بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تکمیل نانویی جهت خودتمیزشوندگی کالای نساجی

از:

امید منجی

استادان راهنما:

دکتر علی شمس ناتری

دکتر سعید باستانی

اسفند ۱۳۹۱

دانشکده فنی

گروه مهندسی نساجی

گرایش شیمی نساجی و علوم الیاف

تکمیل نانویی جهت خودتمیزشوندگی کالای نساجی

از:

امید منجی

استاد راهنما:

دکتر علی شمس ناتری

دکتر سعید باستانی

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تشکر و قدردانی

با سپاس از خداوند یکتا که مرا جهت انجام این پژوهش، مانند تمام مراحل زندگی یاری نمود.

بر خود واجب می‌دانم از زحمات استاید راهنما، جناب آقای دکتر علی شمس ناتری و جناب آقای دکتر سعید باستانی و مدیر محترم گروه مهندسی نساجی دانشگاه گیلان جناب آقای دکتر جواد مختاری، کمال تقدیر و تشکر را به جا آورم، هرچند جبران زحمات اساتید عزیز نخواهد بود. همچنین از تمامی پرسنل موسسه‌ی پژوهشی علوم و فناوری رنگ و تمام مسئولین آزمایشگاه‌های این موسسه به ویژه جناب آقای مهندس خراطی مسئول آزمایشگاه مرکب‌های چاپ و تمام اساتید موسسه، پرسنل و مسئولین آزمایشگاه‌های گروه مهندسی نساجی دانشگاه گیلان تقدیر و تشکر به عمل آورم.

فهرست مطالب

عنوان ..... شماره صفحه

چکیده فارسی ..... ذ

چکیده انگلیسی ..... ر

مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بیومیمتیک ۲

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی استفاده از لغت بیومیمتیک ۲

۱-۲-۲- مثال‌هایی از نمونه‌های طبیعی با قابلیت تقلید بالا ۲

۱-۲-۲-۱- گیاهان ۳

۱-۲-۲-۲- باکتری‌ها ۴

۱-۲-۳- گیاه نیلوفر آبی و اثر لوتوس ۵

۱-۳- خودتمیزشوندگی و ساز و کارهای آن ۶

۱-۳-۱- سطوح فتوکاتالیتی ۷

۱-۳-۲- سطوح ابرآبگریز ۸

۱-۴- پارچه ۹

۱-۴-۱- ساختمان لیف پنبه ۹

۱-۴-۲- پلی آمیدها ۱۳

۱-۴-۲-۱- نایلون۶ ..... ۱۶

۱-۴-۲-۲- نایلون۶۶ ..... ۱۸

۱-۵- مدل‌های ارائه شده جهت توضیح ترشوندگی سطوح ۲۲

۱-۵-۱- تئوری یانگ ۲۲

۱-۵-۲- مدل ونزل ۲۴

۱-۵-۳- مدل کسی-باکستر ۲۵

۱-۶- معیارهای ارزیابی رفتار ترشوندگی ۲۸

۱-۶-۱- زاویه تماس ایستا ۲۸

۱-۶-۲- زاویه لغزش ۲۸
۱-۶-۳- هیسترسیز زاویه‌ی تماس ۲۹
۱-۷- نانولوله‌های کربنی ۳۲
۱-۷-۱- خواص و ویژگی‌های نانو لوله‌های کربنی ۳۲
۱-۷-۲- دیسپرسیون نانو لوله‌های کربنی ۳۴
۱-۷-۲-۱- روش مکانیکی در دیسپرسیون نانو لوله‌های کربنی ۳۴
۱-۷-۲-۲- روش غیر مکانیکی در دیسپرسیون نانو لوله‌های کربنی ۳۴
۱-۷-۲-۳- روش‌های فیزیکی یا غیر کئووالانسی ۳۴
۱-۷-۲-۴- روش‌های شیمیایی یا کئووالانسی ۳۶
۱-۷-۳- اکسیداسیون نانولوله‌های کربنی ۳۷
۱-۷-۴- افزایش حلقوی به نانولوله‌های کربنی ۳۹
۱-۷-۵- ارگانوسیلانها و واکنشهای هیدرولیز-تراکم آنها ۴۲
۱-۸- مروری بر مقالات ۴۴
۱-۹- هدف از انجام پژوهش ۴۵
تجربیات ۴۷
۲-۱-مقدمه ۴۸
۲-۲- مواد مصرفی ۴۸
۲-۳- دستگاهها و تجهیزات مورد استفاده ۴۹
۲-۴- مراحل انجام آزمایشات ۴۹
۲-۴-۱- اکسیداسیون نانو لوله‌های کربنی ۴۹
۲-۴-۲- افزودن حلقه ۵۲
۲-۴-۳- واکنش سیلان‌دار کردن ۵۴
۲-۵ آماده سازی کالای شیشه‌ای ۵۵
۲-۶- آماده سازی کالای نایلونی ۵۵
۲-۷- آماده سازی کالای پنبه‌ای ۵۶

