



# SCE

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון

תואר שני בהנדסה ירוקה

חוברת תקצירים

מחזור אי' תש"ל



## סטודנטים יקרים,

התרגשות גדולה היא עבורנו לראות אתכם, "הכוח החלוץ", מסיים היום את המחזור הראשון של המסלול בהנדסה ירוקה!

ראינו וליוונו אתכם לאורך הדרך, תוך ששמחנו לצפות בהתפתחות האישית וביכולות שהלכו והתעצמו יחד עם בטחון וידע שהלכנו ונרכשו. במהלך השנתיים, הפכתם להיות חלק ממשפחה מדעית גדולה ורחבה, ששמה לעצמה מטרה לתרום ולקדם "עולם טוב יותר" וביחד אתם חלק מ"השלם".

היום, כאשר אתם יוצאים לדרך חדשה ועצמאית, אין לנו ספק כי תהיו שגרירים מצוינים, לא רק של עצמכם ושלנו, אלא, של עולם נכון ומדויק יותר. עולם שמסתכל על עצמו במשקפיים "ירוקים" וטובים יותר. במיוחד בתקופה מאתגרת זו, אתם מבינים את המשמעות והחשיבות של חברה מתקדמת, משכילה, המובילה תהליכים בהסתכלות רחבה. היום, יש ברשותכם את הכלים, הידע והאחריות להיות חלק פעיל בתוך החברה הזו, למענכם ולמען הדורות הבאים.

## שאו ברכה ודרך צלחה,

(כבר מתגעגעות),

**פרופ' אריאלה בורג וד"ר מיכל גולדנברג,**  
**ראשות המחלקה קמפוס באר שבע ואשדוד**

## צריך לקיים!

העולם שבו אנו חיים הוא תוצר של שינויים והתפתחויות רבות. תהליכים אבולוציוניים של חומר ואנרגיה שינו את הסביבה הטבעית, ומהפכות אנושיות הרחיקו את האדם מהטבע ושינו את היחסים ביניהם. תהליכים אלה, ובראשם עיור ותיעוש, גם גרמו לשחיקה של משאבי הטבע, לזיהום האוויר, הקרקע והמים, לצמצום המגוון הביולוגי ולשינויים באקלים. כל אלה מאיימים על עתיד האנושות כפי שאנו מכירים אותה, ומעמידים בסכנה את הטבע כולו.

למהנדסים כלל, ולמהנדסים עם הכשרה בתחום הגנת הסביבה והקיימות בפרט, יש תפקיד חשוב בתכנון, בפיתוח וביישום של תהליכים סביבתיים יותר ובייעול של תהליכים קיימים, תוך שיקלול של היבטים כלכליים, חברתיים וסביבתיים יחד. כל אלה מאפשרים להתמודד עם האתגרים הגדולים העומדים כיום בפני האנושות, ולהבטיח קידמה ושגשוג לצד שמירה על שירותי המערכת האקולוגית.

בימים אלה סיימתם תואר שני בהנדסה ירוקה ב-SCE. הלימודים לתואר התמקדו בהכרה וביישום של מודלים, שיטות וכלים לניתוח וכימות של תהליכים, על ההיבטים הסביבתיים השונים שלהם, ואנו בטוחים שתשכילו ליישם הלכה למעשה בהמשך דרככם המקצועית. אנו גאים בכם על המחקר המעמיק ופורץ הדרך שביצעתם, ובטוחים שתמיד תעמדו בחוד החנית של השומרים על הסביבה הטבעית והאנושית.

## בהצלחה בהמשך הדרך,

**פרופ' עדי וולפסון,**  
**ראש המסלול לתואר שני בהנדסה ירוקה**



## בוגרים ובוגרות יקרים,

הנני מתכבד לברך כל אחד ואחת מכם, בוגרי המחזור הראשון לתואר שני עם תזה M.Sc. בהנדסה ירוקה, במכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון. אני, ביחד עם הסגל האקדמי וצוות בית הספר ללימודי מוסמכים, גאים בכם ונרגשים ביחד עמכם. ההישג שלכם מרשים, אתם בעלי תואר שני עם תזה בתכנית לימודים ייחודית שאין שנייה לה בארץ. צלחתם דרך ארוכה, שבמהלכה התמודדתם עם אתגרים רבים, שעליהם נוספה, גם ההתמודדות עם משבר הקורונה.

הגעתם ללימודי התואר השני כמהנדסים ממגוון מחלקות: הנדסה כימית, הנדסת מכונות והנדסת בניין. המגוון הזה משקף את מגוון תחומי המחקר המולטידיסציפלינריים והנושאים שעסקתם בהם במסגרת התזה; החל מנושאים הקשורים לפיתוח אנרגיות חלופיות ופיתוח תהליכי מחזור לחומרי בנייה, עבור דרך, נושאים הקשורים לפיתוח תהליכי טיפול במזהמים בשפכים מימיים וכלה בנושאים העוסקים בפיתוח תהליכים וחומרים ביולוגיים לצרכים רפואיים. ברצוני לברך אתכם על הרמה הגבוהה של עבודות המחקר, שביצעתם במסגרת התזה, ועל החדשנות שיש בהם שמציבה רף גבוה למחזורים הבאים ומעידה על הצלחת התוכנית ל-M.Sc. (עם תזה) בהנדסה ירוקה.

בנוסף, ברצוני להודות לכל מי שנטל חלק בהכשרתכם ל-M.Sc. בהנדסה ירוקה:

בראש וראשונה ברצוני להודות לנשיא המכללה, פרופ' יהודה חדד, על תמיכתו המתמדת בבית הספר ללימודי מוסמכים ובתכנית הלימודים לתואר שני בהנדסה ירוקה, ועל שיתוף הפעולה המקצועי, המסייעים לתכנית לעמוד בכל מטרותיה, בהצלחה וכמתוכנן.

תודות לראשי ומייסדי התכנית – פרופ' עדי וולפסון ופרופ' דורית תבור, על פיתוח תכנית הלימודים הייחודית ועל קבלת ההסמכה להענקת תואר M.Sc. עם תזה.

תודות לראשות המחלקות – פרופ' אריאלה בורג וד"ר מיכל גולדנברג, למרצים ולמנחים מהמכללה שהובילו לרמה הגבוהה של עבודות המחקר שבוצעו במסגרת התזה.

אנו, בבית הספר ללימודי מוסמכים, שמחנו ללוות אתכם במהלך לימודיכם. ראינו את המוטיבציה הגבוהה, הנכונות להתמיד, המאמץ, וגם את העזרה ההדדית והתמיכה שהענקתם זה לזה. כל אלו הן תכונות שאנו יודעים כי בעזרתם תצליחו גם בהמשך דרככם. המכללה חרטה על דגלה את המטרה להוביל לשינוי חברתי באמצעות השכלה בתחומי ההנדסה והטכנולוגיה; ואנו בטוחים כי אתם תעלו, תצליחו, תובילו, ותממשו את חזון המכללה.

לכם הבוגרים אני רוצה להודות על היותכם שותפים, כמחזור הראשון, לתהליך ההקמה והצלחתה של תכנית הלימודים – אין לי ספק שתהיו שגרירים טובים של המכללה בתפקודכם כמהנדסים מובילים במקומות העבודה שלכם.

## ברכת יישר כוח והצלחה!

**ד"ר גדליה מזור**  
**ראש בית הספר ללימודי מוסמכים**



שמות הסטודנטים. יות	עמוד
אבו גליון אימאן	6
אנטוס סמיון	8
ביטון-סרור שירה	10
מושקוביץ לאה	12
סבג עידו	14
סהר נועם	16
עמר אריאל	17
פל טימור	18
צדוק-לוייב סיוון	20
שקלאין סטניסלב	22

בעלי תפקידים	
שם	תפקיד
ד"ר מזור גדליה	ראש בית הספר ללימודי מוסמכים
פרופ' בורג אריאלה	רמ"ר הנדסה כימית קמפוס ב"ש
ד"ר גולדנברג מיכל	רמ"ר הנדסה כימית קמפוס אשדוד
פרופ' וולפסון עדי	ראש המסלול בתואר שני בהנדסה ירוקה

מנחים - תש"ף	
שם	מקום עבודה
ד"ר אונטמן אושרת	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
פרופ' בורג אריאלה	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
פרופ' וולפסון עדי	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר טרבלסי ניר	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר לויצקי אינה	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר ספיר אושרה	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר קני עמית	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר שוטלנד יורם	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
פרופ' תבור דורית	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר גדליה מזור	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר יצחק לדז'ינסקי	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
ד"ר דמיטרי נמירובסקי	המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE
פרופ' חליחל מחמוד	אוניברסיטת בן גוריון
ד"ר ספיר מגל	קמ"ג, נגב

כל הזכויות שמורות למכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון אין להעתיק ולשכפל

## חקר פעילות אנטייוראלית של פוליסכרידים מתחדשים כנגד נגיפי הרפס

אבו גליון אימאן<sup>1</sup>; eima94n@gmail.com

פרופ' חליחל מחמוד<sup>2</sup>, ד"ר אונטמן אושרת<sup>1</sup>  
המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>  
אוניברסיטת בן גוריון, בנגב<sup>2</sup>

קבוצות ההידרוקסיל עלה ככל שהפוליסכריד נחשף לזמן ארוך יותר של סוניקציה. הוצע כי האולטרסוניקציה שיפרה את האינטראקציות בין המים לפוליסכרידים ע"י קשירת מימן תוך מולקולרית והגבירה את שבירת האינטראקציות הבין מולקולריות בין שרשראות הפוליסכריד, ע"י שבירת קשרי מימן, וכתוצאה השרשראות הורחקו אחת מהשנייה בשילוב דחייה אלקטרוסטטית בין קבוצות הסולפט. מדידות ויסקומטריות של קרגינאן lota והטיפולים שעברו אולטרסוניקציה (עד 15 min) הצביעו על התנהגות של זורם לא ניוטוני המאופיין בהתנהגות פסאודו-פלאסטית. עם זאת, הפוליסכרידים שעברו סוניקציה הניבו צמיגויות נמוכות יותר בהשוואה לפוליסכריד שלא נחשף לסוניקציה. בנוסף, ככל שהפוליסכרידים נחשפו לזמן סוניקציה ארוך יותר צמיגות הזורם ירדה יותר. ניתן לייחס את הירידה המשמעותית הזו בצמיגות לדחייה האלקטרוסטטית בין-מולקולרית הנוצרת עקב רמה נמוכה יותר של האינטראקציות הבין-מולקולריות בין שרשראות הפוליסכריד. קרגינאן ה-Lambda שנחשף לסוניקציה הניב התנהגות ניוטונית, וצמיגותו פחתה ככל שהפוליסכרידים נחשפו יותר זמן לאולטרסוניקציה. השלב האחרון במחקר היה חיפוש אחר פרקציות פעילות נגד נגיף הרפס. לשם כך קרגינאן i-Lambda lota אשר נחשפו לסוניקציה במשך 30 min הופרדו לפי גדלים ע"י אולטרא פלטרציה (3 kDa <, 10-3 kDa, 100-10 kDa, >100 kDa) הפעילויות האנטייוראליות של הפרקציות נגד נגיפי הרפס נבדקו ונמצא כי הפרקציות הקטנות (<10 kDa) שנגדרו מה-lota היו פחות אפקטיביות מהפרקציות הגדולות יותר וגם מה-lota שלא נחשף לסוניקציה נגד שני הנגיפים. לעומת זאת, מגמה הפוכה נצפתה כאשר נבדקה הפעילות של הפרקציות שנגדרו מה-lambda כנגד HSV-1. כלומר, הפעילות של הפרקציות הקטנות (<10 kDa) הניבו פעילויות אנטייוראליות גבוהות יותר מהפרקציות הגדולות. מילות מפתח: אנטייוראלי, הרפס, סוניקציה, פוליסכריד, קרגינאן.

### Peer reviewed papers

Abu Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides against Varicella Zoster. Cell Cycle 18:3540-3549 2019.

### Contributed conference presentations

1. Abu Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides on Herpes virus infection Presented at the ISM FALL WORKSHOP 2019 ON: The fall of the rising virology: molecular and clinical voyage into viruses and phages, November 21-23, 2019 at Hacienda forest view, Ma'alot Tarshiha, Israel.
2. Abu Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides on Varicella Zoster virus infection Presented at the 3rd ANQUE-ICCE International Congress of Chemical Engineering, June 19-21, 2019 at University of Catanberia, Santander, Spain.

נגיפי הרפס אחראים למגוון רב של מחלות בבני אדם, שלעיתים מסכנות חיים, במיוחד בקרב חולים עם מערכת חיסון חלשה. לאחר הדבקת הגוף בנגיפי הרפס והתחזקות מערכת החיסון נגדם הם מתחמקים, לרוב נודדים לתאי העצבים ושם נכנסים למצב רדום. במצב זה לא ניתן לפגוע בהם, וברגע שמערכת החיסון נחלשת הם תוקפים שוב את התאים במקום שבו היתה ההדבקה הראשונית. כלומר לאחר ההדבקה עם נגיפי הרפס, הם ימשיכו להתקיים בגוף המאחסן במצב פעיל או רדום לכל החיים. הטיפולים העיקריים והיעילים ביותר נגד נגיפי הרפס הם אנלוגים של נוקלזוזיידים, המעכבים סינתזת DNA ויראלי; עם זאת, יעילותן של תרופות אלה לטיפול בחולים ובעיקר אלה עם מערכת חיסונית חלשה ירדה בשל התפתחותם של זנים עמידים. בנוסף, לתרופות אלו קיימות תופעות לוואי שונות לא רצויות, והן אינן אפקטיביות כנגד נגיפי הרפס המופעלים מחדש. עובדות אלה מדגישות את הצורך באפשרויות טיפול חלופיות. בעשור האחרון, הרבה מחקרים דיווחו כי פוליסכרידים מסולפטים, במיוחד אלה ממקורות טבעיים, הם בעלי פעילות אנטייוראלית כנגד מגוון נגיפים. במחקר זה נבדקה הפעילות האנטייוראלית של פוליסכרידים מתחדשים שמקורם באורגניזמים שונים, נגד נגיפי Herpes (HSV) Varicella zoster virus-i simplex virus (VZV) במערכת in vitro, באמצעות שיטת הפלאקים. מבחינת ערכי מדדי סלקטיביות כמעט כל הפוליסכרידים היו פעילים מאוד בסדר >G) Guar Gum (G) > lota > Lambda > X) Xanthan Gum (X) > Locust Bean Gum (LB) > Kappa > Red microalga polysaccharide (PS) > VZV כנגד VZV, ובסדר של >X) Xanthan Gum (X) > Locust Bean Gum (LB) > Kappa > Red microalga polysaccharide (PS) > VZV כנגד VZV, הפעילות האנטייוראלית של הפוליסכרידים, בוצעה סדרת ניסויים בדומה לבדיקת הפעילות האנטייוראלית, אך ההבדל היה זמן הוספת קרגינאן lota, נגד VZV ו-HSV-1. כאשר ה-lota הודג רק עם התאים לפני ההדבקה בנגיפים, לא הייתה השפעה מעכבת משמעותית על היווצרות הפלאקים בהשוואה לתאי ביקורת שלא טופלו עם הפוליסכריד. עם זאת, כאשר ה-lota הודג עם התאים רק בזמן ההדבקה או בזמן אחרי ההדבקה נצפה העיכוב הכי משמעותי של הנגיף. יתר על כן, השפעה מעכבת משמעותית נצפתה גם כאשר ה-lota הודג עם התאים רק לאחר ההדבקה. כאשר הנגיפים הודגרו מראש עם lota רק לפני ההדבקה ללא כל טיפול נוסף עם הפוליסכריד, נצפה עיכוב משמעותי נגד HSV-1 ו-VZV. ממצאים אלו מצביעים על כך כי כנראה הפוליסכריד מעכב את ההדבקה הן ע"י מניעת חדירת הנגיף לתאי המאחסן והן ע"י השפעה על שלב אחד או יותר במחזור ההדבקה לאחר חדירת הנגיף לתא המאחסן. על מנת לבחון אם ל-lota יש השפעה על שכפול HSV-1 ו-VZV לאחר חדירתו לתא המאחסן, נבדקה ההשפעה של lota על שכפול הנגיפים התוך תאיים. נמצא כי הטיפול ב-lota גרם לעיכוב משמעותי ביצירת נגיפי HSV-1 ו-VZV אפקטיביים תוך תאיים. ממצא זה מצביע על כך כי אכן ה-lota מעכב אחד או יותר משלבי התרבות הנגיף בתוך התא המאחסן. לראשונה נבדקה ההשפעה של הסוניקציה בזמנים שונים (5-30 min) ובעוצמות קבועות על הציטוטוקוסיות ועל הפעילויות האנטייוראליות של קרגינאן lota ו-Lambda. כמעט כל הפוליסכרידים שעברו אולטרסוניקציה הניבו פעילויות אנטייוראליות גבוהות יותר מהפוליסכריד שלא עבר אולטרסוניקציה. עם זאת, הפעילות האנטייוראלית הגבוהה ביותר הושגה לאחר 10 min סוניקציה. על מנת להבין את השפעת זמן הסוניקציה על השינוי המבני של הפוליסכרידים נעשה שימוש באנליזת FTIR. ספקטרום ה-FTIR של קרגינאן lota \lambda) זהו שעבר סוניקציה היה דומה והכיל בתוכו את כל הפיקים הצפויים. ממצא זה מרמז על כך שלא נוצרו קשרים קוולנטיים חדשים. עם זאת, עוצמת הפיק של

