الیاف

عواملی که باعث چسبندگی باکتری‌ها به برخی از منسوجات می‌شوند

ترجمه: مهسا معیریان

چکیده

در برخی از موارد مراقبت‌های بهداشت و درمان و گردشگری به این نتیجه رسیدند که پارچه نقش مهمی در انتقال عفونت‌های بیمارستانی دارد. با این وجود یک گپ بزرگی در ارتباط دادن انواع مختلف منسوجات و برهم‌کنش آن‌ها با میکروارگانیسم‌ها وجود دارد. برخی اطلاعات برای فرمول کردن دستورالعمل‌هایی برای منسوجاتی که در این زمینه کاربرد دارند لازم و مهم می‌باشد. در این مطالعه چسبندگی چهار نوع باکتری به نام های استافیلوکوک اورئوس ، آسینتوباکتر کالکواستیکوس، اشریشیا کُلی و سودوموناس آئروژینوزا روی شش نوع پارچه متفاوت به نام‌های پلی‌استر، پشم، پلی‌پروپیلن، ویسکوز، ابریشم و پنبه صورت گرفت. در میان این الیاف، ویسکوز بیشترین میزان چسبندگی را نشان می‌دهد. در حالی‌که الیاف ابریشم کمترین میزان اتصال با باکتری را دارا می باشد. چسبندگی باکتری به الیاف به خصوصیات سطحی باکتری (بار سطح و آب گریز بودن و...) و ناهمواری الیاف در حد نانو بستگی دارد. چسبندگی این نوع باکتری ها بر روی پنج هیدروکربن با خاصیت آبگریزی متفاوت مورد تحقیق قرار گرفت. نتایج بدین صورت بود که باکتری اشریشیا کُلی ضعیف ترین زیست لایه را تولید کرده و با بالاترین سطح انرژی و کم ترین آبگریزی در میان باکتری ها ی دیگر ، دارای کم ترین بار بر روی الیاف میباشد. میکروسکوپ الکترون پویشی یک اتصال نایکنواخت از باکتری های گرم مثبت و گرم منفی را نشان میدهد. زبری سطح الیاف باعث ایجاد چسبندگی باکتریایی میشود. این تحقیق ارتباط بین خصوصیات سطح و چسبندگی باکتریایی بر روی الیاف که نتیجه مستقیم و محسوسی در زمینه پزشکی وگردشگری دارد را مورد مطالعه قرار میدهد.

مقدمه

سطح منسوجات در انتقال و چسبندگی میکروب ها نقش مهمی را ایفا میکند. مخصوصاً مراقبت های بهداشت و درمان کادر پزشکی در مداخله با انتقال عفونت‌های بیمارستانی در بخش مراقبت های بهداشت و درمان با گزارش افزایش روند آنتی بیوتیک های مقاوم در برابر باکتری در محیط بیمارستانی گزارش شده است. بار میکروبی بر روی منسوجات این بخش میتواند یک راهی برای انتقال میکروارگانیسم های بیماری زا به عنوان یک سطح یا بستر نرم که محلی مناسب برای رشد و تکثیر ارگانیسم ها است باشد. این مساله برای قسمت بیمارستانی هم مطرح هست. بنابراین الزامی هست که درباره این که خصوصیات الیاف چگونه بر روی بار میکروبی تاثیر میگذارند مطالعه انجام داد. این مطالعات در استراتژی کردن اندازه گیری ها برای مقابله با انتشار و توسعه راهکارهایی برای کاربرد آن در بخش بهداشت و درمان و گردشگری کمک میکند.