۲-۸- انتقال ماده به سطح کالا ۵۶
۲-۸-۱- انتقال ماده‌ی سنتز شده به سطح کالای شیشه‌ای ۵۶
۲-۸-۲- انتقال ماده‌ی سنتز شده به سطح کالای پارچه‌ای ۵۶
نتایج و بحث ۵۷
۳-۱ مقدمه ۵۸
۳-۲- واکنشها ۵۸
۳-۲-۱- واکنش اکسیداسیون نانو لوله‌های کربنی ۵۸
۳-۲-۲- واکنش افزودن حلقه ۵۸
۳-۲-۳- واکنش سیلان‌دار کردن ۵۹
۳-۳- نتایج طیف سنجی FTIR ۶۰
۳-۴- نتایج آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی ۶۴
۳-۴-۱- تغییر طول نانو لوله‌های کربنی قبل و بعد از واکنش‌ها ۷۱
۳-۵- نتایج طیف سنجی رامان ۷۳
۳-۶- بررسی زاویه تماس ایستا ۷۵
۳-۷- نتیجه‌گیری ۷۹
۳-۸ پیشنهادات ۷۹

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... شماره صفحه

شکل ۱-۱- برخی از نمونه های موجود در طبیعت..... ۳

شکل ۱-۲- ترشوندگی سطح..... ۴

شکل ۱-۳- تصاویر SEM سطح برگ برخی از گیاهان..... ۵

شکل ۱-۴- مکانیزم خود تمیز شوندگی برروی سطح فتوکاتالیتی..... ۸

شکل ۱-۵- رابطه بین انرژی سطح جامد و رفتار ترشوندگی سطح..... ۹

شکل ۱-۶- تصویر SEM سطح برگ نیلوفر آبی..... ۹

شکل ۱-۷- ساختار بتا-گلوکز..... ۱۰

شکل ۱-۸- ساختار سلوبیوز..... ۱۱

شکل ۱-۹- ساختار سلولز..... ۱۱

شکل ۱-۱۰- موقعیت اتم‌های حلقوی یک واحد سلوبیوز..... ۱۲

شکل ۱-۱۱- شمای ساختمان لیف پنبه قبل از اولین خشک شدن لیف..... ۱۳

شکل ۱-۱۲- یک قطره آب بر روی سطح..... ۲۳

شکل ۱-۱۳- روابط برداری نیروهای عمل کننده بر روی سطح تماس مایع و جامد زبر در مدل ونزل..... ۲۴

شکل ۱-۱۴- حالت مورد بحث در مدل کیسی-باکستر..... ۲۶

شکل ۱-۱۵- قطره آب بر روی سطوح آبگریز دارای زبری با θE = ۹۹.۶..... ۲۷

شکل ۱-۱۶- تغییر زاویه تماس بر روی ناهمواری‌های سطح..... ۲۹

شکل ۱-۱۷- یک قطره‌ی مایع بر روی سطوح مختلف..... ۲۹

شکل ۱-۱۸- نحوه‌ی قرار گیری قطره بر روی سطحی با شیب متناظر با زاویه لغزش..... ۳۱

شکل ۱-۱۹- روند رو به کاهش قیمت نانولوله‌ی کربنی تک دیواره، طی سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۴..... ۳۳

شکل ۱-۲۰- نمایش تصویری مکانیزم جدا شدن یک نانو لوله از تجمع نانو لوله ها ، در اثر عملکرد فعال کننده ی سطحی و اعمال اولتراسونیک..... ۳۴

شکل ۱-۲۱- واکنش فلوئوردار کردن نانولوله‌ی کربنی..... ۳۵

شکل ۱-۲۲- اکسیداسیون نانولوله‌ی کربنی، به عنوان مقدمه‌ای برای انجام واکنش‌های بعدی..... ۳۷

