



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การปรับปรุงคุณสมบัติให้ชอบน้ำของผ้าอ้อมผู้ใหญ่โดยกระบวนการพลาสมาที่
ความดันบรรยากาศ

Surface modification for hydrophilic property of adult diaper by
plasma atmospheric

ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา
ดร.กัญชญา หงส์เลิศคงสกุล
ดร.ภัททิรา หอมหวล

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต
2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต



รายงานการวิจัย
เรื่อง

การปรับปรุงคุณสมบัติให้ชอบน้ำของผ้าอ้อมผู้ใหญ่โดยกระบวนการพลาสมาที่
ความดันบรรยากาศ

Surface modification for hydrophilic property of adult diaper by
plasma atmospheric

ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ดร.ภัททิรา หอมหวล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสวนดุสิต

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณแผ่นดินด้านวิจัย ปีงบประมาณ 2557)

หัวข้อวิจัย	การปรับปรุงคุณสมบัติให้ชอบน้ำของผ้าอ้อมผู้ใหญ่โดยกระบวนการพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ
ผู้ดำเนินการวิจัย	ดร.จิราภรณ์ พงษ์โสภา ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล ดร.ภัททิรา หอมหวล
หน่วยงาน	หลักสูตรศึกษาศาสตร สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ปี พ.ศ.	2558

พื้นผิวของพอลิโพรพิลีนปรับปรุงโดยกระบวนการพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกดิสชาร์จ (Dielectric Discharge Barrier) โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริก 5 มิลลิเมตรและพบว่าเมื่ออาบพลาสมา 15 วินาที สามารถทำให้ผิวชิ้นงานมีความชอบน้ำเพิ่มขึ้น โดยพบว่าเมื่อทดลองหยดน้ำกลั่นบนชิ้นงานที่อาบพลาสมา พบว่าน้ำซึมผ่านผ่านเส้นใยอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้พบว่าการเพิ่มขึ้นของหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำของผิวเส้นใยที่ผ่านการอาบพลาสมาสังเกตได้จากข้อมูลวิเคราะห์จากเครื่องมือ ATR-FTIR

Research Title	Surface modification for hydrophilic property of adult diaper by plasma atmospheric
Researchers	Dr. Jiraporn Pongsopa Dr. Kanchaya Honglertsukul Dr. Pattira Homhuan
Organization	Physics Program, Faculty of Science and Technology SuanDusit University Department of Physics, Faculty of science and Technology Burapa University Faculty of Science and Technology Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University
Year	2015

Polypropylene surface has been modification by Dielectric Discharge Barrier plasma system. The gap distance between electrodes is 5 millimeter. The result shown that after 15 second plasma treated can modify the hydrophilic surface of Polypropylene. Moreover, the hydrophobic group in plasma treated surface was examined by ATR-FTIR.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต โดยได้รับการประเมินข้อเสนอโครงการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

คณะผู้วิจัย

2558

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ขอบเขตการวิจัย	2
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ผู้สูงอายุ	4
ผ้าอ้อม	6
พลาสมา	8
พลาสมาที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric plasma)	11
พลาสมาความดันบรรยากาศแบบ DBD (Dielectric barrier discharge)	13
การปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการพลาสมา	14
การวัดและการคำนวณมุมสัมผัส	15
พอลิโพรพิลีน	17
ความชอบน้ำ	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
วัสดุอุปกรณ์	24
วิธีการทดลอง	24
เครื่องมือวิเคราะห์	25
บทที่ 4 ผลการวิจัย	27
การวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิว	27
การดูดซึมน้ำ	29

	ความชอบน้ำ	30
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	39
	สรุปผลการวิจัย	39
	อภิปรายผล	39
	ปัญหาและอุปสรรค	40
	ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	40
	ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	40
บรรณานุกรม		41
	บรรณานุกรมภาษาไทย	41
	บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	41
ประวัติผู้วิจัย		43

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงชนิดของพลาสมา	10
2.2	แสดงคุณสมบัติของพลาสมาที่ดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศ	12
4.1	แสดงปริมาณการอุ้มน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน ในเงื่อนไขการอาบพลาสมา ต่างๆ	29
4.2	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อไม่มีการอาบพลาสมา	30
4.3	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อเส้นใยมีการอาบพลาสมา 30 วินาที	31
4.4	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อเส้นใยมีการอาบพลาสมา 60 วินาที	32
4.5	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อเส้นใยมีการอาบพลาสมา 120 วินาที	33
4.6	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อเส้นใยมีการอาบพลาสมา 150 วินาที	34
4.7	แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยโพรลีโอพรพิลีน เมื่อเส้นใยมีการอาบพลาสมา 180 วินาที	35

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงส่วนประกอบของผ้าอ้อม	7
2.2	แสดงส่วนประกอบพลาสติก	9
2.3	แสดงการวางของขั้วไฟฟ้าและตำแหน่งการเกิดพลาสติก	13
2.4	แสดงองค์ประกอบแหล่งกำเนิดพลาสติกที่ความดันบรรยากาศ	13
2.5	แสดงลักษณะหยดน้ำบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน	15
2.6	แสดงมุมสัมผัสของหยดน้ำ	16
2.7	แสดงตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณในสมการยัง (Young 's equation)	16
2.8	โครงสร้างทางเคมีของ polypropylene	17
2.9	ประจุในโมเลกุลน้ำและพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลน้ำที่อยู่ใกล้กัน	19
2.10	การละลายน้ำของน้ำตาลเนื่องจากสมบัติไฮโดรฟิลิก	19
2.11	แสดงการวิเคราะห์ด้วย XPS บนแผ่น PP ที่ระยะการอบพลาสติกแตกต่างกัน	22
4.1	แสดงภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน ก่อนการอบพลาสติก	27
4.2	แสดงภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน อบพลาสติก 15 วินาที	28
4.3	แสดงภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน อบพลาสติก 30 วินาที	28
4.4	แสดงการเปรียบเทียบภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ก)ก่อนอบพลาสติก และ(ข) หลังการอบพลาสติก 30 วินาที ที่กำลังขยาย 3000 เท่า	28
4.5	แสดงการเปรียบเทียบภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน (ก)อบพลาสติก 30 วินาทีและ(ข) หลังการอบพลาสติก 45 วินาที ที่กำลังขยาย 3000 เท่า	29
4.6	ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนก่อนการอบพลาสติก	36
4.7	ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนของการอบพลาสติก 180 วินาที	37
4.8	แสดงการเปรียบเทียบ ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนก่อนและหลังการอบพลาสติก	38
4.9	แสดงไดอะแกรมที่อาจจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างอากาศและพื้นผิวพอลิโพรพิลีน	39

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัญหาของผู้สูงอายุ (elderly people) ที่ไม่สามารถควบคุมการไหลของปัสสาวะได้ มีแนวโน้มที่จะใช้ผ้าอ้อมสำเร็จรูปมากขึ้น (diaper) เพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการพัฒนาลิขสิทธิ์ขึ้นในหลายรูปแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและสร้างความสบายให้กับผู้สวมใส่เพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนประกอบของผ้าอ้อมจะมีหลายส่วน แต่พบว่าส่วนที่สำคัญของผ้าอ้อมมากอีกอย่างหนึ่งคือ พอลิโพรพิลีน (polypropylene) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่อยู่ด้านบนของผ้าอ้อมซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) เพื่อให้ของเสียสามารถผ่านไปยังชั้นเซลลูโลสที่ใช้เก็บของเสียได้ การพัฒนาพอลิโพรพิลีน (polypropylene) ให้มีความชอบน้ำมากขึ้นจะทำให้ของเสียซึมผ่านรวดเร็วทำให้ผู้สวมใส่สบายตัวเร็วขึ้น

พอลิโพรพิลีน (Polypropylene หรือ PP) จัดเป็นพอลิเมอร์อีกชนิดหนึ่งที่มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีคุณสมบัติเชิงกล (mechanical) มีน้ำหนักเบาและปรับตัวง่าย (high adaptability) ข้อจำกัดของพอลิโพรพิลีนคือไม่มีขั้ว (non-polar) ทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ในงานบางประเภท ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีนให้มีความชอบน้ำเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้งานให้หลากหลายขึ้น ซึ่งโดยปกติสามารถทำได้โดยกระบวนการเคมีแบบผ่านน้ำ (wet process) แต่กระบวนการดังกล่าวทำให้เกิดน้ำเสียปริมาณมากและเกิดมลพิษทางอุณหภูมิ (Thermal pollution) ซึ่งหากพิจารณาข้อเสียดังกล่าว จึงมีความนิยมในการพัฒนาคุณสมบัติชอบน้ำของพอลิโพรพิลีนโดยกระบวนการพลาสมาขึ้น ซึ่งจัดเป็นกระบวนการที่ลดการใช้พลังงานและลดการเกิดมลภาวะทางน้ำได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการเคมี ซึ่งพลาสมาเป็นกระบวนการที่ดำเนินการแค่ชั้นผิวในระดับนาโนเมตรซึ่งจะไม่ทำให้คุณสมบัติของพอลิเมอร์ที่นำมาอบพลาสมาเปลี่ยนไป ซึ่งการทำให้ผิวของพอลิโพรพิลีน เกิดคุณสมบัติชอบน้ำ (hydrophilic) หรือ ความสามารถในการเปียก (wettability) เพิ่มมากขึ้นทำได้โดยการทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันของไฮโดรฟิลิก (hydrophilic functional group) เช่น hydroxyl ซึ่งสามารถทำได้โดยการทำออกซิเจนพลาสมาและแก๊สพลาสมาอื่นๆ เช่น อาร์กอนพลาสมา ไนโตรเจนพลาสมา เป็นต้น นอกจากนี้กระบวนการพลาสมาสามารถทำให้เกิดความชอบน้ำมากขึ้นบนผิวพอลิเมอร์ที่อบพลาสมาแล้วพบว่ากระบวนการพลาสมาที่แก๊สต่างๆกัน ยังสามารถปรับปรุงพื้นผิวของพอลิโพรพิลีน อาทิเช่น ภาวะการเกาะติด (adhesion), การเข้ากับเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต (biocompatibility) และ ความสามารถในการพิมพ์ (printability) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ดีการประยุกต์ใช้พลาสมาก็มีข้อเสียเช่นกัน เนื่องจากต้องทำที่ความดันบรรยากาศต่ำ ซึ่งอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดความดันบรรยากาศต่ำต้องใช้อุปกรณ์สุญญากาศที่มีราคาสูงและค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์แต่ละชนิดก็มีราคาสูงเช่นกัน อีกทั้งชิ้นงานที่นำมาอบพลาสมายังถูกจำกัดด้วยขนาดของภาชนะสุญญากาศ (chamber) ดังนั้นการทำพลาสมาที่ความดันบรรยากาศจึงมีความน่าสนใจ เนื่องจากสามารถทำที่ความดันบรรยากาศซึ่งจะทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยลงและสะดวกมากขึ้น

ในการวิจัยในครั้งนี้ทีมผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์พลาสมาดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศ โดยศึกษาชนิดของแก๊สที่เหมาะสมกับระบบของอุปกรณ์จุดพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งสามารถพัฒนาพื้นผิวของพอลิโพรพิลีนให้มีความชอบน้ำเพิ่มขึ้นพร้อมทั้งหาสภาวะเงื่อนไขพลาสมาที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสมบัติของพอลิโพรพิลีนหลังจากการปรับปรุงพื้นผิวด้วยพลาสมา เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณสมบัติชอบน้ำมากขึ้น
2. ศึกษาภาวะที่เหมาะสมสำหรับปรับปรุงผิวชิ้นงานโดยกระบวนการพลาสมา
3. ศึกษาแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์
4. เพื่อนำผลงานนำเสนอในการประชุมระหว่างประเทศ หรือวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ และใช้เป็นองค์ความรู้เพื่อใช้ในการวิจัยขั้นต่อไป รวมทั้งมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับภาคเอกชน

ขอบเขตการวิจัย

1. พัฒนาอุปกรณ์พลาสมาดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศ
2. ปรับปรุงคุณสมบัติของพอลิโพรพิลีนให้มีความชอบน้ำมากขึ้น โดยเปรียบเทียบการใช้แก๊สสองชนิดและหาเงื่อนไขหรือสภาวะที่ได้ผลการทดลองที่ดี โดยการปรับพารามิเตอร์ ได้แก่ กำลังไฟฟ้า และ ระยะเวลา (Treatment time) เป็นต้น
3. วิเคราะห์คุณสมบัติด้วยเครื่องมือต่างๆ ต่อไปนี้ โครงสร้างทางเคมีของชิ้นงานจะถูกวิเคราะห์ด้วยวิธีฟูเรียร์ทรานฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Attenuated Total Reflectance Fourier transform infrared spectroscopy; ATR-FTIR) วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวและความขรุขระด้วยกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม (Atomic Force Microscope; AFM) วิเคราะห์ลักษณะของฟิล์มในภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscopy; SEM) และการวัดค่ามุมสัมผัส (contact angle) เพื่อตรวจสอบการเกิดความชอบน้ำที่เพิ่มขึ้นหลังการอาบพลาสมา

คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย

1. พลาสมา (Plasma) คือ แก๊สที่มีสภาพเป็นไอออน และมักจะถือเป็นสถานะหนึ่งของสสาร การมีสภาพเป็นไอออนดังกล่าวนี้ หมายความว่า จะมีอิเล็กตรอนอย่างน้อย 1 ตัว ถูกดึงออกจากโมเลกุล ประจุไฟฟ้าอิสระทำให้พลาสมามีสภาพการนำไฟฟ้าเกิดขึ้น

พลาสมาจัดได้ว่าเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากสถานะอื่นอย่างชัดเจน พลาสมาประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุทั้ง ประจุบวกและลบ ในสัดส่วนที่ทำให้ประจุสุทธิเป็นศูนย์ การอยู่ร่วมกันของอนุภาคเหล่านี้เป็นแบบประหนึ่งเป็นกลาง (Quasineutral) ซึ่งหมายความว่าอิเล็กตรอนและไอออนในบริเวณนั้น โดยรวมแล้วมีจำนวนเท่า ๆ กัน และแสดงพฤติกรรมร่วม (Collective behavior)

พลาสมาสามารถเกิดได้โดย การให้สนามไฟฟ้าปริมาณมากแก่แก๊สที่เป็นกลาง เมื่อพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระมากพอ จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม กระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากซึ่งจะทำให้ก๊าซแตกตัวและกลายเป็นพลาสมาในที่สุด พลาสมามีความแตกต่างจากสถานะของแข็ง สถานะของเหลว และสถานะแก๊ส โดยมีเงื่อนไข 3 ประการ ในเรื่องดังต่อไปนี้คือ ความยาวคลื่นเดอบาย จำนวนอนุภาค และความถี่พลาสมา ซึ่งทำให้พลาสมามีความจำเพาะเจาะจงที่แตกต่างจากสถานะอื่นออกไป

2. ระบบพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ เป็นระบบที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่เกิดขึ้นกับไดอิเล็กทริกภายใต้แรงดันไฟฟ้าสูง ที่ความดันบรรยากาศโดยไม่ต้องจุดพลาสมาในภาชนะปิดที่ภายในเป็นสุญญากาศ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้องค์ความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงพื้นผิวพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของผ้าอ้อมผู้ใหญ่ ซึ่งจะนำไปสู่การตีพิมพ์ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ ซึ่งย่อมมีผลต่อการยกระดับมาตรฐานงานวิจัยพื้นฐานและงานวิจัยประยุกต์ในประเทศไทยสำหรับผลิตภัณฑ์ผู้สูงอายุ เมื่อโครงการเสร็จสิ้นคาดว่าจะสามารถนำผลจากการวิจัยไปใช้เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป และนำไปสู่การผลิตเชิงพาณิชย์ในภาคเอกชนได้

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผู้สูงอายุ (Elderly person)

2.1.1 ความหมายผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุหรือวัยชรา หมายถึง มนุษย์ที่มีอายุในช่วงปลายของชีวิต ซึ่งมีหลายองค์การและหลายหน่วยงานมีการนิยามความหมายของผู้สูงอายุอาจแตกต่างกันไป ดังนี้