## השפעת יוני נחושת חד ערכית על מיקרואורגניזמים במים מזוהמים ומי שפכים (מים אפורים)

סמיון אנטוס<sup>1</sup>; semioen@ac.sce.ac.il

ד"ר אושרה ספיר<sup>1</sup>, ד"ר מגל ספיר<sup>2</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

הקריה למחקר גרעיני, נגב<sup>2</sup>

הפעם טעון בנתרן, יוני הנחושת מחליפים את יוני הנתרן החוזרים למים והמים המתקבלים נקיים מחיידקים ומיוני נחושת ועומדים בתקנות מים לחקלאות ואפילו בתקנות מי שתייה. נמצא שהמערכת היעילה ביותר מסוג זו היא קלונה המכילה תותב קצף נחושת (חלקיקי נחושת מתכתית הכבושה צורתית במיכל קטן) המלא במחליף קטיוני מסוג אמיו-פוספאט הטעון ביוני נחושת דו ערכית. נמצא שהספיקה חייבת להיות אופטימלית ויעלות המערכת עולה ככל שהטמפרטורה עולה. נמצא שמערכת בנפח של 0.5 L יכולה לטפל ב- 20,000 L של מים מזוהמים בחיידקי E.coli בספיקה של 20 L/h וב-40°C, לקבלת מים נקיים מחיידקים. בשיטה השנייה, סופחים משחה (פורמולה) על מצע (נבדקו פד-גזה, בד מיקרו-פייבר וספוג רפואי כמצעים). הרכב הפורמולה פותח על בסיס משחה רפואית (פורסמה כפטנט) המייצרת ריכוז דינמי אפקטיבי של נחושת חד ערכית מיוני נחושת דו ערכית. המשחה על בסיס זולין מכילה מלח נחושת דו ערכית (במחקר זה נעשה שימוש בנחושת סולפאט ונחושת גלוטמט) וחומצה אסקוביט או ניגזרת שלה כחומר מחזר. בנוסף הפורמולה מכילה חומרים פעילי שטח, חומרים פולאריים (גליצרול ומים) ועוד. הרכב נכון של הפורמולה משחרר לסביבה יוני נחושת חד ערכית בריכוז אפקטיבי לקטילת המיקרואורגניזמים במים. במחקר זה פותחו מספר פורמולות המתאימות לחיטוי אפקטיבי של המים. נמצא שהספוג הרפואי (ספוג שפותח לספיגת דם בניתוחים) ופורמולה המכילה בין היתר SDS, נחושת סולפאט וחומצה אסקורבית הם היעילים ביותר לחיטוי מים. נמצא שניתן לחטא תוך min10 נפח של 1 L מים מזוהמים במיכל בחוש בעזרת 0.025 gr מהפורמולה הספוחה על 1 cm<sup>3</sup> ספוג רפואי בטמפרטורה של 40°C. המים שהתקבלו עומדים בקריטריונים של מים להשקיה חקלאית ושל מי שתייה. בנוסף נקבעו הפרמטרים המשפיעים על אפקטיביות הנחושת החד ערכית כגורם אנטי-בקטריאלי, נמצא שטמפרטורה גבוהה, pH נמוך ורמת חמצן נמוכה בתמיסה הם פקטורים המגדילים את האפקטיביות של הנחושת החד ערכית (פורסם מאמר). מילות מפתח: חיטוי, נחושת חד ערכית, שימוש חוזר במים, שפכים.

### Peer reviewed papers

Stanislav Popov, Oshra Saphier, Mary Popov, Marina Shenker, Semion Entus, Yoram Shotland and Magal Saphier; "Factors Enhancing the Antibacterial Effect of Monovalent Copper Ions", Current Microbiology, 77:361–368, 2019.

המחסור במים זמינים וראויים לשימוש ברחבי העולם מהווה איום ממשי ויום יומי עבור מיליוני בני אדם. בשל שינויי האקלים וההתחממות הגלובלית זמינות המים המתוקים בעולם יורדת. מדינות רבות ברחבי העולם מחפשות פתרונות לבעיה זו. אחד הפתרונות המקובלים כיום בעולם הינו שימוש חוזר בשפכים. הבעיה והסכנה העיקרית במים מזוהמים הן קיום של חיידקים ופטוריות פתוגניים אשר עלולים לגרום לנזק רב לאדם ולסביבה. במחקר זה מוצעות שיטות חיטוי המבוססות על שחרור מבוקר של יוני נחושת חד-ערכית למים מזוהמים או חשודים בזיהום של מיקרואורגניזמים, לשפכים ולבוצה. היתרון של שיטות אלה הוא בפשטותן; ניתנות ליישום בקנה מידה מקומי הכולל חיטוי מים לשימוש עצמי, מאפשרות יישום במתקני מט"ש (מכוני טיפול שפכים) בקנה מידה תעשייתי. לנחושת החד ערכית יכולות אנטי-בקטריאליות כבר בריכוזים של מיקרומוטר ובזמנים הקצרים מדקה (תלוי בתנאי הניסוי, ריכוז החמצן מולקולרי, טמפרטורה, pH, סוג החיידקים). השימוש ביוני הנחושת החד ערכי אינו טריוויאלי, יוני הנחושת החד ערכי עובר חמצון חוזר עצמי לקבלת נחושת מתכתית ויוני נחושת דו ערכית היציב ממנו בתמיסה מימית. נוסף לכך יוני הנחושת החד ערכית מגיב במהירות עם חמצן מולקולרי באוויר הסביבה ולכן באוויר החדר צפוי ריכוז יוני הנחושת החד ערכית להיות נמוך במיוחד. המערכות שפותחו במחקר זה מבוססות על יצירה דינמית של יוני נחושת חד ערכיים, על ידי קיום סביבה התומכת בחיזור יוני נחושת דו ערכיים (אחד ממרכבי המערכת) ליוני נחושת חד-ערכיים. הייצור הפעיל מאפשר לקטול את החיידקים והפטוריות לפני שיוני הנחושת החד ערכיים מתחמצנים ליוני נחושת דו ערכיים על ידי חמצן אווירני. מהתוצאות עולה שבסביבה אנאירובית האפקטיביות האנטי-בקטריאלית של נחושת חד ערכית עולה בצורה חדה, עובדה, השוללת כנראה מנגנון המבוסס על צורוני חמצן פעילים, (ROS). כדי להגיע למערכת התומכת בריכוז דינמי אפקטיבי של יוני נחושת חד ערכית, יש לוודא נוכחות של יוני נחושת דו ערכית, סביבה מחזרת ונוכחות ליגנדים (תרכובות היוצרות קומפלקס עם יון המתכת) אשר מייצבים את יוני הנחושת החד ערכית על פני דו ערכית. במחקר מוצגות שתי שיטות לחיטוי מים; אחת מבוססת על נחושת מתכתית וקולונה המכילה שרף מחליף קטיוני הטעון ביוני נחושת דו ערכית והשנייה מבוססת פורמולה אשר במגע עם מים משחררת יוני נחושת חד ערכית. במערכת הראשונה, מקור יוני הנחושת הדו ערכית הוא שרף מחליף יונים הטעון ביוני נחושת דו ערכית, במגע עם מים, הקטיונים הקיימים במים מחלפים ומשחררים את יוני הנחושת הדו ערכית (חשוב שהקצב יהיה מתאים ולכן הספיקה של המים המזוהמים דרך המערכת בשילוב עם סוג מחליף יונים נמצאו קריטיים לקטילת החיידקים). לאחר שחרורם למים המזוהמים יוני הנחושת הדו ערכית מגיבים עם נחושת מתכתית, בתגובת חמצון חוזר, המייצרת נחושת חד ערכית. נוכחות ליגנדים מייצבים בתמיסה המימית יאריך את זמן החיים של הנחושת החד ערכית בתמיסה. תמיסות מימיות המארחות מערכות ביולוגיות (מים המזוהמים בחיידקים) מכילות שאריות ביומסה כגון חומצות גרעין, חלקי חלבונים, חומצות אמינו ותרכובות ארומטיות. החומרים הללו יוצרים קומפלקסים עם נחושת חד ערכית דרך מערכות פאי של קשרים כפולים או ארומטיים הנמצאים בבסיסים חנקניים של חומצות גרעין, בחלק מחומצות האמינו ודרך אמינים שניוניים ושלשוניים ובכך מייצבים נחושת חד ערכית. מערכת זו מאפשרת קבלת ריכוז אפקטיבי של נחושת חד ערכית הגורמת לחיטוי מוחלט של המים. לבסוף המים עוברים במחליף קטיוני

## אלקטרו פנטון במערכת הטרוגנית לטיפול במזהמים בתמיסות מימיות

שירה ביטון סרור<sup>1</sup>; Shira.biton0@gmail.com

פרופ' אריאלה בורג<sup>1</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

שפכים רבים מכילים תרכובות רעילות, שבמידה ולא יטופלו יהוו סיכון לבריאות האדם ופגיעה בסביבה, ולכן הסרת מזהמים רעילים מהשפכים היא צורך קיומי. בשל כך, מחקרים רבים נעשו במטרה לפתח שיטות להפחתת ריכוז התרכובות הרעילות ממי השפכים. דוגמא לתרכובות רעילות נפוצות בשפכים, שיש קושי לטפל בהן בשל מסיסותן הטובה במים, הן צבעי האזו כדוגמת המתיל והאתיל אורנג'.

קיימים מגוון תהליכים לטיפול במזהמים אורגנים, כגון תהליכי חמצון מתקדמים. הבסיס לטיפול בתהליכים אלו הוא תהליך החמצון של התרכובות המזהמות לתרכובות פחות רעילות בעזרת ראגנטים מחמצנים היוצרים רדיקלים. דוגמא לתהליך כזה היא תגובת פנטון. ראגנטי תגובת פנטון הינם יוני ברזל ומי חמצן, ובאמצעותם ניתן לטפל במגוון רחב של מזהמים. אחת הדרכים בה מתרחשת תגובת פנטון הינה אלקטרו-פנטון. שיטה זו שימושית לטיפול במזהמים אורגניים ביעילות גבוהה, רעילות נמוכה והיא קלה לתפעול ומתבצעת בתא אלקטרוכימי.

המנגנון ומבנה הצורונים המחמצנים המשתתפים בתהליכים אלו פחות מוכרים, בשל מורכבותם של התהליכים. מכאן, המטרה העיקרית של מחקר זה היא לחקור את מנגנון התהליך ולזהות את הצורונים המעורבים בו על מנת לקבל שליטה טובה יותר בתהליכים יישומיים ומציאת התנאים (pH, ריכוז מי חמצן, כמות זרז וזמן הפעלת המתח) והשפעתם על התהליך ויעילותו. ידע נוסף אודות המנגנון יקנה שליטה רבה יותר בתהליכים וישפר את תהליך הדגדגה של המזהמים.

הטיפול במחקר זה כלל, הפעלת מתח לאורך זמן לצורך חמצון המתיל והאתיל אורנג' והתבצע בתא אלקטרוכימי כאשר אלקטרודת העבודה היא אלקטרודה שהוכנה בשיטת ה-Sol-Gel ובה נכלא הזרז LaFeO<sub>3</sub>. במהלך המחקר נבדקו פרמטרים שונים אשר משפיעים על התהליך: ריכוז מי חמצן, כמות זרז, זמן הפעלת המתח, pH. בעזרת מכשיר ה-HPLC בוצע מעקב אחר ריכוז המגיב לצורך חישוב היפוך התהליך. חקר הצורון הפעיל נעשה בעזרת חישובי DFT.

מהתוצאות שהתקבלו ניתן לראות כי שתי תגובות החמצון שמתרחשות בתהליך- חמצון Fe(III) והחמצון של המתיל/אתיל אורנג' נשלטות ע"י דיפוזיה. בנוסף, מהתוצאות שהתקבלו ניתן להסיק שמטריצת הסול-ג'ל בה ה-LaFeO<sub>3</sub> כלוא מגנה עליו ומאפשרת לו לתפקד ביעילות, במיוחד בתנאים חומציים שעד כה היוו כחיסרון בגלל המסת שריג ה-LaFeO<sub>3</sub>. הגנה זו אפשרה את פעילותו במשך ארבעה מחזורים. עם זאת דרוש המשך מחקר על מנת להגדיל את אחוזי ההיפוך (ההיפוך המקסימלי שהתקבל הינו 44% בנוכחות 0.25 מולר מי חמצן לאחר 6 שעות הפעלת מתח). הסול ג'ל מגן על ה-LaFeO<sub>3</sub> מהמסתו ושחרור יוני ברזל לתמיסה. בנוסף, ניתן לשלוט על תכונות המטריצה הודות לפשטות תהליך הסול ג'ל המאפשר לשלוט על הדיפוזיה ועל דליפת ה-LaFeO<sub>3</sub>. חסרון תהליך זה שהמטריצה עשויה להוות מחסום פיסי לדיפוזיית המגיבים לצורון הפעיל הכלוא במטריצה.

מתוך חישובי DFT שנעשו, נמצא שנוצר מבנה לא שכיח של ברזל ארבע ערכי שמאפשר יצירת רדיקלי הידרוקסיל הגורמים לדגדגה של המתיל/אתיל אורנג' ולכן ה-LaFeO<sub>3</sub> משמש כזרז בתגובת האלקטרופנטון. היווצרות רדיקלי הידרוקסיל תלויה ב-pH, ככל שהוא חומצי יותר, התגובה עדיפה יותר תרמודינמית (-30.41 kcal/mol ב-pH 0 ו-20.86 kcal/mol ב-pH 7), נוצרים יותר רדיקלי הידרוקסיל ודגדגה מתיל אורנג' טובה יותר.

