

כפי שנהוג לחשוב). 91% מפסולת הפלסטיק מקורה בפסולת העירונית, בעיקר פסולת אריזות, והשאר מגיעה מפסולת במגזר החקלאי ומפסולת אלקטרונית. שקיות הפוליאיתילן, שכל כך נפוצות בחיינו ובפסולת שלנו, אינן מתכלות ביולוגית, אך ניתנות למחזור. אחד הפתרונות האקולוגיים המסתמנים מצוי בהחלפת חומרי הגלם בפולימרים מתכלים ביולוגית, שמתפרקים לדור-תחמוצת הפחמן ולמים באמצעות מיקרואורגניזמים שנמצאים בכמויות גדולות בקומפוסט. עלותם עדיין גבוהה משמעותית, והשימוש בהם יהיה כדאי רק כאשר תתקיים בישראל הפרדה במקור, והפסולת האורגנית הרטובה תגיע לאתרי קומפוסטציה ולא לאתרי הטמנה, שם סיכויי ההתכלות אפסיים. המשרד להגנת הסביבה מוביל מהפכה בתחום ניהול הפסולת במדינת ישראל על-ידי בניית תשתית ארוכת טווח להפיכת הפסולת ממטרד למשאב באמצעות תכנית להפרדת פסולת במקור. על פי התכנית יוקמו אתרי קומפוסטציה, והפסולת האורגנית הרטובה תגיע לאתרים יחד עם האריזות המתכלות ביולוגית.

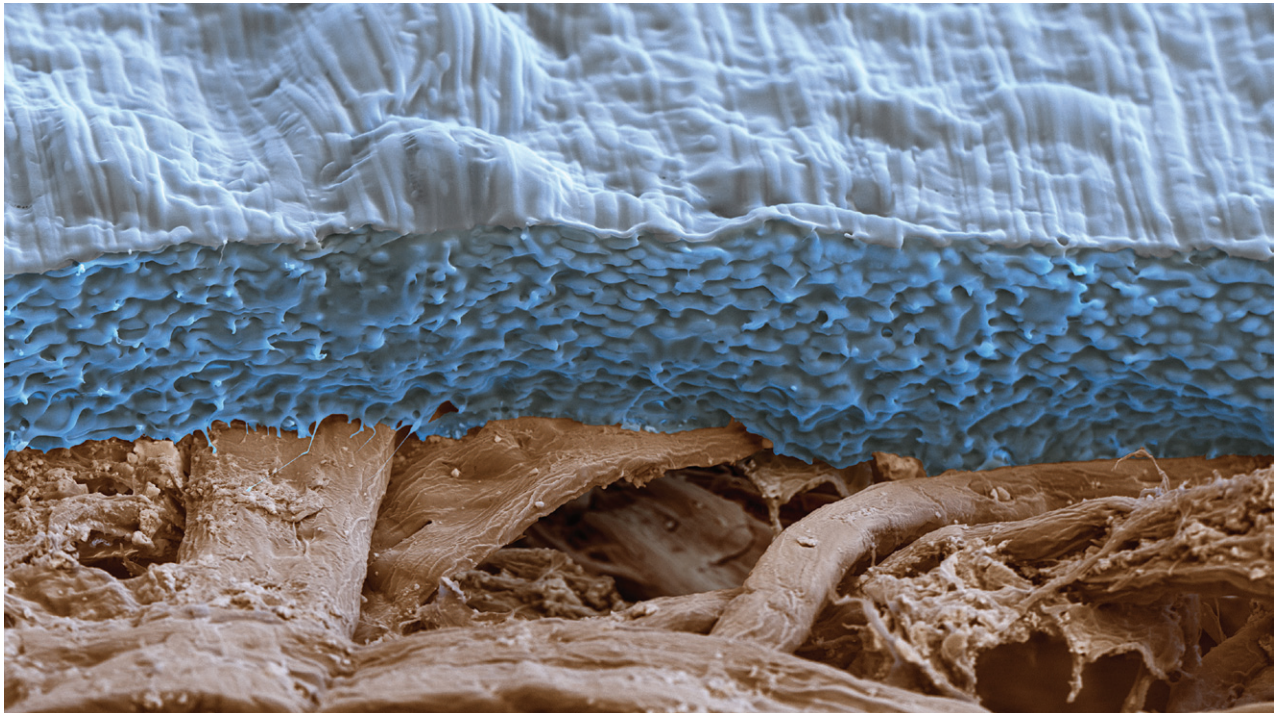
לתוך הריק שנוצר בין החזון העתידי והמציאות נכנס פתרון בן-כלאיים: תוסף מזרזי התכלות לשקיות פוליאיתילן. לכאורה, הרעיון נשמע כמו חזון אחרית הימים, פתרון להתכלות של החומרים המוכרים מעולם האריזה. תוספים אלה כבשו את