องค์การสหประชาชาติ ได้ให้นิยามว่า "ผู้สูงอายุ" คือ ประชากรทั้งเพศชาย และเพศหญิงซึ่งมีอายุ มากกว่า 60 ปีขึ้นไป โดยเป็นการนิยาม นับตั้งแต่อายุเกิด ส่วนองค์การอนามัยโลก ยังไม่มีการให้นิยามผู้สูงอายุ โดยมีเหตุผลว่า ประเทศต่างๆทั่วโลกมีการนิยาม ผู้สูงอายุต่างกัน ทั้งนิยามตามอายุเกิด ตามสังคม (Social) วัฒนธรรม (Culture) และสภาพร่างกาย (Functional markers) เช่น ในประเทศที่เจริญแล้ว มักจัดผู้สูงอายุ นับจากอายุ 65 ปีขึ้นไป หรือบางประเทศ อาจนิยามผู้สูงอายุตามอายุกำหนดให้เกษียณงาน (อายุ 50 หรือ 60 หรือ 65 ปี) หรือนิยามตามสภาพของร่างกาย โดยผู้หญิงสูงอายุอยู่ในช่วง 45-55 ปี ส่วนชายสูง อายุ อยู่ในช่วง 55-75 ปี

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ให้ความหมายของคำว่า คนแก่ คือ มีอายุมาก หรือ อยู่ในวัยชรา และ ให้ความหมายของคำว่า ชรา คือ แก่ด้วยอายุ ชำรุดทรุดโทรม นอกจากนั้น ยังมีการเรียกผู้สูงอายุว่า ราษฎรอาวุโส (Senior citizen)

สำหรับประเทศไทย พระราชบัญญัติผู้สูงอายุ พ.ศ. 2546 กำหนดให้ บุคคลที่มีอายุ 60 ปี บริบูรณ์และมีสัญชาติไทย เป็นผู้สูงอายุ

จากนิยามความหมายของผู้สูงอายุจากหลายๆที่และพิจารณาจากแง่มุมต่างๆ อาทิ ทางชีววิทยา ประชากรศาสตร์ การจ้างงานและทางสังคมวิทยา ในทางสถิติมักถือว่าผู้ที่อยู่ในวัยสูงอายุคือ บุคคลที่มีอายุ 60-65 ปีขึ้นไป สำหรับประเทศไทยกำหนดไว้ว่าผู้สูงอายุคือบุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่จะมีสัดส่วนผู้สูงอายุต่อประชากรทั้งประเทศสูงกว่าประเทศกำลังพัฒนา สำหรับประเทศไทยมีสัดส่วนของผู้สูงอายุเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ

จากนิยามความหมายของผู้สูงอายุที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น โดยส่วนใหญ่พบว่ามีวิธีการแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่หนึ่งผู้สูงอายุตอนต้นคือบุคคลที่มีอายุ 60-69 ปี ทั้งชายและหญิง กลุ่มที่สองผู้สูงอายุตอนปลายคือบุคคลที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไปทั้งชายและหญิง

2.1.2 ปัญหาสุขภาพและความผิดปกติในผู้สูงอายุ

ผู้สูงอายุมักมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบสำคัญของร่างกาย ดังนี้

- ระบบต่อมไร้ท่อ การทำงานของต่อมไทรอยด์ พาราไทรอยด์จะลดลง ตับอ่อนจะสร้างอินซูลินลดลง ทำให้เป็นเบาหวาน ฮอร์โมนเพศหญิงหรือฮอร์โมนเพศชายจะลดลง ทำให้เกิดอาการหงุดหงิด ตกใจง่ายในเพศหญิง

- ระบบผิวหนัง ผิวหนังจะบางลง ทำให้ผิวหนังแตกง่าย แห้ง ไขมันใต้ผิวหนังน้อยลง ผิวหนังขาดน้ำ ขาดความยืดหยุ่นเกิดแผลกดทับได้ง่าย ต่อมาเหงื่อทำงานลดลง การระบายร้อนโดยวิธีระเหยไม่ดี ทำให้เป็นลมแดดได้ง่าย ต้องใส่เสื้อผ้าที่ระบายอากาศได้ดี ผิวหนังคันง่าย ผดผื่น การไหลเวียนเลือดสู่ศีรษะน้อยลง ผิวตกรกระ เล็บหนา ผิวหนังรับความรู้สึกต่ออุณหภูมิและการสัมผัสที่อ่อนลง

- ระบบหัวใจและหลอดเลือด หลอดเลือดแดงใหญ่ จะมีความยืดหยุ่นลดลง มีผลให้ความดันซิสโตลิกสูง ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงความดันไดแอสโตลิกเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ลึ้นหัวใจมีไขมัน และแคลเซียมมาจับทำให้ลิ้นหัวใจปิดเปิดได้ไม่ดี กำลังการหดตัวของหัวใจลดลง กล้ามเนื้อหัวใจมีความไวต่อสิ่งเร้าลดลง คนสูงอายุหัวใจวายได้ง่าย เกิดการอุดตันของหลอดเลือดได้ง่าย

- ระบบประสาท เซลล์สมองและประสาทจะลดลงเรื่อยๆ ตั้งแต่อายุ 25 ปี ขนาดของสมองลดลง ความเร็วในการส่งสัญญาณประสาทลดลง ความจำเสื่อมจำอดีตได้แม่นยำ แต่จำสิ่งที่รับรู้ในปัจจุบันได้น้อยความสัมพันธ์ทางความคิดกับร่างกายไม่สัมพันธ์กัน เวลานอนน้อย ตื่นบ่อย นอนไม่หลับ ซึ่งเป็นเพราะขาดการออกกำลังกาย การคิดวอกวน และเครียด

- ระบบประสาทสัมผัส ได้แก่ ตาจะลึก เพราะไขมันใต้ตาจะลดลง หนังตาหย้อย รุ่มาตาเล็ก อาจมาจากม่านตาฝ่อลีบลง มักพบตาต่อกระจกในผู้สูงอายุ การมองมูกว้างได้ลดลง การรับรู้ความรู้สึกต่างๆ เริ่มแยกได้ช้าลง สายตายาว มองเห็นในเวลากลางคืนไม่ดี ความสามารถในการปรับการมองเห็นจากที่มีดีไปที่สว่างช้าลง หูจะตึง มีความยากลำบากในการเข้าใจคำพูดหากมีเสียงรบกวนหรือพูดเร็ว ต่อมน้ำลาย จะทำงานลดลง น้ำลายน้อย รับรู้รสหวานลดลง จึงมักรับประทานอาหารรสจัดมากขึ้นโดยไม่รู้ตัว การรับกลิ่นจากจมูกลดลง เพราะเยื่อโพรงจมูกเกิดการเสื่อม

- ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก กล้ามเนื้อลีบเล็กลงและลดความแข็งแรง กำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง แคลเซียมออกจากกระดูกมากไปเกาะบริเวณกระดูกอ่อน ทำให้ทรวงอกขยายน้อยลง หายใจลำบาก อาศัยกระบ้งลม การควบคุมกล้ามเนื้อหูรูดลดลง กระดูกสันหลังโก่ง ความสูงลดลง น้ำไขข้อลดลง การเคลื่อนไหวการเดินจะสั้นขณะที่พัก กล้ามเนื้อจะเป็นตะคริว เจ็บปวดควบคุมไม่ได้ กระดูกเปราะ

- ระบบทางเดินหายใจ ปอดมีขนาดใหญ่ขึ้น ปอดยืดขยายหดตัวได้น้อย ปริมาตรการค้างของอากาศในปอดมีมาก ฤงลมจำนวนลดลง ฤงลมที่เหลือจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและแตกง่าย ประสิทธิภาพในการไหลลงเนื่องจากการแข็งตัวของผนังทรวงอก และการทำงานของกล้ามเนื้อในการหายใจไม่ดี จะทำให้เกิดอาการปอดบวมได้ง่าย

- ระบบทางเดินอาหาร การขบเคี้ยวจะลำบากเพราะฟันลดลง เหงือกกร่น ต่อมน้ำลายเสื่อม น้อยลง 1 ใน 3 อาหารเคลื่อนลงสู่กระเพาะอาหารช้าลง และย้อนกลับขึ้นมาในหลอดอาหารได้ง่าย ทำให้แสบยอดอก อาหารอยู่ในกระเพาะอาหารนานทำให้ไม่หิว ดังนั้นการให้อาหารจึงควรให้น้อยแต่บ่อย และเป็นอาหารอ่อนย่อยง่าย แต่มีกากเพื่อช่วยในการขับถ่าย เพราะลำไส้ใหญ่และลำไส้เล็กหดตัวช้า กล้ามเนื้อบีบแรงเบ่งน้อย

- ระบบทางเดินปัสสาวะและระบบสืบพันธุ์ ขนาดของไตเล็กลง อัตราการกรองของเสียของไตลดลง ขนาดกระเพาะปัสสาวะเล็กลง ถ่ายปัสสาวะบ่อยเนื่องจากกล้ามเนื้อกระเพาะ

ปัสสาวะอ่อนกำลังลง กล้ามเนื้ออุ้งเชิงกรานหย่อนตัว ทำให้ภาวะกระบังลมหย่อนและกลั้นปัสสาวะไม่ได้ เพศชายต่อมลูกหมากจะโต ทำให้ปัสสาวะลำบาก ในเพศหญิงมดลูก ปีกมดลูก รังไข่จะฝ่อ เนื้อเยื่อบริเวณช่องอวัยวะสืบพันธุ์จะหนา แห้ง มีความยืดหยุ่นน้อยลง

2.2 ผ้าอ้อม (Diaper or nappy)

2.2.1 ความเป็นมา

ผ้าอ้อมสำเร็จรูปเริ่มกำเนิดในช่วงทศวรรษที่ 40 (ค.ศ. 1940-1949) โดยในช่วงต้นของทศวรรษนี้ ผ้าอ้อมเด็กก็ยังเป็นผ้าฝ้ายหรือผ้าลินินผืนสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่และทำการพับ ด้วยวิธีที่ได้รับการถ่ายทอดจากพ่อแม่และปู่ตายาย แต่พอเริ่มเข้าสู่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม สภาพการดำรงชีวิตของผู้คนเริ่มเปลี่ยนแปลง ครอบครัวเริ่มแยกเป็นครอบครัวเดี่ยว พ่อกับแม่ที่มีลูกน้อยก็ต้องดูแลลูกเองโดยไม่มีปู่ตายายเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเหมือนเมื่อก่อน และยิ่งหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ผู้หญิงเริ่มออกทำงานนอกบ้านมากขึ้นทำให้ไม่มีเวลาในการดูแลลูกได้อย่างเต็มที่ การหาตัวช่วยในการดูแลน้อยจึงเริ่มต้นขึ้น

ในปี ค.ศ. 1946 ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีแม่บ้านท่านหนึ่งชื่อ มาเรียน โดโนแวน (Marion Donovan) คิดค้นและประดิษฐ์สิ่งที่เธอเรียกว่า “โบทเตอร์” (Boater) โดยการตัดแผ่นพลาสติกจากม่านห้องน้ำมาเย็บคลุมผ้าอ้อมผ้าทำให้ผ้าอ้อมมีสมบัติในการกันน้ำได้ และในการตรึงผ้าอ้อมให้อยู่กับตัวเล็ก เธอก็ได้ทำเป็นกระดุมติดแทนการใช้เข็มกลัดแบบเดิม เธอได้จดสิทธิบัตรเกี่ยวกับการทำผ้าอ้อมกันน้ำนี้ไว้ถึง 4 ฉบับ แต่ในเวลานั้นยังไม่มีบริษัทไหนกล้าลงทุนผลิตและพัฒนาผ้าอ้อมตามแนวทางที่มาเรียนจดสิทธิบัตรไว้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1947 นายจอร์จ เอ็ม โชรเดอร์ (George M. Schroder) ได้พัฒนาผ้าอ้อมที่ใช้ผ้าแบบไม่ถักไม่ทอ (nonwoven) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นผ้าที่เกิดจากการสานกันไปมาของเส้นใย และยึดติดกันด้วยการอัดด้วยความร้อน ขึ้นมาใช้เป็นครั้งแรก โดยรูปร่างของผ้าอ้อมนี้ก็ยังคงเป็นผืนสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่เช่นเดิม

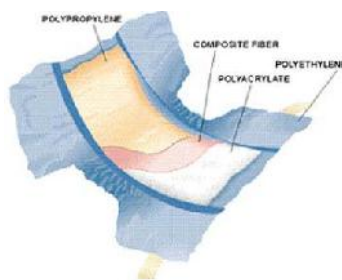
ในปลายทศวรรษนั้นก็ได้มีการพัฒนาผ้าอ้อมที่เรียกได้ว่าเป็นต้นแบบแรกของผ้าอ้อมสำเร็จรูปขึ้นมาได้ โดยมีรูปแบบคล้ายกับผ้าอ้อมผ้า มีรูปร่างสี่เหลี่ยมใหญ่ ๆ ด้านนอกใช้ฟิล์มพลาสติกหุ้ม ด้านในมีแผ่นกระดาษทิชชูวางเรียงกันเป็นชั้น ๆ ประมาณ 15 ถึง 25 ชั้น ทำหน้าที่ดูดซับของเหลว ไม่มีเทปกาวเพื่อการยึดติด สามารถรองรับของเหลวได้ประมาณ 100 มิลลิลิตร ซึ่งเป็นข้อจำกัดทำให้ระยะเวลาในการใช้งานน้อย ใช้ได้เพียงครั้งเดียวก็ต้องทิ้ง

ในช่วงทศวรรษที่ 50 ผ้าอ้อมสำเร็จรูปเริ่มถูกพัฒนาควบคู่ไปกับการเติบโตของตลาดผ้าอนามัยยุโรปและอเมริกาเหนือ โดยผู้ที่มองเห็นช่องทางในการพัฒนาผ้าอ้อมสำเร็จรูป ซึ่งทำงานอยู่ที่บริษัทพร็อกเตอร์ แอนด์ แกมเบิล (Procter and Gamble) เขาได้นำเอาวัสดุที่ใช้สำหรับดูดซับของเหลวที่ใช้กับผ้าอนามัยมาทำเป็นวัสดุดูดซับสำหรับผ้าอ้อมสำเร็จรูป เด็กคนแรกที่ได้มีโอกาสใช้ผ้าอ้อมสำเร็จรูปที่เขาคิดก็คือหลานชายของเขาเอง และในปี ค.ศ. 1961 ผ้าอ้อมสำเร็จรูปยี่ห้อ “แพมเพอร์ส” ก็ได้มีโอกาสออกสู่ท้องตลาดและได้รับความนิยมอย่างล้นหลามเลยทีเดียว แต่การใช้งานก็ยังคงจำกัดอยู่ในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว เช่น อเมริกา และประเทศในแถบยุโรป หลังจากนั้นในศตวรรษที่ 60 ผ้าอ้อมมีการพัฒนาโดยมีการเปลี่ยนวัสดุดูดซับจากกระดาษทิชชูมาเป็น

เศษเยื่อไม้แบบที่ใช้ในการผลิตผ้าอนามัย “แพมเพอร์ส” เป็นเจ้าแรกที่ทำการพัฒนาผ้าอ้อมสำเร็จรูปนี้ ทำให้ประสิทธิภาพของผ้าอ้อมสำเร็จรูปมีมากขึ้นกว่าเดิม แถมยังมีให้เลือกถึงสองขนาด คือ ขนาดกลาง (Medium) และขนาดใหญ่ (Large) แต่ขนาดของผ้าอ้อมสำเร็จรูปในยุคนี้อย่างคงค่อนข้างใหญ่เพื่อลดการซึมเลอะ ขนาดกลางมีน้ำหนักถึง 65 กรัมเลยทีเดียว เมื่อเทียบกับปัจจุบันผ้าอ้อมสำเร็จรูปมีน้ำหนักประมาณ 20 กรัมเท่านั้น และในตอนนั้นผ้าอ้อมสำเร็จรูปยังไม่มีเทปกาวในตัว จึงทำให้การใช้งานยังคงไม่สะดวกมากนัก นอกเหนือจากพัฒนาการต่าง ๆ แล้วก็เริ่มมีข้อคิดเห็นจากวงการแพทย์ว่าด้วยเรื่องของขนาดที่ใหญ่เกินไปของ ผ้าอ้อมสำเร็จรูปซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับกระดูกระหว่างขาของเด็กทำให้เกิดการโก่งงอได้ จากข้อคิดเห็นของแพทย์ทำให้บริษัทต่าง ๆ เริ่มพัฒนารูปร่างของผ้าอ้อมสำเร็จรูปโดยทำให้คอดตรงส่วนกลาง (ลักษณะเหมือนนาฬิกาทราย) แทนการทำเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมแบบเดิม เพื่อให้เด็กสวมใส่ โดยช่วงแรกยางยืดถูกใช้สำหรับส่วนขาก่อนต่อมาจึงพัฒนาใช้กับส่วนเอวด้วยเริ่มมีการใช้สารดูดซับแบบพิเศษ (Super-absorbent, SAP) ที่มีชื่อทางเคมีว่า โซเดียมโพลีอะคริเลต (sodium polycrylate) ที่มีความสามารถในการดูดซับของเหลวปริมาณมหาศาลในช่วงทศวรรษนี้เอง ทำให้ผ้าอ้อมสำเร็จรูปมีขนาดบางและน้ำหนักน้อยลงกว่าเดิม สวมใส่ได้ง่ายขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้น