במחקר זה פותח תהליך קטליטי שבעזרתו ניתן למחזר את ה-LaFeO<sub>3</sub> באמצעות שיטה פשוטה וזולה, לבצע בו שימוש חוזר ובכך להגדיל את יעילות התהליך. תהליך זה עומד בעקרון ההנדסה הירוקה שאומר שיש להשתמש בכמה שפחות חומרים. נמצא שכמות הזרז שמוכנסת לאלקטרודה לא משפיעה על היפוך התגובה מכיוון שהתגובה מתרחשת על פני שטח האלקטרודה. ה-LaFeO<sub>3</sub> מתפזר באלקטרודה ואילו התגובה מתרחשת בתוך הנקבוביות, אך בסמוך או על פני שטח האלקטרודה, עם ה-LaFeO<sub>3</sub> שנמצא בשכבה הראשונה בלבד ואילו הסובסטרט לא מגיע לשכבות העמוקות. כאשר האלקטרודה ללא LaFeO<sub>3</sub>, נוצרים תוצרים שונים מאשר כאשר הוא כלוא, דבר המעיד על מנגנון שונה בנוכחות/החסרה של LaFeO<sub>3</sub>. בנוסף, נמצא שחמצון התרכובות הרעילות תלוי בהשפעה הסטרית ובגודל השארית (מתיל ואתיל במתיל/אתיל אורנג', בהתאמה).

בעבודת מחקר זו מוצע מנגנון להיווצרות הצורון הפעיל, ברזל ארבע-ערכי, והמבנה שלו. בעזרת ממצא זה ניתן בעתיד לשלוט על מנגנון תגובות דגדגה של מזהמים נפוצים וביניהם תרכובות אזו. שליטה על המנגנון עשויה לשפר את היעילות והסלקטיביות של התהליכים, ומכאן חשיבותו הרבה. מילות מפתח: אלקטרו-פנטון, מתיל אורנג', סול ג'ל, פנטון, LaFeO<sub>3</sub>.

### Peer reviewed paper

S. B. Seror, D. Shamir, A. Burg, Development of a heterogeneous electro-Fenton process for Azo dyes treatment as a model for aqueous waste, will be submitted, 2021.

## השפעת יונים של מתכת מעבר בערכיות לא מקובלת על תהליכים אנזימטיים (in vitro) ועל תרביות תאים לצורך הערכת הרעילות שלהם

לאה מושקוביץ<sup>1</sup>; 8172203@gmail.com

ד"ר אושרה ספיר<sup>1</sup>, ד"ר יורם שוטלנד<sup>1</sup>, ד"ר מגל ספיר<sup>2</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

מרכז למחקר גרעיני, נגב<sup>2</sup>

נחושת הינה מתכת מעבר הנפוצה וחיונית לרוב היצורים החיים בצורה היונית שלה. מתכת זו הייתה בשימוש עוד מימי קדם לצורכי טיהור מי שתיה, טיפול בפצעים, דלקות ועוד. אך עד היום מנגנוני פעולתה והשפעתה על מיקרואורגניזמים נחקרים. במחקרים קודמים שבוצעו במכללת SCE נמצא כי ליוני נחושת חד ערכיים השפעה אנטי בקטריאלית. השפעה זו מובהקת יותר בתנאים אנארוביים ובנוכחות חומרים מייצבים נחושת חד ערכית. במחקרים נוספים נמצא שנחושת חד-ערכית יוצרת קומפלקס יציב במיוחד עם ATP, קומפלקס הרגיש לחמצן ועוד יותר למי-חמצן.

מחקר זה מתמקד בבדיקת מידת ההשפעה של יוני נחושת על מספר מערכות אנזימתיות. הועלתה השערה שהפעילות האנטי-בקטריאלית של נחושת חד ערכית הינה תולדה של שיתוק מערכות אנזימתיות על ידי קומפלקסים שיוצרת הנחושת עם קו-פקטור של האנזים או האנזים עצמו. לפיכך מטרת מחקר זה הייתה לבדוק את ההשפעה של יוני הנחושת על מערכות אנזימתיות הזקוקות ושאין זקוקות ל-ATP. מטרת העל הייתה לנסות להבין את המנגנון המסביר את ההשפעה המדכאת של נחושת חד ערכית על מערכות אנזימתיות.

המערכות האנזימתיות שנחקרו לשם מטרה זו כללו; מערכות PCR וליגאז הזקוקות ל-ATP לעומת מערכות EcoRI, BamHI, פוספטאז α-עמילאז שאינן זקוקות ל-ATP כמקור אנרגיה.

הבנת מנגנון הפעילות של נחושת חד ערכית על אנזימים מהווה פתח לשימוש בנחושת לשם טיפול אנטיבקטריאלי חיצוני ברקמה אנושית חיה. על מנת להעריך את רמת הרעילות של נחושת חד ערכית על תאים של יונקים נחקרה השפעת יוני נחושת על רקמות יונקים מסוג תאי אפיתל (A549).

מבדיקת המערכות האנזימתיות השונות ניכר שיוני נחושת חד ערכית מעכבים את רוב המערכות האנזימתיות שנבדקו, למעט אנזים הגבלה מסוג EcoRI לפיכך סביר שרעילות הנחושת החד-ערכית למיקרואורגניזמים נובעת בעיקר מעיכוב של מערכות אנזימתיות חיוניות. עיכוב בסביבה אנאירובית שולל מנגנון רעילות המתבסס על יצירת תוצרי חמצן פעילים, ROS (reactive oxygen species), בנוכחות יונים של נחושת. בכל המערכות הנבדקות, לנחושת חד ערכית הייתה השפעה רבה יותר בהשוואה לדו ערכית ומתכות מעבר נוספות כאבץ וניקל דו ערכי. הועלתה השערה סבירה שההשפעה של יוני נחושת דו ערכית על המערכות נובעת למעשה מנוכחות יוני נחושת חד ערכיים שנוצרים כתוצאה מחיזור הנחושת הדו ערכית לחד ערכית ובבופר מתקיימת סביבה כימית המייצבת נחושת חד ערכית. ההשערה שנחושת חד-ערכית יוצרת קומפלקס יציב עם ATP ובכך משבשת את הפעילות של המערכות האנזימתיות החיוניות למיקרואורגניזמים נשללה בעקבות בדיקת המערכות PCR ו-Ligase אשר שלו על קשר ישיר מובהק בין עיכוב האנזימים ליצירת קומפלקס זה. לעומת זאת בחקר מערכת פוספטאז נמצא כי יוני הנחושת החד ערכית משמשים כמעכב לא תחרותי והנחושת נקשרת לאתר הלא פעיל

של האנזים. לעומת זאת הנחושת הדו ערכית שימשה כמעכב אל תחרותי במערכת זאת ונקשרה לקומפלקס אנזים-סובסטרט. אלה תומכים במנגנון אחר של הפעילות האנטי בקטריאלית של יוני הנחושת שמקורו כנראה בקישור של הנחושת לחלבונים ושיבוש פעילות המערכת.

במחקר בו נבדקה השפעת יוני נחושת חד ערכית על תאי רקמה אנושית, נמצא שברכיכוז גבוה יחסית הנחושת החד ערכית פוגעת במיטוכונדריה, ואילו בריכוזים נמוכים יותר הוא מהווה טריגר לשינוי מורפולוגי הגורם לניתוק התא מהמצע. ניתוק זה מאפשר נדידת התא למקום הריק מתאים (פצע). נדידה זו היא חלק ממנגנון סגירת פצע. נמצא שיוני נחושת חד ערכית בריכוז הגורם לנזק למיקרואורגניזמים, אינו גורם לנזק לתאי אפיתל אנושיים. יתרה מזאת, ריכוז נמוך יחסית של נחושת חד ערכית אף מעודד תהליך את סגירת הפצע. כפי שעולה מניסויי שריטה של רקמת תאים ומעקב אחר סגירת המרווח בין התאים.

לסיכום, ממחקר זה עולה שנחושת חד-ערכית מעכבת אנזימים החיוניים לפעילות התא, נראה שזה המנגנון העיקרי בו הנחושת החד ערכית קוטלת חיידקים. התאים האנושיים פחות מושפעים מנחושת חד ערכית, ולמרות שיש לה השפעה מובהקת נראה שהיא הרבה פחות רעילה לתא האנושי מאשר למיקרואורגניזמים.

מילות מפתח: אפקט אנטיבקטריאלי, מערכות אנזימתיות, נחושת חד ערכית, עיכוב אנזימתי, תאי אפיתל.

### Peer reviewed papers

Lea Moshkovich, Oshra Saphier, Stanislav Popov, Yoram Shotland, Eldad Silberstein and Magal Saphier; "Monovalent Copper and Silver Ions Block DNA Polymerase Chain Reaction", Current Microbiology, submitted, 2020.

## חקר מערכת להפקת אנרגיה באמצעות פאנלים סולאריים חבויים/מוסתרים

עידו סבג<sup>1</sup>; sidosce@gmail.com

פרופ' אריאלה בורג<sup>2</sup>, ד"ר ניר טרבליסי<sup>1</sup>

מכללה אקדמית להנדסה סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

הפקת אנרגיה היא הגורם החשוב ביותר לפיתוח כלכלי, חברתי וטכנולוגי של מדינות מתפתחות ומפותחות כאחד והוא נושא למחקר מתמיד ומתמשך. עד 2030, צפוי כי הביקוש לאנרגיה בעולם יגדל כמעט בכ-60%. חומרי הגלם ומערכות האנרגיה מייצרים גם השפעות סביבתיות שליליות, על כן העולם נדרש למזער נזקים ולהתמקד בפיתוח של אנרגיות ירוקות מתחדשות.

אנרגיה סולארית הינה אנרגיה מתחדשות ואחת האלטרנטיבות לניצול אנרגיה זו היא שימוש בפאנלים סולאריים (PV), המהווים מקור לייצור חשמל ע"י המרה של אנרגית השמש.

פאנלים סולאריים גלויים לעיני כל הופכים לחיסרון משמעותי, כאשר רוצים לייצר מתקן סודי הדורש חשמל תמידי. נכון להיום, ממה שידוע לנו, לא מיושמת בסביבה הציבורית והביטחונית מערכת סולארית נסתרת.

שימוש בסוללות מהווה בעיה מהסיבה שהן מתרוקנות ונדרשות להחלפה. בנוסף, סוללות מספקות הספקים נמוכים בהשוואה לפאנלים סולאריים, כך שהמוצרים שניתן לספק להם חשמל באמצעותן, מוגבלים. בשדות חקלאיים מרוחקים בהם אין חשמל זמין עולה הצורך לשים מערכות בקרה, צילום ומערכות בטיחות להגנה על השטח והציוד. מערכת ליצירת אנרגיה חבויה/נסתרת יכולה לספק אנרגיה לרכיבים אלו לאורך זמן ממושך. יעילות של פאנלים סולאריים סטנדרטיים נעה בין 25%-4% בתנאי הפעלה אופטימליים. אלמנטים שונים משפיעים על ביצועם של לוחות PV המותקנים במקומות חיצוניים. השפעות של קרינה היוצרת טמפרטורות גבוהות, הצטברות אבק ולחות על לוחות PV - מובילים להפחתת יעילות ההמרה הפוטו-וולטאית. מכאן ניתן להבין כי הפאנלים הסולאריים אינם יעילים כאשר הם חשופים באופן ישיר לשמש. שדות סולאריים גובים מחיר יקר בקרקעות שהם תופסים, לרבות - פגיעה בנוף, צמצום הקרקע למגורים, חקלאות וזיהום של הקרקע. על מנת לייצר חשמל באופן נסתר, נדרש היה לבחון אלמנט מתווך אשר יעביר את אנרגיית השמש אל הפאנל הסולארי החבוי. אחת האלטרנטיבות להעברת אנרגיית השמש באופן דיסקרטי לפאנלים סולאריים היא באמצעות סיבים אופטיים. מטרת המחקר הינה פיתוח מערכת להפקת אנרגיה באמצעות פאנלים סולאריים חבויים/מוסתרים ובדיקת התכנות יישומית שלה. פוטנציאל היישום של המערכת טמון בתעשיות האזרחיות והביטחוניות בהתאם להבנת הצורך.

המחקר בחן דרכים לצימוד פאנלים וסיבים על מנת להטמיע אותם ביישומים ייעודיים ובנוסף הטמעתם בנוף העירוני או הטבעי. במהלך המחקר נבחן הפאנל הסולארי בתנאי סביבה משתנים שכללו שינוי בלחות וטמפרטורה במערכת סגורה, על מנת לבחון את השפעה על מתח הפאנל. נראה כי הטמפרטורה משפיעה באופן ניכר על מתח הפאנל הסולארי, נמדדה ירידה של 28% מתח כאשר הטמפרטורה עלתה. השפעת הלחות זניחה, יתכן מהסיבה שהלחות נמדדה באופן נקודתי ולא לאורך זמן. הוספת הרשתות (דמוי אבק) על גבי הפאנל, משפיע באופן ניכר על מתח הפאנל הסולארי, נמדדה ירידה של 7% במתח.

נבחנה כמות האור המועברת בסוגי סיבים אופטיים שונים ובאוריינטציות שונות, על מנת לאמוד את השיטה הטובה לצימוד הפאנל והסיבים. נראה כי ההפסד בין אורך וכיפוף הסיבים הינו גדול יותר בסיב המורכב מחומר פלסטיק עם ליבת זכוכית, המפתח נקעים בחומר בעת הכיפוף. בנוסף, ניתן לומר כי סיבים עם ליבה גדולה יותר, מסוגלים להעביר כמות גדולה יותר של אור. על מנת לשפר את כמות האור המועברת מהסיבים אל הפאנל, נעשה שימוש בעדשת פרנל בכדי למקד את אור השמש אל תוך הסיב.

בנוסף, עבור סיבים שמאירים בקצה, נבחנו מספר שיטות צימוד בין הפאנלים לסיבים האופטיים וקביעת המרחק האידיאלי בכל שיטה. המתח המקסימלי המתקבל בניסוי, כאשר שיטת הפיזור הינה אחדיה בתוסף עדשות ממקדות בחלק העליון ומפזרות בחלק התחתון, הינו 12.4V, כך שהיעילות של הסיבים במקרה זה עומדת על 83.3% ביחס לפאנל חשוף לחלוטין. בכדי להפוך את המערכת לקומפקטית, נבחנו סיבים המאירים לכל אורכם, בשילוב מראות רפלקטיביות, לניצול מרבי של הפוטונים המוקרנים. שימוש בסיבים המאירים לכל אורכם ושני פאנלים שמחוברים במקביל, מקטין באופן משמעותי את גודל המערכת. שימוש ברפלקטורים מסוג מראות משפר את המתח המתקבל הפאנלים. לבסוף, פותחה מערכת מוסתרת "סלע ריגול" שהוטמנו בה פאנלים וסיבים, על מנת לספק חשמל באופן נסתר. בשילוב מערכת שני פאנלים סולאריים, מראות רפלקטורים וסיבים המאירים לכל אורכם, פאנל סולארי W20 מטעין סוללה בעלת קיבולת Ah10 כאשר היא ריקה לחלוטין, בזמן מוערך כ-9 שעות. נמצא שמערכת קומפקטית הכוללת סיבים המאירים לכול אורכם, שני פאנלים במקביל ומראות פנימיות, יעילה יותר. ניתן לספק מתח למשך 24/7 עבור המצלמת ריגול ע"י שילוב של כ-17 סיבים אופטיים במערכת. ע"י הסתרת הפאנל, ניתן למזער את ההשפעות הסביבתיות לעומת פאנל חשוף.

היתכנות יישום הטכנולוגיה במגוון רחב של תחומים, כגון הטמעה בשטחים ציבוריים מבלי לפגוע בנוף הסביבתי, הטמעה באזורים אשר אין אליהם גישה ישירה לחשמל מבלי לחשוף את עצם קיום המערכת הסולארית, שימושים ביטחוניים ועוד.

מילות מפתח: אנרגיה סולארית נסתרת, אנרגיות מתחדשות, סיבים אופטיים, פאנלים סולאריים.