برهم کنش میکرو ارگانیسم ها با منسوجات بستگی به عوامل مختلفی مانند نوع میکروارگانیسم، خصوصیات سطحی میکروب و عوامل محیطی مختلف(شیمیایی و فیزیکی) دارد. پتانسیل زتا بر روی سطح باکتری بستگی به نوع طبیعت گونه باکتری ، بستر رشد ، معماری سطح و سن باکتری دارد. چسبندگی باکتریایی و گسترش بایو فیلم بر روی سطح مواد باعث ایجاد عواقب مختلف بیماری میشود. چسبندگی میکروب بر روی منسوجات تحت تاثیر خصوصیات سطح مواد مانند ترکیب شیمیایی ، زبربودن ، بار سطح منسوجات و غیره بستگی دارد. در خصوص سطح صاف مانند منسوجات ، پتانسیل زتا یک پارامتری هست که طبیعت گروه‌های عامل دار و تفکیک آن ها را توصیف میکند. بار سطح بر روی الیاف بستگی به ساختار مولکولی و ابر مولکولی دارد. ترکیب و غلظت ماده جذب شده نقش مهمی در تعیین بار سطحی دارد. گونه باکتریایی که دارای بار منفی بر روی سطح خود است به شرایط فیزیولوژیکی بستگی دارد. همچنین سطح منسوجات دارای بار منفی میباشد ، بنابراین باکتری زمانی که به سطح الیاف نزدیک میشود ، با دفع کردن دو لایه بار منفی الکتریکی مواجه خواهد شد. بر هم کنش بین این دو لایه الکتریکی که یک نقش مهم در چسبندگی باکتریایی بر روی سطح منسوجات دارد بستگی به ثبات یون و pH محلول دارد.

هدف این مقاله مطالعه بر هم کنش شش الیاف مختلف شامل ویسکوز ، پلی پروپیلن ، پلی استر ، پنبه ، ابریشم و پشم با چهار نوع باکتری که به صورت نرمال بر روی پوست انسان هست به نام هایی که قبلا ذکر شد صورت گرفت.

یک آنالیز کامل از خصوصیات سطح باکتری و الیاف و ایجاد یک رابطه بین این دو عامل در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

کشت باکتری‌ها توسط یک موسسه هندی در دهلی انجام گرفت. از محیط کشت LB آگار و LB براث برای رشد باکتری استفاده شد. از منسوجات پنبه، پلی‌پروپیلن، پلی استر، ویسکوز، ابریشم و پشم ساخت داخل هند نیز برای این تحقیق استفاده شده است.

ناهمواری سطح الیاف در حد نانو

ناهمواری سطح الیاف از طریق میکروسکوپ نیروی اتمی ده لیف از هر نوع منسوج (طول ۳ سانتی‌متر) بر روی شیب شیشه‌ایی سوار شده و از طریق ردیاب میکروسکوپ نیروی اتمی نقشه‌ایی از برجسته‌نگاری سطح که نشانه‌ایی از ناهمواری سطح است، مورد ارزیابی قرار گرفت.

تست چسبندگی میکروبی به هیدروکربن‌ها

کشت باکتری‌ها (در مدت شب رشد کردند) برای تست MATH با هیدروکربن‌های n اکتان، p زایلن، n هگزان، تولئون، n هگزا دکان به عنوان هر پروتکل استاندارد استفاده شد.

اندازه زاویه تماس باکتری

برای اندازه‌گیری زاویه تماس باکتری یک فیلتر با غشاء سلولزی بر روی کلنی‌های

باکتری قرار داده می‌شود به‌طوری که کلنی‌ها به سمت فیلتر حرکت کنند. قطره‌ایی از آب بر روی یک کلنی به‌طوری‌که بعدا از آگار پاک نشود، قرار داده می‌شود. سپس سطح تماس آب با کلنی باکتری از طریق پد Michell Tilting Pad JYSP-360 و زاویه‌سنج اندازه‌گیری شده است. برای هر شش منسوج این این اندازه‌گیری‌ها جداگانه مورد استفاده قرار گرفتند.

بار سطح رو سلول ها

پلت‌های سلول‌های باکتریایی (که توسط کشت براث سانتریفیوژ شده است.) که با محلول نمک فسفات با خاصیت بافری مخلوط شده‌اند، از طریق پراکندگی نور دینامیکی مورد آنالیز قرار گرفتند.