شکل ۱-۲۳- واکنش نانولوله‌ی کربنی با ترکیبات آزیدی و تشکیل حلقه‌ی آزیریدینی بر روی آن ۳۸
شکل۱-۲۴- فرمول واکنش بین C60 و N-متیل پیرولیدین ۳۹
شکل۱-۲۵- ایجاد استخلافات پیرولیدونی مختلف بر روی نانولوله‌های کربنی ۴۰
شکل ۱-۲۶- شمای کلی یک ساختار ارگانوسیلان ۴۲
شکل ۲-۱- شمای کلی عملیات رفلاکس ۵۱
شکل۳-۱- اکسیداسیون نانولوله‌های کربنی ۵۴
شکل۳-۲- مکانیزم واکنش 1,3-dipolar cycloadition بر روی نانولوله ی کربنی ۵۷
شکل۳-۳- مکانیزم سیلان‌دار شدن CNT-OH ۵۷
شکل۳-۴- منحنی طیف FTIR نانولوله ی کربنی ۵۹
شکل۳-۵- طیف FTIR ترکیب CNT-OH ۶۰
شکل ۳-۶- پرفلوئورو دسیل تری اتوکسی سیلان ۶۱
شکل ۳-۷- شکل FT-IR از ترکیب CNTs سیلان‌دار ۶۱
شکل۳-۸- تصویر SEM دیسپرسیون نانولوله‌های کربنی ۶۲
شکل۳-۹- تصویر SEM پارچه‌ی ٪۱۰۰ پنبه‌ای، تهیه ی یک دیسپرس نانولولهی کربنی درون اتانول و انتقال آن به سطح پارچه با روش لایه نشانی ۶۴
شکل ۳-۱۰ تصویر SEM پارچه‌ی ٪۱۰۰ نایلونی، تهیه‌ی یک دیسپرس نانولوله‌ی کربنی درون اتانول و انتقال آن به سطح پارچه با روش لایه نشانی ۶۵
شکل ۳-۱۱- تصویر SEM پارچه‌ی ٪۱۰۰ پنبه‌ای، تهیه‌ی یک دیسپرس نانولوله‌ی کربنی سیلان‌دار شده درون اتانول و انتقال آن به سطح پارچه با روش لایه نشانی ۶۶
شکل ۳-۱۲- تصویر SEM پارچه‌ی ٪۱۰۰ نایلونی، تهیه‌ی یک دیسپرس نانولوله‌ی کربنی سیلان‌دار شده درون اتانول و انتقال آن به سطح پارچه با روش لایه نشانی ۶۸
شکل ۳-۱۳- تصویر SEM سطح شیشه‌ای، تهیه‌ی یک دیسپرس نانولوله‌ی کربنی سیلان‌دار شده درون اتانول و انتقال آن به سطح شیشه از روش هات اسپری ۶۹
شکل ۳-۱۴- تصویر SEM از سطح پارچه ۷۰
شکل ۳-۱۵ - طیف رامان ۷۲

شکل۳-۱۶- تصویر قطره بر روی پارچه‌ی پنبه ای تکمیل شده با نانو لوله های کربنی سیلان‌دار به مقدار ۱/۱۰ میلی گرم بر متر مربع ۷۵
شکل ۳-۱۷- تصویر قطره بر روی پارچه‌ی نایلونی تکمیل شده با نانو لوله های کربنی سیلان‌دار ۷۵
شکل ۳-۱۸- تصویر قطره بر روی لامل اسپری شده با نانو لوله های کربنی سیلان‌دار ۷۵
شکل ۳-۱۹- تصویر قطره بر روی پارچه‌ی پنبه‌ای تکمیل شده با نانو لوله‌های کربنی سیلان‌دار به مقدار ۰/۲۰ میلی گرم بر متر مربع ۷۶
شکل ۳- ۲۰- تصویر قطره بر روی شیشه حاوی CNT-OH ۷۶

فهرست جداول

عنوان ..... شماره صفحه

جدول ۲-۱- میزان pH نانو لوله‌ی کربنی اکسید شده بعد از هر مرحله سانتریفیوژ..... ۵۱

جدول ۲-۲- جدول مقدار دی متیل فرمامید در هر مرحله و مدت زمان سونیکت کردن..... ۵۲

جدول ۲-۳- میزان افزودن سارکوزین در طی فرآیند رفلاکس..... ۵۳

جدول ۳-۱- خلاصه‌ی نتایج طیف رامان..... ۷۴

جدول ۳-۲- نتایج زاویه تماس ایستا بر روی سطوح پنبه، نایلون و شیشه تکمیل شده با مواد مختلف..... ۷۵