2.2.2 ส่วนประกอบผ้าอ้อม

ผ้าอ้อม จัดเป็นสิ่งทอที่เหมาะสมสำหรับบุคคลที่ไม่สามารถควบคุมการไหลของปัสสาวะได้ ซึ่งกลุ่มดังกล่าวได้แก่ เด็กและคนชรา (elderly people) ซึ่งส่วนประกอบโดยส่วนใหญ่ของผ้าอ้อมได้แก่ แผ่นพลาสติกพอลิเอทิลีน (polyethylene film), แผ่นพอลิเอทิลีน กันน้ำและชอบน้ำแบบไม่ทอ (polypropylene non woven- hydrophobic and hydrophilic), แผ่นซึมซับ (absorbent core) เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของผ้าอ้อม

จากภาพที่ 2.1 แผ่นพอลิเอทิลีนแบบไม่ทอ (Polypropylene non-woven) ที่อยู่ด้านบนสุดจะเป็นส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) เนื่องจากต้องสามารถดูดซับของเสียที่ขับออกมาและเพื่อลดการระคายเคืองกับผิวของผู้ใส่ เนื่องจากเป็นบริเวณที่สัมผัสกับอวัยวะผู้ใส่โดยตรง และด้านล่างสุดจะเป็นแผ่นพอลิเอทิลีนแบบไม่ทอ polypropylene nonwoven แต่มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) เพื่อป้องกันการรั่วของของเสียออกนอกผ้าอ้อม ส่วนอนุภาคของพอลิอะคริเลต (Polyacrylate) จะทำหน้าที่คล้ายฟองน้ำที่สามารถดูดซับของเหลวจากปัสสาวะไว้ได้หลายเท่าของน้ำหนักตัวมันเอง จนทำให้มันมีสภาพเป็นเจลและมีคุณสมบัติเก็บกักปัสสาวะได้ดี นอกจากนี้ในส่วน of แผ่นดูดซับยังมีส่วน

ของวัสดุที่เป็นเส้นใย (Composite fiber) ที่ทำหน้าที่คล้ายหลอดดูดน้ำ ช่วยดูดและกระจายของเหลวจากปัสสาวะให้เข้าสู่ภายในเนื้อของพอลิเมอร์ดูดซับ

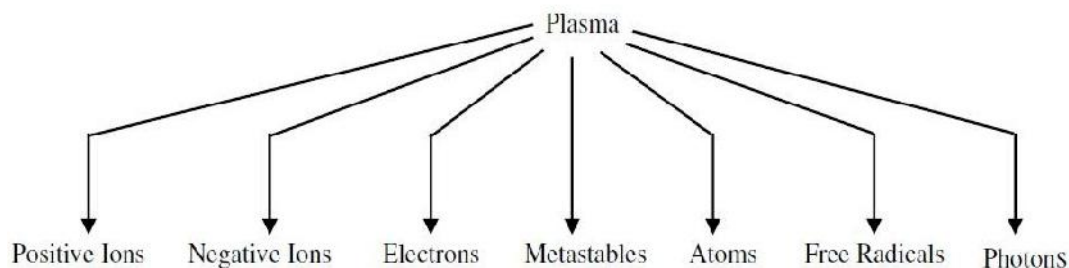
2.3 พลาสมา (Plasma)

2.3.1 ความหมายของพลาสมา

พลาสมา คือ สภาวะที่แก๊ส เกิดการแตกตัว (ionized) ประกอบด้วย อิเล็กตรอน ไอออน และอนุภาคของแก๊ส ในสัดส่วนที่ทำให้ประจุสุทธิเป็นศูนย์ ทำให้โดยรวมแล้วพลาสมายังคงสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า คำนี้ถูกบัญญัติโดย แลงมัวร์ (Irving Langmuir) ในปี 1928 ใช้เพื่อบรรยายสภาพแก๊ส ที่ถูกทำให้เป็นไอออนในการดิสชาร์จด้วยไฟฟ้า (Chen, 1984) ดังนั้นจึงถือได้ว่าพลาสมาเป็นสถานะที่ 4 ของสสาร เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากสถานะอื่นอย่างชัดเจน หากพิจารณาช่วงเปลี่ยนสถานะ ของแข็ง - ของเหลว - แก๊ส (solid-liquid-gas) ถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิ (คือ การให้พลังงานจลน์แก่อนุภาคของแก๊ส) ให้กับแก๊ส ต่อไปเรื่อยๆ เช่นถึง 20,000 K เราจะได้พลาสมาของแก๊ส นั้น (อุณหภูมิอาจต่ำกว่าก็ได้ แล้วแต่กลไกการทำให้เป็นไอออนของแก๊ส) พลาสมามีลักษณะพิเศษที่น่าสนใจ เพราะว่าแรงไฟฟ้า ถือเป็นแรงชนิดไกล (long range force) และอนุภาคของพลาสมาทุกตัวกระทำต่ออนุภาคซึ่งกันและกัน เรียกว่าเป็นพฤติกรรมรวม (collective behavior) พฤติกรรมรวมนี้หมายถึง การเคลื่อนที่ของอนุภาคในพลาสมา ไม่เพียงแต่จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในบริเวณนั้นๆ เท่านั้น แต่เป็นผลโดยรวมจากพลาสมาส่วนใหญ่ มากกว่าจะเป็นผลมาจากการชนกันของอนุภาคที่อยู่ใกล้เคียงกัน เนื่องจากอนุภาคในพลาสมาที่สถานะสมดุล จะมีการสั่นด้วยความถี่ที่สูงกว่า ความถี่ในการชนกันของอนุภาค 2 ตัวที่อยู่ใกล้กัน ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าพฤติกรรมรวมนี้เป็นพฤติกรรมที่กลุ่มพลาสมาแสดงออกมารวมกัน พลาสมาสามารถเกิดได้โดยการให้สนามไฟฟ้าปริมาณมากแก่แก๊ส ที่เป็นกลาง เมื่อพลังงานส่งผ่านไปยังอิเล็กตรอนอิสระมากพอ จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระชนกับอะตอม และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม กระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากซึ่งจะทำให้แก๊ส แตกตัวและกลายเป็นพลาสมา

พลาสมา จัดเป็นสถานะที่สี่ของสสาร ประกอบด้วยสปีชีส์จำนวนมาก เช่น อิเล็กตรอน (electron) ไอออนบวก (positive ions) ไอออนลบ (negative ions) อนุภาคอิสระ (free radical) อะตอมแก๊ส (gas atom) โมเลกุล (molecules) โดยส่วนประกอบพลาสมาแสดงตามภาพที่ 2 ซึ่งพลาสมาที่เกิดขึ้นสามารถทำให้เกิดสถานะพลาสมาได้ทั้งที่ความดันต่ำที่อาศัยระบบสุญญากาศ และพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ โดยทั่วไปการศึกษากระบวนการเกี่ยวกับพลาสมาจะมีตัวแปรที่สำคัญหลักๆ คือ อุณหภูมิพลาสมา (plasma temperature) ซึ่งจะกล่าวถึงอุณหภูมิเฉลี่ยของอิเล็กตรอนหรือไอออนในพลาสมา และความหนาแน่นพลาสมา (plasma density) ซึ่งอุณหภูมิและความหนาแน่นจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายชนิดเช่นกัน เช่น แหล่งจ่ายพลังงาน ความดัน ความเป็นสุญญากาศ ชนิดแก๊สพลาสมา เป็นต้น ซึ่งหากต้องการทราบความหนาแน่นของพลาสมาสามารถคำนวณโดยใช้สมการพื้นฐานคือสมการของโบลต์zman (Boltzmann's equation)

$$n = n_0 e^{-eV/kT} \quad (1)$$

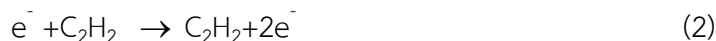


ภาพที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของพลาสมา

2.3.2 กระบวนการเกิดพลาสมา

(1) Ionization

ในการเกิดปฏิกิริยาของพลาสมาในห้องสุญญากาศ ซึ่งมีก๊าซไหลผ่านในระดับคงที่และความดันต่ำมากๆ โมเลกุลหรืออะตอมของก๊าซในสุญญากาศ อาศัยการชนของอิเล็กตรอนกับโมเลกุลหรืออะตอมเป็นสำคัญ โดยคลื่นวิทยุหรือคลื่นไมโครเวฟทำหน้าที่เร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานจลน์ไปชนกับโมเลกุลหรืออะตอมดังสมการที่ (2) ซึ่งในกรณีนี้แสดงว่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนนั้นมีค่ามากกว่า ionization energy



(2) Excitation

พลังงานที่ส่งผ่านเมื่ออิเล็กตรอนกระโดดไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่า ทำให้อะตอมนั้นไปอยู่ในสถานะกระตุ้น ซึ่งแสดงว่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยกว่า Ionization energy ดังแสดงในสมการที่ (3) โดย $C_2H_2^*$ คืออะตอมของอะเซทิลีนที่อยู่ในสถานะกระตุ้น



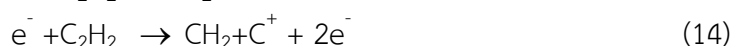
(3) Dissociation

กระบวนการสุดท้ายที่สามารถเกิดขึ้นได้ โดยโมเลกุลเกิดการแตกตัว (Dissociation) ซึ่งโมเลกุลของอะเซทิลีนสามารถเกิดการแตกตัวดังแสดงในสมการ (4)–(8)



ผลของการแตกตัวจะเพิ่มประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี คือ ผลผลิตที่ได้จะมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่าตอนที่อะตอมยังไม่แตกตัว การแตกตัว (Dissociation) อาจเกิด

ควบคู่กับ ionization หรือไม่ก็ได้ ถ้าเกิดคู่กันจะเรียกว่า dissociative ionization ซึ่งโมเลกุลของอะเซทีลีนสามารถเกิดการ dissociative ionization ได้ดังสมการ (9) – (14)



เมื่อแก๊สได้รับพลังงานจากคลื่นวิทยุ (RF) หรือคลื่นไมโครเวฟ ที่ความดันต่ำ เราจะมองเห็นพลาสมาที่เปล่งแสงออกมา เนื่องมาจากพลังงานภายนอกทำให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนเปลี่ยนจากสถานะพื้นไปอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น โดยธรรมชาติอิเล็กตรอนจะอยู่ในสถานะกระตุ้นได้เพียง ประมาณ 10-18 วินาที หลังจากนั้นเวเลนซ์อิเล็กตรอนจะกลับคืนสู่สถานะพื้นพร้อม ทั้งปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่ตาสามารถเห็นได้ (visible light) การเปล่งแสงของพลาสมาสามารถบ่งถึงลักษณะของแก๊ส ที่แตกตัวได้ เช่น แก๊สอาร์กอนจะเปล่งแสงสีม่วง อากาศและแก๊ส ไนโตรเจนจะเปล่งแสงเป็นสีชมพูซึ่งบ่งบอกถึงสภาวะกระตุ้นโมเลกุลของไนโตรเจน

2.3.3 ชนิดของพลาสมา (Classification of plasma)

พลาสมาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มได้แก่ พลาสมาอุณหภูมิสูง หรือ fusion พลาสมา และพลาสมาที่อุณหภูมิต่ำ หรือแบบไม่ใช้ความร้อน (non-thermal) ซึ่งการจำแนกส่วนประกอบของพลาสมาที่อุณหภูมิสูงและต่ำ จะแสดงตามตารางที่ 1 โดยที่อุณหภูมิสูงพลาสมาสปีชีส์ทุกตัวจะอยู่ในสภาวะสมดุลทางความร้อน (thermal equilibrium) ซึ่งอุณหภูมิของอิเล็กตรอน (T_e : electron temperature) จะมีค่าเท่ากับอุณหภูมิของไอออน (T_i : ion temperature) ส่วนพลาสมาที่อุณหภูมิต่ำ อุณหภูมิของอิเล็กตรอน (T_e) จะมีค่ามากกว่า อุณหภูมิของไอออน (T_i) มาก

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของพลาสมา

Plasma	State	Example
High temperature plasma (Equilibrium plasma)	$T_e \approx T_i \approx T_g, T_p = 10^6 - 10^8 \text{ K}$ $N_g \geq 10^{20} \text{ m}^{-3}$	Laser fusion plasma
	Low temperature	
Thermal plasma (Quasi-equilibrium)	$T_e \approx T_i \approx T_g \leq 10^6 - 10^8 \text{ K}$	Arc plasma, plasma touches, RF inductively coupled discharge

plasma)	$N_e \geq 10^{20} \text{ m}^{-3}$	
NonThermal plasma (Non equilibrium plasma)	$T_e \gg T_i \approx T_g$ $= 300 \dots \dots \dots 10^3 \text{ K}$ $N_e \geq 10^{17}$ พอลิโพรพิลีนพอลิโพรพิลีน m^{-3}	Glow, corona, APPJ, DBD, MHCD, OAUGDP, plasma needle etc

2.3.4 การเบรกดาวน์แก๊ส (Electrical breakdown of gases)

เนื่องจากพลาสมาที่ความดันบรรยากาศสามารถทำได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้แล้วแต่ระบบในการปล่อยประจุ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจและศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าและการเบรกดาวน์แก๊ส (gas break down) ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มความต่างศักย์หรือไฟที่จ่ายเข้าไป แก๊สจะสูญเสียคุณสมบัติไดอิเล็กทริกและนำไปสู่การเป็นคุณสมบัติตัวนำ หรือกล่าวได้ว่าแก๊สเปลี่ยนสภาพการต้านทานไฟฟ้าเป็นสภาพนำไฟฟ้า

ทั้งนี้ยังสามารถหาสมการความสัมพันธ์สำหรับ self sustaining คือ

$$1 - \alpha(e^{\gamma d} - 1) = 0$$

$$e^{\gamma d} = \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

โดยปกติการเบรกดาวน์ความต่างศักย์ในแก๊สดีสชาร์จ สามารถอธิบายโดยใช้กฎของ Paschen law ซึ่งจะเห็นได้จากสมการ (2) และ (3) ว่าการ Breakdown voltage ซึ่งขึ้นอยู่กับผลของ pd

$$V_b = \frac{B_{pd}}{\left\{ \ln(Apd) - \ln \left[\ln \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right) \right] \right\}} \quad (15)$$

$$V_B = f(pd) \quad (16)$$

2.4 พลาสมาที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric plasma)

พลาสมาที่ความดันบรรยากาศ หมายถึง การทำให้เกิดสถานะพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ หรือใกล้เคียงความดันบรรยากาศ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ระบบสุญญากาศช่วยในการจุดพลาสมาซึ่งพลาสมาที่ความดันบรรยากาศยังแบ่งเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ติดตั้ง ลักษณะการเกิดดีสชาร์จหรือการปล่อยประจุ เช่น thermal torch, plasma arc, corona discharge, DBD เป็นต้น ซึ่งแต่ละประเภทสามารถปรับปรุงพื้นผิวโดยตรง หรืออาศัย species ที่เกิดขึ้นจากการไอออไนซ์ทำปฏิกิริยากับสาร หรือสิ่งที่ใส่เพิ่มเข้าไปเพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยาและได้โครงสร้างทางเคมีใหม่บนพื้นผิวชิ้นงาน จากการแบ่งประเภทของพลาสมาที่กล่าวในหัวข้อ 2.3.2 เราจะพบว่าพลาสมาที่ความดันบรรยากาศมีทั้งชนิด thermal-plasma และ non-thermal plasma ซึ่งจะกล่าวเฉพาะแบบ

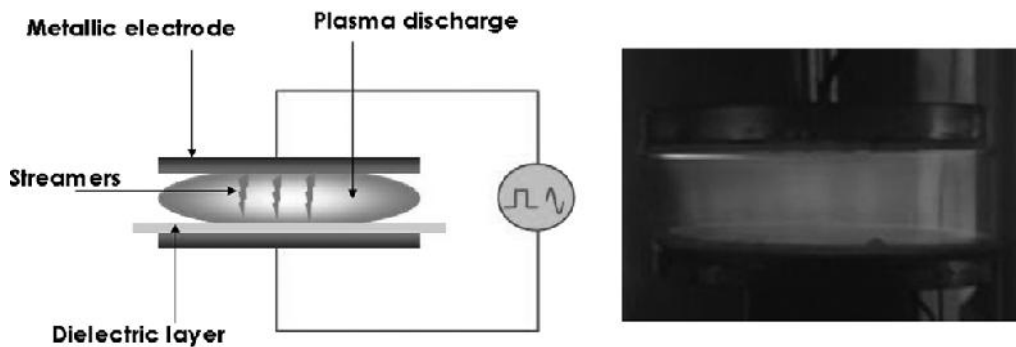
non-thermal plasma ซึ่งได้แก่ โคโรนาดิสชาร์จ (corona discharge) แบบไดอิเล็กทริก DBD (dielectric barrier) APPJ , Atmospheric glow MHCD ตามแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งแต่ละชนิดของอุปกรณ์จะใช้แหล่งจ่ายพลังงานที่ต่างต่างกัน โดยแบบโคโรนาดิสชาร์จจะใช้ pulsed DC และ DBD ใช้กระแสไฟฟ้าสลับ(AC) หรือคลื่นความถี่วิทยุ (rf) เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 แสดงคุณสมบัติของพลาสมาที่ดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศ

Parameters	Corona Discharge	DBD	APPJ	Atmospheric glow MHCD
Method and Type	Sharply pointed electrode	Dielectric barrier cover on electrode	RF Capacitively coupled	DC glow with micro hollow cathode electrode
Excitation	Pulsed DC	AC or RF	RF 13.5 MHz	1 bar
Pressure (bar)	1 bar	1 bar	760 torr	1 bar
Electron energies (eV)	5 variable	1-10	1-2
Electron Density, cm ⁻³	10 ⁹ - 10 ¹³ variable	≈ 10 ¹² - 10 ¹⁵	10 ¹¹ - 10 ¹²	
Breakdown Voltage(kV)	10-50	5-25	0.05-0.2
Scalability and Flexibility	No	Yes	Yes	Yes
T _{max} Temp T(K)	Room	Average gas Temp(300)	400	2000
Gas	N ₂ ⁺ O ₂ ⁺ NO ₂ ⁺ Rare gas/Rare gas halides	Helium, Argon	Rare gas Rare gas/Rare gas halides

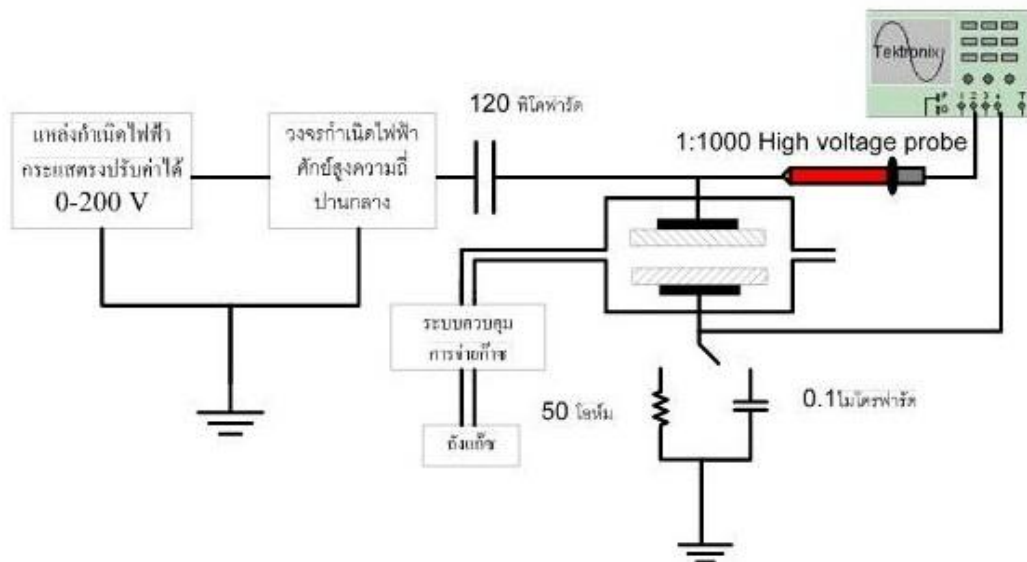
2.5 พลาสมาความดันบรรยากาศแบบ DBD (Dielectric barrier discharge)

เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบไปด้วยแผ่นโลหะขนาน 2 แผ่นซึ่งทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรด โดยทั่วไป การออกแบบและสร้างพลาสมาแบบ DBD จะมีส่วนประกอบสำคัญๆ 2 ส่วนใหญ่ คือ 1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแรงสูงความถี่ปานกลาง 2) ห้องพลาสมา ซึ่งจะแตกต่างจากระบบพลาสมาทั่วไปคือแบบบรรยากาศสามารถจุดพลาสมาที่ความดันปกติได้ ระบบพลาสมาแบบ DBD ขั้วไฟฟ้าทั้งที่ขนานกัน จะถูกคั่นหรือปิดด้วยไดอิเล็กทริก เพื่อป้องกันการอาร์คของพลาสมา โดยแผ่นขั้วไฟฟ้าถูกจัดให้วางตามตำแหน่งดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงการวางของขั้วไฟฟ้าและตำแหน่งการเกิดพลาสมา

ที่มา C. Tendo et al. / Spectrochimica Acta Part B 61 (2006) 2 – 30



ภาพที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบแหล่งกำเนิดพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ

ที่มา http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/courses/scpy360/lab6_theory.pdf

จากภาพที่ 4 วงจรกำเนิดไฟฟ้าศักย์สูงนั้นใช้หลักการสวิตชิงแบบฟูลบริดจ์อินเวอร์เตอร์ ซึ่งแปลงไฟกระแสตรงจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ 0-200 โวลต์ ไปเป็นกระแสสลับรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 18 เฮอร์ตซ์ โดยใช้สวิตซ์อิเล็คทรอนิกส์ MOSFET ซึ่งรับสัญญาณจาก IC

และกระแสไฟรูปลิ้นที่เปลี่ยนนั้นจะถูกกรองด้วย วงจรตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ เพื่อลดสัญญาณที่ฮาร์โมนิกสูงๆ ก่อนที่จะถูกจ่ายเข้าสู่หม้อแปลงไฟ เพื่อให้ได้ไฟฟ้าศักย์สูงซึ่งสามารถจ่ายไฟได้สูงสุด อย่างไรก็ตาม ศักย์ไฟฟ้าที่จ่ายขึ้นอยู่กับแก๊สที่ใช้จุดพลาสมาหรือนำเข้าไปในระบบ ส่วนการควบคุมพลังงานของพลาสมานั้นจะควบคุมผ่านแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ซึ่งส่วนนี้จะมีส่วนควบคุมป้อนกลับและวงจรป้องกันกระแสเกิน โดยหากปรับความต่างศักย์ให้สูงขึ้นพลังงานของพลาสมาจะสูงขึ้น ทั้งนี้การควบคุมพลังงานของพลาสมายังคงไม่คงที่ไปด้วยจึงยังต้องมีการปรับจูนความต่างศักย์เสมอตลอดเวลาการทำงานเพื่อให้พลังของพลาสมาคงที่

ห้องกำเนิดพลาสมาถูกออกแบบให้เป็นระบบปิด ซึ่งประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ประกอบไปด้วยไดอิเล็กทริกปิดคลุมขั้วไฟฟ้าเพื่อป้องกันการอาร์คของพลาสมา และเว้นระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าแต่ละขั้วจะถูกติดกับแผ่นระบายความร้อนและพัดลมระบายความร้อน เพื่อป้องกันขั้วไฟฟ้ามีความร้อนสะสมสูงเกินไป ซึ่งจะทำให้ไดอิเล็กทริกและวัสดุที่นำมาทำพลาสมาถูกทำลาย ทั้งนี้แก๊สที่สามารถนำมาจุดพลาสมาในความดันบรรยากาศนั้นมีหลายชนิด โดยมักใช้แก๊สอาร์กอนหรือฮีเลียมเป็นแก๊สหลัก เพื่อทำหน้าที่เป็นแก๊สนำพาเพื่อช่วยในการจุดพลาสมาและทำให้พลาสมามีความสม่ำเสมอ โดยแก๊สแต่ละชนิดจะถูกควบคุมด้วยระบบควบคุมการจ่ายและผสมก๊าซก่อนที่จะถูกส่งสู่ห้องกำเนิดพลาสมา

2.6 การปรับปรุงผิวชิ้นงานด้วยกระบวนการพลาสมา

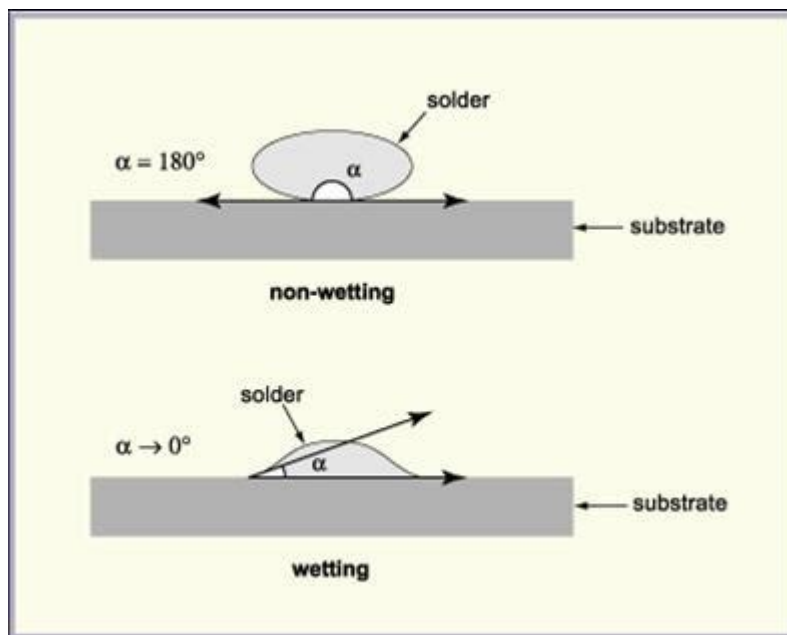
การปรับปรุงผิวด้วยกระบวนการพลาสมานั้น สามารถทำให้ผิวชิ้นงาน เช่น โลหะ พลาสติก แก้ว หรือพอลิเมอร์ มีทั้งความไม่ชอบน้ำและชอบน้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสมาแก๊สที่ใช้ เช่น แก๊ส CH_4 เมื่อแตกตัวในพลาสมาจะสามารถทำให้เกิด fluoric groups ซึ่งสามารถแสดงสมบัติ hydrophobic บนตัวอย่างชิ้นงาน เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติพื้นผิวมีความชอบน้ำหรือไม่ชอบน้ำเพิ่มขึ้นนั้น สามารถพิจารณาจากค่าการวัดมุมสัมผัส (contact angle: CA) ที่เปลี่ยนไปหลังจากผ่านกระบวนการอาบด้วยพลาสมา โดยผิวชิ้นงานที่มีความชอบน้ำ $\text{CA} < 90^\circ$ พื้นผิวไม่ชอบน้ำจะวัดมุมสัมผัสได้ $\text{CA} > 90^\circ$ และพื้นผิวที่มีความไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (super hydrophobic) $\text{CA} > 180^\circ$

2.7 ปฏิริยาเคมีของพลาสมา (plasma surface chemistry)

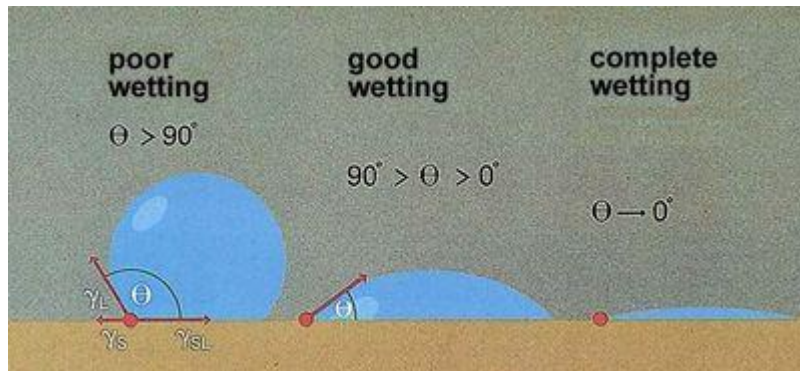
ในสถานะพลาสมาที่ประกอบไปด้วยอนุภาคที่พลังงานมาก เช่น ไอออน อิเล็กตรอน หรือโปรตอน ซึ่งสามารถถ่ายพลังงานให้กับโมเลกุลหรืออะตอมของสสารที่สัมผัสอยู่กับพลาสมาได้ ทำให้อะตอม หรือโมเลกุลของสสารเหล่านี้หลุดออกจากตำแหน่งเดิมไป หรือทำให้พันธะระหว่างอะตอมในสสารถูกทำลาย ส่งผลให้เกิดการแตกตัวของโมเลกุล หรือการจัดเรียงตัวของอะตอมหรือโมเลกุลใหม่เป็นโครงสร้างใหม่ เช่น การพอลิเมอร์ไรเซชันหรือการเชื่อมกับโมเลกุล สมบัติของวัสดุหรือสสารเหล่านี้จึงถูกปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น ผ้าไหม เมื่อถูกปรับสภาพด้วยพลาสมาของอาร์กอนจะสามารถซึมซับน้ำได้ดีขึ้น โครงสร้างของแป้งมันสำปะหลังที่จับแน่น กันมากขึ้น ลดการดูดกลืนความชื้น ช่วยยืดอายุการจำหน่ายหรือการเก็บรักษาให้ยาวนานขึ้น

2.8 การวัดและคำนวณมุมสัมผัส

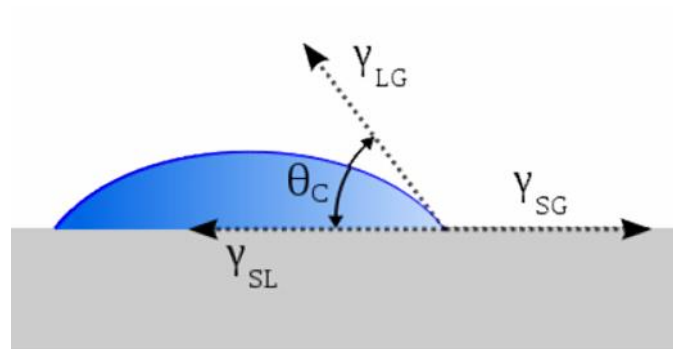
การวัดผิววัสดุที่มีสมบัติชอบน้ำมากน้อยเพียงใด สามารถวัดได้จากการสังเกตรูปทรงหยดน้ำบนผิววัสดุนั้น เช่น หากหยดน้ำมีลักษณะค่อนข้างแบน ไม่โค้งนูนมาก แสดงว่าผิววัสดุมีสมบัติชอบน้ำหรือเปียกน้ำง่าย ในทางตรงข้ามหากหยดน้ำมีลักษณะเป็นเม็ดนูนเด่นชัดแสดงว่า ผิววัสดุมีสมบัติไม่ชอบน้ำมากหรือเปียกน้ำยาก แต่การจำแนกสมบัติความชอบน้ำไม่ชอบน้ำของพื้นผิววัสดุในเชิงวิชาการจะใช้ค่ามุมสัมผัส (contact angle) ระหว่างผิวหยดน้ำกับผิววัสดุเป็นตัวบอก โดยจากภาพที่ 4 แสดงหยดน้ำที่พื้นผิวต่างกัน และภาพที่ 5 แสดงมุมสัมผัสของหยดน้ำแบบต่างๆ โดยที่หากหยดน้ำกับวัสดุมีมุมสัมผัสระหว่างผิวน้อยกว่า 90 องศา แสดงว่าผิววัสดุมีสมบัติชอบน้ำหรือเป็นผิวไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) ถ้ามุมสัมผัสระหว่างผิวอยู่ระหว่าง 90 - 150 องศา แสดงว่าผิววัสดุมีสมบัติไม่ชอบน้ำหรือผิวไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) และถ้าหยดน้ำกับพื้นผิวมีค่ามุมสัมผัสระหว่างผิวตั้งแต่ 150 - 180 องศา แสดงว่าผิววัสดุนั้นมีสมบัติไม่ชอบน้ำยิ่งยวดหรือเป็นผิวซูเปอร์ไฮโดรโฟบิก (super hydrophobic)



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะหยดน้ำบนพื้นผิวที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2.6 แสดงมุมสัมผัสของหยดน้ำ



ภาพที่ 2.7 แสดงตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณในสมการยัง (Young's equation)

การเกาะติด (Attachment) ของหยดน้ำกับพื้นผิวชิ้นงานจะแสดงถึงความคงตัวได้ในลักษณะของมุมสัมผัส (θ , Contact Angle) ตามภาพที่ 7 สามารถแสดงโดยสมการของยัง (Young's Equation) ดังนี้คือ

$$\gamma_{SG} = \gamma_{SL} + \gamma_{LG} \cos \theta \quad (15)$$

เมื่อ θ คือ มุมสัมผัส

γ_{SG} คือ ความตึงผิวระหว่างผิวของของแข็งและอากาศ

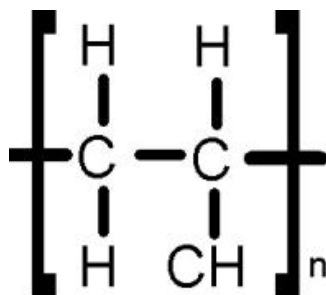
γ_{SL} คือ ความตึงผิวระหว่างผิวของของแข็งและของเหลว