## התנהגות דינמית מול סטטית של בטון המכיל גומי ממחזור צמיגים

אריאל עמר<sup>1</sup>; arielam08@gmail.com

ד"ר עמית קני<sup>1</sup>, פרופ' דורית תבור<sup>1</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

בישראל משווקים מדי שנה כ 75,000 טון צמיגים. מחקרים רבים בדקו את אפשרות השימוש באגרנט גומי ממחזור צמיגים בתערובות בטון שונות, ובמעקי בטיחות מבטון בפרט. אחד מכיווני המחקר המרכזיים בתחום, עוסק בשאלה האם השימוש באגרנט גומי כתוסף לבטון יכול להקנות לבטון תכונות נוספות העשויות להוות יתרון בשימושים ספציפיים, כגון באלמנטים מבטון מסוג מעקה בטיחות בכבישים הנדרשים לתפקוד משופר, הידוע כסלחני, הכולל ספיגת אנרגיה בהתנגשות דינמית והפחתת חומרת הסיכון הכרוכה בה.

מחקר זה, בדק את התנהגות בטון המכיל אגרנט גומי ממחזור צמיגים וסיבים פולימרים קונסטרוקטיביים תחת עמיסה קואזי-סטטית, ובעמיסה דינמית באמצעות מערכת ניסויית חדשה לנגיפת קורות שפותחה לשם כך. נמצא כי הוספת אגרנט גומי פוגעת בחוזק הבטון בלחיצה ובכפיפה, בדומה למתואר בספרות. דגמי בטון ללא סיבים שהכילו אגרנט גומי בשיעור של 5%, 10%, 15%, ו-20% רשמו ירידה של 2%, 16%, 39% ו-56% בחוזק הכפיפה בעמיסה קואזי-סטטית, בהתאמה. ערך התאוצה בעת ההתנגשות בעמיסה דינמית פחת ב- 60% עם הוספת אגרנט גומי בתכולה מרבית של 20%. כמו כן, נמצא כי אגרנט גומי ממחזור צמיגים אינו תורם באופן משמעותי ליכולת ספיגת האנרגיה לשבר של הבטון בעמיסה בכפיפה. מכך נובע, כי אפשרי שלאופן ההעמסה יש משמעות לצורך ספיגת אנרגיה, בעוד בספרות יכולת ספיגת האנרגיה לא סויגה לצורת העמיסה.

עם-זאת, לסיבים נמצאה תרומה משמעותית לספיגת האנרגיה של הבטון ולמשיכותו כמדווח בספרות, הן בעמיסה דינמית והן בעמיסה קואזי-סטטית. דגמי בטון שהכילו סיבים בשיעור התחלתי של 0.6% ואגרנט גומי בשיעור של 0%, 5%, 10%, 15%, ו-20% הגדילו את ערכי ספיגת האנרגיה לשבר ב- 74%, 38%, 70%, 41%, ו-20% בעמיסה דינמית, וב- 6222%, 5378%, 7000%, 1817%, ו-992% בעמיסה קואזי-סטטית, יחסית לדגמי בטון ללא סיבים, בהתאמה.

בנוסף לכך, נמצא שספיגת האנרגיה לשבר בעמיסה דינמית גבוהה יחסית לעמיסה קואזי-סטטית. התקבל אופי כשל שונה בין שתי צורות העמיסה מה שעשוי להסביר את ההפרשים בספיגת האנרגיה. יחד עם זאת, נצפו מגמות דומות להשפעות הגומי והסיבים על ספיגת האנרגיה לשבר בשני סוגי העמיסות. על-כן, בדיקות הבטון בעמיסה קואזי-סטטית, מספקות אומדן איכותי לאופי מגמת ההתנהגות של הבטון בעמיסה דינמית אך לא זהות כמותית.

לסיכום, ניתן להשתמש בגומי ממחזור צמיגים להפחתת חוזק הבטון ובסיבים פולימרים קונסטרוקטיביים לשיפור ספיגת האנרגיה. הורדת חוזק הבטון עם הגדלת ספיגת האנרגיה תאפשר יצור מעקי בטיחות סלחניים. בדיקת כפיפה קואזי-סטטית תקנית יכולה לשמש כאינדיקציה לצורך השימוש בבטון זה תחת עומס נגיפה.

מילות מפתח: אגרנט גומי, בטון מזוין סיבים, מעקה בטיחות בכבישים, ספיגת אנרגיה, עמיסה דינמית.

## שיפור נצילות מערכת אגירת חום עונתית בקרקע

נועם סהר<sup>1</sup>; noamsa@ac.sce.ac.il

ד"ר גדליה מזור<sup>1</sup>, ד"ר יצחק לדז'ינסקי<sup>1</sup>, ד"ר דמיטרי נמירובסקי<sup>2</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, אשדוד<sup>2</sup>

מערכת אגירת חום עונתית בקרקע כפתרון יעיל לבעיית חימום הבית נחקרה ניסויית ותאורטית. כאשר החלק הניסויי של המחקר בוצע ב"מרכז מחקר לאנרגיה וסימולציות נומריות", והחלק הנומרי בוצע באמצעות תוכנות המחשב ההנדסיות COMSOL Multiphysics ו-MATLAB. המחקר שבוצע מציע פתרון, יעיל אנרגטית, לבעיית חימום ביתי בעזרת שימוש בחום הנפלט ממערכת מיזוג אוויר במקומות המוגדרים כאזורים בעלי אקלים חם בחלק גדול מהשנה.

מתוך סקר הספרות שבוצע נמצא כי השיטה היעילה ביותר לניצול מרבי של האנרגיה ממערכת זו היא שימוש באגירת חום עונתית בקרקע. במסגרת המחקר נבחנו ניסויית ונומרית מספר אפשרויות לקליטת החום הנפלט ממעבה מערכת המיזוג בלבד, או בחיבור קולטי שמש, על מנת להגדיל את טמפרטורת המערכת ובכך לשפר את נצילותה. בוצעה השוואה, איכותית וכמותית, בין התוצאות הניסיוניות לתוצאות המתקבלות מהפתרון הנומרי; ההשוואה אימתה את הפתרון המוצע בעבודה ולכן ניתן להשתמש בקוד הנומרי גם עבור שימושים עתידיים דומים.

על בסיס הניסויים והפתרון הנומרי פותח מודל פיזיקלי מתמטי של מערכת אגירת חום עונתית בקרקע: מתוך מודל זה נמצאו את המבנה האופטימלי עבור מחליף החום בקרקע שיוביל לשיפור הנצילות. נמצא כי עבור המערכת העושה שימוש בחום הנפלט מהמעבה וקולטי השמש ניתן להגיע לשימוש מלא במהלך עונה שלמה תוך שמירה על טמפרטורת יציאה קבועה של 35°C עבור מערכת זו העובדת במשך 5 שנים התקבלה נצילות של כ-55%. תוצאות אלו מלמדים כי ניתן להשתמש במערכת זו בשימוש מעשי לחימום ביתי.

על בסיס הפתרון הנומרי והניסויים המוצעים בעבודה ניתן בהמשך המחקר לבנות מערכת חדשה (המווסתת את ספיקת המים) ומגדילה את נצילות המערכת.

מילות מפתח: אגירת חום, מערכות קירור ומיזוג אוויר, התייעלות אנרגטית.

## השפעת זרימה דו-פאזית ותנודתית על אילוח בממברנות UF

טימור פל<sup>1</sup>; Timorpel3@gmail.com

פרופ' דורית תבור<sup>1</sup>, ד"ר אינה לויצקי<sup>1</sup>.

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

בעשורים האחרונים הדרשה לנקיטת פעילות לשיקום והגנה על הסביבה מפני זיהומים שונים של אוויר, קרקע ומים הולכת וגוברת. הזיהום הסביבתי, הנובע מפעילות האדם, גורם להפרת האיזון האקולוגי ודורש טיפול על מנת למנוע סכנה לסביבה. כיום, מקורות המים מצויים בסכנה מתמדת ועומדים במרכז פיתוח בר-קיימא לפיתוח חברתי-כלכלי ולהישרדות האדם עצמו. טיפול במים ובמי שפכים הינו אחד הנושאים המרכזיים המעסיקים את התעשיות השונות. הצורך במציאת פתרונות לטיפול בעלות נמוכה ובטווח רחב של מזהמים הביא לפיתוח מגוון שיטות כמו חמצון כימי וטיפול ביולוגי. אחת השיטות השימושיות לטיפול במים הינה הפרדה ממברנלית וביניהם אולטרפילטריציה (UF). החיסרון העיקרי בשיטה זו הוא האילוח (fouling) הנוצר בזמן הסינון, המקטין את מעבר המסה דרך הממברנה ופוגע ביעילות התהליך.

מחקר זה עוסק בהשפעה של זרימה דו-פאזית ותנודתית, עם בועות אוויר, חנקן ופחמן דו חמצני, בקוטר נשלט על יעילות תהליך ההפרדה של תמיסת חלבון (Bovine Serum Albumin (BSA בממברנות UF ובצריכת אנרגיה נמוכה. על מנת לשלוט בקוטר הבועה, נעשה שימוש בגנרטור בועות המייצר זרימה דו-פאזית עם בועות בטווח קטרים של 0.05-2.0 mm. הזרם התנודתי התקבל בהתקנת אלמנט גלילי בחלל היציאה של הגנרטור, הגורם לשבירת הזרימה הסיבובית וליצירת זרימה בתדירות של 3.0 Hz עם אמפליטודה של 0.22 bar. השפעת הזרימה הדו-פאזית והתנודתית נבחנה על ביצועי ממברנה מסחרית מסוג flat sheet העשויה מ-Polyethersulfone (PES) 30 kDa. אפיון הממברנה נעשה ע"י מדידת פוטנציאל זרימה, זווית מגע, גודל הפורות וחספוס פני השטח. הניסויים לקביעת השטף נערכו במשך 3 שעות ע"י הזרמת תמיסת BSA בריכוז 0.3 g/L, pH=6.0 ונערכו בלחצים טרנסממברנליים (TMP) של 0.5, 1.0, 2.0 bar. תחילה, נערכה סדרת ניסויי סינון בזרימה חד-פאזית ולאחר מכן, חובר גנרטור בועות ונערכה סדרת ניסויים נוספים באותם הלחצים. הניסויים בוצעו ללא ועם אספקת גז, כאשר עבור כל TMP נבדקו 5 קטרי בועות גז: 0.05, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mm. סדרת הניסויים עם גנרטור הבועות, ללא ועם אספקת גז, בוצעה גם עם התקנת אלמנט גלילי לשם יצירת תנודתיות. אחוז הרחקה של BSA נבדק בעזרת מכשיר ה-TOC (Total Organic Carbon) לאחר 5 דקות, 20 דקות, שעה, שעתיים, ושלוש שעות סינון. מניסויים אשר בוצעו בזרימה דו-פאזית וללא תנודתיות נמצא כי הגדלת קוטר הבועה משפרת את ביצועי הממברנה בכל הגזים הנבדקים וזאת כתוצאה מיצירת זרימה משנית על-ידי תנועת הבועות סמוך לפני שטח הממברנה. העלייה הגדולה ביותר בשטף ההתחלתי בהשוואה לניסויים אשר בוצעו בזרימה חד-פאזית מתקבלת עם בועות בקוטר 2.0 mm וב-TMP של 2.0 bar. בנוסף נמצא, כי השימוש בזרימה דו-פאזית יחד עם זרימה תנודתית גורם להגדלת השטף עם העלייה בקוטר הבועה וב-TMP. בזרימה דו-פאזית בנוכחות תנודתיות הירידה בשטף הייתה מתונה יותר. למעשה, השילוב בין זרימה דו-פאזית לתנודתית גורם ליצירת מאמצי גזירה גבוהים יותר ובכך משפר את מעבר המסה דרך הממברנה. אחוז ההרחקה של BSA המתקבל בזרימה דו-פאזית ללא ובנוכחות תנודתיות ללא הבדל משמעותי, עם העלייה ב-TMP ובקוטר הבועה אחוז הרחקה עולה, אך בסיום הסינון מתקבלים ערכים דומים בקירוב ואף זהים. כמו כן, העלייה באחוז הרחקה החלבון עם העלייה ב-TMP

מתרחשת כתוצאה מהיווצרות עוגה עבה ודחוסה יותר על פני שטח הממברנה, המעניקה לה עמידות גבוהה יותר בפני חדירת החלבון. בזרימה דו-פאזית ותנודתית עם פחמן דו חמצני נצפו ערכים נמוכים יותר מאשר ללא תנודתיות ורק בסוף הסינון הדחייה מתקרבת לערכים המתקבלים בזרימה דו-פאזית. הסיבה האפשרית לכך יכולה להיות כתוצאה מההשפעה של הזרם התנודתי על תכונות הגז כמו מסיסותו שהולכת וגדלה ובכך מקטינה את הדחייה. כמו כן, נעשה חישוב של התנגדות הממברנה ונמצא כי ללא אספקת בועות גז קיימת מגמת עלייה לאורך כל זמן הסינון. בזרימה דו-פאזית ההתנגדות הולכת וקטנה ובהוספת תנודתיות מתקבלים ערכים נמוכים יותר. עבור שלושת הגזים הערך הנמוך ביותר של ההתנגדות התקבל בזרימה דו-פאזית ותנודתית עם בועות גז בקוטר 2 mm וב-TMP של 2.0 bar. בנוסף, בוצע אומדן של צריכת האנרגיה הספציפית כתלות בקוטר בועות הגז ולשם כך חושב השטף האינטגרלי לכל ניסוי. נמצא, כי הערכים הגבוהים ביותר של צריכת האנרגיה הספציפית התקבלו עם בועות בגודל מיקרון ובלחץ 0.5 bar. עבור שלושת הגזים, עם הגדלת קוטר הבועה הצריכה פוחתת כתוצאה מעלייה בשטף האינטגרלי הממוצע. כמו כן, בהתקנת האלמנט הגלילי האנרגיה הספציפית פוחתת, אך התוצאות שהתקבלו אינן מאפשרות מסקנה חד משמעית. חשוב לציין, כי ב-TMP של 2 bar וקוטר בועה של 2 mm בכל הגזים, האנרגיה הספציפית כמעט זהה בזרימה דו-פאזית ותנודתית ונעה בטווח של 4.2-4.6 kWh/m<sup>3</sup>. בנוסף, חישוב האנרגיה לא לוקח בחשבון עלויות גז שהינו פרמטר חשוב לתכנון כלכלי של התהליך.

תוצאות המחקר שהתקבלו מוכיחות כי שימוש בזרימה דו-פאזית וזרימה תנודתית הינן שיטות יעילות להפחתת האילוח בממברנה PES, אך דרושים מחקרים נוספים אשר יבדקו השפעה של פרמטרים שונים כגון חומרי מבנה ומודולים שונים של ממברנות. עוד ניתן לומר, כי מבין שלושת הגזים, האוויר הינו עדיף לשימוש הן מבחינת שטף ואחוזי הרחקה והן מבחינה כלכלית ואנרגטית.

מילות מפתח: אולטרפילטריציה, אחוז הרחקה, אילוח, זרימה דו-פאזית, שטף.

### Contributed conference presentations

Pel T, Levitsky I, Tavor D. The effect of two-phase and oscillating flow on UF membranes. 14th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Barcelona, Spain, Virtual Event, 16-20 November, 2020.

## חקר השימוש בזרזים של קומפלקסים של מתכות מעבר המקובעים על מצע של פוליסכרידים מתחדשים בתגובת סוזוקי

סיון צדוק-לויב<sup>1</sup>; sivanle@ac.sce.ac.il

ד"ר אושרת אונטמן<sup>1</sup>, פרופ' עדי וולפסון<sup>1</sup>.