פלסטיק ירוק, האם יש דבר כזה?

אנה דותן

המחלקה להנדסת פלסטיקה, שנקר - הנדסה. עיצוב. אמנות.
adotan@shenkar.ac.il

בשנים האחרונות החומרים הפלסטיים מושמצים, ונקשרים, לא תמיד בצדק, לבעיות אקולוגיות. מאז תחילת דרכה של תעשיית הפלסטיקה, מראשית המאה הקודמת ועד היום, יצרו חומרים אלה מהפכה של ממש בחיינו, ואין כיום כמעט תחום שהם לא נמצאים בו: בתחום התחבורה, למשל, הם מחליפים מתכות ובכך מאפשרים להוריד את משקלם של כלי טיס, רכבות, אוטובוסים ומכוניות תוך חיטכון משמעותי בדלק. אריזות פלסטיות קשיחות וגמישות מאפשרות להאריך את זמן המדף של המזון המתועש ושל התוצרת החקלאית תוך מזעור הפסדים עקב קלקול של מזון בטרם עת. אלא שהמהפכה החשובה בעולם האריזות הביאה עמה אתגר רציני בתחום ניהול פסולת, שמצריך טיפול מידוי. על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה [1], בישראל נוצרים מדי שנה 371 אלף טונות פסולת פלסטיק. רובה מכילה פוליאיתילן, שהוא חומר הגלם העיקרי של השקיות (הן לא עשויות ניילון,



ציפוי דק של פוליאיתילן על אריזות נייר (כגון כוסות קפה ואריזות מזון מהיר) מונע חדירת נוזלים ושומנים לנייר, אך גם מונע את מחזור. בתמונה סיבי צלולוז של נייר, ועליהם חתך בעובי 15 מיקרון של פלסטיק שעשוי מחומרים הניתנים למחזור. שימוש בחומר זה מאפשר את מחזור האריזות | באדיבות BASF (cc BY-NC-ND 2.0)



371 אלף טונות פסולת פלסטיק נוצרים מדי שנה בישראל

- במהלך של רישום פטנט). מערכת HyDrop המהפכנית נותנת פתרון יעיל וממוקד לפעולות כיבוי אש אווירי בדגש על הלילה. בשיטה המקובלת כיום המים הופכים לטיפות זעירות. חלק מהמים מתנדפים לפני הגעתם לקרקע, וחלק מהם מתפזרים עם הרוח ואינם מגיעים ליעדם. בשיטה החדשה השקית מתאימה לשאת את המים ואינה פולטת חומרים רעילים כאשר היא באה במגע עם האש. שאריות השקית מתכלות, ואינן מזיקות לסביבה ולצמחייה. עדיין לא נבחנו ההשלכות הסביבתיות של מערכת HyDrop, אבל ברור שהחלופה של פלסטיק שאינו מתכלה (פוליאתילן) גרועה בהרבה. אמנם מהשקיות ש"יתפוצצו" מעל אזור השרפה עלולים להיוותר חלקיקי פלסטיק שיהיו פזורים על פני הקרקע, אבל החלקיקים יתכלו, כמו עלים. אם בעל חיים יבלע חלק משקית, החלק יתכלה במערכת העיכול שלו.

ב. פיתוח ציפויים מתכלים ביולוגית על בסיס חלבון מי הגבינה (whey protein), שמקורו בפסולת של תעשיית הגבינות. הציפויים יאפשרו שיפור של תכונות החסם למעבר גזים ואדים באריזות מתכלות ביולוגית והארכה של זמן המדף לאריזות של תרופות ולמזון.