γ_{LG} คือ ความตึงผิวระหว่างผิวของของเหลวและอากาศ

2.9 โพลีโพรพิลีน (polypropylene - PP)

โพลีโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่สังเคราะห์ขึ้นโดย Giulio Natta และนักเคมีชาวเยอรมัน Karl Rehn ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1954 ในประเทศสเปน โดยโพลีโพรพิลีนที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบผลึกชนิด isotactic การค้นพบครั้งนี้เป็นการบุกเบิกนำไปสู่การผลิตเพื่อการค้าต่อมาในปี 1957 และ Giulio Natta และผู้ร่วมงานยังได้สังเคราะห์โพลีโพรพิลีนชนิด syndiotactic ขึ้นเป็นครั้งแรก

โพลีโพรพิลีนเป็นเทอร์โมพลาสติกที่มีลักษณะเป็นของแข็ง ไม่มีสี มีทั้งโปร่งใสและโปร่งแสง ผิวเป็นมันเงา ทนกรด เบส และสารเคมีต่างๆ ยกเว้นไฮโดรคาร์บอนและคลอรีนเตตไฮโดรคาร์บอน โพลีโพรพิลีนเป็นพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเป็นเส้นตรงประกอบด้วยโมโนเมอร์ของโพรพิลีน (C_3H_6) หลายๆ ตัว เกิดจากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของก๊าซโพรพิลีน โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสารประกอบพวกโลหะ เช่น ไทเทเนียมคลอไรด์ การใช้ชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาและสภาวะของการเกิดปฏิกิริยาที่แตกต่างกัน ทำให้ได้โพลีโพรพิลีนที่มีการจัดเรียงโครงสร้างต่างกัน 3 ชนิดคือ isotactic syndiotactic และ atactic ขึ้นอยู่กับทิศทาง การจับของหมู่เมธิลกับอะตอมคาร์บอน แสดงตามภาพที่ 2.8 มีสมบัติดีกว่าโพลีเอทิลีนหลายอย่าง ได้แก่ ทนแรงกระแทกสูง ทนการขีดข่วน ทนสารเคมี มีจุดอ่อนตัวสูง มีความหนาแน่นต่ำ และมีอุณหภูมิในการหลอมสูง ทำให้ใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ซึ่งการผลิต PP นั้นมีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตแต่ละรายซึ่งในความเป็นจริงแล้วผู้ผลิตแต่ละรายจะมีกระบวนการผลิตที่เป็นของตนเอง เพื่อให้เกิดคุณสมบัติต่างๆที่แน่นอน เช่น การดูดซับสี ความมันวาว การนำความร้อนและภาคตัดขวางใย



ภาพที่ 2.8 โครงสร้างทางเคมีของโพลีโพรพิลีน

ที่มา <http://www.graylineinc.com/tubing-materials/polypropylene.html>

โพลีโพรพิลีนมีสมบัติดีกว่าพอลีเอทิลีน (Polyethylene; PE) หลายอย่าง ได้แก่ ทนแรงกระแทกสูง ทนการขีดข่วน ทนสารเคมี มีจุดอ่อนตัวสูง มีความหนาแน่นต่ำ และมีอุณหภูมิในการหลอมสูง ทำให้ใช้งานที่อุณหภูมิสูงถึง 120 องศาเซลเซียส ซึ่งการผลิตโพลีโพรพิลีนนั้นมีความแตกต่างกันไปตามผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งในความเป็นจริงแล้วผู้ผลิตแต่ละรายจะมีกระบวนการผลิตที่เป็นของตนเอง เพื่อให้เกิดคุณสมบัติต่างๆที่แน่นอน เช่น การดูดซับสี ความมันวาว การนำความร้อนและภาคตัดขวางใย เป็นต้น

2.9.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

เส้นใยพอลิโพรพิลีน เป็นเส้นใยที่มีความเบามาก โดยคุณสมบัติทั่วไปของเส้นใยพอลิโพรพิลีนสามารถกล่าวโดยสรุปดังนี้

- มีความแข็ง ความเปราะและแตกง่ายขึ้นน้อยกว่า (High Density Polyethylene; HDPE) และมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene; LDPE) มีผิวแข็ง ทนทานต่อการขีดข่วนคงตัวไม่เสีรูปร่างง่าย มีความทนทานมาก สามารถทำเป็นบานพับในตัว
- เมื่อไม่ได้ผสมสีมีลักษณะขาวขุ่น ไม่ทึบแต่ไม่ใส ทึบแสงกว่าพอลิเอทิลีน แต่ไม่ใสเท่ากับพอลิสไตรีน
- มีน้ำหนักเบา เนื่องจากมีความหนาแน่นน้อย ในช่วง 0.855 - 0.946 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเหตุนี้จึงสามารถลอยน้ำได้เช่นเดียวกับพอลิเอทิลีน
- มีจุดหลอมเหลวสูง 130–171 องศาเซลเซียส จึงสามารถทนอุณหภูมิสูงที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ (Sterilization: 100 องศาเซลเซียส) ได้
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก แม้ที่อุณหภูมิสูง
- มีความต้านทานการซึมผ่านของไอน้ำและแก๊สได้ดี
- ทนทานต่อสารเคมีส่วนมาก ได้แก่ กรด ต่าง แอลกอฮอล์ ตัวทำละลายอินทรีย์ แต่จะเกิดการพองตัว อ่อนนิ่ม หรือพื้นผิวเป็นรอยได้ในสารเคมี ที่มีองค์ประกอบเป็นคลอรีน หรือไฮโดรคาร์บอนทั้งชนิดอะโรมาติกและอะลิฟาติก เนื่องจากพอลิโพรพิลีนมีคุณสมบัติไม่มีขั้ว สามารถดูดซึมสารที่ไม่มีขั้วได้ดี ดังนั้นจึงสามารถทนต่อสารที่มีขั้วได้ดีกว่า และพอลิโพรพิลีนจะพองตัวและสลายตัวได้ในสารเคมีที่เป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรง เช่น ไกกรดไนตริก กรดซัลฟิวริกเข้มข้นและร้อน

2.9.2 การสลายตัวของพอลิโพรพิลีน

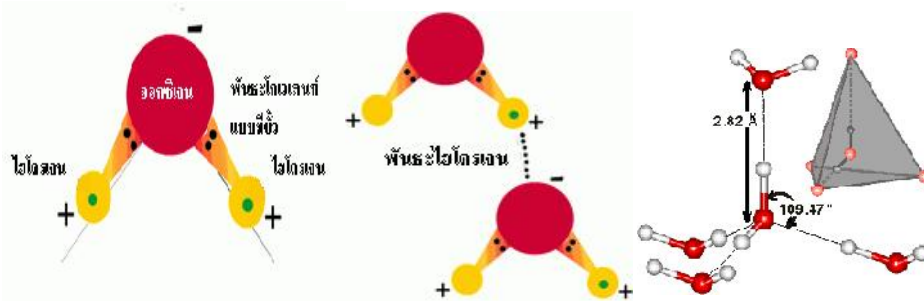
พอลิโพรพิลีนเกิดการสลายตัวได้ง่ายในสภาวะที่มีแรงกระแทก ความร้อน ออกซิเจน แสง UV เนื่องจากโครงสร้างมี tertiary carbon atom ที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่ายทำให้ตัดพันธะ พอลิเมอร์สายสั้นลง และให้สารกลุ่มอัลดีไฮด์ กรดคาร์บอกซิลิก แลคโตนและเอสเทอร์ออกมาทำให้พอลิเมอร์ไม่คงทน มีรอยแตกและเหลือง

2.9.3 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิโพรพิลีน

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิโพรพิลีนที่พบเสมอคือ กล่องเครื่องมือ กระเป๋า ปกแฟ้มเอกสาร กล่องและตลับเครื่องสำอาง เครื่องใช้ในครัวเรือน กล่องบรรจุอาหาร อุปกรณ์ของรถยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วัสดุบรรจุภัณฑ์ในอุตสาหกรรม อุปกรณ์ทางการแพทย์ ขวดใส่สารเคมี กระจองน้ำมันเครื่อง กระจองสบู่ และถุงบรรจุปุ๋ย

2.10 ความชอบน้ำ (Hydrophilic)

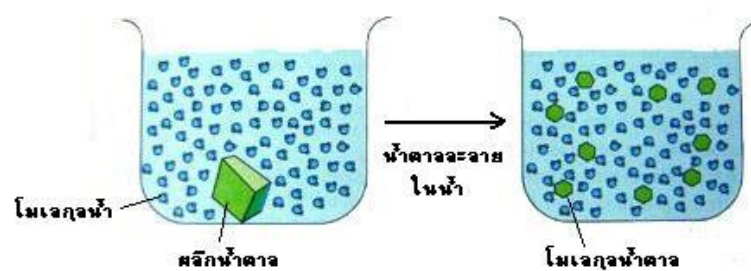
น้ำเกิดจากไฮโดรเจน 2 อะตอม ยึดจับกับออกซิเจน 1 อะตอมด้วยพันธะโคเวเลนต์ โดยน้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ประกอบด้วยบริเวณที่เป็นขั้วลบอ่อนๆ 2 บริเวณ และขั้วบวกอ่อนๆ 2 บริเวณ ทำให้เกิดพันธะระหว่างโมเลกุลของน้ำ พันธะดังกล่าวคือพันธะไฮโดรเจนที่ยึดระหว่างขั้วบวก ที่บริเวณอะตอมไฮโดรเจนของน้ำโมเลกุลหนึ่งกับขั้วลบบริเวณอะตอมออกซิเจนของน้ำอีกโมเลกุลหนึ่ง น้ำ 1 โมเลกุลสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำโมเลกุลอื่นได้ถึง 4 โมเลกุล ถึงแม้ว่าแต่ละพันธะจะยึดกันด้วยแรงที่อ่อน แต่เมื่อกำหนดถึงจำนวนพันธะไฮโดรเจนที่ยึดโมเลกุลของน้ำทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วก็จะมีความแข็งแรงมาก ทำให้น้ำมีแรงตึงผิว (surface tension) สูง ความร้อนจำเพาะ (specific heat) สูง จึงทำให้ต้องใช้ความร้อนสูงในการทำให้น้ำระเหยเป็นไอ ก่อนที่น้ำจะแข็งตัวปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นน้ำแข็งจึงมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำที่มีสถานะเป็นของเหลว



ภาพที่ 2.9 ประจุในโมเลกุลน้ำและพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลน้ำที่อยู่ใกล้กัน

ที่มา <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-biology1/Chapter2/Part3.html>

การที่โมเลกุลของน้ำมีขั้วทำให้สามารถยึดจับกับสารที่มีขั้วได้ ทำให้น้ำสามารถเคลื่อนที่ในท่อเล็กๆ ได้ (capillary movement) และสามารถเป็นตัวทำละลายที่ดีสำหรับอไอออนและโมเลกุลที่มีขั้ว (polar molecule) โมเลกุลที่ละลายในน้ำได้เรียกว่า ไฮโดรฟิลิก (hydrophilic) หรือ พวกที่ชอบน้ำ โมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (nonpolar molecule) ไม่สามารถละลายในน้ำและแยกตัวออกจากน้ำเรียกว่า ไฮโดรโฟบิก (hydrophobic) หรือ พวกที่ไม่ชอบน้ำ



ภาพที่ 2.10 การละลายน้ำของน้ำตาลเนื่องจากคุณสมบัติไฮโดรฟิลิก

ที่มา <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-biology1/Chapter2/Part3.html>

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Navaneetha และคณะ (2008) ปรับปรุงพื้นผิวของแผ่นพอลิโพรพิลีนเนื่องจากด้อยคุณสมบัติในด้านการเกาะติด (poor adhesion) และการพิมพ์ (printability) โดยใช้กระบวนการพลาสมาแบบดิสชาร์จ โกลวดิสชาร์จ (DC glow discharge) ซึ่งใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบกระแสตรงขนาด 1.5 กิโลโวลต์ และใช้อากาศเป็น processing gas และใช้เวลาในการอบพลาสมา 3, 5, 10 และ 15 นาที ซึ่งทำให้พื้นผิวของพอลิโพรพิลีน มีความชอบน้ำมากขึ้นซึ่งเพิ่มคุณสมบัติการยึดเกาะ ซึ่งความชอบน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพลาสมาสามารถตรวจสอบได้โดยพิจารณาจากค่ามุมสัมผัสที่ลดลงโดยทดสอบโดยการหยดทดสอบโดยน้ำบริสุทธิ์ กลีเซอรอล และการวัด surface energy นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์พื้นผิวชิ้นงานและส่วนประกอบทางเคมีของการอบพลาสมาโดยใช้เครื่องกล้องจุลทรรศน์แรง และ สเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ (X-Ray Photoelectron Spectroscopy; XPS) ซึ่งพบว่าเกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้ว (polar functional group) บนผิวของพอลิโพรพิลีน นอกจากนี้ XPS spectra ยังแสดงปริมาณเพิ่มขึ้นของหมู่ฟังก์ชันแบบมีขั้ว และความเข้มข้นของออกซิเจน ซึ่งเมื่อมีการอบพลาสมานานขึ้นพบว่าผิวของพอลิโพรพิลีน มีความขรุขระมากขึ้น

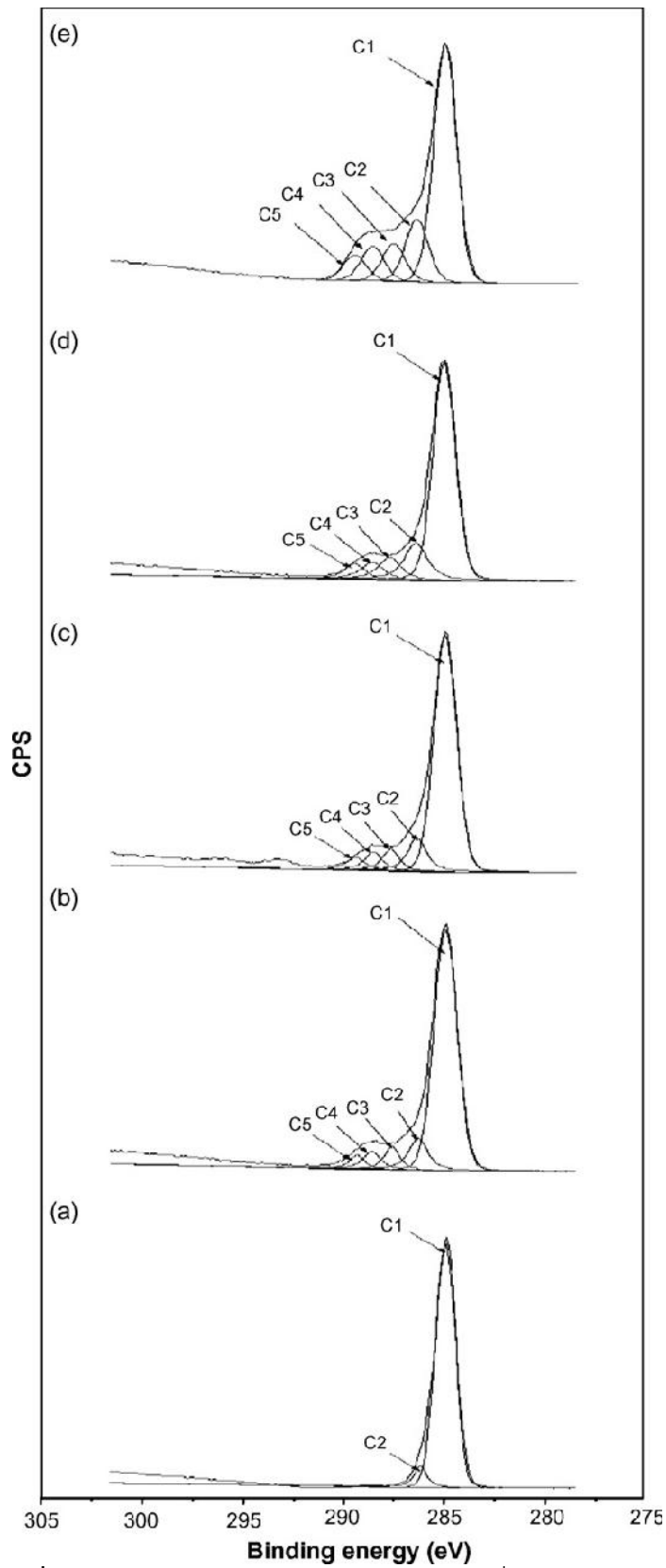
Gomathi และคณะ (2008) ใช้อาร์กอนพลาสมาปรับปรุงพื้นผิวของพอลิโพรพิลีนให้มีความชอบน้ำ โดยใช้การดิสชาร์จแบบคลื่นความถี่วิทยุ (radiofrequency discharge) ซึ่งจากการวิจัยพบว่า การอบพลาสมาด้วยก๊าซอาร์กอนทำให้เพิ่มคุณสมบัติของการเปียก (wettability) เพิ่มขึ้น โดยใช้ค่าของ surface energy ที่ได้วิเคราะห์ชิ้นงานที่อบพลาสมาอธิบายสำหรับข้อมูลของค่ามุมสัมผัสเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความชอบน้ำของชิ้นงาน การปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าของคลื่นความถี่วิทยุ (RF power) ความดัน และเวลาในการอบพลาสมา มีผลต่อพลังงานพื้นผิวของผิวพอลิโพรพิลีน ส่วนอัตราการไหลของของแก๊สในภาชนะสุญญากาศมีผลต่อการ interaction effect แต่ไม่ได้เป็นปัจจัยหลักต่อการเพิ่มหรือลดพลังงานพื้นผิวของผิวพอลิโพรพิลีน ซึ่งมีผลต่อการชอบน้ำโดยตรง ซึ่งผลการวิจัยรายงานเงื่อนไขที่เหมาะสมของการอบพลาสมาด้วยอาร์กอนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ คือใช้ กำลังไฟฟ้า 155 วัตต์ ที่ความดัน 20.8 ปาสคาล อัตราการไหลของก๊าซ 16 sccm ใช้เวลา 8 นาที