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

וביחס לשאר המערכות ההטרוגניות, שנבדקו בפרייקט זה, והניב היפוך של 37% במחזור הראשון. בנוסף, הזרז מוחזר שלוש פעמים ללא זליגה של הרודיום, וההיפוך עלה בין מחזור למחזור: 37%, 45% ו-56% בהתאמה. אנליזות EDS-SEM, FTIR ו-XPS, שבוצעו על הקסרוג'ל של i-RhCl<sub>3</sub>, הראו כי לא נוצרו קשרים קוולנטים חדשים בין הפוליסכריד לבין RhCl<sub>3</sub>. בנוסף נמצא כי היחס בין הרודיום לכלור (Cl:Rh) בזרז ההטרוגני נשמר. כמו כן, הקסרוג'ל של i-RhCl<sub>3</sub> הוא נקבובי ומסודר מאוד לעומת המבנה שמתקבל עבור הקסרוג'ל של i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub>. בנוסף, בדיקת ראווגיה שבוצעה על תמיסה מימית של i-RhCl<sub>3</sub>, הראתה כי התקבלו מבנים יציבים דמויי ג'ל, כנראה מפני שהוספת הקטיון של המתכת למערכת ממסך את הדחייה האלקטרוסטטית של הקבוצות הסולפוניות ומאפשר להגביר את החיבור בין מולקולות הפוליסכריד. לבסוף, נראה כי RhCl<sub>3</sub> מתקבע בפוליסכריד (i) ע"י קואורדינציה, כלומר הקבוצות הפונקציונליות הפעילות בפוליסכריד קואורדינטיביות למתכת, ובמפגש ביניהם מתקיימת אינטראקציה המשנה את המבנה הכולל ויוצרת מבנה חדש.

מילות מפתח: הידרוג'לים, זרזים של רודיום, פוליסכרידים מתחדשים, קסרוג'לים, תגובת צימוד סוזוקי.

### Peer reviewed papers

Leviev, S., Wolfson, A., Levy-Ontman, O. RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> supported on iota-Carrageenan as recyclable catalysts for Suzuki cross coupling. J. Appl. Poly. Sci., 136(45);48200-48204, 2019.

Levy-Ontman, O., Blum, D., Golden, R., Pierschel, E., Leviev, S., Wolfson, Palladium based-polysaccharide hydrogels as catalysts in the Suzuki cross-coupling reaction, J. of Inorg. and Organ. Poly. and Mater., 300(3); 622-636, 2019.

Leviev, S., Wolfson, A., Levy-Ontman, O. Novel iota carrageenan-based RhCl<sub>3</sub> as an efficient and recyclable catalyst in Suzuki cross coupling. Molecular Catalysis, 486;110841, 2020.

תגובות צימוד מסוג סוזוקי, בין נגזרת של חומצה בורית ואורגנו הליד, בנוכחות זרזים של פלדיום ורודיום, משמשת לייצור כימיקלים עדינים שונים המשמשים בתעשיות התרופות, המזון, הדשנים ועוד. בעשורים האחרונים נעשה מאמץ לפתח מערכות קטליטיות ידידותיות יותר לסביבה אך גם כלכליות יותר. הטרוגניזציה של מלחים או קומפלקסים של פלדיום ורודיום מאפשרת לשלב בין היתרונות של זרזים הומוגניים והטרוגניים.

במחקר זה נעשה שימוש בפוליסכרידים כמצעים לקיבוע של זרזים של רודיום. פרט להיותם מתחדשים ומתכלים, לפוליסכרידים יש יתרונות כמצעים לזרזים, כמו מסיסות נמוכה בממסים אורגניים ונוכחות של קבוצות פונקציונליות המאפשרות קיבוע של הזרזים. כמו כן, ניתן להכין מהפוליסכרידים קסרוג'לים (i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub>) והידרוג'לים שהוכנו עם כיטוזן (i-C) ועם תמיסה של קלציום כלוריד (i-CaCl<sub>2</sub>). המערכות ההטרוגניות החדשות נבדקו בתגובות צימוד מסוג סוזוקי, ואפיונו בעזרת אנליזות שונות.

בשלב הראשון של המחקר הוכנו זרזים עם קומפלקסים של רודיום ופלדיום עם ליגנד מסוג TPPTS, בפוליסכריד מסוג איזטה. המערכות ייושמו בתגובת צימוד מסוג סוזוקי בין פניל חומצה בורית להלו-בנזנים בנוכחות הבסיס סודיום קרבונט בממס מסוג אתאנול. בסיום התגובה הזרזים ההטרוגניים הופרדו על ידי סינון פשוט ומחזור, ובמקביל נבדקה זליגתו של הזרז לתערובת התגובה. בביצוע תגובה הטרוגנית עם הקסרוג'ל וההידרוג'לים שהוכנו עם כיטוזן או בתמיסת קלציום כלוריד מתקבלים היפוכים נמוכים בהשוואה לאלו שהתקבלו בתגובה הומוגנית: 21% עם קסרוג'לים, 33% עם (i-C), 8% עם (i-CaCl<sub>2</sub>) של i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> ו-35% עבור הקומפלקס ההומוגני. הקיבוע בקסרוג'ל הניב את המבנה היציב ביותר וניתן היה למחזר את הזרז פעמיים, ללא זליגה של הקומפלקס לתמיסה. בנוסף, בתגובה עם הקסרוג'ל של i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> ההיפוך הגבוה ביותר התקבל עבור יודו-בנזן. בנוסף, בהשוואה של הזרז החדש למערכות הטרוגניות דומות של פלדיום, התקבלו היפוכים נמוכים יותר. ייתכן שהסיבה לכך היא כי רודיום נקשר אחרת לליגנד ולפוליסכריד מפלדיום, ושמנגנון תגובת סוזוקי שונה בין שני הזרזים. אנליזות EDS-SEM ו-FTIR של הקסרוג'ל של i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub>, הראו שהקומפלקס מקובע בעזרת הליגנד ונוצר קשר חדש של סולפט-אסטר, C-O-S. בנוסף המבנה של הקסרוג'ל לא מסודר ולא אחיד, עם אזורים נקבוביים מדי, או דחוסים מדי, ולא נצפתה היווצרות של ננו-חלקיקים. היחס המולרי בין רודיום לפוספט (P:Rh) בקסרוג'ל היה 3:1 בהתאמה, כמו היחס בקומפלקס המקורי. אם כן, הקומפלקס RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> שומר על הקשרים והמבנה שלו גם לאחר הטרוגניזציה.

גם רודיום כלוריד ללא ליגנד קובע לפוליסכרידים שונים, ונבדק בתגובת סוזוקי. עבור הקסרוג'ל של RhCl<sub>3</sub> באיזטה, המכילה קבוצות סולפט אסטר, התקבל זרז יציב עם היפוכים גבוהים ביחס לשאר הפוליסכרידים שנבחנו

## חקר קטליזטורים הטרוגניים המקובעים על מצע של פוליסכרידים מתחדשים בתגובות מטאתזה וטראנס-הידרוגנציה

שקלאין סטניסלב<sup>1</sup>; stanish@ac.sce.ac.il

ד"ר אושרת אונטמן<sup>1</sup>, פרופ' עדי וולפסון<sup>1</sup>.

המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון SCE, באר שבע<sup>1</sup>

בחלק השני של המחקר, הניסויים התמקדו בתגובת הטראנס-הידרוגנציה של ציקלוהקסן באיזופרופנול עם זרזים הומוגניים והטרוגניים של פלדיום. הזרזים ההטרוגניים שקובעו בקטרוג'ל של איוטה,  $i-PdCl_2$  ו- $i-Pd(OAc)_2$  הניבו ביצועים גבוהים משמעותית מאשר בתגובות ההומוגניות המתאימות. אך ביצוע תגובה עם קטרוג'ל נקי של איוטה ללא זרז לא הניב שום היפוך. תוצאות אלו הובילו להנחה כי תוספת של קטרוג'ל ללא זרז לתערובת התגובה שמכילה זרז של פלדיום עשויה להגביר את הביצועים של התגובה. ואכן, נמצא כי תוספת של קטרוג'ל נקי (ללא זרז) למלחי הפלדיום ולזרז הטרוגני מסוג  $Pd/C$  5wt% הגבירה את הביצועים של התגובה: ההיפוך לאחר שעה עם זרז של  $Pd/C$  היה 99% בנוכחות הקטרוג'ל של איוטה בהשוואה ל-77% בלי ספוג. לפיכך, הוחלט לבדוק את ההשפעה של תוספת קטרוג'ל לעומק. לצורך כך, נבדקה השפעת כמות וסוג הפוליסכריד על ביצועי התגובה. נמצא כי קטרוג'ל נקי של איוטה הוא בעל ההגברה הגבוה ביותר. יתרה מכך, מתקבלת הגברה גם בכמות קטנה מאוד של קטרוג'ל, כפי שנמצא בניסוי בריאקטור חצי חרושתי. מילות מפתח: זרזים של פלדיום, טראנס-הידרוגנציה, מטאתזה, פוליסכרידים, ציקלוהקסן.

### Peer reviewed papers

Levy-Ontman, O. Tabibian, B. Shaklein, S. Tzur, E. Wolfson, A. Acceleration of transfer-hydrogenation of cyclohexene with palladium catalysts in the presence of polyscharides. *Org. Lett.*, 13(3);138-145, 2020.

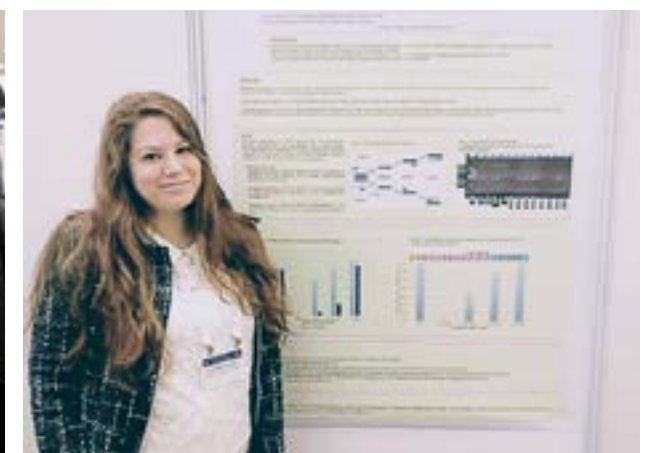
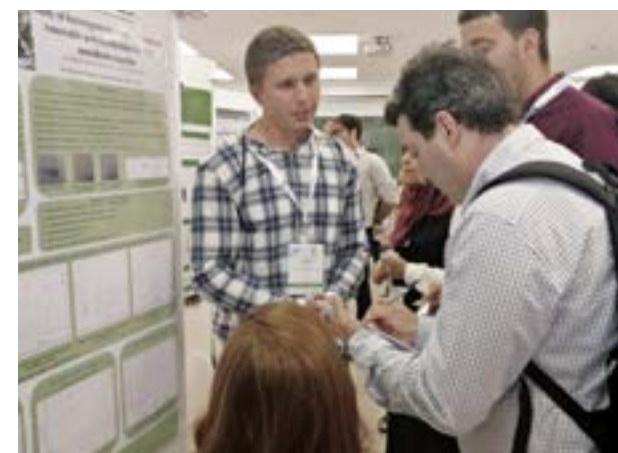
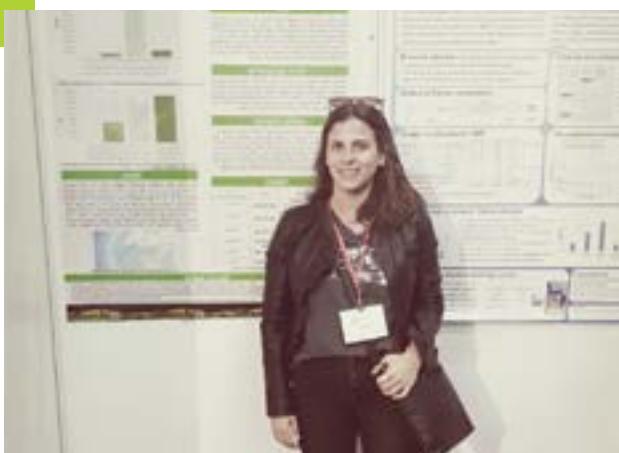
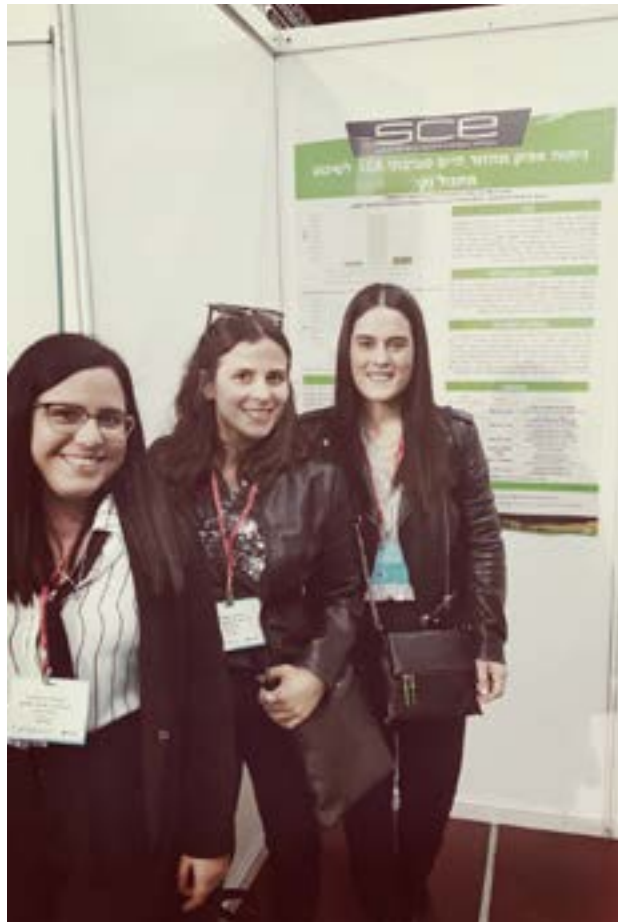
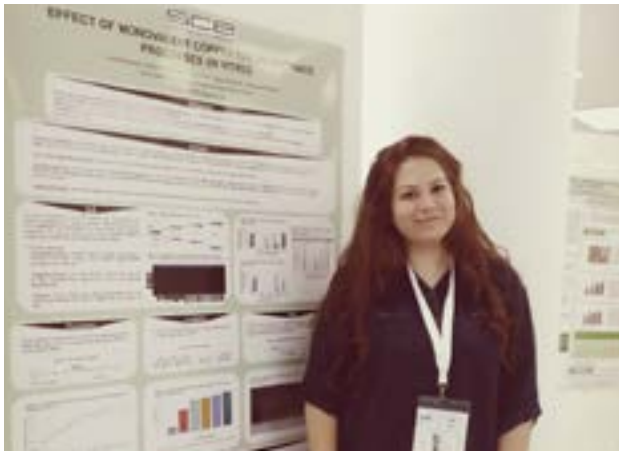
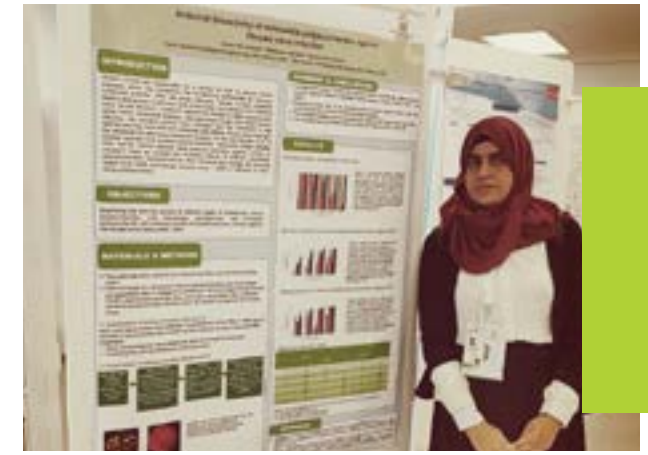
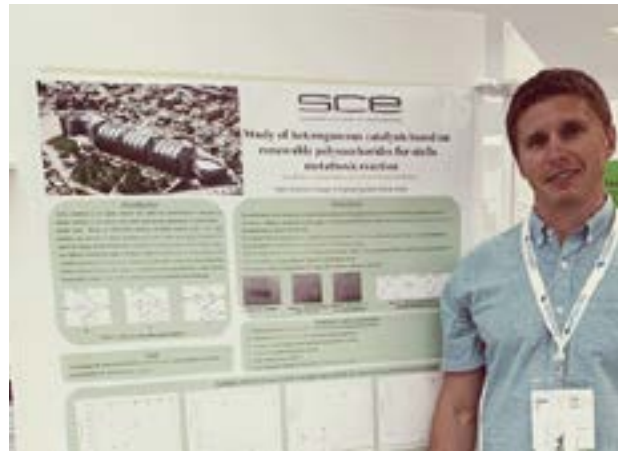
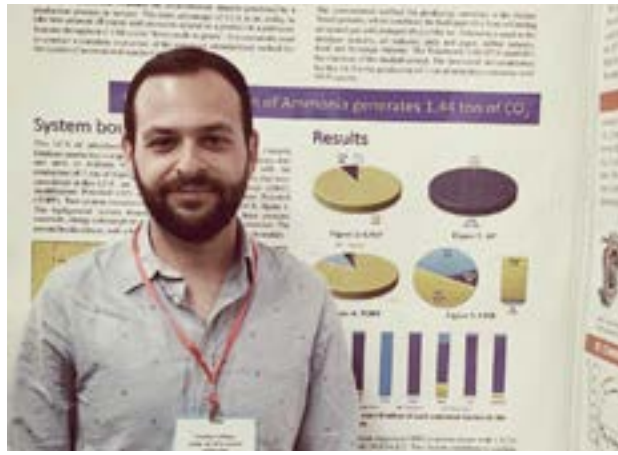
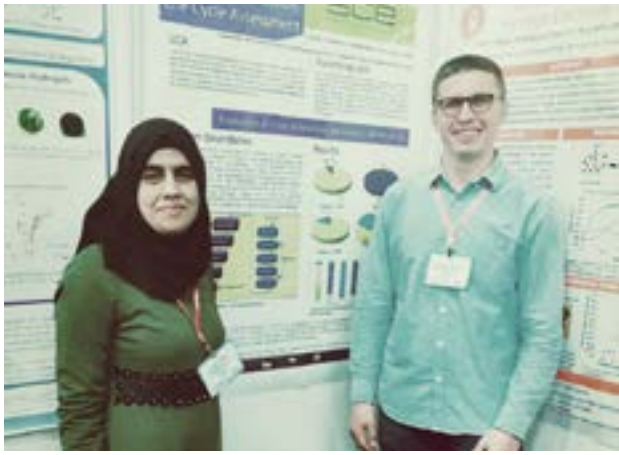
### Contributed conference presentations