تشکیل بایو فیلم

کمیت‌پذیر کردن بایو فیلم در یک پلیت میکروتیتر بر اساس اندازه‌گیری دانسیته نوری در ۵۷۰ نانومتر انجام گرفت. این آزمایش در سه نسخه صورت پذیرفت. از میانگین دانسیته نوری برای کنترل منفی و سویه‌های باکتریایی استفاده شد. از ارزش برشی محاسبه (با استفاده از فرمول ۱) و ارزش برش نهایی سویه‌ها تست شده از فرمول ۲ استفاده گردید.

فرمول ۱

ODc = (میانگین OD کنترل منفی + (۳ برابر انحراف کنترل منفی)

فرمول ۲

Final OD = (ODc − (میانگین OD یک سویه)

اگر ارزش بدست آمده منفی باشد به عنوان صفر در نظر گرفته می‌شود و در حالیکه ارزش مثبت به معنی تشکیل بایوفیلم به حساب می‌آید. برای تفسیر نتایج سویه‌ها به گروه‌های مختلفی طبقه‌بندی شدند:

– هیچ فیلمی تشکیل نشده است اگر $OD \leq ODc$

– فیلم بسیار پایدار و با ثبات تشکیل می‌شود. $4 \times ODc < OD$

– یک بایو فیلم با خصوصیات متوسط تولید شده $2 \times ODc < OD \leq 4 \times ODc$

– یک بایو فیلم ضعیف تولید شده است. $ODc < OD \leq 2 \times ODc$

نیروی باکتریایی بر روی الیاف

الیاف (۱۰ میلی‌گرم از هر کدام) توسط اتوکلاو استریل شدند. کشت خالص باکتری در ۱۰۰ میلی‌لیتر محیط کشت LB براث آغشته گردید و دردمای ۳۷ درجه سانتیگراد با دور ۱۵۰ rpm به مدت سه ساعت و نیم به منظور پرورش باکتری چرخش کرد.

۱۰ میلی‌گرم از لیف استریل شده (پنبه، ویسکوز، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر، ابریشم و پنبه) هر کدام جداگانه در دمای ۳۷ درجه سانتی گراد با ۲/۵ میلی‌لیتر از هر باکتری آغشته شد. نمونه‌های دیگر بدون حضور لیف تنها در محیط براث باقی ماندند (نمونه کنترل). نمونه‌گیری در چهار زمان مختلف (۴۵، ۹۰، ۱۳۵ و ۱۸۰ دقیقه) در یک دستگاه تکان‌دهنده در سرعت ۵۰ rpm تکان داده شدند. پس از آن براث از نمونه‌های آغشته به باکتری تخلیه و پاک شده و ۵ میلی‌لیتر از محلول نمک فسفات با خاصیت بافری به نمونه‌های آغشته شده در سانتریفیوژ اضافه شده و سپس تحت عملیات مخلوط شدن قرار می‌گیرد تا باکتری را از الیاف جدا سازد. سپس مواد شناور روی سطح بر LB آگار قرار گرفت تا CFU/mg الیاف بدست آید. تمامی آزمایش‌ها هم بر روی نمونه‌های کنترل و هم بر روی نمونه‌ها آغشته به باکتری صورت پذیرفت.