Carrino และคณะ (2001) ศึกษาการใช้ cold plasma บนพื้นผิวพอลิโพรพิลีน โดยพิจารณาคุณสมบัติการเปียกและการยึดเกาะบนพื้นผิวที่เปลี่ยนไปบนพอลิโพรพิลีน ซึ่งการเกิดพลาสมาใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง AC ปรับค่าความต่างศักย์ 0-30 กิโลโวลต์ กระแสไฟฟ้าสูงสุด 30 มิลลิแอมป์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ ดิสชาร์จแก๊สที่ความดันระหว่าง 300 - 9000 ปาสคาล ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าเงื่อนไขที่ทำให้มีการเพิ่มของคุณสมบัติการเปียกจากผลการวัดค่ามุมสัมผัส (contact angle) คือการจุดพลาสมาที่ความต่างศักย์ไฟฟ้า 10 กิโลโวลต์ อัตราการไหลของแก๊ส 20 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อชั่วโมง อบพลาสมาเป็นเวลา 30 วินาที ซึ่งพบว่ามุมลดลงจากก่อนอบพลาสมา 86° เป็น 60°

Wang และ คณะ (2010) ใช้ Dielectric barrier discharge (DBD) ของแก๊สไนโตรเจนที่ความดันบรรยากาศสำหรับการปรับปรุงพื้นผิวของผ้าพอลิโพรพิลีนแบบไม่ทอ ซึ่งตรวจสอบความชอบ

น้ำที่เพิ่มขึ้นโดยการพิจารณาการวัดมุมสัมผัสที่ลดลงของน้ำที่ใช้ทดสอบ ซึ่งจากการวิจัยพบว่าการอบพลาสติกในช่วงเวลาสั้นๆของผิวโพลีโพรพิลีนแบบไม่ทอ สามารถปรับปรุงพื้นผิวชั้นงานให้มีความชอบน้ำมากขึ้น และผลการวิเคราะห์จาก FTIR และพีคของ C1s จากสเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ ระบุว่ามีการเพิ่มฟังก์ชันแบบมีขั้วของออกซิเจนและไนโตรเจนบนผิวชั้นงาน

Navaneetha และคณะ (2009) ได้ปรับปรุงผิวฟิล์มโพลีโพรพิลีนโดยใช้ การดิสซาร์จพลาสติกแบบไฟฟ้ากระแสตรง โดยศึกษาคุณสมบัติการยึดเกาะผิวที่ถูกปรับปรุง โดยการวัดมุมสัมผัสและพบว่าพลาสติกด้วย DC ทำให้ผิวโพลีโพรพิลีนมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างเคมีควบคู่ไปกับการพื้นผิวโครงสร้างทางกายภาพก็มีการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน นอกจากนี้พบว่าหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้วที่ผิวชั้นงานเพิ่มขึ้นโดยมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาในการอบพลาสติก ซึ่งเมื่อนำไปวัดมุมสัมผัสพบว่ามุมสัมผัสมีค่าน้อยลง ทั้งนี้งานวิจัยได้ยืนยันการทดลองโดยการวิเคราะห์ด้วยสเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ แสดงผลตามภาพที่ 11 ซึ่ง ตำแหน่ง (a) แสดงสเปกตรัมของพื้นผิว PP ก่อนการอบพลาสติก (b) แสดงสเปกตรัมของพื้นผิว PP ก่อนการอบพลาสติก 3 นาที (c) แสดงสเปกตรัมของพื้นผิว PP ก่อนการอบพลาสติก 5 นาที (d) แสดงสเปกตรัมของพื้นผิว PP ก่อนการอบพลาสติก 10 นาที (e) แสดงสเปกตรัมของพื้นผิว PP ก่อนการอบพลาสติก 15 นาที ซึ่งพบว่าการเกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีขั้วมากขึ้น แต่จากผล AFM พบว่าที่ระยะเวลาในการอบพลาสติกมากขึ้นทำให้พื้นผิวมีความขรุขระเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน



ภาพที่ 2.11 การวิเคราะห์ด้วย XPS บนแผ่น PP ที่ระยะเวลาการอาบพลาสมาแตกต่างกัน

Jaleh และคณะ (2010) ทำให้เกิดความชอบน้ำอย่างมาก (super-hydrophilicity) บนเมมเบรนพอลิพรพิลีน โดยการอาบออกซิเจนพลาสมาโดยใช้คลื่นความถี่วิทยุเป็นตัวจ่ายพลังงานให้เกิดพลาสมา ซึ่งผลการวิจัยพบว่าค่ามุมสัมผัสของเมมเบรนพอลิพรพิลีนที่ถูกอาบด้วยออกซิเจนพลาสมาลดลงอย่างไม่เชิงเส้นเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการอาบพลาสมา ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยสเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์ยืนยันการเกิดความชอบน้ำด้วยปริมาณออกซิเจนบนเมมเบรน และจากการวิจัยพบว่าสามารถวัดค่ามุมสัมผัสได้ 70° เมื่ออาบชิ้นงานด้วยพลาสมาเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาที

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของพลาสมาที่ส่งผลต่อความชอบน้ำของพอลิโพรพิลีน แบบไม่ทอ ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ผ้าอ้อมผู้ใหญ่ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปของพอลิโพรพิลีน หลังจากผ่านกระบวนการอาบพลาสมาที่เงื่อนไขต่างๆ โดยการนำชิ้นงานที่ได้ทำการวิเคราะห์ประเด็นต่างๆ ได้แก่ ลักษณะโครงสร้างพื้นผิว ความชอบน้ำ องค์ประกอบทางเคมีที่วิเคราะห์หาชนิดและองค์ประกอบหลักทางเคมี เป็นต้น

3.1 วัสดุอุปกรณ์

3.1.1 สารเคมี แสดงได้ดังรายการต่อไปนี้

- เมทิลแอลกอฮอล์ (methyl alcohol)
- น้ำกลั่นบริสุทธิ์ (Deionized water)

3.1.2 วัสดุอุปกรณ์สำหรับเครื่องพลาสมา

- หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงขนาด 40 วัตต์
- ออสซิลโลสโคป
- ตัวเก็บประจุ
- ตัวปรับกระแส
- แผ่นทองแดงสำหรับขั้ว DBD
- แผ่นอะครีลิกสำหรับฐานขั้วไฟฟ้า
- ฟิวส์

3.1.3 วัสดุอุปกรณ์อื่นๆ

- แผ่นเส้นใยพอลิโพรพิลีน
- ไดรเป่าลมลมเย็น
- ปีกเกอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- เครื่องทำความสะอาดระบบอัลตราโซนิก

3.2 วิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ตอนโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การออกแบบและสร้างเครื่องพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ

พัฒนาอุปกรณ์พลาสมาชนิดดิสชาร์จที่ความดันบรรยากาศ โดยทำการศึกษารูปแบบอุปกรณ์และชนิดการปล่อยประจุของพลาสมาแบบความดันบรรยากาศ และเลือกแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า ออกแบบรูปแบบของอุปกรณ์ การนำแก๊สเข้าระบบ และส่วนสำหรับวางชิ้นงาน โครงสร้างของ DBD มีการจัดเรียงขั้วไฟฟ้าทองแดงแบบแผ่นวางขนานกัน และมีวัสดุไดอิเล็กทริก (Dielectric material) กั้นอยู่ระหว่างแผ่นทองแดง โดยงานวิจัยนี้ใช้พลาสติกแผ่นใสเป็นไดอิเล็กทริก ซึ่งจะช่วยลดการสัมผัส

กับพลาสมาโดยตรงและป้องกันสีกกร่อนของขั้วไฟฟ้า และป้องกันการเกิดการarcing ที่แรงดันไฟฟ้าสูง การออกแบบจะเริ่มจากการออกแบบวงจรถ่ายโดยใช้หม้อแปลงกระแสสลับแรงดันไฟสูงต่อเข้ากับตัวเก็บประจุ เมื่อได้วงจรเรียบร้อยแล้วจะนำไปติดตั้งกับกล่องอะคริลิก หลังจากติดตั้งวงจรเรียบร้อยแล้วจะตัดแผ่นทองแดงขนาดเท่ากันเพื่อใช้เป็นขั้วไฟฟ้าสำหรับระบบโดยแผ่นทองแดงที่ได้จะถูกยึดติดกับแผ่นอะคริลิกซึ่งใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า

ตอนที่ 2 การศึกษาและทดสอบเครื่องพลาสมา

ทำการทดสอบการจุดพลาสมา และศึกษาพารามิเตอร์ ชนิดของสปิชีส์ที่ได้จากพลาสมา โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ติดตั้งระบบวงจรถ่ายกับแผ่นขั้วไฟฟ้าทองแดง
2. นำหม้อแปลงแบบปรับค่าต่อเข้ากับแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
3. ทดสอบระยะห่างระหว่างแผ่นทองแดงทั้งสอง เพื่อหาระยะที่เหมาะสมในการจุดพลาสมา

ตอนที่ 3 การศึกษาการนำเครื่อง DBD ไปใช้ในการอาบพลาสมา กับแผ่นเส้นใยพอลิโพรพิลีน

1. นำชิ้นงานที่ตัดเรียบร้อยแล้วไปทำความสะอาด
2. ล้างชิ้นงานด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที
3. ล้างชิ้นงานด้วยน้ำกลั่นด้วยเครื่องอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที
4. ศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงผิวพอลิโพรพิลีน และทำการทดลอง โดยปรับเปลี่ยนเงื่อนไขต่างๆ เช่น กำลังไฟฟ้า ความดัน เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับแผ่นพอลิโพรพิลีนให้มีความชอบน้ำมากที่สุด
5. ทดสอบการจุดพลาสมาเพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมของช่องว่างระหว่างแผ่นขั้วไฟฟ้าทั้งสอง โดยพิจารณาที่ระยะห่าง 3 มิลลิเมตร, 5 มิลลิเมตร ตามลำดับ สังเกตการเกิดพลาสมาในแต่ละระยะห่างและเลือกระยะที่พลาสมามีความสม่ำเสมอที่สุดใช้ในการทดลอง
6. ศึกษาวิเคราะห์หาผลจากการอาบพลาสมา เช่น ความชอบน้ำ พื้นผิวและโครงสร้างส่วนประกอบของพื้นผิวพอลิโพรพิลีน ในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง

3.3 เครื่องมือวิเคราะห์

3.3.1 วิเคราะห์โครงสร้างผิว โดยใช้เทคนิค จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (Scanning Electron Microscopy; SEM)

การใช้เครื่องมือ SEM เพื่อวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิว โครงสร้างจุลภาค ของชิ้นงานพลาสมา โดยใช้เครื่องมือยี่ห้อ JEOL รุ่น JSM-540 ซึ่งสามารถใช้กำลังแยกแยะเชิงระยะทางได้ประมาณ 3.5 มิลลิเมตร ที่ 30 กิโลโวลต์ ซึ่งสามารถถ่ายภาพที่กำลังขยายสูงถึง 20,000 เท่า

3.3.2 การวัดสเปกตรัม โดยใช้เทคนิค แบบ Attenuated Total Reflectance (ATR)

การใช้เครื่องมือ FTIR เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของชิ้นงานที่ผ่านการอาบพลาสมา โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ Spectrum One FT-IR Spectrometer (Perkin

Elmer) เทคนิค Attenuated Total Reflectance (ATR) ผลิต ZnSe แหล่งกำเนิดแสงช่วง Middle range infrared (4000-650 เซนติเมตร⁻¹) โดยมี Resolution 4 เซนติเมตร⁻¹

3.3.3 การทดสอบการซึมน้ำ

การทดสอบการซึมน้ำ โดยนำชิ้นงานหลังจากการอบพลาสมาและซังน้ำหนักก่อนการจุ่ม หลังจากนั้นนำไปจุ่มน้ำกลั่นใช้เวลานาน 10 วินาที และนำขึ้นจากน้ำทิ้งไว้ 60 วินาที นำไปซังน้ำหนักหลังจุ่ม

บทที่ 4 ผลการวิจัย

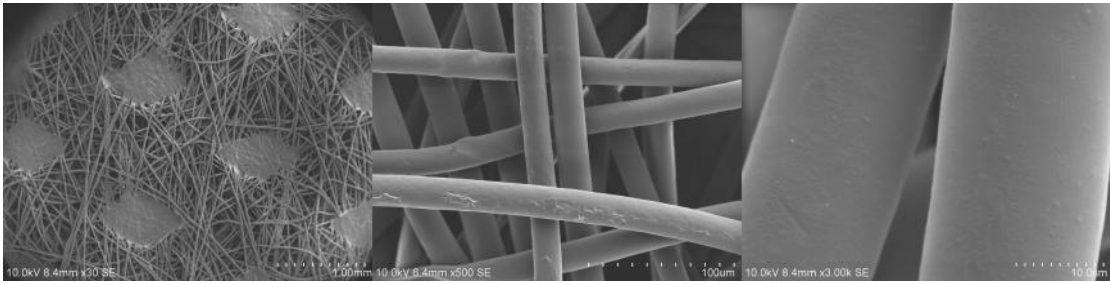
งานวิจัยนี้ได้ทำการปรับปรุงพื้นผิวของพอลิโพรพิลีนซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผ้าอ้อมผู้ใหญ่ โดยใช้กระบวนการพลาสมาที่ความดันบรรยากาศแบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ดิสชาร์จ โดยการปรับปรุงให้พื้นผิวของพอลิโพรพิลีนมีความชอบน้ำเพิ่มขึ้น โดยในเบื้องต้นได้ทำการทดสอบหาระยะห่างระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริก และความต่างศักย์ที่เหมาะสมในการจูดพลาสมา หลังจากนั้นจึงทำการศึกษาอิทธิพลของเวลาในการอาบพลาสมา ที่ช่วงเวลาต่างๆ ได้แก่ 30 วินาที, 60 วินาที, 90 วินาที ตามลำดับ เมื่อได้ชิ้นงานที่ผ่านการอาบพลาสมาในแต่ละเงื่อนไขจะทำการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวและโครงสร้างทางเคมี

ผลการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิว

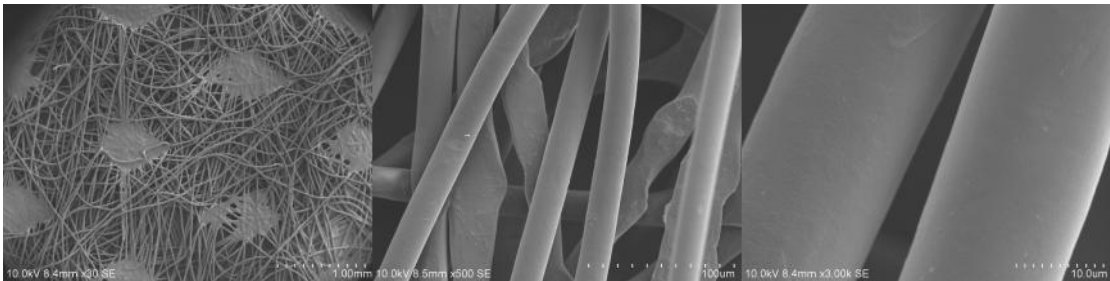
จากการวิเคราะห์โครงสร้างพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด(SEM) ของพอลิโพรพิลีนแบบไม่ทอระหว่างก่อนการอาบพลาสมา (untreated) และอาบพลาสมา (treated) ที่เวลา 15 วินาที และ 30 วินาที ตามลำดับ โดยภาพที่ได้จะแสดงถึงลักษณะพื้นผิว (topography) ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะพื้นผิวของเส้นใยพอลิโพรพิลีนก่อนการอาบพลาสมา โดยใช้กล้อง SEM ที่ 20 กิโลวัตต์ สเกล 1 มิลลิเมตร 100 ไมโครเมตร 10 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งพบว่าที่ขนาดภาพสเกล 100 ไมโครเมตรหรือขนาดภาพระดับไมครอน ลักษณะพื้นผิวเปลี่ยนไปเมื่อเทียบกับภาพที่ 4.2 และ 4.3 ที่อาบพลาสมาเวลา 15 วินาที และ 30 วินาทีตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 แสดงภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีนก่อนการอาบพลาสมา ที่กำลังขยาย (ก) 30 เท่า (ข) 500 เท่า และ (ค) 3000 เท่า ตามลำดับ

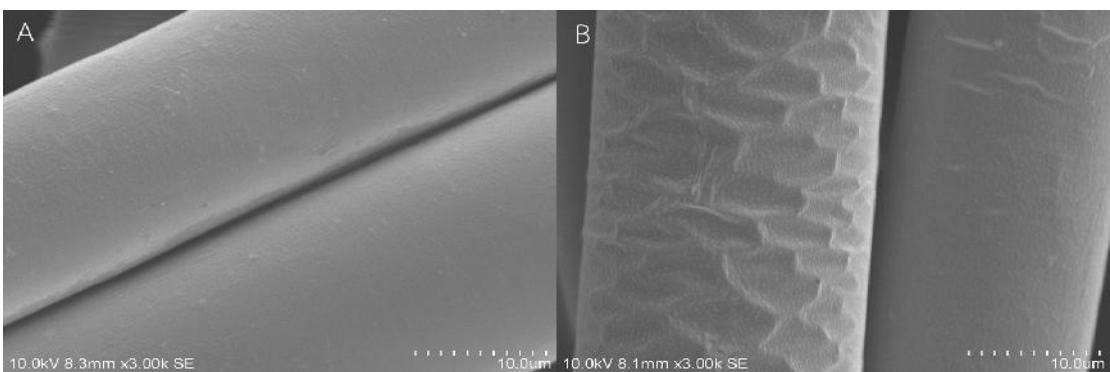


ภาพที่ 4.2 แสดงภาพ SEM ของเส้นใยโพลีโพรพิลีน อาบพลาสมา 15 วินาที ที่กำลังขยาย (ก) 30 เท่า (ข) 500 เท่า และ (ค) 3000 เท่า ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 แสดงภาพ SEM ของเส้นใยโพลีโพรพิลีน อาบพลาสมา 30 วินาที

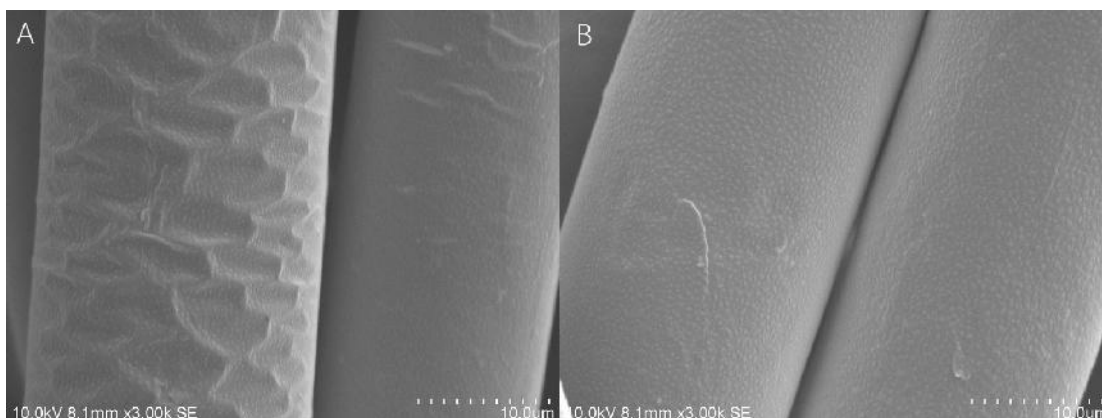
เมื่อทำการเปรียบเทียบภาพระดับไมครอนตามภาพประกอบ 4.4 พบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างคล้ายระลอกคลื่น (ripple-like structure) โดยเห็นชัดเจนที่การอาบพลาสมาที่ 30 วินาที ซึ่งเป็นผลจากการเกิด plasma etching



ภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบภาพ SEM ของเส้นใยโพลีโพรพิลีน (ก) ก่อนอาบพลาสมาและ (ข) หลังอาบพลาสมา 30 วินาที ที่กำลังขยาย 3000 เท่า

เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อทำการอาบพลาสมาเพิ่มขึ้นเป็น 45 วินาที พบว่าลักษณะพื้นผิวของเส้นใยเปลี่ยนไป โดยที่โครงสร้างคล้ายระลอกคลื่นมีขนาดเล็กลง ซึ่งความเป็นไปได้เกิดจากหลาย

กลไก โดยที่ในระหว่างการเกิดพลาสมาการ etching ลดลง ทำให้พื้นผิวเกิดความขรุขระลดลง ในขณะที่ตัวกันอิเล็กทรอนิกส์พลังงานสูงก็สามารถตัดสายโซ่โพลีเมอร์ ซึ่งทำให้เกิดอนุมูลอิสระซึ่งอาจไปทำปฏิกิริยากับอนุพันธ์ของพลาสมาที่ว่องไว (reactive plasma species) เกิดเป็นปฏิกิริยาต่างๆแทนการ etching บริเวณผิว



ภาพที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบภาพ SEM ของเส้นใยพอลิโพรพิลีน (A) ออบพลาสมา 30 วินาที และ(B) หลังออบพลาสมา 45 วินาที กำลังขยาย 3000 เท่า

การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

ในการทดสอบการดูดซึมน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน ของเงื่อนไขพลาสมาต่างๆ พบว่าก่อนการออบพลาสมาเส้นใยสามารถอุ้มน้ำได้เพียง 0.0022 กรัม และ 0.0119 กรัม เมื่อทำการแช่เส้นใยในน้ำในเวลา 30 วินาทีและ 60 วินาที ตามลำดับ และเมื่อเปลี่ยนเงื่อนไขการออบพลาสมา 30, 60, 90, 120 และ 150 วินาที พบว่าการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการออบพลาสมา ดังตาราง 4.1 นอกจากนี้พบว่าระยะเวลาในการแช่น้ำ 30 และ 60 วินาที ของแต่ละเงื่อนไข ไม่มีนัยสำคัญมากนัก เนื่องจากมวลน้ำที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณการอุ้มน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน ในเงื่อนไขการออบพลาสมาต่างๆ



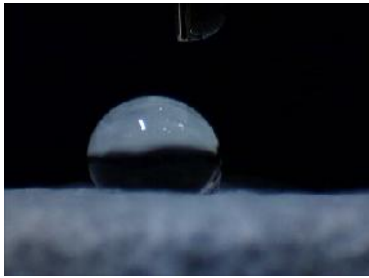
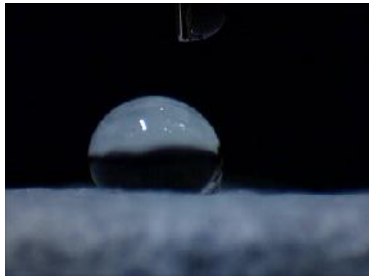
เวลาในการออบพลาสมา (วินาที)	มวลน้ำเมื่อแช่เส้นใย 30 วินาที (กรัม)	มวลน้ำเมื่อแช่เส้นใย 60 วินาที (กรัม)
ไม่ออบพลาสมา	0.0122	0.0119
30	0.0442	0.0445
60	0.0321	0.0473
90	0.0532	0.0500
120	0.0555	0.0597
150	0.0746	0.0786

ความชอบน้ำ (Hydrophilic)

เมื่อทำการทดสอบความชอบน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน โดยทำการทดลองหยดน้ำขนาด 2 มิลลิลิตรลงบนเส้นใย หลังจากนั้นบันทึกด้วยวิดีโอและทำการบันทึกภาพในช่วงเวลา 10 วินาที 20 นาที 30 วินาที ตามลำดับ



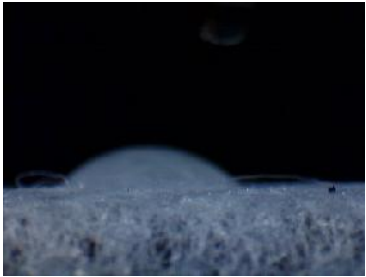
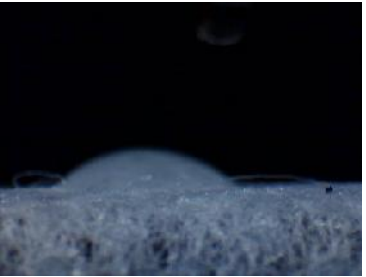
จากตารางที่ 4.2 จะพบว่าเมื่อเริ่มหยดน้ำ หยดน้ำไม่ซึมผ่านพื้นผิวเส้นใยพอลิโพรพิลีน แต่เมื่อผ่านการอบพลาสมา

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อไม่มีการอบพลาสมา





เวลาในการอบพลาสมา(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
0		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		

จากตารางที่ 4.2 เมื่อทำการทดลองหยดน้ำบนชิ้นงานที่ผ่านการทำความสะอาดโดยกระบวนการบพที่ 3 โดยไม่ผ่านกระบวนการอบพลาสมา พบว่าเมื่อทดลองหยดน้ำและทำการสังเกตตั้งแต่เริ่มหยดน้ำ และเวลาในช่วง 10, 20, 30 วินาที

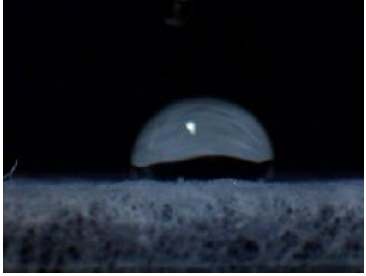

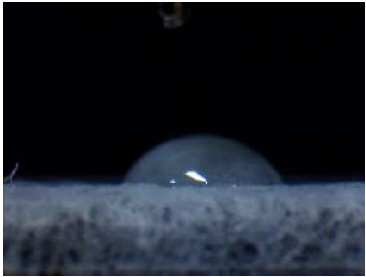
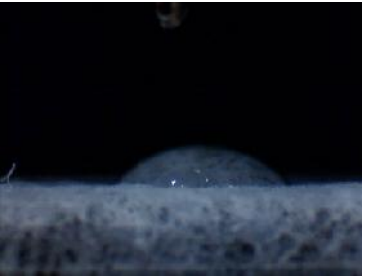
ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อเส้นใยผ่านการอบพลาสติก 30 วินาที

เวลาในการอบพลาสติก(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
30		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		


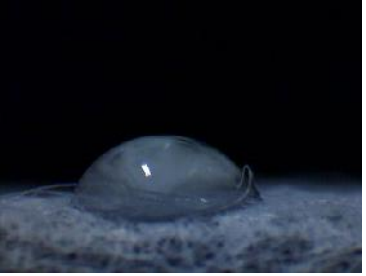

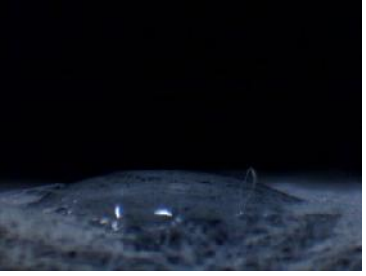
ตารางที่ 4.4 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อเส้นใยผ่านการอบพลาสมา 60 วินาที

เวลาในการอบพลาสมา(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
60		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		


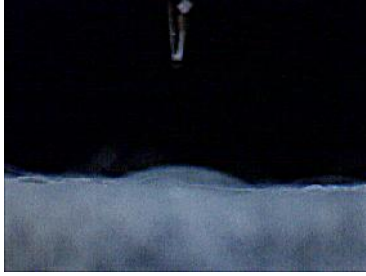


ตารางที่ 4.5 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อเส้นใยผ่านการอบพลาสติก 120 วินาที

เวลาในการอบพลาสติก(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
120		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		

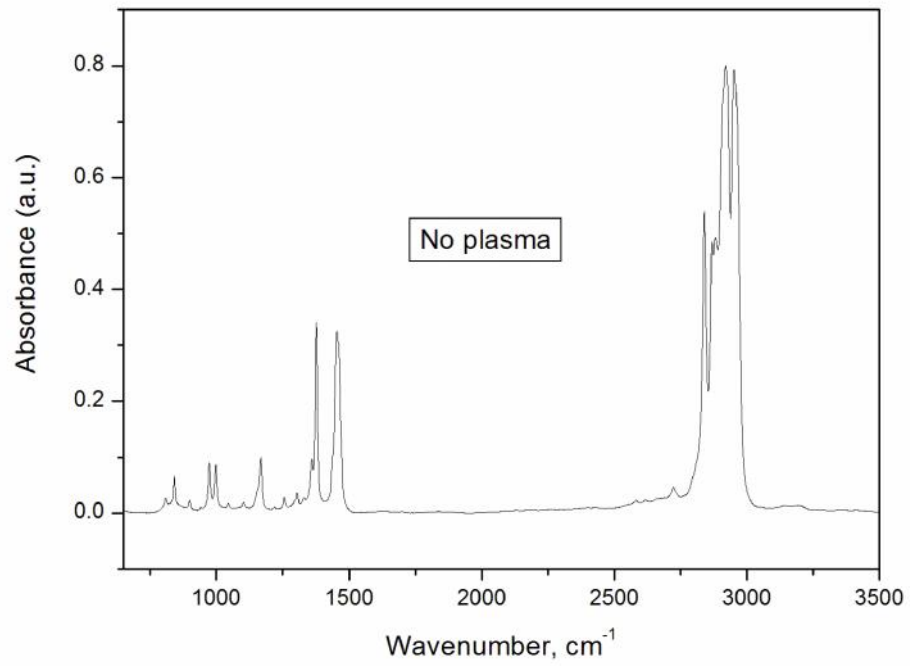
ตารางที่ 4.6 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อเส้นใยผ่านการอบพลาสติก 150 วินาที

เวลาในการอบพลาสติก(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
150		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		

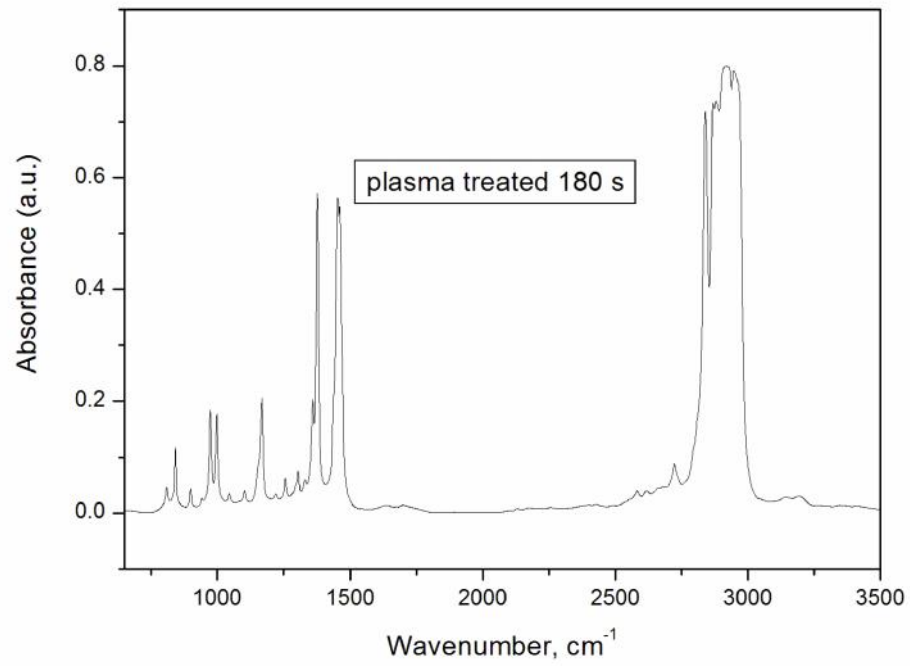
ตารางที่ 4.7 แสดงลักษณะของหยดน้ำของเส้นใยพอลิโพรพิลีน เมื่อเส้นใยผ่านการอบพลาสติก 180 วินาที

