

הגנה חיידקית מהשמש

ב-21 ביוני חל יום ההיפוֹך הקיצי - היום שבו הקיץ מתחיל באופן רשמי בחצי הכדור הצפוני. כנראה שלמרות יום וחצי של גשם מקומי השבוע לא הייתם צריכים את פיסת המידע הזו כדי להבין שהקיץ כבר כאן, ובגדול. אתם בטח כבר בעיצומה של ההסתגלות לעונה החמה, שהולכת ללוות אותנו בחודשים הקרובים: מנקים את האבק מהפילטר של המזגן, מנסים לגלות איפה שמתם את משקפי השמש בסוף הקיץ שעבר, ממלאים את המקפוא בגלידה, וכמובן - קונים קרם הגנה מהשמש, לקראת השעות שוודאי תרצו להעביר על חוף הים (או סתם בחוץ). עם זאת, חלק גדול מתכשירי ההגנה שנמכרים כיום [פוגעים קשות במערכת האקולוגית הימית](#) - (אוקסיבנזון, המצוי כמעט בכל קרם הגנה, גורם נזק אדיר לשוניות אלמוגים, ובעיקר לפגיות האלמוגים). עקב כך, נעשים מאמצים רבים לפתח את השוק המצומצם-יחסית של תכשירי ההגנה שלא מכילים חומרים שפוגעים בחיים בים. [מחקר אמריקאי חדש](#) חושף דרך יעילה להפיק מחיידקים חומר שמגן מפני קרינת השמש המזיקה - מבלי להזיק לסביבה.

עוברים מאדום לכחול

שוק תכשירי ההגנה מהשמש טומן בחובו פוטנציאל כלכלי עצום. [על פי הערכות](#), נפח השוק העולמי של תכשירי הגנה מהשמש היה בשנת 2015 כ-15 מיליארד דולר והוא צפוי לצמוח עד שנת 2024 לנפח של 25 מיליארד דולר. במחקר החדש, שבוצע על ידי חוקרים מאוניברסיטת פלורידה שבארצות הברית והתפרסם לאחרונה בכתב העת סוג שהוא (Shinorine) "שינורין" שנקרא חומר החוקרים הפיקו, Synthetic Biology של [MAA \(Mycosporine-like amino acid\)](#): תרכובת כימית שמיוצרת באופן טבעי על ידי יצורים כמו אצות וחיידקים, שנחשפים לקרינת שמש רבה, בעיקר בסביבות מימיות. היצור משתמש ב-MAA כ"קרם הגנה" טבעי: בדומה לתכשירי הגנה סינתטיים, ה-MAA סופגים את קרינת ה-UV המזיקה שנפלטת מהשמש, וכך מונעים ממנה להיכנס אל התאים ולגרום לנזק לדי-אן-אי. מעבר ליעילותם הגבוהה של ה-MAA, הם אינם פוגעים בסביבה הימית, ולכן נעשים ניסיונות רבים להפיק אותם באופן נרחב לצורך ייצור תכשירי הגנה. עד כה, השינורין הופק מאדומיות: אצות שמתאפיינות בצבע אדום-סגול (ומכאן שמן). החיסרון העיקרי של הפקת השינורין בדרך זו הוא שלאצות לוקח זמן רב לגדול,



מחקר אמריקאי חדש חושף דרך יעילה להפיק מחיידקים חומר שמגן מפני קרינת השמש המזיקה - מבלי להזיק לסביבה. תצלום: on Clow Jonny by Photo Unsplash במחקר, החדש בחקר [ציאנובקטריה \(כחוליות\)](#) : חיידקים שחיים במים ושדועים בכך שהם מבצעים פוטוסינתזה, בדומה לאצות ולצמחי יבשה, כלומר הם משתמשים באנרגיית אור השמש על מנת להפוך פחמן דו-חמצני לפחמימות ולחומרים שמהם הם בונים את גופם. לכן, הם חשופים באופן טבעי לקרינת שמש רבה. "קצב הגידול של חיידקים הוא בדרך כלל מהיר יותר משל אצות, וקל יותר לבצע בהם מניפולציות גנטיות", אומרת ד"ר נגה סטמבלר. "גידול הציאנובקטריה הוא פשוט וזול יחסית, והוא מצריך רק סביבה מימית, אור שמש ופחמן דו-חמצני". החוקרים השקיעו מאמץ רב במציאת זן של ציאנובקטריה שניתן יהיה להפיק ממנו שינורין בצורה מיטבית, וחיפושיהם כללו פענוח גנומים של מעל מאה זני ציאנובקטריה מסביבות מחייה שונות. לבסוף, בחרו החוקרים בציאנובקטריה מהסוג Fischerella והחלו לגדל אותו במעבדה. לאחר ארבעה שבועות הציאנובקטריה החלה לייצר שינורין, אך הכמות שהתקבלה הייתה קטנה יחסית. לכן, החוקרים העבירו סט של גנים שמקודדים את ההוראות לייצור השינורין מה-Fischerella אל ציאנובקטריה אחרת, מהסוג Synechocystis. החוקרים הצליחו להפיק מהציאנובקטריה המהונדסת-גנטית פי 10 שינורין, כמות שדומה לזו שמופקת כיום מאצות אדומיות - וזאת בתוך מספר שבועות בלבד, בעוד שבאדומיות התהליך לוקח שנה שלמה. ההבדל נובע מזמן הדור הקצר של ה-Synechocystis שמתחלקת האדומית האצה לעומת, שעות 5-10 כל שמתחלקת

ולכן התהליך הוא ארוך ולא יעיל מספיק עבור הפקת שינורין בקנה מידה רחב.