میکروسکوپ الکترون پویشی

جهت مشاهده چسبندگی باکتری به الیاف مختلف از میکروسکوپ الکترون پویشی استفاده گردید. ۱۰ میلی‌گرم از الیاف استریل شده با ۱۰ میلی‌لیتر از محلول کشت میکروب در تیوب سانتریفیوژ در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد و سرعت ۵۰ rpm به مدت یک شبانه‌روز مورد عمل قرار گرفت. نمونه‌ها سپس با ۵ میلی‌لیتر ثابت کننده کارنوسکی (۱ گرم کریستال‌های پارافرمالدهید، ۱۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر، ۱۲/۵ میلی‌لیتر از گلوتاردهید ۵۰٪، ۱۱/۲۵ میلی‌لیتر از محلول نمک فسفات با خاصیت بافری) تکمیل شدند و به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق مورد عمل قرار گرفتند و سپس نمونه‌ها در غلظت‌های مختلف اتانول (۲۰٪، ۴۰٪، ۷۰٪ و ۱۰۰٪ اتانول) شسته شدند. خنک کردن نمونه‌ها با دمش هوا به مدت ۱ ساعت انجام گرفت. نمونه‌های خشک شده سپس از طریق یک نوار کربن دو طرفه به کوپن‌های آلومینیومی متصل شدند. سپس نمونه‌ها با یک لایه نازک (۲۰۰ آنگستروم) از طلا به منظور رسانایی آن‌ها پوشش داده شدند.

نتایج

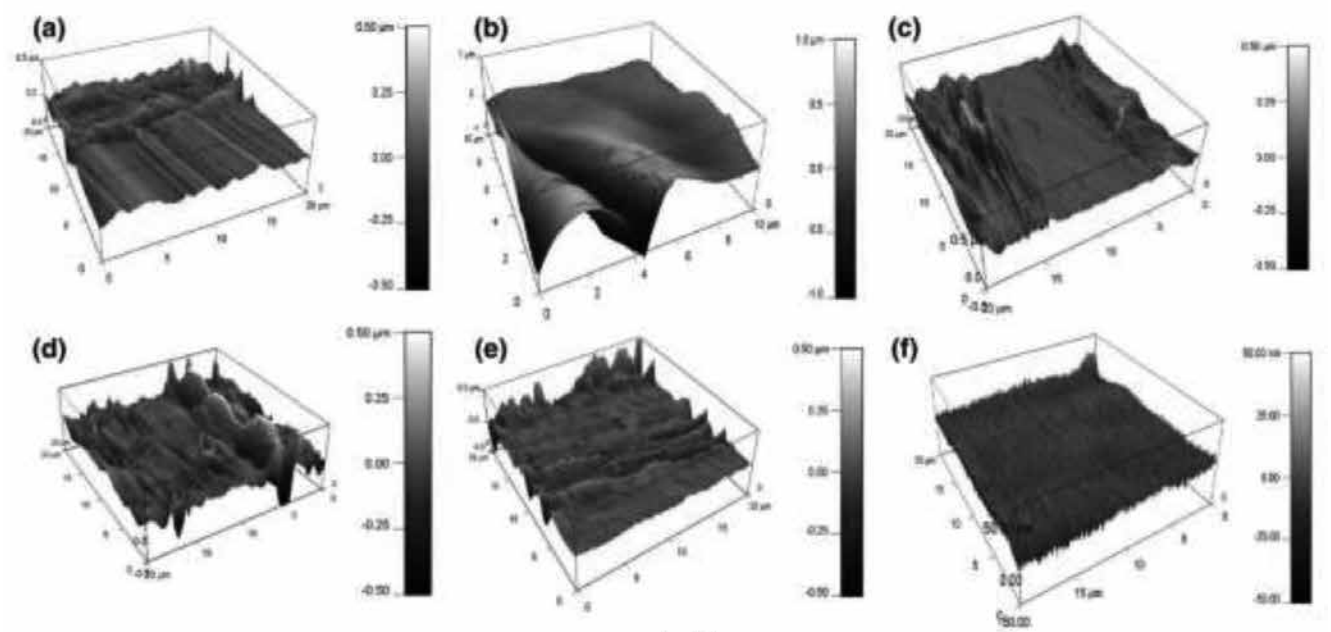
از طریق مشاهده برجسته‌نگاری سه‌بعدی الیاف، الیاف ویسکوز دارای بیشترین ناهمواری و زبری در حد نانو است (۲۵۸,۲ نانومتر). سپس الیاف پلی استر با (۲۰۳ نانومتر). پنبه (۱۵۸,۲ نانومتر)، پشم (۱۰۲,۹ نانومتر)، پلی‌پروپیلن (۸۶,۸ نانومتر) در حالیکه الیاف ابریشم دارای کم‌ترین ناهمواری می‌باشد (۵۵,۳ نانومتر). شکل ۱ برجسته‌نگاری این الیاف را نشان می‌دهد.