جدول ۳-۳- زاویه لغزش..... ۷۸

چکیده

تکمیل نانویی جهت خود تمیزشوندگی کالای نساجی

امید منجی

در این پژوهش تلاش شده است که نانو لوله‌های کربنی چند دیواره را تحت فرآیندهای مختلف عامل‌دار کردن قرار داده و سپس ماده سنتز شده از طریق روش لایه نشانی به سطح پارچه‌ی پنبه‌ای و پارچه‌ی نایلونی و از طریق روش اسپری داغ به سطح شیشه منتقل شود. پس از انجام این فرآیندها انتظار می‌رود سطوح تکمیل شده خاصیت خودتمیزشوندگی پیدا کنند. ماده‌ی اولیه‌ای که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است، نانو لوله‌های کربنی چند دیواره می‌باشد که هدف سیلان‌دار کردن آن می‌باشد. برای این کار ابتدا نانو لوله‌های کربنی اکسید شده و سپس تحت واکنش افزودن حلقه قرار داده شدند که این عمل تحت رفلاکس انجام گرفته شد. سپس ماده‌ی به دست آمده آماده‌ی انجام واکنش سیلان‌دار کردن با ماده‌ی پرفلوئورو دسیل تری اتوکسی سیلان می‌باشد که این عمل به عنوان آخرین فرآیند انجام گرفت. در مرحله آخر باید این ماده به سطح مورد نظر انتقال یابد. بعد از لایه نشانی باید آزمون‌های مختلفی گرفته شود تا درستی فرآیندهای انجام شده مشخص گردد. یک دسته از این آزمایشات نشان دهنده‌ی افزوده شدن صحیح گروه‌های عاملی به نانو لوله‌های کربنی می‌باشد. دسته‌ی دیگر این آزمایشات نشان دهنده‌ی عینی نتیجه‌ی کار می‌باشد که مهم‌ترین آن آزمون زاویه‌ی تماس ایستا است. آزمون SEM نشان می‌دهد که طول نانو لوله‌های کربنی کمی کوتاه شده است و همچنین آزمون FT-IR در مراحل مختلف نشان دهنده افزوده شدن گروه‌های عاملی بر سطح نانو لوله‌های کربنی می‌باشد. آزمون طیف سنجی رامان نشان دهنده میزان افزایش قطر یا همان کاهش تعداد دیواره‌های نانولوله‌های کربنی می‌باشد. آزمون آخر اندازه‌گیری زاویه تماس ایستا روی سطوح موردنظر می‌باشد. زاویه تماس آب بر روی سطوح مختلف از ۲۳° تا ۱۵۹° متغیر بود. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان گفت سطوح تکمیل شده دارای خاصیت خودتمیزشوندگی می‌باشند.

کلید واژه: خودتمیزشوندگی، نانولوله‌های کربنی، ابرآبگریزی، زاویه تماس ایستا، پارچه های ابرآبگریز

Abstract

Self-cleaning nano finishing for textile

Omid Monji

In this study, multi-walled carbon nanotubes under different functionalization processes were. After the synthesis and preparation of carbon nanotubes, it was Coated on the surface of the fabric and glass. After completion of these processes are expected to find self-cleaning properties. Material that has been used in this study, multi-walled carbon nanotubes, which is aimed Silanization it. Functionalization was performed according to such steps as oxidation, 1,3-dipolar cycloaddition and silanization. Silanization was conducted by 1H,1H,2H,2H Perfluorodecyltriethoxysilane. Finally the synthesized material is coating on the fabric and glass surface. After coating, several tests have been performed to determine the integrity of the process. After coating, different tests should be taken to recognize the rightness processes. A part of these tests show that CNTs are functionalized. The other part of tests show the objective results and the most important test is contact angle of drop. SEM analysis shows that, the length of CNTs a little shorter than before the reaction performed. Functionalization was directly confirmed and characterized by Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. Raman spectroscopy tests showed a diameter increase or decrease the number of walls of carbon nanotubes. Final exam test is the static contact angle. Water contact angle on the functionalized CNTs was varied from 23° up to 159° for different surface functionalities. According to the results, the surfaces after finishing have self-cleaning properties.

Keywords: Self- cleaning, CNTs, superhydrophobicity, Contact angle, Superhdrophobic fabrics.

مقدمه

۱-۱- مقدمه

دفع آب، خاک و آلودگی‌ها یکی از اهداف اصلی دانشمندان و تولیدکنندگان الیاف و منسوجات برای قرن ها بوده است [۱].

سطح‌های با خاصیت دفع بسیار بالا و خودتمیزشونده در طبیعت یافت می‌شوند. برگ گیاه نیلوفر آبی بهترین مثال برای سطوح خودتمیزشونده می‌باشد. فناوری پوشش‌های خود تمیزشونده به سرعت در سال‌های اخیر توسعه یافته است [۱].

در طبیعت اشیا تکامل یافته با کارایی بالا یافت می‌شود. درک و مطالعه این گونه اشیا و تلاش برای تقلید از این نمونه‌ها می‌تواند برای ساخت و تولید نانو مواد، قطعات نانو و ... ما را هدایت کند [۲].

۱-۲- بیومیمتیک[1]

طراحی‌ها و ساخت مواد الهام گرفته شده از طبیعت(یا علم بیولوژی) را بیومیمتیک می‌نامند. این لغت به معنی تقلید از زیست شناسی یا طبیعت است که ریشه یونانی دارد.این واژه برای اولین بار توسط اتواشمیت[2] در سال ۱۹۷۵ استفاده شد. زیرا این دانشمند برای پروژه دکترای خود مشغول ساخت یک ابزار فیزیکی بود که رفتار الکتریکی یک عصب واقعی را تقلید می کرد. مثال‌هایی از نمونه‌های شناخته شده در طبیعت وجود دارند، از جمله باکتری‌ها، گیاهان، حیوانات آبزی و صدف و ... که این مثال‌ها ظرفیت زیادی برای تجاری شدن دارند [۲].

