะมักมีจุลินทรีย์อยู่เสมอ ถ้าหากวางผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ที่ชำแหละแล้วไว้ตามพื้นบริเวณที่สุขลักษณะไม่ดีพอ จุลินทรีย์ก็ปนเปื้อนมากับอาหารได้ เชื้อจุลินทรีย์ที่มักเป็นสาเหตุของอาหารเป็นพิษที่พบได้บ่อย ๆ ได้แก่

- *Salmonella , Compylobactor , Shigella* ซึ่งอาจพบในดิน, สัตว์ปีก, ไข่, น้ำนมดิบ
- *Clostridium perfringens* มักพบในผัก ผลไม้ที่มีการสัมผัสกับดิน, อาหารที่เตรียมไว้ล่วงหน้า ครั้งละมาก ๆ เช่น น้ำเกรวี่ ซุปข้นต่าง ๆ
- *Listeria* พบในเนื้อสัตว์ดิบ, น้ำนมดิบ
- *Staphylococcus* ปกติพบในมนุษย์บริเวณผิวหนัง หู จมูก บริเวณแผลที่เป็นฝีหนอง ถ้าปะปนมากับอาหารจะสร้างพิษได้ ดังนั้นจึงป้องกันโดยการล้างมือให้สะอาดก่อนปรุง ก่อนกินอาหารทุกครั้ง ถ้ามีบาดแผลที่มือต้องปิดให้เรียบร้อย
- *Vibrio parahemolyticus* พบในสัตว์น้ำทะเล

เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดนอกจากเจริญเติบโตในอาหารแล้วยังสร้างสารพิษ (Toxin) อีกด้วย ที่พบว่ามีปัญหาในบ้านเราได้แก่ สารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxin) ซึ่งพบมากในอาหารพวกถั่วลิสง ถั่วลิสงป่น ข้าวโพด หอม กระเทียม ที่มีราขึ้น ดังนั้นก่อนกินอาหารเหล่านี้ควรพิจารณาให้ดีเสียก่อน

2.9.2 การเกิดสารประกอบที่เป็นอันตรายจากการผลิตหรือปรุงอาหาร

การปรุงอาหารโดยใช้ความร้อน เช่น ปิ้ง ย่าง เผา หรือรมควัน ที่คนไทยนิยมบริโภค ได้แก่ หมู ไก่ ปลา เนื้อโดยวิธีการย่าง หรือปิ้ง น้ำมันที่ไหลออกจากเนื้อสัตว์จะหยดลงบนถ่านที่ร้อนแดง แล้วถูกเผาไหม้กลายเป็นควันไปติดกับอาหารที่ปิ้งหรือย่างนั้น ในส่วนที่ไหม้เกรียมนั้นมีรายงานพบว่าเป็นสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งชนิดหนึ่ง อาหารที่ทอดด้วยน้ำมัน ควรใช้น้ำมันใหม่ ๆ เสมอ เนื่องจากน้ำมันที่ใช้ซ้ำหลายครั้งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและเคมีกล่าวคือ น้ำมันจะมีสีเข้มขึ้นจากสีเหลืองใสเป็นสีน้ำตาลเข้มหนืดข้นมากขึ้น และเกิดสารประกอบทางเคมีบางชนิดซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกาย

2.9.3 การใช้วัตถุเจือปนอาหารผิดวัตถุประสงค์หรือปริมาณไม่เหมาะสม

เนื่องจากวิถีชีวิตของคนในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากกินอาหารธรรมชาติปรุงแต่งแต่น้อย เป็นอาหารกึ่งสำเร็จรูป อาหารสำเร็จรูป นอกจากนี้การเพิ่มปริมาณ ผลผลิตของอาหารให้มากขึ้นเพียงพอกับจำนวนประชากร ทำให้มีการใช้สารเคมี เช่น ปุ๋ย สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช สารช่วยเร่งการเจริญเติบโตทั้งในพืช และสัตว์เลี้ยง การเก็บถนอมอาหารก็มีการเติมวัตถุเจือปนในอาหาร สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ส่งผลโดยตรงต่อความปลอดภัยของอาหาร ปัญหาที่พบมากในประเทศไทยได้แก่ การใช้วัตถุเจือปนปริมาณมากเกินไป เช่น ไนเตรทไนไตรท์ ใช้ใส่ในอาหารพวกเนื้อสัตว์ ในการทำไส้กรอก หมูแฮม เบคอน แหนม กุนเชียง เนื้อเค็ม เนื้อสวรรค์ เนื้อกระป๋อง วัตถุประสงค์ในการใส่เพื่อป้องกันเชื้อ Clostridium botulinum ผลิตสารพิษ bolulinum ซึ่งเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ และทำให้เนื้อเปื่อยยุ่ย มีสีแดงคงทน ไนเตรทเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนเป็นไนไตรท์ ๆ รวมกับเอมีนเกิดสารก่อมะเร็งไนโตรซามีนได้ (นิรนาม, 2010.)