بر طبق نتایج بدست آمده از تست MATH و اندازه‌گیری زاویه تماس، باکتری سودوموناس آئروژینوزا دارای بیشترین آبگریزی و سپس استافیلوکوک اورئوس و بعد از آن آسینتوباکتر کالکواستیکوس و در نهایت اشریشیا کُلی دارای کم‌ترین مقدار آبگریزی می‌باشد.

از طرفی برای پتانسیل زتا این روند معکوس می‌باشد به طوریکه اشریشیا کُلی دارای بیشترین پتانسیل زتا (۲۷/۷ mV−) و سپس استافیلوکوک اورئوس (۱۸/۷ mV−) و بعد از آن آسینتوباکتر کالکواستیکوس (۹/۷ mV−) و در نهایت باکتری سودوموناس آئروژینوزا (۶/۶ mV−) می‌باشد.

از طرفی روند مشابه‌ایی برای بار سطحی سلول‌ها گزارش شد به‌طوری‌که باکتری اشریشیا کُلی دارای بیشترین بار سطحی بر روی سلول و باکتری سودوموناس آئروژینوزا دارای کم‌ترین بار سطحی می‌باشد.

نیرو چهار سویه باکتریایی بر روی شش الیاف از طریق CFU/mg الیاف گزارش شده است. نتایج به روشنی نشان می‌دهد که نیرو باکتریایی بر روی الیاف هم به



شکل ۱- شکل a مربوط به الیاف پنبه شکل b مربوط به الیاف پلی استر شکل c مربوط به الیاف پلی پروپلین شکل d مربوط به الیاف ابریشم شکل e مربوط به الیاف ویسکوز و شکل f مربوط به الیاف پشم میباشد.

نوع باکتری و هم به نوع لیف بستگی دارد. شکل ۲ این نتایج را نشان می‌دهد. شکل ۲ تعداد باکتری‌ها بر روی الیاف مختلف را نشان می‌دهد. میانگین تعداد سلول‌های باکتریایی به صورت شناور بعد از خارج کردن الیاف در محلول نمک فسفات با خاصیت بافری که با باکتری‌های مختلف کشت شده است در شکل ۲ نشان داده شده است. ستون ستاره‌دار که به عنوان ستون خطا نام‌گذاری شده است انحراف معیار ۰/۳ را نشان می‌دهد که اختلاف زیادی بین الیاف مختلف با هرگونه از باکتری‌ها می‌باشد.

گزارش شده است که باکتری اشریشیا کُلی کمترین میزان چسبندگی به الیاف پنبه ، پلی‌پروپیلن، پلی‌استر، ابریشم و پشم را دارد و چسبندگی بیشتری به الیاف ویسکوز را دارا می‌باشد. باکتری سودوموناس آئروژینوزا دارای چسبندگی کمی به الیاف پنبه، پلی‌پروپیلن، ابریشم و پشم را دارد و چسبندگی متوسط به الیاف ویسکوز دارد و دارای بیشترین چسبندگی به الیاف پلی‌استر می‌باشد. باکتری آسینتوباکتر کالکواستیکوس دارای چسبندگی بالاتری به الیاف ویسکوز است در حالی‌که باکتری استافیلوکوک اورئوس دارای بیشترین نیرو بر روی الیاف پنبه می‌باشد. مقایسه بین باکتری اشریشیا کُلی (گرم منفی) و باکتری استافیلوکوک اورئوس (گرم مثبت) نشان می‌دهد که چسبندگی باکتری گرم مثبت بیشتر از باکتری گرم منفی می‌باشد.