מדענים מעריכים שבין 6,000 ל-14 אלף טון של קרם הגנה מגיעים לשוניות האלמוגים בעולם מדי שנה, דרך המתרחצים בחופים וכן דרך השפכים שמגיעים לים. תצלום: Fort George G. Meade

משבשים הורמונליים

כאמור, החומר הבעייתי העיקרי בתכשירי ההגנה שבשוק כיום הוא המולקולה הסינתטית אוקסיבנזון, שהוגדרה על ידי הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב כ"מזהם שקיים חשד להיותו מסוכן". בקרב [חסרי חוליות, יונקים ודגים האוקסיבנזון](#) מתנהג כמשבש הורמונלי, כלומר, רכיב חיצוני שיכול לשבש פעילות פיזיולוגית שתלויה בהורמונים שקיימים בגוף באופן טבעי. בעכברים ובחולדות שנחשפו לאוקסיבנזון חלה ירידה בפעילות המערכת החיסונית וירידה במשקל הגוף. החומר גם נמצא רעיל למערכת הרבייה ברבים מבעלי החיים שנבדקו. קיימות עדויות מתנאי מעבדה שהאוקסיבנזון גורם גם לשינוי במידע הגנטי, פגיעה שמתגברת במיוחד עם חשיפה לשמש. אוקסיבנזון גורם לנזק משמעותי ליצורים ימיים רגישים, כמו אלמוגים, דגים ומיקרואורגניזמים. מדענים מעריכים שבין 6,000 ל-14 אלף טון של קרם הגנה מגיעים לשוניות האלמוגים בעולם מדי שנה, דרך המתרחצים בחופים וכן דרך השפכים שמגיעים לים. ריכוז מזערי של אוקסיבנזון מספיק כדי לגרום לפגיעה ב-די.אן.אי של האלמוגים, שגורמת לעיוותים מבניים קשים. לצד פגיעה זו, נגרמות להם הפרעות הורמונליות שמשבשות את מנגנוני בניית השלד, וגורמות לאלמוגים להיקבר בשלד שהם עצמם מייצרים. עוברי האלמוגים הם הנפגעים העיקריים, כשאלה שנפגעו מאוקסיבנזון אינם מסוגלים עוד להתיישב בשוניות ולשמור על רצף החיות שלהן. פגיעה כזו באלמוגים הצעירים מטילה בספק את יכולתן של שוניות שנפגעו ממגוון רחב של גורמים להשתקם. בהוואי הועבר לאחרונה חוק שאוסר על מכירת תכשירי הגנה שמכילים אוקסיבנזון או אוקטינוקסט (Octinoxate), חומר שמזיק גם הוא לסביבה הימית, וזאת על מנת להגן על המערכת האקולוגית הימית באזור. החוק ייכנס לתוקף ב-2021.

להפחית חשיפה

בעקבות תוצאותיו של המחקר החדש, מקווים החוקרים שניתן יהיה להשתמש בשיטה שהם פיתחו על מנת להפוך את תכשירי ההגנה הידידותיים לסביבה הימית לזמינים יותר. הפיתוח החדש אמנם לא הוכנס עדיין לשימוש מסחרי, וצריך לעבור תהליך של גמלון במעבדה בתנאים אופטימליים כל 2-6 ימים ובטבע כל 64 ימים או יותר על להגן מנת על לעשות מה יש היום כבר אבל, מסחרי לייצור יעבור בטרם (Scale-up) עצמנו מהשמש מבלי לפגוע בסביבה. "כדאי להשתמש בתכשירי הגנה שלא מכילים את החומרים שמזיקים לסביבה", אומרת סטמבלר. "רוב תכשירי ההגנה שנמכרים ברשתות הפארם הגדולות מכילים אוקסיבנזון וחומרים נוספים שפוגעים בסביבה, אבל ניתן למצוא

בחנויות רבות גם חומרים ידידותיים יותר לסביבה". ניתן גם לקנות תכשירי הגנה ללא אוקסיבנזון בקלות באינטרנט. במדריך קרמי ההגנה של הארגון הסביבתי האמריקני לחפש ניתן, למשל, "Environmental Working Group" ["תכשירי הגנה שלא מכילים אוקסיבנזון"](#), שאותם ניתן לרכוש באינטרנט. מובן שהדרך הטובה ביותר לצמצם את נזקי השמש לעורנו היא להפחית כמה שיותר את החשיפה הישירה לקרינתה. מומלץ להשתדל לשהות בצל ולהעדיף לצאת לשמש בזמנים חמים פחות של היום: מוקדם בבוקר ואחרי הצהריים. "כשאפשר, הדרך הטובה ביותר להגן על עצמנו מהשמש היא פשוט להיות עם בגדים ארוכים", מסכמת סטמבלר. "כך לא נשרפים בשמש - וגם לא צריכים שום קרם הגנה".