Shaklein, S., Levy-Ontman, O., Tzur, E., Wolfson, A. Study of iota-based heterogeneous catalysts for olefin metathesis Presented at the 3rd ANQUE-ICCE International Congress of Chemical Engineering, June 19-21, 2019 at University of Catanberia, Satander, Spain, Won the best poster award.

במהלך העשורים האחרונים, התעשייה הכימית השקיעה מאמצים רבים כדי למזער את העלויות של התהליכים ולהפחית את הפליטות לסביבה, דהיינו הטלת הקולחים, ייצור פסולת, ופליטות לאוויר. אחת הדרכים להשיג את המטרה הזאת היא שימוש בזרזים הטרוגניים, המאפשרים הפרדה של הזרז מהתוצר ומהתערובת התגובה ומחזור שלו. לאחרונה, פוליסכרידים מתחדשים ומתכלים, זכו לתשומת לב רבה בתעשיות שונות, בשל תכונותיהם ומאפייניהם הייחודיים, וגם כמצעים לזרזים. במחקר זה, הוכנו זרזים הטרוגניים המבוססים על פוליסכרידים מתחדשים, ונבדקה ההשפעה של סוג הזרז, סוג הפוליסכריד ושיטת ההכנה- כמו גם תנאי התגובה על ביצועי הזרזים בשתי תגובות שונות: מטאתזה וטראנס-הידרוגנציה של אולפינים. בשלב הראשון, קובעו זרזים שונים של רותניום בפוליסכרידים, ונבדקו בתגובות המטאתזה. נמצא כי קיבוע של זרזים מסחריים ומוכרים על בסיס רותניום (G1, G2) ו- $HG_2$  בקטרוג'ל של פוליסכריד מסוג איוטה (i), הובילו לזליגה של הזרזים, ולכן לא נעשה בהם שימוש נוסף. לעומת זאת, שימוש בשלושה זרזים נוספים של רותניום (C, A, B) שנושאים שייר אורגני עם קבוצות אמוניום, קובעו בהצלחה בתוך פוליסכריד מסוג איוטה. הזרזים הוכנו ע"י שימוש בשלוש שיטות שונות: (1) קטרוג'לים שהוכנו לאחר יבוש בהקפאה של התמיסה המימית של הזרז והפוליסכריד, (2) הידרוג'לים שהוכנו על ידי טפטוף של תמיסה מימית של הזרז והפוליסכריד לתמיסה קלציום כלוריד, (3) שהוכנו על ידי טפטוף של תמיסה מימית של הזרז והפוליסכריד לתמיסה מימית של כיטוזן. הביצועים של הזרזים השונים נבדקו בתגובת מטאתזה של דיאתיל דיאליל מלונאט (diethyl diallyl malonate) בדיכלורומתאן כממס. נמצא כי זרז B המקובע בספוג של איוטה, שהיה הפוליסכריד שהניב את הביצועים הכי טובים, הניב את המערכת ההטרוגנית היעילה ביותר: 35% לאחר 3 ימים. עם זאת, הקצב של התגובה ההטרוגנית היה נמוך משמעותית מהקצב של התגובה ההומוגנית: 93% לאחר 100 דקות. כמו כן, במחזור של הזרז, הביצועים היו נמוכים יותר, אולם לא נמדדה זליגה שלו לתמיסה.

בנוסף, העלאת כמות הזרז בקטרוג'ל, מ-2 ל-4 מיקרומול, העלתה את הקצב של התגובה ההטרוגנית באופן משמעותי: 95% לאחר 24 שעות. עם זאת, בדיקת מיחזור של הזרז הראה ירידה דרסטית בביצועים לאחר התגובה הראשונה, ובבדיקת זליגה נמצא כי חלק מהזרז זלג אל תערובת התגובה. על כן, נראה כי לפוליסכריד יש יכולת מוגבלת לקיבוע של הקומפלקס. לבסוף, נבדקו הביצועים של תגובה הטרוגנית עם זרז B המקובע בקטרוג'ל של איוטה, עם ממסים פחות קוטביים, ונמצא שהשימוש בהם גרם לירידה ניכרת בהיפוכים של התגובה.

כדי לבחון אם נוצר קשר חדש בין הזרז הטרוגני חיובית לפוליסכריד- שעליו קבוצות טעונות שליליות, למשל קבוצות סולפט באיוטה, הזרז החדש נבדקת באנליזת FTIR. השוואה בין הספקטרום של איוטה, זרז B וקטרוג'ל של איוטה עם זרז B בתוכו לא התגלו קשרים חדשים בין זרז לאיוטה.



## Study of heterogeneous catalytic systems based on renewable polysaccharides in olefin metathesis and transfer hydrogenation reactions

Stanislav Shaklein<sup>1</sup>; stanish@ac.sce.ac.il

Oshrat Levy-Ontman<sup>1</sup>, Adi Wolfson<sup>1</sup>  
Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

Over the last several decades, the chemical industry has invested considerable efforts to minimize the costs of processes and to reduce effluents and the generation of waste, along with the emissions that cause air pollution. One of the ways that these ultimate goals might be reached is by the use of heterogeneous catalysts.

Renewable and biodegradable polysaccharides have drawn much attention due to their environmental characteristics; they are also attractive as supports for catalysts. In this work, the preparation and use of heterogeneous catalysts based on renewable polysaccharides were investigated in two different reactions: olefin metathesis and transfer hydrogenation.

In the first reaction, standard metathesis ruthenium catalysts (G1, G2 and HG2) were immobilized into i-based xerogel, but these suffered from leaching and thus were not further used. Conversely, three other ruthenium-based catalysts (A, B, and C), with ammonium-tagged NHC ligands on their backbones, were successfully heterogenized into i-carrageenan polysaccharide supports. Three different procedures were used: preparation of xerogels, hydrogels with calcium chloride and hydrogels with chitosan. Their performance characteristics were tested in ring-closing metathesis (RCM) of diethyl diallyl malonate (DEDAM) in dichloromethane (DCM). It was found that using B supported on i as xerogel yielded the most efficient heterogeneous system (35% after 3 days). However, the conversion rate of this heterogeneous system was significantly lower than its homogeneous analog (93 % after 100 min).

The next step was to check the effect of various polysaccharides on the performance of the new heterogeneous system. Among all tested polysaccharides, i-carrageenan was the most efficient. It was found that increasing catalyst loading from 2 to 4  $\mu$ mole significantly increased the conversion rate of the i-B (xerogel) heterogeneous system (95 % after 24 h). Yet recycling tests showed a drastic drop in performance after the 1st reaction, and leaching tests revealed that part of the catalyst was in the reaction mixture. Moreover, the FTIR analysis of native i, native B, and i-B (xerogel) suggest that no new bonds were formed between the catalyst and i.

The crucial finding was that performing heterogeneous reactions of i-B (xerogel) in less polar solvents leads to a drastic drop in conversion. These results led to the conclusion that the initial assumption, that complexes composed of positively charged functional groups on their backbone will be immobilized on the polysaccharide via interaction with the negatively charged groups, is not true. However, it seems that the polysaccharide does have a limited capacity to immobilize the complex.

The second part of the investigation focused on the transfer hydrogenation (TH) of cyclohexene in 2-propanol (IPA- isopropanol) with several homogeneous and heterogeneous palladium catalysts. The use of i-PdCl<sub>2</sub> and i-Pd(OAc)<sub>2</sub> as xerogels resulted in leaching, but the reaction performance was significantly higher than their homogeneous analogs. However, no reaction occurred with catalyst-free xerogel without a palladium catalyst. These results led to the assumption that adding catalyst-free xerogel to the reaction mixture might accelerate the performance. And indeed, it was found that the addition of catalyst-free i-based xerogel to heterogeneous (5 wt.%) Pd/C accelerated the reaction (the conversion after 1 h was 99 % in the presence of the i xerogel in comparison to 77% without it). Thus, it was decided to check this effect more deeply. For this purpose, the effect of polysaccharides amount and type on the reaction performances was tested. It was found that using catalyst-free i-based xerogel had the highest acceleration effect. Moreover, using a small amount of free xerogel revealed that it is not necessary to use a high amount of xerogel to get an acceleration effect, as shown in a Buchi reactor.

Keywords: Cyclohexene, olefin metathesis, palladium catalyst, polysaccharide, transfer hydrogenation.

### Contributed conference presentations

Shaklein, S., Levy-Ontman, O., Tzur, E., Wolfson, A. Study of iota-based heterogeneous catalysts for olefin metathesis Presented at the 3rd ANQUE-ICCE International Congress of Chemical Engineering, June 19-21, 2019 at University of Catania, Catania, Spain, Won the best poster award.

### Peer reviewed papers

Levy-Ontman, O., Tabibian, B., Shaklein, S., Tzur, E., Wolfson, A. (2020). Acceleration of transfer-hydrogenation of cyclohexene with palladium catalysts in the presence of polysaccharides. *Organic Communications*, 13(3), 138-145.

## Study of renewable polysaccharide - based transition metal catalysts in Suzuki reaction.

Sivan Tzadok-Leviev<sup>1</sup>; sivanle@ac.sce.ac.il

Oshrat Levy-Ontman<sup>1</sup>, Adi Wolfson<sup>1</sup>  
Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

The Suzuki–Miyaura cross-coupling reaction of organic halides with boronic acids is catalyzed by transition metals to yield biaryl derivatives. The biaryl motif finds numerous applications in both medicine and material sciences, e.g. as building blocks in many drugs, agrochemicals and other compounds.

Catalysis plays an important role in green chemistry, and heterogeneous catalysts, which can be easily separated from a reaction mixture by filtration and can be recycled, are superior from an environmental standpoint. Over the years, different organic and inorganic materials, such as polymers and oxides, have been reported in the literature as supports for catalysts, among them renewable and biodegradable polysaccharides that are deemed attractive as they are considered green biodegradable materials. These can be used as supports for the heterogenization of transition metal complexes. Heterogeneous polysaccharide-based systems can be prepared in the form of xerogels or hydrogels.

In this study, RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> was immobilized into an iota-carrageenan (i) polysaccharide support, using a novel and simple heterogenization procedure which has been previously used for palladium complexes. These heterogeneous catalysts were investigated and efficiently used in the Suzuki cross-coupling of halobenzenes and phenylboronic acid with sodium carbonate as a co-catalyst in ethanol. It was found that using heterogeneous i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> xerogel and two types of hydrogel (i-C and i-CaCl<sub>2</sub>), yielded a lower conversion than the homogeneous analog (35%). Among all the new heterogeneous systems, i-C hydrogel yielded the highest conversion (33%) and was successfully recycled once. i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> xerogel yielded a moderate conversion rate (21%) and was easily recycled several times, while i-CaCl<sub>2</sub> hydrogel yielded the lowest conversion (8%). Furthermore, as was expected with the heterogenization procedure, no rhodium leaching was detected in all the tested heterogeneous systems. In addition, using iodobenzene with the i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> system resulted in much higher conversion rates than chlorobenzene and chlorobenzaldehyde (21%, ~0%, 2% respectively).

In the next stage the i-RhCl(TPPTS)<sub>3</sub> xerogel was characterized by FTIR, SEM-EDS, and TEM analyses, which demonstrated that the complex was successfully embedded within the polysaccharide matrix and exhibited an unordered and porous structure. Additionally, the catalysts were immobilized by the formation of sulfonate ester, C-O-S, which was formed by interactions between the sulfonate groups of the TPPTS and the hydroxyl groups of i.

Subsequently, the RhCl<sub>3</sub> without any ligand was also immobilized into different polysaccharides, and the effect of the polysaccharide type on catalytic performance was tested. The conversion of fresh i xerogel (i-RhCl<sub>3</sub>) was found to be the highest (37%), but it was still lower than the conversion of its homogeneous analog (50%). In addition, i-RhCl<sub>3</sub> was easily recycled, and surprisingly, the conversion rate increased in the second and the third cycles (to 45% and 56% respectively).

The new heterogeneous system (i-RhCl<sub>3</sub>) was also characterized by FTIR, SEM-EDS, and XPS analyses. It was confirmed that RhCl<sub>3</sub> was embedded within the i, though no new bands between the rhodium salt and the polysaccharide were detected. Nonetheless, a comparison of an SEM image of i with and without RhCl<sub>3</sub>, as well as rheological measurements of the aqueous solution of i with and without RhCl<sub>3</sub>, does indicate that there was incorporation of the polysaccharide with the RhCl<sub>3</sub>. In order to better understand the specific interaction between the RhCl<sub>3</sub> and the i, a physicochemical analysis was also employed. In general, both preparations yielded typical non-Newtonian shear thinning behavior; however, the i-RhCl<sub>3</sub> system yielded higher viscosity in comparison to the native i solution. In addition, the i aqueous solution with RhCl<sub>3</sub> yielded a better stable elastic gel-like structure than did the neat i. It seems that RhCl<sub>3</sub> was embedded within the i by coordinating to the sulfate group on the polysaccharide's backbone, yielding a new complex with high activity.

Keywords: Hydrogel, renewable polysaccharide, rhodium catalyst, Suzuki cross-coupling reaction, xerogel.

### Peer reviewed papers

1. Leviev, S., Wolfson, A., Levy-Ontman, O. (2019). RhCl (TPPTS) <sub>3</sub> supported on iota-carrageenan as recyclable catalysts for Suzuki cross-coupling. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(45), 48200.
2. Levy-Ontman, O., Blum, D., Golden, R., Pierschel, E., Leviev, S., Wolfson, A. (2020). Palladium based-polysaccharide hydrogels as catalysts in the Suzuki cross-coupling reaction. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 30(3), 622-636.
3. Leviev, S., Wolfson, A., Levy-Ontman, O. (2020). Novel iota carrageenan-based RhCl<sub>3</sub> as an efficient and recyclable catalyst in Suzuki cross coupling. *Molecular Catalysis*, 486, 110841.