۱-۲-۱- تاریخچه‌ی استفاده از لغت بیومیمتیک

واژه بیومیمتیک به نظر می‌رسد برای اولین بار در فرهنگ لغت وبستر[3] در سال ۱۹۷۴ به کار گرفته شد و به صورت زیر تعریف شده است:

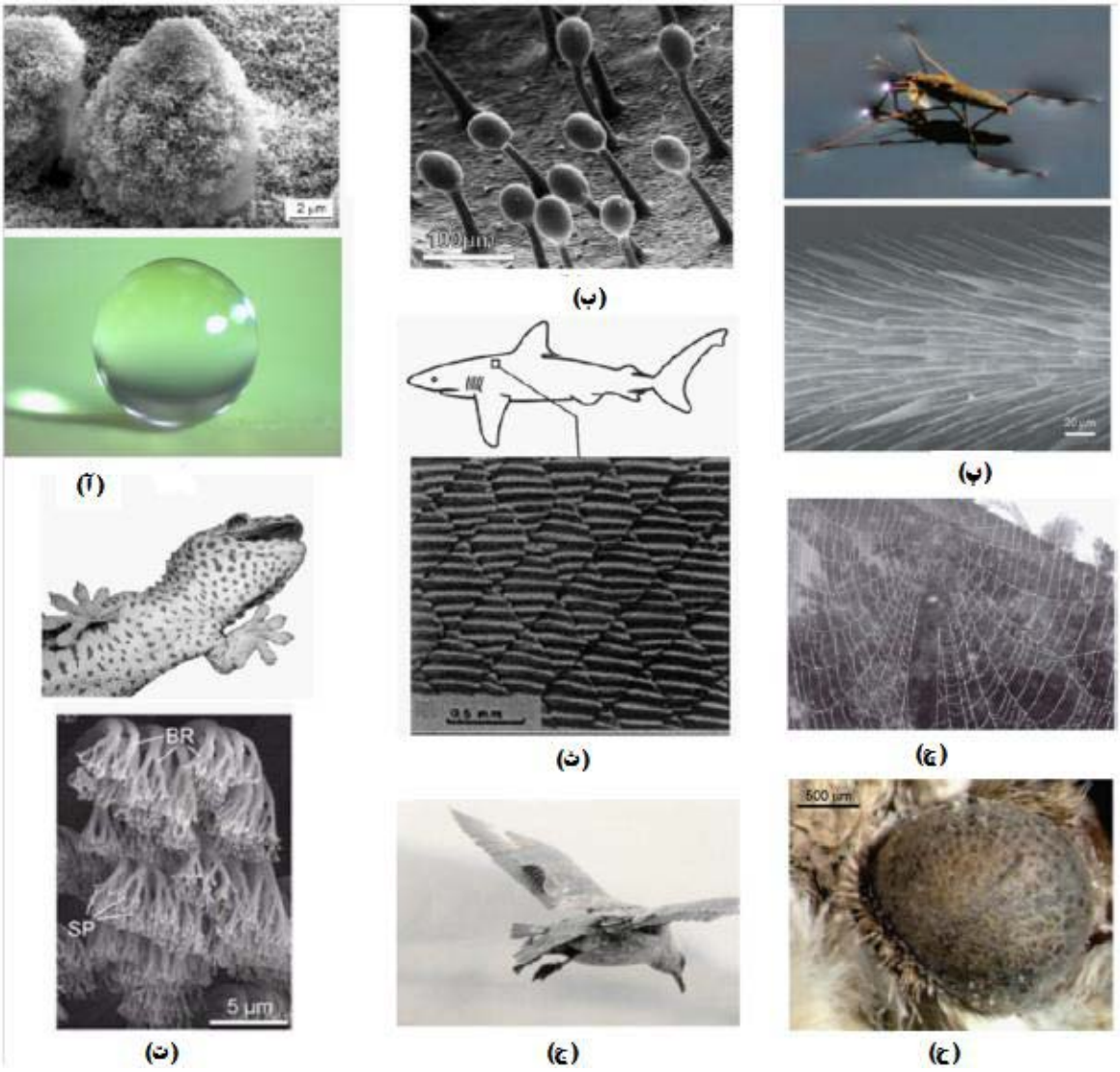
مطالعه شکل، ساختار یا عملکرد مواد موجود یا بیولوژیکی تولید شده(مانند آنزیم ها یا ابریشم) و مکانیسم‌ها و فرآیندهای بیولوژیکی(مانند ساخت پروتئین و یا فتوسنتز) به خصوص برای اهداف ساخت محصولات مشابه توسط مکانیسم‌های مصنوعی یا آزمایشگاهی با تقلید از الگوی موجود در طبیعت [۲].