در میان چهار باکتری مورد مطالعه، شمارش باکتری سودوموناس آئروژینوزا از همه بیشتر به مقدار ($۲/۷ \times ۱۰^{۸}$ CFU/mg) و سپس استافیلوکوک اورئوس به مقدار ($۷/۸ \times ۱۰^{۷}$ CFU/mg) و آسینتوباکتر کالکواستیکوس به مقدار ($۶,۲ \times ۱۰^{۷}$ CFU/mg) و در نهایت اشریشیا کُلی با مقدار ($۴/۵ \times ۱۰^{۷}$ CFU/mg) دارای کم‌ترین نیرو به الیاف به غیر از الیاف ویسکوز می‌باشد. بر طبق نتایج بدست آمده مشخص شده است که الیاف ویسکوز تعداد زیادی از باکتری‌ها را نسبت به الیاف دیگر به خود جذب می‌کند.

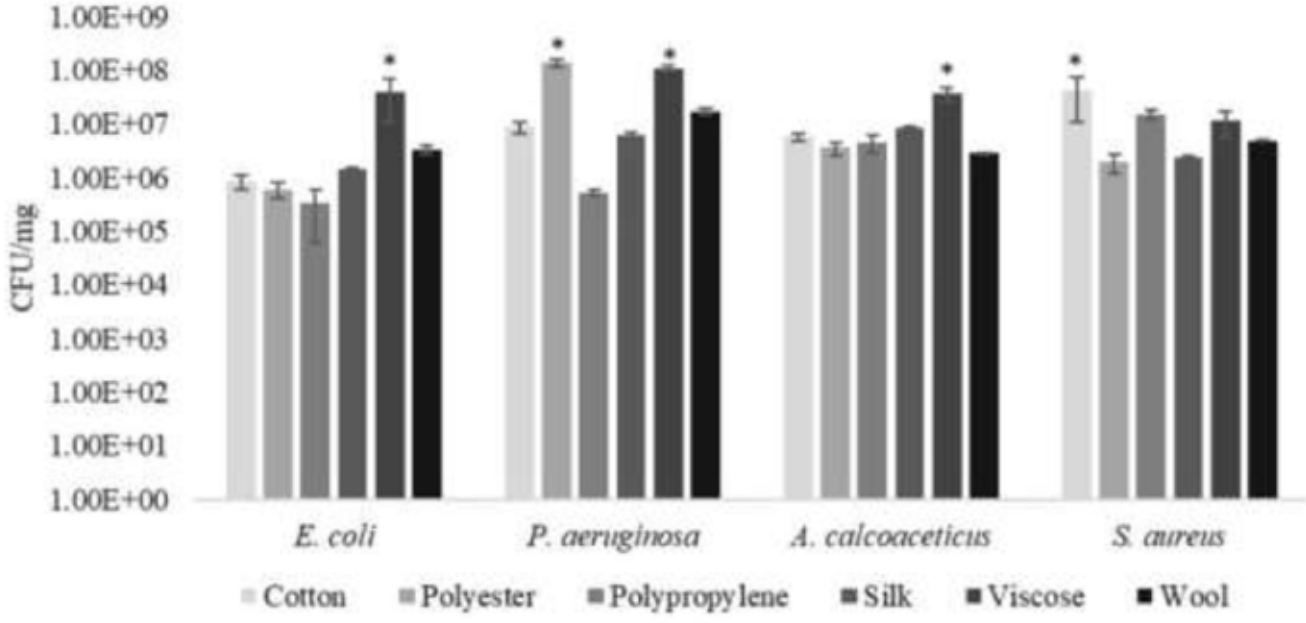
بایو فیلم‌هایی که در طی این تحقیقات تولید شد نشان می‌دهد که باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا پایدارترین بایوفیلم را تشکیل می‌دهد. باکتری استافیلوکوک اورئوس یک بایو فیلم متوسط را تشکیل می‌دهد. درحالی‌که باکتری اشریشیا کُلی یک بایو فیلم ضعیف را تشکیل می‌دهد.