## The effect of two-phase and oscillating flow on UF membranes

Timor Pel<sup>1</sup>; Timorpel3@gmail.com

Dorith Tavor<sup>1</sup>, Inna Levitsky<sup>1</sup>.  
Shamoon College of Engineering, Beer - Sheva, Israel<sup>1</sup>

In recent decades, the call for measures to rehabilitate and protect the environment from various air, soil and water pollutants has been growing. Today, water resources are in constant threat and are at the center of attention in the efforts to preserve lives and ecosystems. The need to find solutions for the treatment of water and wastewater at a low cost and for a wide range of pollutants has led to the development of a variety of methods such as chemical oxidation and biological treatment. One of the useful methods is membrane separation, including ultrafiltration (UF). The main disadvantage of UF is the fouling created during the filtration which prevents the passage of mass through the membrane and impairs the processing efficiency.

Here we present a study of the effect of a two-phase oscillating flow of bubbles of a controlled diameter, of air, nitrogen and carbon dioxide, on the efficiency of the separation process of Bovine Serum Albumin (BSA) protein solution by UF membranes at low energy consumption. In order to control the bubble diameter, a generator produces a two-phase flow with bubbles of a diameter in the range of 0.05-2.0 mm. The flow pressure oscillation was obtained by installing a cylindrical element in the generator exit cavity, that breaks the rotary flow and creates a pressure flow oscillation at a frequency of 3.0 Hz with an amplitude of 0.22 bar.

The effect of two-phase and oscillation flow was examined on the performance of commercial flat sheet membrane of 30 kDa polyethersulfone (PES). The flux determination experiments were performed for 3 hours by injecting a BSA solution at a concentration of 0.3 g / L, at pH = 6.0 with a flow velocity of 0.5 m/s and at transmembrane pressures (TMP) of 0.5, 1.0, and 2.0 bar. For each TMP was performed experiment at a single-phase flow and next, a bubble generator was installed, and a series of experiments were done at the same transmembrane pressures with and without the cylindrical element in the generator exit cavity. The experiments were performed without and with a gas supply for each TMP, with and without flow pressure oscillation. The rejection percent of BSA was tested using the TOC (Total Organic Carbon) instrument.

It was found, at experiments in a two-phase flow, that increasing the bubble diameter improves membrane performance in three gases as a result of secondary flow formation by bubble movement near the membrane surface. The largest increase in the initial flux was obtained with 2.0 mm diameter bubbles at a TMP of 2.0 bar. In addition, the combination of two-phase and oscillating flow creates higher shear stresses and thus improves mass passage through the membrane.

In a two-phase flow without and with oscillations, increases in TMP and bubble diameter correlate with increases in the rejection percent, but at the end of the filtration approximately similar and even identical values are obtained. In a two-phase flow with carbon dioxide, lower rejection values were observed with oscillation pressure compared to without, and only at the end of the filtration did the rejection approach the values obtained in a two-phase flow. A reason for this might be the effect of the oscillating flow on gas properties, which perhaps increases solubility and thus reduces the repulsion.

In addition, an estimate of the specific energy consumption was made as a function of the diameter of the gas bubbles and for each experiment the integral flux was calculated. With the cylindrical element installed, the specific energy is reduced, but the results obtained do not allow an unequivocal conclusion. In all gases, the specific energy is the lowest at TMP of 2 bar and the bubble diameter 2 mm, and almost identical in a two-phase and an oscillating flow. In addition, the energy calculation does not consider gas costs which is an important parameter for economic planning of the process.

The results of the study show that the use of a two-phase and oscillating flow are effective methods for decreasing the fouling on the PES membrane, but further studies are needed that will examine the effect of different parameters such as different structural materials. It can also be said that of the three gases, air is the best to use both in terms of flux and rejection and in terms of economy and energy.

Keywords: Flux, fouling, rejection percent, two-phase flow, ultrafiltration.

### Contributed conference presentations

Pel, T., Levitsky, I., Tavor, D. The effect of two-phase and oscillating flow on UF membranes. 14th Mediterranean Congress of Chemical Engineering, Barcelona, Spain, Virtual Event, 16-20 November, 2020.



## Optimizing efficiency of storage of seasonal thermal energy in soil

Noam Sahar<sup>1</sup>; noamsa@ac.sce.ac.il

Gedalya Mazor<sup>1</sup>, Izhak Ladizhensky<sup>1</sup>, Dmitry Nemirovsky<sup>2</sup>  
Shamoon College of Engineering, Beer - Sheva, Israel<sup>1</sup>  
Shamoon College of Engineering, Ashdod, Israel<sup>2</sup>

Storing residential summer heat underground for re-use in winter has been shown in the literature to be a promising means of reducing home-energy use, especially in regions with a warm climate for much of the year. Liquid is piped from a heat source, such as the condenser of an air-conditioner, into coils in underground shafts; in winter the soil-heated liquid is re-used for home heating. The present study refines the elements of such a system by comparing variants both experimentally and numerically. The experimental part of the study was done at SCE's Research Center for Energy and Numerical Simulations; the numerical part was done using COMSOL Multiphysics and MATLAB software.

Two main variants were considered: (a) storing waste heat from the condenser of the air conditioning system alone; (b) supplementation by water heated with solar panels. In addition, various configurations of heat exchanger in the soil were considered to find the one that optimizes efficiency.

On the basis of the experiments and the numerical solution, a mathematical and physical model of a seasonal heat storage system in the soil was developed. Qualitative and quantitative comparisons were made between the experimental results and the model. These validated the proposed implementation. They also allow the numeric code developed in this project to be applied in similar, future analyses. Finally, the model was able to show the optimal structure for the heat exchanger, improving efficiency. It was found that for a system that uses both heat emitted from the condenser as well as solar panels, full use can be achieved during an entire season while maintaining a constant outlet temperature of 35°C. Soil heat stabilization takes place over an extended period of time: for a system that operates for 5 years, an energy efficiency gain of 55% was obtained.

These results show that such a system is a practical one for home heating purposes. Based on the numerical solution and experiments done in this study, it should be possible with further research to build a new system which regulates water flow, improving the efficiency of the system even further.

Keywords: Thermal energy storage, HVAC, efficient energy use.

## Dynamic and static behavior of concrete with rubber from recycled tires

Ariel Amar<sup>1</sup>; arielam08@gmail.com

Amit Kenny<sup>1</sup>, Dorith Tavor<sup>1</sup>.  
Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

In Israel, about 75,000 tons of tires are marketed every year. Many studies have examined the possibility of using rubber aggregate from recycled tires in concrete mixes, for various purposes. One of the main research directions involves the question whether the inclusion of rubber aggregate, which reduces the strength of concrete, can nevertheless provide additional properties that may be advantageous in specific uses. Such a use is concrete road safety barriers, where the low strength and high energy absorption are actually desirable characteristics to create a fault-tolerant road barrier.

This work examined the behavior under quasi-static and dynamic loading of concrete that contains rubber aggregate from tire recycling along with constructive polymer fibers. A beam impact system was developed for the analysis. The concrete mixes contained 0-20% rubber aggregate and 0-1.2% structural polymer fibers (by volume).

Under a quasi-static load of fiber-free concrete mix containing 5%, 10%, 15%, and 20% rubber aggregate by volume, a decrease in bending strength was recorded of 2%, 16%, 39%, and 56%, respectively. The collision acceleration during dynamic load decreased by 60% with the addition of a rubber aggregate up to a maximum of 20%. This result contrasts with the findings in the cited literature. However, the loading scheme measured in this work was bending, while in the literature it was compression, a fact which may explain the difference.

Fiber was found in this work to make a significant contribution to the energy absorption and ductility of concrete, both in dynamic loading and in quasi-static loading. This is in agreement with the literature. Concrete mixes containing fiber in amounts of 0.6% and rubber aggregate in amounts of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% increased the respective energy absorption values for failure by 74%, 38%, 70%, 41%, and -20% in dynamic loads, and by 6222%, 5378%, 7000%, 1817%, and 992% in quasi-static loads, relative to fiber-free and rubber-free concrete mixes. In addition, it was found that the energy absorption needed for fracture in a dynamic load is higher relative to that needed for a quasi-static load. Different types of failure were observed for the two forms of loading. Quasi-static loading caused a failure with a single fracture at the maximum stress point, while dynamic loading caused multiple parallel fractures with failure not necessarily at the maximum stress point. This may explain the difference in energy absorption. Similar trends of energy absorption were observed in both types of loads. Thus, the tests under quasi-static loads can give a general estimate of the properties of concrete under dynamic loads, but are not fully accurate predictors.

In conclusion, recycled rubber tires can be used to reduce the strength of concrete, and constructive polymer fibers can be used to improve energy absorption. Lowering the strength of the concrete while increasing its energy absorption will allow the creation of an impact-tolerant safety barrier. A standard quasi-static bending test can be used to give a rough indication of the behavior of rubber- and fiber-infused concrete under impact loads.

Keywords: Dynamic load, energy absorption, fiber reinforced concrete, road safety barriers, rubber aggregate.

## Research system for energy generating using hidden solar panels

Ido Sabag<sup>1</sup>; sidosce@gmail.com

Ariela Burg<sup>1</sup>, Nir Trabelsi<sup>1</sup>.

Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

Energy production is the most important factor in the economic, social, and technological development of both developing and developed countries and is the subject of constant and ongoing research. The raw materials and energy systems also have negative environmental impacts which must be minimized, even when using renewable energy technologies. One of the main renewable alternative energy methods is based on photovoltaic (PV) panels.

Visible solar panels become a significant disadvantage when the requirement is to produce a concealed fixture that supplies constant electricity. As far as we know, a stealth solar PV system is not presently implemented in the public and security environment. If the electricity source needs to be concealed, typically batteries are used, and this alternative is a problem for stealth systems because batteries are drained and need to be replaced.

The efficiency of standard solar panels ranges from 4% - 25% under optimal operating conditions. Various parameters affect the performance of PV panels installed in outdoor locations. Radiative effects that create high temperatures, accumulation of dust, and moisture on PV panels - all lead to reduced photovoltaic conversion efficiency for solar panels that are out in the open, as is mainly the case today. There are also high costs for the land occupied by solar fields, including damage to the landscape, reduction of available residential or agricultural land and soil pollution.

Thus the goal of this project is to use PV to provide energy to a concealed facility that may not be close to a direct source of sunlight. And one of the methods to discreetly transmit solar energy to solar panels that are out of sight and often enclosed is via fiber optic cable.

To examine the effect on panel voltage of being in an enclosed space, the solar panels were tested under changing environmental conditions that included a change in humidity and temperature. Temperature appears to significantly affect solar panel voltage: a 28% voltage drop was measured when the temperature rose from (3-77)°C. Humidity did not appear to be a factor in the experiments, possibly because the humidity was measured inconstantly and not over time. The addition of a mesh on the solar panel (simulating dust), significantly affects the output, a 7% decrease in voltage was measured.

Also, to test whether the photons can be transferred from the sun to the hidden panel, the amount of light transmitted in different types of optical fibers and fibers in different orientations was examined to estimate the best method for coupling the panel and fibers. The loss caused by length and bending of the fibers appears to be greater in fibers composed of a plastic material with a glass core, which develops dislocations in the material during bending. It was also found that fibers with a larger core transmit a greater amount of light.

Also, for fibers that illuminate along their entire length, several coupling methods between the panels and the optical fibers were examined, and the ideal distance was determined for each method. The maximum voltage obtained in the experiment, when the coupling method includes focusing lenses at the top and scattering lenses at the bottom, is 12.4V. Here the efficiency of the fiber+panel system reaches 83.3% relative to a completely exposed panel.

An effort was made to reduce the number of parts in the system and make it compact. It was found that using fibers that illuminate along their entire length, combined with reflective mirrors and two solar panels, allows for maximum utilization of the projected photons while significantly reducing the size of the system. Using mirror-type reflectors improves the voltage obtained from the panels. The amount of fiber appears to significantly affect the resulting voltage. Finally, a hidden "spy rock" system was developed that had panels and fibers embedded in it, to provide electricity covertly.

With a system comprised of two solar panels, reflectors, and fibers that illuminate along their entire length, a 20W solar panel charges a battery with a capacity of 10Ah when empty in about 9 hours. Voltage in such a system can be provided 24/7 for a spy camera by using approx. 17 optical fibers in tandem.

Keywords: Fiber optics, hidden solar energy, renewable energies, solar panels.

## Effects of monovalent copper ions on enzymatic processes and cell cultures for estimate level of toxicity

Lea Moshkovich<sup>1</sup>; 8172203@gmail.com

Oshra Saphier<sup>1</sup>, Yoram Shotland<sup>1</sup>, Magal Saphier<sup>2</sup>.  
Shamoon College of Engineering, Beer- Sheva, Israel<sup>1</sup>  
Nuclear Research Center, Negev, Israel<sup>2</sup>

Copper is a transition metal that is common and essential for most living things—in its ionic form. This metal has been used since ancient times for the purpose of purifying drinking water, treating wounds, inflammation and more, but to this day the biological mechanisms of its actions and effects are still subjects of research. Previous studies conducted at the SCE College have shown that monovalent copper ions have an antibacterial effect. This effect is more pronounced under anaerobic conditions and in an environment that stabilizes monovalent copper ions. It has also been found that monovalent copper ions create a particularly stable complex with ATP.

The focus of this study is on examining the effect of copper ions on several enzymatic systems. The hypothesis was made that the antibacterial activity of monovalent copper is the product of the silencing of enzymatic systems by complexes that the copper forms with a co-factor of the enzyme or with the enzyme itself. Consequently a goal of the research is to examine the effect of copper ions on enzymatic systems which do and do not need ATP as a cofactor and to suggest a mechanism that explains the toxicity of monovalent copper for bacteria. The enzymatic systems studied to this end included PCR and ligase systems that require ATP, versus EcoRI, BamHI, phosphatase and  $\alpha$ -amylase systems that do not require ATP as an energy source. So as to assess the level of toxicity of monovalent copper to mammalian cells, this study investigated the effect of copper ions on mammalian epithelial cell tissues (A549).

From the examination of the various enzymatic systems, a significant result is that the toxicity of the monovalent copper to microorganisms is mainly due to the inhibition of essential enzymatic systems. For monovalent copper ions indeed inhibit most of the enzyme systems tested, except for the type restriction enzyme EcoRI. It also appears that the effect of divalent copper ions on the systems is due to the presence of monovalent copper ions within them.

One of the possible mechanisms mentioned by the literature for the antibacterial activity of copper ions, is that monovalent copper generates reactive oxygen species (ROS) –a destructive reaction with molecular oxygen. Yet according to the results obtained in this study of the various enzymatic systems, the mechanism does not appear to be one of oxidative stress. The results show the opposite: the anaerobic atmosphere increases the delay effect on the system. Oxygen in combination with monovalent or divalent copper produces active oxygen forms but its effect on the system is negligible relative to the main effect. The hypothesis that monovalent copper forms a stable complex with ATP and thus disrupts the activity of

enzymatic systems essential for microorganisms, was ruled out following testing of PCR and Ligase systems which did not indicate a direct link between enzyme inhibition and formation of this complex. Conversely, the results obtained from the analysis of the phosphatase system found that the monovalent copper ions are functioning as non-competitive inhibitors and that the copper is binding to an inactive site of the enzyme. Meanwhile the divalent copper ions functioned as uncompetitive inhibitors that binds to an enzyme-substrate complex.

In this study, the effect of monovalent copper ions on human tissue cells was tested. It was found that in relatively high concentrations, monovalent copper ions damage mitochondria, while at lower concentrations they constitute a trigger for a morphologic change that causes the cell to detach from the substrate. This detachment allows the cell to migrate to a suitable empty spot (such as a wound). Thus the findings indicate that monovalent copper ions at concentrations which cause damage to microorganisms do not cause damage to human epithelial cells.