۱-۲-۲- مثال‌هایی از نمونه‌های طبیعی با قابلیت تقلید بالا

همانطوری که اشاره گردید تعداد زیادی از اشیا موجود در طبیعت ار جمله گیاهان و حیوانات آبزی با قابلیت بالای تجاری شدن وجود دارند. شکل ۱-۱ برخی از این مثال‌ها را نشان می‌دهد.

---

[1] . biomimetic
[2] . Otto Schmitt
[3] . Webster

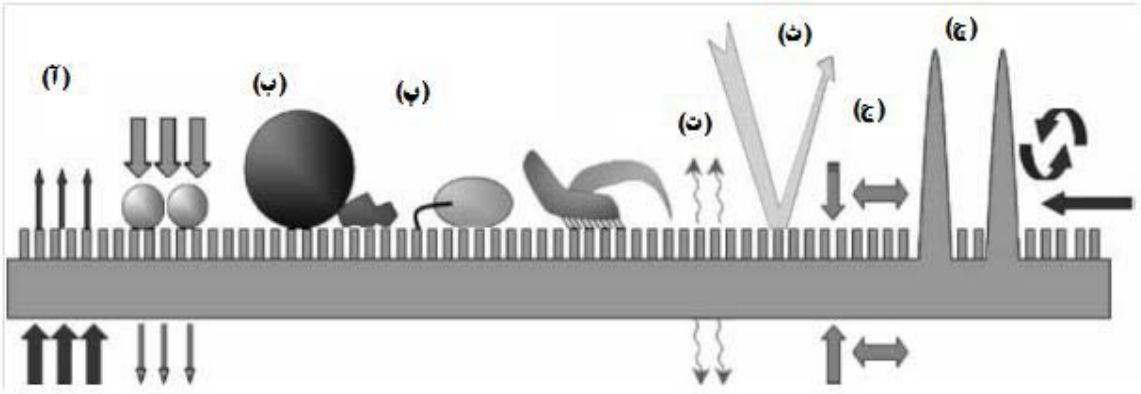


شکل ۱-۱- برخی از نمونه‌های موجود در طبیعت. (آ)اثر لوتوس [۲]، (ب) غدد ترشح کننده ماده چسبناک برای گیاهان گوشتخوار جهت به دام انداختن حشرات [۳]، (پ) راه رفتن آبدزدک بر روی سطح آب [۴]، (ت) چسبندگی شدید و برگشت پذیر مارمولک [۵]، (ث) ساختار ویژه‌ی موجود بر روی پوست بدن کوسه برای کاهش اصطکاک در حین شنا [۶]، (ج) بال پرنده که هنگام فرود به کمکش می‌آید، (چ) تار عنکبوت ساخته شده از مواد ابریشم [۷] و (ح) چشم‌های پروانه با خاصیت ضد انعکاسی [۸].

۱-۲-۲-۱- گیاهان[1]

نمونه‌ای از نمونه‌های طبیعی با قابلیت تقلید بالا گیاهان می‌باشند. تنوع در ساختار و مورفولوژی سطح برگ گیاه خواص چند منظوره ایجاد می‌کند. خارجی ترین لایه از سطح اولیه گیاه به عنوان کوتیکول[2] شناخته شده است [۹]. شکل ۱-۲ یک شماتیک از برجسته ترین وظایف لایه مرزی در سطح آبگریز یک گیاه با ساختار میکرو را نشان می‌دهد.

[1] . Plants
[2] . Cuticle



شکل ۱-۲- (آ) ، (ب) ترشوندگی سطح، (پ) ضد چسبندگی و خواص خود تمیزشوندگی، (ت) ، (ث) خواص نوری: محافظت در برابر تشعشعات مضر، (ج) خواص مکانیکی: مقاومت در برابر تنش‌های مکانیکی و محافظت از سلامت فیزیولوژیکی و (چ) کاهش درجه حرارت سطح [۸].