از میکروسکوپ SEM برای آنالیز چگونگی چسبندگی باکتریایی بر روی الیاف استفاده شده است. در این مشاهده باکتری استافیلوکوک اورئوس دارای شکل دانه‌ایی بر روی سطح بیشتر الیاف می‌باشد. درحالیکه اشریشیا کُلی دارای شکل میله‌ایی می‌باشد و به صورت ناهمگون برروی سطح الیاف قرار می‌گیرد.

تشریح

برهم‌کنش بین باکتری و پارچه یک پروسه پیچیده می‌باشد که تحت تاثیر خصوصیات وابسته به شیمی فیزیک سطح پارچه و خصوصیات سطح باکتری قرار می‌گیرد. در هنگام برهم‌کنش بین باکتری و سطح الیاف، پروتئین‌ها و بایومولکول‌های دیگر که در اطراف این فضا قرار دارند می‌توانند بر روی برهم‌کنش بین باکتری و پارچه از طریق جذب بر روی سطح الیاف تاثیر بگذارند.

اندازه‌گیری هیدروفوب بودن سطح سلول‌ها برای درک بهتر چسبندگی بر سطوح مختلف انجام گرفت. یک بستر بسیار آبدوست که دارای پتانسیل زتا منفی است، دارای اتصال محدود باکتری به دلیل کم آبگریز بودن برهم‌کنش بین سطح باکتری و پارچه می‌باشد.این استراتژی می‌تواند برای طراحی سطح پارچه به منظور جلوگیری از چسبندگی باکتریایی و متعاقباً مشکل مربوط به کاربرد آنتی بیوتیک حل خواهد شد. در مطالعاتی که انجام شده است، مشاهده شده است که با کتری اشریشیا کُلی چون بسیار کم آبگریز است دارای بیشترین پتانسیل زتا می‌باشد. درحالیکه باکتری سودوموناس آئروژینوزا دارای بیشترین مقدار آبگریزی و کم‌ترین مقدار زتا می‌باشد. ناهمواری‌های سطحی یک عامل بسیار مهم در خصوص



شکل ۲

چسبندگی می‌باشد. در مطالعات حاضر، الیاف ویسکوز دارای بیشترین ناهمواری سطحی در حالیکه ابریشم دارای کم‌ترین میزان می‌باشد. به همین دلیل دارای کم‌ترین میزان چسبندگی به سطح میکروب می‌باشد.

محققی دیگر دریک مطالعه نسبت اتصال باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و سودوموناس آئروژینوزا بر روی پنبه، پلی‌استر، آکریلیک، نایلون و پشم را با هم مقایسه کردند. مشخص گردید که باکتری استافیلوکوک اورئوس دارای نسبت اتصال زیادی (۹۶/۲٪ و ۸۷٫۶٪) بر روی الیاف پلی استر و آکریلیک میباشد. و اتصال متوسطی بر روی سطح پشم (۶۳٫۲٪) و اتصال ضعیف بر روی الیاف پنبه و نایلون (۲٪ و ۰٫۹٪) می‌باشد. در مورد باکتری سودوموناس آئروژینوز هم نتایج مشابه بدست آمد. آزمایش این مطالعه نیز مانند آزمایش این محقق نتایج مشابه داد. در هر دو تحقیق، چسبندگی باکتری سودوموناس آئروژینوزا از باکتری استافیلوکوک اورئوس بیشتر است.