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ โดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พัฒนาเทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์ ในเส้นใยสิ่งทอต่างๆ โดยการสร้างอนุภาคเงินขนาดนาโนในเส้นใยสิ่งทอด้วยวิธีการทำให้ซิลเวอร์ไอออนเกิดการเปลี่ยนรูปกลายเป็นอนุภาคโลหะซิลเวอร์ หรือเงินขึ้นภายในเส้นใย ซึ่งอนุภาคเงินนี้จะมีขนาดประมาณ 100 นาโนเมตร หรือต่ำกว่านั้น เพื่อให้มีสมบัติยับยั้งเชื้อราจุลินทรีย์ และมีความคงทนต่อการซัก โดยเป็นกระบวนการใหม่ที่ทำได้ง่ายภายในขั้นตอนเดียว จากการวิจัยพบว่า ผ้าที่ผ่านการตกแต่งจะมีความคงทนต่อการซักได้ดีเมื่อผ่านการซักซึ่งเทียบเท่ากับการซักด้วยมือ 30 ครั้งแล้ว ผ้ายังสามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ ได้มากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถใช้ได้กับสิ่งทอที่อยู่ในรูปของเส้นใย เส้นด้าย ผ้าผืน เครื่องนุ่งห่ม หรือวัสดุที่ทำจากเส้นใยที่อาจจัดอยู่ในประเภทเส้นใย ธรรมชาติ หรือเส้นใยประดิษฐ์ เพื่อผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ชุดกีฬา ชุดชั้นใน ถุงเท้า เสื้อผ้า สิ่งทอทางการแพทย์ นอกจากนี้ในแง่ของความปลอดภัยของการใช้งาน พบว่าโลหะเงิน มีความปลอดภัยต่อการใช้งานมากกว่าสารประกอบของเงิน เนื่องจากฤทธิ์ในการทำลายจุลินทรีย์ของโลหะเงินไม่มีผลกระทบต่อเซลล์ของสัตว์ชั้นสูง หรือเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โลหะเงินจึงสามารถนำมาใช้เพื่อการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ใน สิ่งทอได้ (ปราณี และคณะ, ม.ป.ป.)

บริษัท เอเชียไฟเบอร์ จำกัด มหาชน บริษัท สาลี่ คัลเล่อร์จำกัด และบริษัท นาโนไซน์ จำกัด ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์เส้นใยไนลอนยับยั้งเชื้อแบคทีเรียในกระบวนการผลิตเส้นใยสังเคราะห์ พบว่า เส้นใยไนลอน 6 ที่ผสมสาร Nano-Zinc oxide สามารถใช้ผลิตเสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่ม และถุงเท้า ซึ่งการฉีดเส้นใยที่ผสมสารอนุภาคนาโน มีกระบวนการผลิตทางด้านการ Melt Spinning โดยผสม Master Batch ที่ผสม Zinc oxide ทำให้ได้คุณสมบัติต้านเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งสามารถยับยั้งเชื้อราได้ 99.9 เปอร์เซ็นต์ ความคงทนหลังการซัก ผลที่ได้คือ สามารถทนซักได้มากกว่า 50 ครั้ง (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2553)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ประดิษฐ์กรณ์เท็กซ์ไทล์ บริษัท สาลี่ คัลเล่อร์จำกัด และบริษัท นาโนไซน์ จำกัด และบริษัท แสนทวีเท็กซ์ไทล์ จำกัด ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตผ้าเฟอร์นิเจอร์พีพีป้องกันเชื้อแบคทีเรีย (Antibacteria for textile) ซึ่งการทดลอง เป็นการใช้สาร Nano Zinc oxide ในกระบวนการฉีดเส้นใย ซึ่งกระบวนการดังกล่าว เป็นการนำมาพัฒนาเส้นใยโพลีโพรพิลีน ให้มีคุณสมบัติพิเศษ โดยใช้กระบวนการ Melt Spinning และการเพิ่มสาร Additive อื่นๆ ที่สามารถทำโดยกระบวนการเดียวกันได้ เช่น สารป้องกันรังสี ยู วี ซึ่งคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ดังกล่าวจะผสมอยู่ในเนื้อเส้นใยทำให้มีความคงทน และไม่เสื่อคุณภาพเมื่อผ่านการซักล้าง (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2553)

บริษัท เอคโค่เทรนด์ อินเตอร์จำกัด ศูนย์พัฒนายาไทยและสมุนไพรบริษัท ปากน้ำเท็กซ์ไทล์ ได้จัดทำงานวิจัยเรื่อง ผ้าเคลือบสมุนไพรกันไรฝุ่นเพื่อสุขภาพ โดยใช้เทคโนโลยีไมโครเอ็นแคปซูลเลชั่น ซึ่งเป็นเทคนิคในการทำบรรจุภัณฑ์ระดับไมโคร มาบรรจุน้ำมันหอมระเหยก่อนที่จะนำไปเคลือบบนผ้า โดยน้ำมันหอมระเหยจะถูกกักเก็บในรูปของแคปซูล และจะค่อยๆ ปล่อยให้ระเหยออกมาเมื่อวัสดุสิ่งทอถูกกระทำโดยแรงทางเชิงกล และยังได้ทำการศึกษาการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยใช้สารนาโน ซิงค์ออกไซด์ (สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมสิ่งทอ, 2553)

สุพิณ (2551). จากสถาบันวิจัยโลหะจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้วิจัยเรื่อง “เสื้อนาโน” เป็นการนำเทคโนโลยีนาโนซิลเวอร์มาประยุกต์ใช้กับสิ่งทอเป็นนวัตกรรมการปรับปรุงสิ่งทอให้มีสมบัติในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อช่วยลดปัญหากลิ่นเหงื่อ กลิ่นอับชื้นของผ้า โดยใช้กระบวนการทางเคมีในการทำให้เกิดอนุภาคเงินที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนบนเส้นใย สำหรับประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอประเภทชุดชั้นใน เสื้อกีฬา ถุงเท้า รองเท้าผ้าใบ ซึ่งจากผลการทดลองคือเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถใช้ในการตกแต่งสำเร็จผ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งผ้าที่ผลิตจาก

เส้นใยธรรมชาติ เช่น ฝ้าย และไหม โดยให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียได้ถึง 100% แม้จะผ่านการทดสอบตามวิธีมาตรฐานที่เทียบเท่ากับการซักด้วยมือแล้ว 30 ครั้ง นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้หลายชนิดรวมถึงยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้อีกด้วย ผลการทดลองในระดับในระดับห้องปฏิบัติการคณะผู้วิจัยได้พัฒนาต่อยอดไปสู่การใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมโดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยจาก สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ และ บริษัท ยูไนเต็ดเท็กซ์ไทล์มิลส์ จำกัด ซึ่งได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ “เสื้อนาโน” ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ นับเป็นครั้งแรกของประเทศไทยที่มีการนำสารตกแต่งป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตขึ้นจากผลงานนักวิจัยไทยมาใช้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอของประเทศโดยเทคโนโลยีดังกล่าวสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีจากต่างประเทศ และยังเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยอีกด้วย

เกศทิพย์, (2544). ศึกษาชนิดของเชื้อราที่พบในเสื้อผ้า กล่าวว่าจากการตรวจสอบเชื้อราในตัวอย่างเสื้อยืด เสื้อสตรี และชุดชั้นในสตรี ซึ่งทำ จากใยชนิดต่างๆ โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อและแยกเชื้อบริสุทธิ์ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) จำแนก ชนิดของเชื้อราโดยดูจากลักษณะของโคโลนีบน PDA และลักษณะจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่าทั้งเชื้อราที่พบ ในเสื้อยืด 2 ตัวซึ่งทำ จากใยฝ้ายและใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์ ในเสื้อสตรี 1 ตัวซึ่งทำจากใยไหมและในเสื้อชั้นในสตรี 3 ตัวซึ่งทำ จากใยสแปนเด็กซ์และใยผสมไนลอน/สแปนเด็กซ์ล้วนเป็นเชื้อ *Aspergillus japonicus* เชื้อราที่พบในเสื้อสตรี 1 ตัวซึ่งทำ จากใยผสมฝ้าย/พอลิเอสเตอร์ คือ *Aspergillus niger* ส่วนเชื้อที่พบในกางเกงชั้นในสตรี 1 ตัวซึ่งทำ จากใยผสมไนลอน/สแปนเด็กซ์เป็นเชื้อ ยีสต์สีดำ (Black Yeast) ชนิด *Exophiala werneckii (Itorta)*