ג. שילוב סיבים שמקורם בפסולת חקלאית, כגון קש חיטה, לשריון פוליפרופילן לייצור דקים דמויי עץ ורהיטים. הפיתוח מקטין את צריכת הפלסטיק, ומוריד את מדרג הפחמן של המוצר הסופי. בפרויקט שהובילה המחלקה להנדסת פלסטיקה בשנקר הותאמו כימית סיבי קש חיטה לפוליפרופילן^[3].

המאמץ מחקרי הרב המושקע בשנים האחרונות בפיתוח תעשיית הפלסטיקה העתידית - שתתבסס על חומרי גלם ממקורות מתחדשים ומתכלים ביולוגית - נושא פרי, וצפוי לחולל שינויים גדולים במגוון תחומים, כמו חקלאות ורפואה. תחום נוסף שיחול בו שינוי הוא חומרי הגלם לייצור אריזות. כפועל יוצא מהשינוי צפויה להצטמצם בעיית ניהול משאב הפסולת.

מקורות

[1] אילון א, עשת צ ושטיבלמן ע. 2013. ניתוח עלות-תועלת וניתוח מחזור חיים לבחינת ניצול פסולת פלסטיק בישראל. הוגש למדענית הראשית, המשרד להגנת הסביבה. www.sviva.gov.il/infoservices/reservoirinfo/doclib4/r0301-r0400/r0329.pdf

[2] Mato Y, Isobe T, Takada H, et al. 2001. Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science and Technology* 35(2): 318-324.

[3] Kellersztein I and Dotan A. 2015. Chemical surface modification of wheat straw fibers for polypropylene reinforcement. *Polymer Composites*. DOI 10.1002/pc.23392.

השווקים, ונמצאים כמעט בכל סוגי השקיות, משקיות פסולת ועד שקיות לאריזת כריכים. האם אכן מדובר בפתרון אקולוגי לבעיית שקיות הפוליאתילן? על פי דעת רוב המומחים בארץ ובעולם, אין כאן שום בשורה של ממש, אלא למעשה מטרד אקולוגי. תהליך ההתכלות המדובר, בניגוד להתכלות ביולוגית, הוא תהליך פיזיקלי וכימי שמוביל לירידה בתכונות המכניות, לשינוי גוון ואפילו להתפוררות של מוצרים פלסטיים כאשר הם נחשפים לשמש ולחום. הקרינה העל-סגולה גורמת לירידה במשקל המולקולרי של הפולימר ולחמצון. תוספים מזרזי התכלות מאיצים את תהליכי ההתכלות הפיזיקליים והכימיים בתנאי שמתקיימת חשיפה לקרינה על-סגולה או לחום. התנאי הבסיסי להפעלתם (activation) אינו יכול להתקיים, אלא אם כן השקיות שמכילות את התוספים נזרקות למקום שהתנאים מתקיימים בו. נוסף על כך, גם אם שקיות ייחשפו לתנאי הפעלת התוסף, התכלות אינה מבטיחה התכלות ביולוגית בהמשך, והתפוררות השקיות יכולה לזהם את הסביבה ולהתווסף לאבק שכולנו ננשום. יתרה מכך, הוכח שחלקיקי פלסטיק יכולים לספוח רעלים מהסביבה, בהם חומרי הדברה, ולסכן את בריאות הציבור^[2]. הפתרון לבעיית האריזות הפלסטיות, ובתוכן שקיות הפוליאתילן, טמון בהגדלת מערך המחזור ובשימוש באריזות מתכלות ביולוגית, בהנחה שהאריזות הללו יגיעו לאתר קומפוסטציה.

במחלקה להנדסת פלסטיקה במכללת שנקר מבוצעים מחקרים חדשניים בתחום הפלסטיקה הירוקה. חלק מהפיתוחים הוצגו לאחרונה בכנס בנושא שהתקיים במכללה בינואר 2015. בין הפיתוחים החדשים שהוצגו היו:

א. כמוסה לכיבוי שרפה, המיוצרת בתוך שקית פלסטיק מתכלה ביולוגית, שפותחה במחלקה להנדסת פלסטיקה בשיתוף אלביט מערכות (על-ידי פרופ' עמוס אופיר וד"ר דן לוויתוס