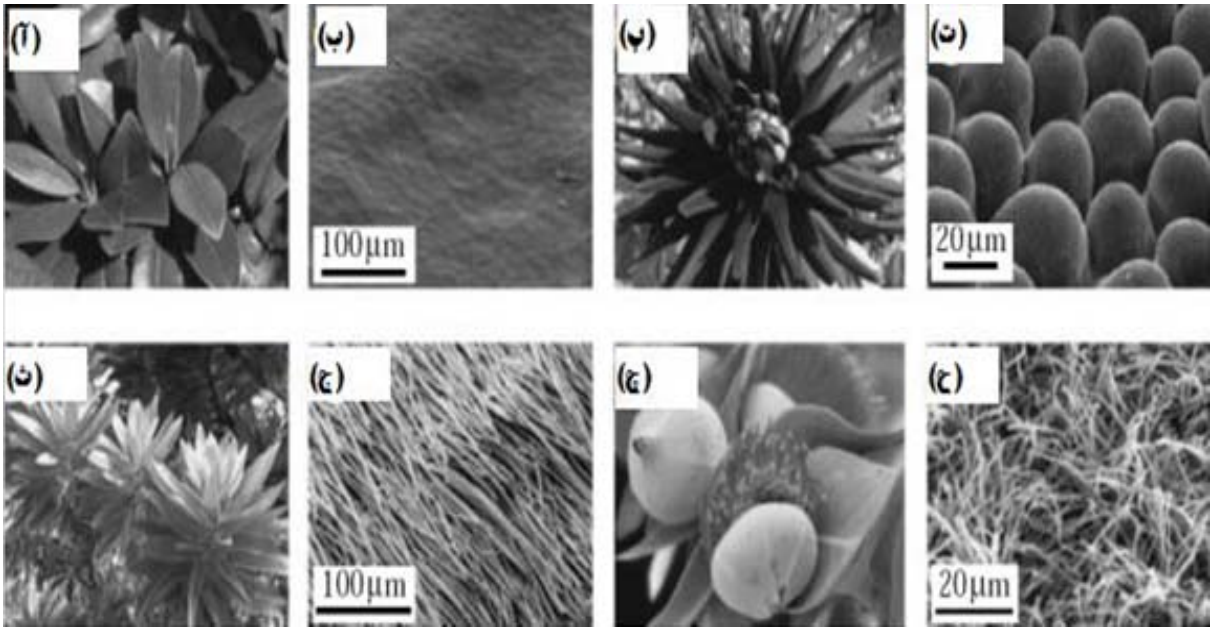
تصاویر SEM[1] برخی گیاهان موجود در طبیعت که خواص بالای تجاری شدن دارند در شکل ۱-۳ به نمایش در آمده است.

۱-۲-۲-۲- باکتری‌ها

نمونه‌ی دیگری از نمونه‌های طبیعی با قابلیت تقلید بالا که مورد بحث این تحقیق نمی‌باشند، باکتری‌ها هستند. تاژک باکتری‌ها با سرعت بیش از ۱۰۰۰۰ هزار دور در دقیقه می‌چرخد. این یک مثال از یک ماشین بیولوژیکی مولکولی می‌باشد که این تاژک‌ها[2] توسط نیروی جریان پروتون ناشی از اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی در سراسر غشاء می‌چرخند [۱۰].

یکی از مهمترین ویژگی‌های کوتیکول آبگریزی آن است. این خاصیت باعث تمیز ماندن گیاه در مقابل آلودگی‌های محیط شده و همچنین سطح گیاه خشک می‌ماند. این خاصیت مبتنی بر وجود یک ساختار پلیمری به نام کوتین و یک نوع چربی به نام واکس است. در گیاهان طیف وسیعی از ساختارهای سطحی وجود دارد که تغییر میزان تر شوندگی سطح را در پی داشته و همچنین تاثیر به سزایی بر میزان چسبندگی ذرات بر سطح گیاهان را دارد. نمونه‌ی بسیار معروف بین گیاهان که خاصیت ترشوندگی سطح آن بسیار مورد توجه است، گیاه نیلوفر آبی می‌باشد. کوتیکول در گیاهانی که در آب رشد می‌کنند و در برخی گیاهان گرمسیری و نیمه گرمسیری، باعث ایجاد حالت آبدوستی می‌شود که باعث می‌شود سطح به طور دائم تر بماند. همچنین کوتیکول نقش بسیار مهمی برای ارتباط بین گیاه و حشرات و میکروارگانیسم‌ها و محافظت گیاه در مقابل تابش شدید ایفا می‌کند [۲].

[1] . Scanning Electron Microscope
[2] . cutin



شکل ۱-۳- تصاویر SEM سطح برگ برخی از گیاهان (آ) برگ گیاه ماگنولیا[1] که به دلیل ساختار سطحی صاف براق به نظر می‌رسد و در (ب) نشان داده شده است، (پ) برگ گل کوکب[2] به شکل مخملی به نظر می‌رسد که به علت وج.د ساختار سلول‌های اپیدرمی بوده و در (ت) نشان داده شده است، (ث) ظاهر سفید برگ گیاه[3] که به علت یک لایه موی متراکم بوده و در (ج) نشان داده شده است. (چ) سطح برگ گیاه اکالیپتوس[4] سفید مایل به آبی می‌باشد که به دلیل وجود واکس‌های سه بعدی بوده و در (ح) نشان داده شده است [۸].