In conclusion, this study suggests that monovalent copper ions inhibit enzymes essential to cell activity, and this appears to be the primary mechanism by which the monovalent copper ions kills bacteria. Human cells are less affected by monovalent copper ions, and the effects on them are quite different.

Keywords: Antibacterial effect, enzymatic inhibition, enzymatic systems, epithelial cells, monovalent copper.

### Peer reviewed papers:

Moshkovich, L., Saphier, O., Popov, S., Shotland, Y., Silberstein, E., Saphier, M. (2020). Monovalent copper and silver ions block DNA polymerase chain reaction. *Current Microbiology*. Submitted.

## Development of a heterogeneous electro-Fenton process for Azo dyes treatment as a model for aqueous waste

Shira Biton Seror<sup>1</sup>; Shira.biton0@gmail.com

Ariela Burg<sup>1</sup>

Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

The world population has been growing at an exponential rate. Consequently, there has been a parallel growth of water-soluble organic waste, contaminating the limited existing water supply. The removal of toxic pollutants from industrial effluents has thus become a major environmental concern. Many remediation methods are being studied, mainly to remove the toxic compounds but possibly also to recycle the water. Yet water-soluble toxic compounds are especially difficult to separate from waste streams. Among these are common azo dyes such as methyl and ethyl orange.

The synthetic origin and aromatic nature of azo dyes make them stable, soluble in water, non-biodegradable, and potentially carcinogenic. Common degradation methods involve chemical oxidation and catalytic methods such as the Fenton reaction, which is based on the oxidative power of specific oxidants. This reaction harnesses hydrogen peroxide and ferrous metals' oxidative power to oxidize organic substrates in aqueous solutions. An electro-Fenton reaction can occur in an electrochemical cell. Though such techniques are commonly used, little is known about the mechanisms and the active species for each oxidation process owing to their complexity.

Accordingly, the primary goal of this study was to develop an efficient and simple method for dye treatment by electro-Fenton reaction, while also studying the mechanism of the process. More knowledge about the mechanism will mean more control over the processes and allow the degradation to be made more efficient.

Our method's treatment involved applying a voltage over a period of time to oxidize the methyl and ethyl orange. This was done in an electrochemical cell, where the working electrodes were sol-gels that had LaFeO<sub>3</sub> entrapped in them. We studied the effects of changing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations, amounts of LaFeO<sub>3</sub> and the pH on methyl and ethyl orange oxidation.

The results indicate that both of the oxidation reactions, the Fe(III) oxidation and MO, are diffusion-controlled. Additionally, the results point to some important and interesting conclusions that could be essential for the green engineering field and waste treatment, especially of flows with small concentrations of toxic aromatic compounds. The sol-gel matrix protects the catalyst; its entrapment in the sol-gel matrix enables the catalyst to function efficiently, even in acidic conditions. The sol-gel matrix allows the catalyst to be recycled (4 cycles) and is able to degrade stable and toxic compounds by a simple method in extreme conditions of pH. This is an important result for wastes, which in many cases consist of acidic

mixtures. That said, the protection of the sol-gel matrix can also interfere with the catalysis process. Further research is required to increase conversion rates (a maximum of 45% conversion was reached after 6 hours with 0.25 M of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

To study the mechanism, the structure of the catalyst was investigated by a DFT calculation. We discovered an uncommon structure of tetravalent iron (to the best of our knowledge, this is the first report of its formation) which was made possible because it is located within the LaFeO<sub>3</sub> structure. This structural formation gives our treatment method an advantage, as it causes the LaFeO<sub>3</sub> to function efficiently as a catalyst and to form oxidant reagents such as hydroxyl radicals. The conversion, we found, is higher at acidic pHs than at neutral and basic pHs. As the pH increases, the conversion decreases because less of the hydroxyl radicals are formed. We also found that beyond a certain point, raising the LaFeO<sub>3</sub> amount does not affect the conversion. That is because the reaction occurs inside the pores but near or on the surface area of the electrode. Since the catalyst disperses on the surface of the electrode, any further LaFeO<sub>3</sub> that penetrates the volume of the electrode is irrelevant for the catalysis. Lastly, we found that degradation of the toxic compounds depends on the steric effect and the size of the residue (methyl versus ethyl in MO and EO, respectively).

Our method of treatment combined with an understanding of the catalytic mechanism will enable better control of the degradation reactions of common pollutants, including azo compounds, by allowing improvements to the efficiency and selectivity of processes. Hence its considerable importance.

Keywords: Electro-Fenton, Fenton, LaFeO<sub>3</sub>, methyl orange, sol-gel.

### Peer reviewed papers

Biton-Seror, S., Shamir, D., Burg, A. (2021). Development of a heterogeneous electro-Fenton process for Azo dyes treatment as a model for aqueous waste. Will be submitted.

## The Effect of monovalent copper on microorganisms in contaminated water and wastewater

Semion Entus<sup>1</sup>; semioen@ac.sce.ac.il

Oshra Saphier<sup>1</sup>, Magal Saphier<sup>2</sup>.  
Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>  
Nuclear Research Center, Negev, Israel<sup>2</sup>

The lack of clean and available freshwater around the world, especially in Third World countries, is an existential and daily issue for millions of people. Due to climate change and global warming, the availability of freshwater reservoirs is decreasing. Many countries around the world have come to the conclusion that there is a need for sustainable solutions to this problem, and one of the most common solutions today is reuse of sewage. Countries with low precipitation have adopted the use of treated wastewater for agricultural irrigation, industrial reuse and more. The main danger in the reuse of wastewater is harmful bacteria and fungi which can contaminate the water, making it hazardous to users and to the environment. Decontamination typically occurs in large and well-managed wastewater plants: contaminated water undergoes chlorination. Chlorination requires dedicated equipment and well-controlled systems since excessive chlorination is dangerous to human health while insufficient amounts allow progression of bacteria growth in the water.

This study proposes a different disinfection method. It is based on the controlled release of monovalent copper ions into flows that are contaminated or suspected of contamination by micro-organisms. The advantage of this method is its simplicity. It can be applied on a small-scale that includes water disinfection for self-use and at the same time can be applied in sewage treatment plants. Copper in monovalent form has antibacterial properties even in micromolar concentrations, and it acts in less than a minute (depending on external conditions, including molecular oxygen concentration, temp, pH, and type of bacteria). Any system that generates an effective dynamic concentration of monovalent copper ions requires the presence of divalent copper ions, a reduction environment and the presence of ligands (compounds that form a complex with the metal ion) that stabilize the monovalent copper ion more than they do the divalent copper ions.

This study presents two methods for wastewater disinfection. In first method, the source of divalent copper ions was a cation exchange resin charged with divalent copper ions. These divalent copper ions reduce in the presence of metallic copper to monovalent copper ions. It was found that aqueous solutions that host biological systems (water contaminated with bacteria) contain biomass residues such as nucleic acids, protein parts, amino acids, unsaturated fatty acids, aromatic compounds (derivatives of cholesterol) and various amino compounds. The above materials form a stable complex with monovalent copper ions. Systems that contain divalent copper ions, bacterial biomass and metallic copper enable the generation of monovalent

copper ions in a sufficient concentration for them to do their bactericidal work. At the end of the process, the water passes through a cation exchange resin, this time loaded with sodium ions. The copper ions replace the sodium ions that return to the water and the water received is free of bacteria and copper ions. The treated water is clean enough to meet the regulations for agriculture and even for drinking water use. In this research, it was found that the most effective system for the first method is a column containing copper foam (compressed metallic copper particles that create a permeable skeletal structure) filled with a cation exchange resin that is loaded with divalent copper ions.

It was found that the flow rate must be nominal and that the effectiveness of the system increases with temperature. A system with a volume of 0.5 liter allowed treatment of 20,000 liters of water contaminated with E. coli bacteria. The flow rate was 20 liters per hour and the temperature 40. The system showed a diminished effectiveness once a layer of copper oxide formed on the surface of the metallic copper. In the second method, an ointment containing a specialized formula is absorbed on a substrate: a gauze pad, a medical sponge and a fabric of macro-fibers. The formula's composition was developed on the basis of a patented medical ointment that generates an effective dynamic concentration of monovalent copper ions. The formula releases into the environment monovalent copper ions at concentrations that are effective for disinfecting the water. Several materials and formulas were tested. It was found that a medical sponge and a formula containing among other things, SDS, copper sulfate, and ascorbic acid are the most effective for disinfecting water. With the second method, one liter of water contaminated with E. coli bacteria was treated with 0.025 grams of the formula absorbed on the medical sponge for 10 minutes, at a temperature of 40, resulting in water of drinking quality.

Both methods were found to be effective in disinfecting contaminated water. The quality of the water obtained after the treatment meets Israeli regulations for agricultural water use and even for drinking water use. In addition, the parameters that affect the antimicrobial properties of monovalent copper were determined. It was found that high temperatures, low pH and low oxygen levels in the solution are factors that increase the effectiveness of monovalent copper. These results were published\*.

Keywords: Contaminated water, disinfecting, monovalent copper, reuse of sewage.

### Peer reviewed papers

Popov, S., Saphier, O., Popov, M., Shenker, M., Entus, S., Shotland, Y., Saphier, M. (2020). Factors enhancing the antibacterial effect of monovalent copper ions. *Current microbiology*, 77(3), 361-368.

## Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides against Herpes virus infections

Eiman Abu Galiyun<sup>1</sup>; eima94n@gmail.com

Mahmoud Huleihel<sup>2</sup>, Oshrat Ontman<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Shamoon College of Engineering, Beer-Sheva, Israel<sup>1</sup>

Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel<sup>2</sup>

Herpes viruses are responsible for a variety of mild-to-severe human diseases, which may be life-threatening especially for immune-compromised patients. After the acute infection stage, herpes viruses establish latency and persist in different cells of the body (depending on virus type) for life. Treatment is often symptomatic and has been based mainly on nucleoside analogs. Although these drugs have proven effective, there are undesired side-effects and some resistant strains have emerged. These facts highlight the need for alternative treatment options. Over the last decade, many studies have reported that sulphated natural polysaccharides, especially those isolated from marine sources, have antiviral properties for a variety of viruses. In this research the inhibitory effects of various renewable polysaccharides, characterized by their structure and charge, on Varicella zoster virus (VZV) and Herpes simplex virus 1 (HSV-1) infection in vitro, was studied via plaque assay. In terms of selectivity indices, almost all the polysaccharides studied were found to be highly active. Against VZV, the order of activity found was Lambda > Iota > Guar Gum (G) > Kappa > Red microalga polysaccharide (PS) > Locust Bean Gum (LB) > Xanthan Gum (X). Against HSV-1, the order was Iota > Lambda > PS > G > Kappa > LB > X.

Next, the antiviral mechanism of polysaccharide action against VZV and HSV-1 was investigated. Vero cells were treated with Iota at various stages of the infection cycle. When the Iota was only pre-incubated with the cells prior to infection with the viruses, there was no significant inhibitory effect on plaque formation compared to the untreated infected cells. However, when the Iota was added at the time of infection or during and post-infection, a significant viral inhibition was demonstrated. Moreover, a significant inhibitory effect was also observed when the Iota was added to the cells only post-infection. When the viral particles were pre-incubated with Iota only before infection, there was also a significant inhibition of both HSV-1 and VZV infection. These findings indicate that the polysaccharide may be affecting more than one stage of the viral infection. It seems that the polysaccharide first inhibits viral infection by preventing penetration of the virus into the host cells, and then by affecting one or more stages of infection following virus penetration. In order to examine whether the Iota has an effect on HSV-1 and VZV replication after penetration into the host cells, the effect of Iota on intracellular viral replication was also tested. It was found that treatment with Iota caused ~ 92% and ~90% inhibition of HSV-1 and VZV infection development, respectively. The effect of sonication times (5-30 min), at constant intensities, on the antiviral activities of Iota and Lambda were also tested. Almost all the sonicated polysaccharides exhibited higher antiviral activity in comparison to the non-sonicated polysaccharides. However, the highest antiviral bioactivity was already reached after 10 min of sonication. In order to gain knowledge about the chemical composition of the sonicated polysaccharides, an FTIR analysis was performed. The FTIR spectra of Iota/ Lambda and its

sonicated forms were similar, containing all the expected peaks, probably indicating that no new covalent bonds had formed. However, the intensity of the OH stretching band became higher as the polysaccharides were sonicated for a longer period. It seems that ultrasound enhances the interactions between water and polysaccharides via intramolecular hydrogen bonding and that it enhances the breaking of the intermolecular interaction between the polysaccharide chains.

Viscosity measurements of Iota and its sonicated forms (up to 15 min) indicated that all the solutions exhibited typical non-Newtonian shear-thinning behavior. However, the other sonicated polysaccharides yielded lower viscosities in comparison to Iota. Moreover, the viscosity extent decreased with increasing sonication time. This substantial decrease in viscosity could be ascribed to a lower degree of self-association of the intermolecular interactions between the polysaccharide chains. The Lambda-sonicated treatments showed Newtonian behavior, and the viscosity decreased as the sample was subjected to longer sonication times. The final step in the study was a search for herpes active fractions. To this end, the Iota and Lambda that were sonicated for 30 min were separated into different-sized fractions by ultrafiltration (<3 kDa, 3-10 kDa, 10-100 kDa, >100 kDa). It was found that low molecular fractions (<10 kDa) of Iota were less effective than higher ones and also less than the non-sonicated polysaccharides against both viruses. Conversely, the opposite antiviral behavior was observed when sonicated Lambda preparations were used against HSV-1: the smaller fractions (<10 kDa) yielded higher antiviral bioactivity than the higher molecular-weight fractions.

Keywords: Anti-viral, carrageenan, renewable polysaccharide, herpes, sonication.

### Peer reviewed papers

Abu-Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. (2019). Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides against Varicella Zoster. *Cell Cycle*, 18(24), 3540-3549. Contributed conference presentations

1. Abu Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides on Herpes virus infection Presented at the ISM FALL WORKSHOP 2019 ON: The fall of the rising virology: molecular and clinical voyage into viruses and phages, November 21-23, 2019 at Hacienda forest view, Ma'alot Tarshiha, Israel.
2. Abu Galiyun, E., Huleihel, M., Levy-Ontman, O. Antiviral bioactivity of renewable polysaccharides on Varicella Zoster virus infection Presented at the 3rd ANQUE-ICCE International Congress of Chemical Engineering, June 19-21, 2019 at University of Catania, Catania, Spain.

Moderator	
Name	Job
Dr. Gedalya Mazor	Head of Graduate School
Prof. Ariela Burg	Head of Chemical Engineering Department Beer-Sheva Campus
Dr. Michal Goldenberg	Head of Chemical Engineering Department Ashdod Campus
Prof. Adi Wollfson	Head of Green Engineering M.Sc. track

Moderator	
Name	Place of Work
Dr. Oshrat Ontman	SCE
Prof. Ariela Burg	SCE
Prof. Adi Wollfson	SCE
Dr. Inna Levitsky	SCE
Dr. Oshra Saphier	SCE
Dr. Yoram Shotland	SCE
Prof. Dorith Tavor	SCE
Dr. Amit Kenny	SCE
Dr. Nir Trabelsi	SCE
Gedalya Mazor	SCE
Izhak Ladizhensky	SCE
Dmitry Nemirovsky	SCE
Prof. Mahmoud Huleihel	BGU
Dr. Magal Saphier	NRCN

Students Names	Page
Abu Galiyun Eiman	43
Entus Semion	41
Shira Biton Seror	39
Moshkovich Lea	37
Sabag Ido	35
Noam Sahar	33
Amar Ariel	32
Pel Timor	31
Tzadok-Leviev Sivan	29
Shaklein Stanislav	27

**SCE**

SHAMOON COLLEGE OF ENGINEERING

**Green Engineering**

**Book of Abstracts**

**2020**