เวลาในการอบพลาสติก(วินาที)	เริ่มหยดน้ำ	ผ่านไป 10 วินาที
180		
	ผ่านไป 20 วินาที	ผ่านไป 30 วินาที
		

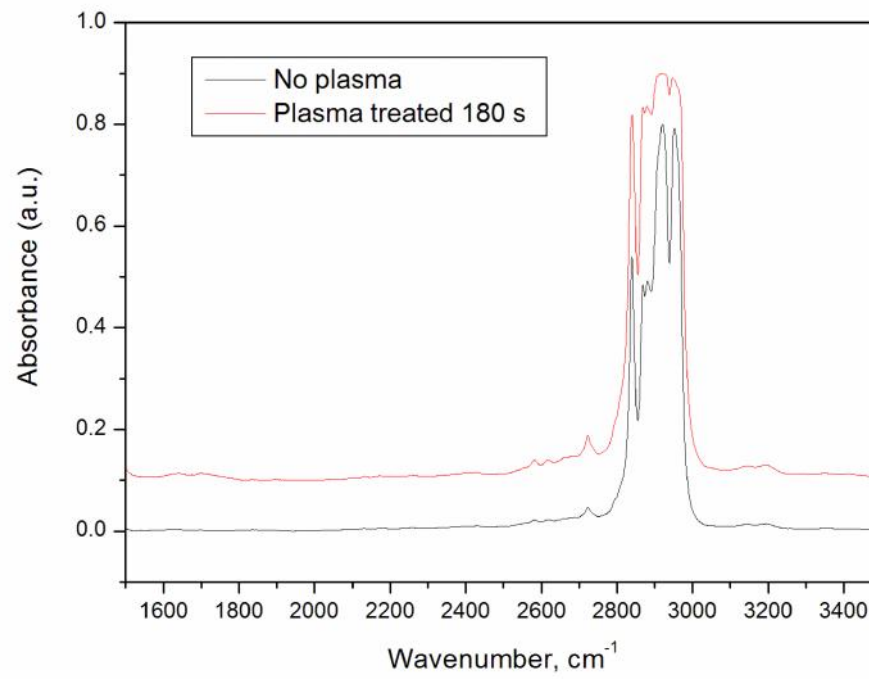
ผลการวิเคราะห์สเปกตรัม โดยใช้เทคนิค แบบ Attenuated Total Reflectance (ATR)



ภาพที่ 4.6 ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยโพลิโพรพิลีนก่อนการอาบพลาสมา



ภาพที่ 4.7 ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยโพลิโพรพิลีนของอาบพลาสมา 180 วินาที



ภาพที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบ ATR-FTIR สเปกตรัมของเส้นใยพอลิโพรพิลีนก่อนและหลังการอาบพลาสมา

บทที่ 5

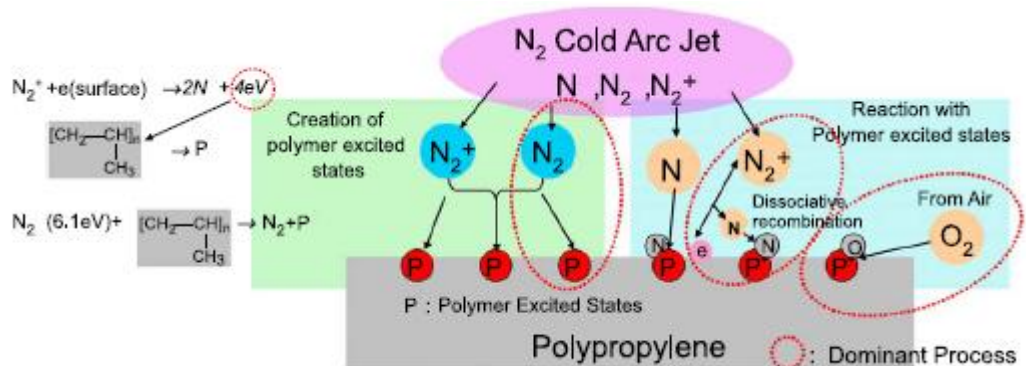
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองพบว่าสามารถปรับปรุงพื้นผิวของยางพาราแผ่นที่มีความไม่ชอบน้ำ ให้มีความชอบน้ำเพิ่มมากขึ้น ด้วยกระบวนการพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ แบบไดอิเล็กทริกแบริเออร์ ดิสชาร์จ โดยมีเงื่อนไขที่เหมาะสมคือจ่ายค่าความดันไฟฟ้าให้กับหม้อแปลงนีออนที่ 200 โวลต์ และให้ระยะห่างระหว่างแผ่นไดอิเล็กทริกห่างกัน 5 มิลลิเมตรใช้เวลาในการอาบพลาสมา 15,30,45,60 วินาที เพื่อปรับปรุงให้มีความชอบน้ำ ซึ่งพบว่าไม่สามารถวัดมุมสัมผัสได้หลังจากที่เส้นใยพอลิพรพิ ลินผ่านการอาบพลาสมาที่เงื่อนไขการอาบพลาสมา 15 วินาทีเป็นต้นไป โดยหลังจากการอาบ พลาสมาพื้นผิวของเส้นใยพอลิพรพิลีนมีความชอบน้ำอย่างยิ่งยวด และซึมผ่านพื้นผิวเส้นใยอย่าง รวดเร็ว เมื่อทดสอบด้วยการหยดน้ำกลั่น นอกจากนี้จากการส่องตัวอย่างของชิ้นงานที่อาบพลาสมา และทำการเปรียบเทียบ เพื่อศึกษาหมู่ฟังก์ชันที่เกิดขึ้นของชิ้นงานเมื่อผ่านกระบวนการพลาสมาและ ไม่ผ่านกระบวนการพลาสมาโดยเครื่องมือวิเคราะห์ ATR-FTIR ทำให้พบว่ากระบวนการพลาสมาทำ ให้ผิวของชิ้นงานพอลิพรพิลีนมีคุณสมบัติเปลี่ยนไป โดยทำให้เกิดหมู่ไฮโดรฟิลิกหรือหมู่ฟังก์ชันที่มี ความชอบน้ำเพิ่มขึ้นบนผิวชิ้นงานที่อาบพลาสมา

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงเพื่อให้พื้นผิวของแผ่นยางพาราที่มีความชอบน้ำเพิ่มมาก ขึ้น พบว่าปัจจัยที่ทำให้พื้นผิวของเส้นใยพอลิพรพิลีนมีความชอบน้ำอย่างยิ่งยวด มีความเป็นไปได้ 2 กรณี คือ กรณีแรกในทางเคมี (Chemical) คือการที่ผิวชิ้นงานมีหมู่ฟังก์ชันของความชอบน้ำมากขึ้น จากผลการวิเคราะห์โดย ATR-FTIR เนื่องจากพลาสมามีพลังงานมากพอที่จะไปสลายพันธะของแผ่น ยางพารา และเกิดการสร้างพันธะใหม่ และเกิดหมู่ฟังก์ชันที่มีความชอบน้ำขึ้น กรณีที่ 2 ทางด้าน กายภาพ (Physical) โดยพิจารณาจากลักษณะร่องโครงสร้างพื้นผิวที่เปลี่ยนไปจากผลการวิเคราะห์ SEM ซึ่งพื้นผิวที่เรียบขึ้น



ภาพที่ 4.9 แสดงไดอะแกรมที่อาจจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างอากาศและพื้นผิวพอลิพรพิลีน
ที่มา Yoon-Ho Choi and others. Surface & Coatings Technology 193 (2005) 319– 324

ซึ่งการที่พื้นผิวของเส้นใยพอลิโพรพิลีนมีหมู่ฟังก์ชันเปลี่ยนไปอาจเกิดจากปฏิกิริยาที่อธิบายโดย ยูนิโธ และคณะ ซึ่งได้อธิบายการเกิดปฏิกิริยาดังภาพที่ 4.9 จากไดอะแกรม N_2^* และ N_2^+ จะ excite พื้นผิวของพอลิโพรพิลีน และแตกพันธะ C-C (C-H) และทำให้เกิดพื้นผิวเกิดสถานะกระตุ้นซึ่งเกิดจากไนโตรเจนหรือออกซิเจนในอากาศ โดยทำให้เกิดหมู่ฟังก์ชันใหม่ขึ้นมา เช่น คาร์บอนิล (carbonyl) และ carbonate ซึ่งมีความสัมพันธ์กับไนโตรเจนและออกซิเจนบนผิวชิ้นงาน และทำให้พื้นผิวมีความชอบน้ำเพิ่มขึ้น

ปัญหาและอุปสรรค

ระบบการจุดพลาสมามีความไม่เสถียร เนื่องจากเป็นการจุดพลาสมาที่ความดันบรรยากาศ จึงต้องเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมและควบคุมสภาพอากาศให้ใกล้เคียงกันทุกครั้งที่ทำการทดลอง และเกิดการอาร์คของเครื่องบ้อย ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการจุดพลาสมาเพื่อทำการปรับปรุงชิ้นงาน นอกจากนั้นแผ่นไดอิเล็กทริกเมื่อใช้ทดลองหลายครั้ง พบว่าเมื่อจุดพลาสมาพบว่าพลาสมามีความไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นเมื่อทำการทดลองในทุกชุดเงื่อนไขจำเป็นต้องใช้แผ่นไดอิเล็กทริกเดิม หากมีการเปลี่ยนแผ่นไดอิเล็กทริกต้องทำการทดลองชุดเงื่อนไขการทดลองใหม่

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

สร้างระบบปิดและมีการใช้แก๊สเฉื่อยช่วยในการจุดพลาสมา เนื่องจากระบบเป็นระบบเปิด ทำให้ปัจจัยภายนอกมีผลต่อการจุดพลาสมา และพลาสมาไม่มีความสม่ำเสมอ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

แม้ว่าระบบพลาสมาแบบไดอิเล็กทริกดิสชาร์จ จะสามารถจุดพลาสมาที่ความดันบรรยากาศได้ แต่หากทำในระบบปิดและมีการใช้แก๊สเฉื่อย ในระบบ เช่น อาร์กอน จะทำให้ความหนาแน่นของพลาสมาเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งใช้เวลาในการอาบพลาสมาที่นานขึ้น เพื่อให้พื้นผิวชิ้นงานเกิดการรวมตัวเป็นหมู่ฟังก์ชันที่มีความชอบน้ำมากขึ้น นอกจากนั้นเพื่อการสร้างหมู่ฟังก์ชันที่มีความชอบน้ำมากขึ้น อาจใช้สารเคมีที่มีความชอบน้ำเข้ามาช่วย เพื่อให้เกิดพันธะที่มีความเสถียรของหมู่ฟังก์ชันที่ชอบน้ำเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมภาษาไทย

ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : นามมีบุ๊กส์พับลิเคชันส์, 2546.

วีไลวรรณ ทองเจริญ. ภาวะสุขภาพของผู้สูงอายุ. วารสารมหาวิทยาลัยมหิดล, 2539.

พวงทอง ไกรพิบูลย์. ผู้สูงอายุ. สืบค้นเมื่อ 20 ธันวาคม, 2556, จาก <http://haamor.com/th>

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. ผ้าอ้อมสำเร็จรูป, สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม, 2556, จาก <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/6/child-cloth/index4.htm>

ธวัฒน์ชัย เทพนวลและคณะ, การออกแบบและการสร้างระบบพลาสติกชีวภาพที่ความดันบรรยากาศเพื่อการประยุกต์ใช้ในงานสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2550.

ปิยวรรณ สุรัญญาจิรสกุล วิวัฒนาการของผ้าอ้อมสำเร็จรูป ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ แหล่งที่มา <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/6/child-cloth/index3.htm>

มหาวิทยาลัยมหิดล. พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของน้ำมีความสำคัญอย่างไร. สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม, 2556, จาก <http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/ap-biology1/Chapter2/Part3.html>

บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ

Carrino, L., Moroni, G., Polini, W.,(2002). Cold plasma treatment of polypropylene surface: a study on wettability and adhesion. *Journal of Material Processing Technology*, 121, 373-382.

Fernando, R. O., Andrea, Z., Antonio, P. S., (2014). Dyeing mechanism and optimization of polyimide 6,6 functionalized with double barrier discharge (DBD) plasma in air. *Applied Surface Science*, 293, 177-186

Gomath, N., Neogi, S., (2009). Surface modification of polypropylene using argon plasma: Statistical optimization of the process variables. *Applied Surface Science*, 255, 7590-7600.

Jaleh, B., and others.,(2010). Induced super hydrophilicity due to surface modification of polypropylene membrane treated by O₂ plasma. *Applied Surface Science*, 257, 1655-1659.

Jeong, J.Y and others., (1998). Etching materials with an atmospheric-pressure plasma jet. *Plasma Source Sci. Technol.*, 7, 282-285.

Jozef, R., and others., (2003). Hydrophilization of polypropylene nonwoven fabric using surface barrier discharge. *Surface and Coatings Technology*, 169-170, 604-608.

- K. Navaneetha P., and others., (2009). Modification of surface properties of polypropylene (PP) film using DC glow discharge air plasma. *Applied Surface Science*, 255 ,3965–3971.
- Kim, M.C., and others. (2003). Surface modification for hydrophilic property of stainless steel treated by atmospheric-pressure plasma jet. *Surface and Coatings Technology*, 171, 312–316.
- Huang K.-S., Lian H.-S., Chen J.-B., (2011). Study on the modification of PP Nonwoven Fabric. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19, 82-87.
- Navaneetha, K., Selvarajan, V., Deshmukh, R.R., and Gao, C.,(2009). Modification of surface properties of polypropylene (PP) film using DC glow discharge air plasma. *Applied Surface Science*, 255, 3965-3971.
- Qufu, W., and others., (2006). Dynamic water adsorption behavior of plasma-treated polypropylene nonwovens, 25, 717-722.
- Wang, K., and others.,(2010). Surface modification of polypropylene non-woven fabric using atmospheric nitrogen dielectric barrier discharge plasma. *Applied Surface Science*, 256, 6859-6864.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

นางสาวจิราภรณ์ พงษ์โสภา เกิดเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2521 ณ จังหวัดชัยภูมิ สำเร็จ การศึกษาระดับปริญญาตรี ศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อ พ.ศ. 2541 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ เมื่อ พ.ศ. 2546 และปริญญาเอกวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์นาโนและเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2554 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2542 อาจารย์ประจำ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ ได้แก่

- 1) J. Pongsopa, B. Paosawatyanong, P. Visuttpitukul. Surface Hardening of aluminium –copper alloy 2011 by rf plasma nitriding process. Key Engineering Materials, Volume 462-263, pages 1097-1102. (2011).
- 2) J. Pongsopa, P. Visuttpitukul, B. Paosawatyanong. Effect of hydrogen in rf plasma nitriding on Al-6wt%Cu alloy. Applied Mechanics and Materials, Volume 55-57, pages 1063 -1066. (2011).
- 3) J. Pongsopa, P. Visuttpitukul, B. Paosawatyanong. Low Temperature Plasma Nitriding of H13 Steel for Improved Surface Hardness. Rare journal. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ประธาน หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิตสาขา วิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวกัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล เกิดเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากรเมื่อ พ.ศ. 2542 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ เมื่อ พ.ศ. 2547 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและปริญญาเอก วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2553 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2554 อาจารย์ประจำ ภาววิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ ได้แก่ 1. B. Paosawatanyong, K. Honglertsakul, and D. K. Reinhard, DLC-film Schottky barrier diodes, Solid State Phenomena 2005; 107: 75-79. (Impact factor 0.493) 2. K. Honglertkongsakul, P. W. May, B. Paosawatanyong, Electrical and optical properties of diamond-like carbon films deposited by pulsed laser ablation. Diamond and Related Materials 2010; 19: 999-1002. (Impact factor 2.092) ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ผู้ช่วยคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ร่วมวิจัย

นางสาวนางสาวภัทริรา หอมหวล เกิดเมื่อวันที่ 7 ตุลาคม 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2543 ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ เมื่อ พ.ศ. 2547 จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและปริญญาเอกวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์นาโนและเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2554 ประสบการณ์การทำงาน พ.ศ. 2554 อาจารย์ประจำ ภาววิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์เผยแพร่ ได้แก่ 1) P. Homhuan, S. Chaiyakun, R. Thonggoom, N. Panich⁵ and S.Tungasmita Growth and structural characterizations of nanostructured chromium zirconium-nitride thin films for tribological applications. Material transactions, The Japan institute of materials 51 (2010) 1651-1655. 2) P. Homhuan, T. Nabatame, T. Chickyow and S. Tungasmita. Effect of Y content in (TaC)_{1-x}Y_x gate electrodes on flatband voltage control for Hf-based high-k gate stacks. Japanese journal of applied physics. In Press, Corrected Proof. ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน รองคณบดี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอยุธยา