

בדיקת הבדלים בהרכב ובריכוז של השמן המופק מזרעי הצמח יתרופית קצרת- אונות (*Jatropha curcas* L.) במועדי הבשלה שונים ובאוקלוסיות שונות כחלק מההיערכות להפקת ביודיזל בישראל

אפרת הנדלסמן

מנחה: ד"ר דני סימון

תקציר

אנו חיים בתקופה שבה רמת החיים נמצאת בעליה מתמדת, וצורכים יותר אנרגיה ממה שצרכו אנשים בעבר. רוב האנרגיה הנצרכת כיום בעולם ובישראל מקורה במקורות פוסיליים (נפט, פחם וגז טבעי). מקורות אלה מוגבלים בכמותם ועתידם להיגמר. כדי להקטין את התלות של מדינת ישראל ביבוא דלקים, ואת אי הוודאות הנובעת מן התנודתיות במחיריהם יש לעודד מעבר לשימוש בגז טבעי, להגביר את חיפושי הנפט והגז בישראל, לחתור להתייעלות ולחסכון באנרגיה ולעודד את השימוש במקורות אנרגיה חלופיים וביניהם דלקים ביולוגיים. ביודיזל הוא דלק ביולוגי המיוצר ממקורות מתחדשים כשמיים צמחיים ושומן בעלי חיים. דלק זה עובר ביוגרדציה, אינו רעיל ושריפתו פולטת פחות מזהמים משריפת דלק פוסילי. לאחרונה, עקב עליית מחירי הדלק, עלה הביקוש לביודיזל. אחד הצמחים שמזרעיהם ניתן להפיק שמן המשמש להכנת ביודיזל הוא היתרופית קצרת-האונות (*Jatropha curcas* L.). זהו שיח טרופי ירוק-עד ורעיל ממשפחת החלבוביים, חסכוני במים, עמיד במליחות ויכול לגדול על מים מושבים או מליחים. ניתן לגדל אותו גם באזורים מדבריים-למחצה, באדמות שוליות ובמדרונות הרים. בזרעי היתרופית 40% שמן ואף למעלה מזה.

בעבודה זו ניסיתי לאתר אוכלוסיות של צמח היתרופית שזרעיהן מכילים את אחוז השמן הגבוה ואת הרכב חומצות השומן המתאים ביותר לייצור ביודיזל (מתוך אוסף הזרעים הנמצא במעבדתו של ד"ר יפתח ואקנין במכון למדעי הצמח שבמרכז וולקני) וכן לבדוק את התאמתה של שיטה לא הרסנית - שיטת NIRS לבחירת הזרעים המתאימים.

שיטת ה-*NIRS* = near-infrared spectroscopy היא שיטה ספקטרוסקופית המנצלת את הטווח התת-אדום בספקטרום האלקטרומגנטי, ומאפשרת לבדוק את זרעיהם של צמחי שמן רבים. הזרעים נסרקים במכשיר ואחר כך עוברים כתישה ומיצוי, והשמן המופק נבדק. לאחר בניית משוואת כיוול המקשרת בין הבליעה הספקטראלית בטווח התת-אדום הקרוב, לבין ערך המרכיב הנבדק בזרעים (אחוז השמן, אחוז של חומצות שומן מסוימת), ניתן לסרוק זרעים שהרכבם אינו ידוע ולקבל נתונים על מרכיבי הזרע. בדקתי כ-80 זרעים ממקורות שונים וממועדי הבשלה שונים, הן באמצעות מכשיר ה-*NIRS* והן באמצעות כתישה, מיצוי השמן ובדיקתו בגז כרומטוגרף.

להלן תוצאות הבדיקה:

- נמצאה שונות בין הזרעים מהמקורות השונים, אשר באה לידי ביטוי הן בתוצאות הסריקה במערכת ה-*NIRS* והן בתוצאות המיצוי. בין אחדים מן המקורות של הזרעים נמצאו הבדלים מובהקים במשקל הזרע השלם, במשקל הגלעין, באחוז השמן בזרע השלם ובאחוז השמן בגלעין.
- נמצאו קשרים מובהקים בעוצמה חלשה, בינונית ואף חזקה בין משקל הזרע השלם, משקל הגלעין, אחוז השמן בזרע השלם ואחוז השמן בגלעין. לעובדה זו יש חשיבות בתכנית טיפוח של צמח היתרופית. כאשר מכליאים צמחים ובודקים את הזרעים שהתפתחו כתוצאה מן ההכלאה, קל ומהיר יותר לעקוב אחר מדדים כמו משקל הזרע השלם, משקל הגלעין או משקל הקליפה, ולא אחר מדד כמו אחוז השמן, המצריך באופן מסורתי תהליך ארוך למדי של כתישה ומיצוי.
- בין אחדים מן המקורות של הזרעים נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת חומצות השומן הסטארית, האוליאית והלינוליאית. לא נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת חומצות השומן הפלמיטית. נמצא כי תכולה גבוהה של חומצה אוליאית מופיעה בד בבד עם תכולה נמוכה של חומצה לינוליאית ולהיפך.
- בין אחדים מן המקורות של הזרעים נמצאו הבדלים מובהקים בתכולת כלל חומצות השומן הרוויות והבלתי-רוויות.

מן התוצאות עולות המסקנות הבאות:

- מתקבל הרושם כי הרכב חומצות השומן בשמיים שהופקו מזרעי ברזיל, ניג'ר (גל פריחה סתווי בישראל), סין וסורינאם בר, לא מאפשר לייצר ביודיזל בעל תכונות רצויות, כלומר ערכי ה-*cetane*, ה-*CFPP* והיוד של הביודיזל המתקבל אינם טובים, לעומת הרכב חומצות השומן בשמיים שהופקו מזרעי ניג'ר (גל פריחה קיצי

בישראל) וסורנאם (3 או 4 זרעים בהלקט בישראל) אשר מהם ניתן לייצר ביודיזל בעל ערכי cetane ויוד מתאימים. הרכב חומצות השומן בשמנים שהופקו מזרעי אתיופיה נותן לביודיזל ערך CFPP גבולי, ואף שמן לא נמצא מתאים ממש לתקן האירופי. תוצאה זו צריכה להיבדק שנית, תוך שימוש במדגם גדול הרבה יותר של זרעים ובזרעים שנאספו מצמחים בוגרים, בני 5 שנים ויותר.

- ניתן לחזות את אחוז השמן ואת הרכב חומצות השומן בזרעי יתרופית קלופים באמצעות מערכת ה-NIRS וללא צורך בכתישת הזרעים ובמיצוי. הספקטרום המתקבל מסריקת צד העובר של הזרעים נותן יכולת ניבוי טובה מאד לאחוז השמן בגלעין ולתכולת 4 חומצות השומן העיקריות. התרומה העיקרית של עבודה זו לפרויקט העוסק בפיתוח דלקים ביולוגיים במרכז וולקני, היא היכולת לבדוק את זרעי היתרופית במערכת ה-NIRS, לקבל תוך זמן קצר את נתוניהם הרלוונטיים של הזרעים ולברור את הזרעים בעלי התכונות הרצויות מבלי שיהיה צורך למצות מהם את השמנים.

לדעתי, ביכולתו של החינוך הסביבתי לתרום למאמץ לשינוי פניו של משק האנרגיה בישראל.

לשם כך מומלץ להקנות לדור הצעיר ידע והבנה בתחום זה, לפתח מודעות למשמעויות המדעיות, הערכיות והחברתיות של שימוש במקורות אנרגיה מתחדשים כתחליף לדלקים פוסיליים, לשנות עמדות ולבחון את תרומתו האישית של כל אדם לעניין.

באמצעות הדוגמה של צמח היתרופית ניתן להקנות מושגי מפתח ברמות לימוד שונות בתחום החשוב והמתפתח של אנרגיה ממשאבים מתחדשים וזאת כחלק מהחינוך הסביבתי במערכת החינוך.