در این مطالعه خصوصیات سطح باکتری و ناهمواری الیاف مورد بررسی قرار گرفت تا عامل‌های مختلف در چسبندگی باکتری به سطح منسوج مورد بررسی قرار گیرد. با ارزیابی تعداد CFU نتایج نشان می‌دهد که شمارش از نظر آماری ($p<0/05$) با توجه به نوع پارچه متفاوت می‌باشد که بازتابی از خصوصیات سطحی متفاوت الیاف می‌باشد که نوع چسبندگی به میکروارگانیسم‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

ازطرفی از تماس مستقیم بین سلول‌های باکتریایی و سطح الیاف به دلیل نیروهای دافعه جلوگیری به عمل می‌آید. با این وجود، تماس قابل توجهی به دلیل سطح سلول‌ها مانند فیمبریا، پیلی، فیبریل‌های اگزوپلی ساکاریدها، تاژک، سودوموناس آئروژینوزا، استافیلوکوک اورئوس می‌تواند اتفاق بیافتد. باکتری آسینتوباکتر کالکواستیکوس و اشریشیا کُلی دو باکتری هستند که گزارش شده است یک بایو فیلم بر روی اجسام تشکیل می‌دهند. تشکیل بایو فیلم بستگی به حضور پروتئین‌ها روی سطح باکتری که از طریق سکرتوم (سیستم ترشح پروتئین باکتری در سلول باکتری) ترشح می‌شود. این سیستم ترشح پروتئین مسئول تغییرات در پوشش باکتری گرم مثبت و گرم منفی می‌باشد.به دلیل تفاوت در دیواره سلولی باکتری گرم مثبت و گرم منفی، تشکیل بایو فیلم ممکن است متفاوت باشد.نتایج میکروسکوپ SEM یک آرایش ناهمگون از باکتری‌ها را بر روی سطح الیاف مختلف نشان می‌دهد. برجسته‌نگاری سطح مانند شیارها و شکاف‌های سطح، تاثیر مثبت بر روی چسبندگی باکتری به دلیل سطح و فضای بیشتر برای چسبندگی می‌گذارد. الیاف ابریشم، سطح صاف و سیلندری شکل دارد به همین دلیل چسبندگی باکتری به آن بسیار کم می‌باشد. برهم‌کنش بین سطح الیاف با تک‌لایه و چندلایه سلولی هم مشاهده شده است.

همچنین نوع لیف بر روی تجمع سلولی تاثیر می‌گذارد.آزمایشات مورفولوژی با میکروسکوپ SEM نشان می‌دهد که عواملی دیگری غیر از آبدوست بودن، ناهمواری سطح و جذب آب می‌تواند بر روی چسبندگی باکتریایی تاثیرگذار باشد. بنابراین نیاز به چک کردن تاثیر زمان تکثیر میکروب بر روی چسبندگی می‌باشد. در این مطالعه تکان دادن در زمان تکثیر باکتری بر روی الیاف و زمان کوتاه دادن در این پروسه باعث می‌شود بایو فیلم ایجاد نشود.

با وجود اینکه نتایج این تحقیق می‌تواند در واقعیت متفاوت باشد، ولی یک ارتباط مثبت بین ناهمواری سطح الیاف و مقدار باکتری که بر روی خود دارند وجود دارد. همچنین توانایی باکتری به تشکیل بایو فیلم و آبگریز بودن آن‌ها با مقدار آن‌ها بر روی الیاف ارتباط مثبت دارد. مطالعات بیشتری برای ارزیابی بقا و تکثیر باکتری اطلاعاتی را درباره مراقبت‌های پزشکی در اختیار می‌گذارد. استراتژی‌هایی برای جلوگیری از تشکیل بایوفیلم باکتریایی برای البسه بیمارستانی با مواد ضدتشکیل بایو فیلم یک روش اقتصادی و امکان‌پذیر می‌باشد که باید به کار گرفته شود.

***کارشناس ارشد شیمی نساجی و مدیر بازرگانی شرکت جوهر ایران**