۱-۲-۳- گیاه نیلوفر آبی[5] و اثر لوتوس

در فرهنگ آسیایی همواره گل نیلوفر آبی گیاهی مقدس است زیرا برگ های آن قادر است در میان آب آلوده و کثیف همچنان تمیز باقی بماند. گیاه نیلوفر آبی یک خاصیت منحصر به فرد دارد که خود را در برابر گرد و غبار، آلودگی ها، میکروب ها و هاگ ها حفظ می کند [۱۱-۱۳]. گیاه نیلوفر آبی، گیاهی است که به طور گسترده در مناطق گرمسیری و معتدل می-روید. این گیاه از لحاظ گوناگون مانند قابلیت تجاری شدن، علم زیبایی شناسی و مذهب، از گذشته تا به امروز مورد توجه بوده است [۱۴]. گیاه نیلوفر آبی جایگاهی خاص در فرهنگ آسیایی دارد. این گیاه از گل‌های ملی کشورهای ویتنام و هندوستان می‌باشد. قدمت این گیاه در هند بسیار زیاد است، تا جایی که به تصویر کشیده شدن این گیاه در پیکر نگاری‌ها دیده می‌شود [۱۵]. گیاه نیلوفر آبی در طبیعت به وفور یافت می‌شود و از آن‌جایی که خواص بسیار قابل توجهی دارد به دنبال الگو برداری از

[1]. Magnolia grandiflora
[2]. Dahlia
[3]. Leucadendron argenteum
[4]. Eucalyptus macrocarpa
[5]. Nelumbo nucifera

این گیاه بوده‌اند. وقتی قطره‌ی آب بر روی سطح برگ این گیاه قرار می‌گیرد، به راحتی و حتی در شیب کم نیز بر روی سطح حرکت می‌کند. نکته‌ای که باید به آن توجه شود این است که در سطوح خود تمیز شونده بر خلاف سطوح عادی، قطره‌ی آب به جای اینکه بر روی سطح بلغزد، بر روی آن می‌غلطد و در همین حین آلودگی‌ها را هم به سطح خود جذب می‌کند و از سطح می‌زداید. این خاصیت را ویلیام بارتلوت حدود ۱۰ سال پیش مورد بررسی قرار داد، او در بررسی هایش به این نتیجه رسید که برگ این گیاه از یک لایه‌ی میکرونی واکسی[۱] پوشیده شده است. این لایه در یک لایه کوتیکول تعبیه شده است که تمام قسمت های اصلی از این گیاه به جز ریشه را تشکیل می دهد و جدا کننده بین گیاه و محیط اطراف است. با توجه به ترکیب شیمیایی، کوتیکول، در اکثر موارد به شکل یک سطح آبگریز می باشد. خاصیت ویژه ای که برگ لوتوس را از دیگر سطوح آبگریز موجود در طبیعت متمایز می کند وجود لایه میکرونی هیدروفوبیک به روی سطح می باشد. علاوه بر آبگریزی به دلیل این لایه میکرونی در سطح یک نوع زبری دیگر نیز(زبری نانویی) با قدرت بسیار بالاتر وجود دارد که باعث دفع آب با قدرت بسیار بالا می‌شوند که از این جهت مانند تفلون است. این زبری باعث جلوگیری از چسبیدن ذرات(گرد وغبار و میکروب و غیره) به سطح به علت وجود ذرات ریز(در حد نانو) که سطح تماس بسیار کوچک دارند می شود [۱۱]. به این حالت ابرآبگریزی با نیروی چسبندگی کم "اثر لوتوس"[۲] گویند [۱۶].

۱-۳- خودتمیزشوندگی[۳] و ساز و کارهای آن

سطوح خودتمیزشونده به دو نوع سطوح فتوکاتالیتی[۴] و سطوح ابرآبگریز[۵] تقسیم بندی می‌شوند. اصولا به سطحی می‌توان گفت خودتمیزشونده که علاوه بر آب، آلودگی‌ها را نیز جذب نکند و با چند قطره‌ی آب و یک شیب کم آلودگی‌ها و ذرات شسته شده و همراه قطره‌ی آب از روی سطح پاک شود.

قابلیت ترشوندگی یک سطح توسط قطره آب، معمولا با اندازه‌گیری زاویه تماس بین قطره و سطح سنجیده می‌شود. به سطحی که زاویه‌ی تماس بیش از ۱۵۰ درجه با قطره آب بسازد "سطح ابرآبگریز"[۶] گویند. در برخی از سطوح، قطره‌ی آب علاوه بر سر خوردن از روی سطح، آلودگی‌ها را نیز با خود حمل می‌کند که به این سطوح "خودتمیزشونده" گویند.

دو نوع ساز و کار برای خود تمیزشوندگی معرفی شده است که به قرار زیر است:

---

[1] . epicuticular wax crystalloids
[2] . lotus effect
[3] . Self-Cleaning
[4] . Photocatalytic
[5] Superhydrophobic
[6] . Superhydrophobic Surface