

פרופ' אליעזר גולדשמידט
ד"ר אריה מעוז

הנדסה גנטית בצמחים – רקע מדעי והיבטים הלכתיים

ראשי פרקים:

- א. מטרות
- ב. ההנדסה הגנטית ואופן יישומה בצמחים
 1. החדרת גן חיצוני
 2. הגברת הפעילות של גן
 3. "השתקת" הפעילות של גן
- ג. בעיות הלכתיות בהנדסה גנטית וביצירת צמחים טרנסגניים
 1. כלאים
 2. תערובת איסור
 3. התערבות במעשה בראשית
- ד. תחומי מגע אחרים בין ההנדסה הגנטית וההלכה

א. מטרות

בגמרא, במסכת כתובות, מצינו¹: "עתידה חיטה שתיתמר כדקל, ועולה בראש הרים, ושמא תאמר יש צער לקוצרה... הקדוש ברוך הוא מביא רוח מבית גנזיו ומנשבה עליה ומשירה את סלתה ואדם יוצא לשדה ומביא מלא פיסת ידו וממנה פרנסתו ופרנסת אנשי ביתו". וכן אמרו "עתידה חטה שתהא כשתי כליות של שור הגדול". כתב הרמב"ם² שאפשר לראות בדברים אלה רמזים לשפע עתידי גדול בעולם. לכאורה ניתן היה לראות בכך שההלכה צפתה אפשרות לתיקון הבריאה באמצעות הנדסה גנטית (האמנם?) וביטוי לשאיפה שדברים יגיעו לשלמות. יתרה מזאת, בדברי הירושלמי נוכל אף להפליג מעבר לכך "אמר רבי יהושע בן חנניה יכול אני ליטול קישואים ואבטיחים ועושה אותם איילים וצבאים והללו מולידיים איילים וצבאים"³.

1. בבלי, כתובות, קיא, ב.
 2. רמב"ם, פירוש המשנה, מסכת סנהדרין, הקדמה לפרק "חלק".
 3. ירושלמי, סנהדרין פ"ז, כה ד, / הי"ג - בתרגום של "אריב"ח יכיל אנא נסיב קריין ואבטיחין ועביד לון איילין טבין והידנן עבידין איילין וטבין".
 [אמנם פשט הסוגיא בסנהדרין ענינו דיני איסור כישוף ולא טכנולוגיה מתקדמת כשרה, ואכמ"ל. -- העורך.]

כשאנו עוברים מדברי אגדה לעולם המעשה כבר היה מי שאמר⁴ "שאלת היתר העיסוק בהנדסה גנטית היא חדשה בעולם ההלכה, והיא גם כבודת משקל ביותר". מטעם זה נראה שאכן ראוי לגשת לבחינה מסודרת של ההיבטים ההלכתיים הישירים והעקיפים של ההנדסה הגנטית בצמחים, לקראת גיבושה של עמדה הלכתית מבוססת בנושא.⁵

עד כה התמקד הדיון בקשר של ההנדסה הגנטית להלכה בהיבט הרפואי, ובעיקר בשאלות של שיכפול בני אדם ושיבוט בעלי חיים^{6,7,8}. ובפרט בעקבות פרסומה של הכבשה "דולי" ודומיה. התופעה המעניינת בדיון הזה היא, שלמרות המשמעות העקרונית החשובה שיש לו מהבחינה ההלכתית-השקפתית והאתית, הוא עוסק ב"פלח" מצומצם ביותר של ההנדסה הגנטית.

טבלה 1

אחוזים	הסוג
0.18%	בעלי חיים
1.14%	בקטריות
0.16%	פטירות
98.02%	צמחים
0.39%	וירוסים
0.1%	אחרים

מוצרים שפותחו כתוצאה מיישום הטכניקות של הנדסה גנטית⁹

מבחינה מעשית, עיקר היישום של טכנולוגיית ההנדסה הגנטית נעשה כיום בצמחים (טבלה 1) לצרכים ושימושים¹⁰ הכלולים באורח חיינו והקשורים לשאלות היתר ואיסור הנמצאות בסדר היומיומי של היהדות.

4. הרב ש. אבינר, הנדסה גנטית, בחירה חופשית וניסויים מסוכנים בבני אדם, לעיל עמ' 153-156.
5. השימוש במונח של הנדסה גנטית היה מקובל כבר החל מתחילת שנות ה-80 אך בהקשר שונה – של הפריה חוץ-גופית – כפי שיוזכר להלן.
6. גרין הרב שלמה, ההנדסה הגנטית לאור ההלכה. בשדה חמד 33, ג-ד (תש"ן) 23-40.
7. א. שטינברג, תיכפול/שיבוט בני אדם – היבטים מדעיים, מוסריים ויהודיים, לעיל עמ' 131-147.
8. הרב י. שילח, שכפול גנטי ובחירה חופשית, לעיל עמ' 148-152.
9. נתוני הארגון לשיתוף פעולה כלכלי ולפיתוח – OECD, דו"ח 1998.
10. ראה טבלה 2.

טבלה 2

תכונות עמידות :	עמידות למזיקים (חרקים, תולעים)	(12 סוגים)
	עמידות למחלות (פטוריות, חיידקים ווירוסים)	(6 סוגים)
	עמידות לקוטלי עשבים	(15 סוגים)
תכונות יבול :	תכונות גידול (עמידות לעקות, הארכת חיי מדף)	(3 סוגים)
	תכונות מוצר (שינוי הרכב גידולים – טיב ואיכות)	(12 סוגים)
תכונות סימון :	עמידות לקוטלי עשבים וכימיקלים שונים	
	(תכונות המשמשות לברירה בתהליך הפיתוח)	
ייצור חומרים שונים :	כימיקלים, סוכרים, חלבונים, נוגדנים, תרכיבים	

תכונות צמחים טרנסגניים שפותחו באמצעות הנדסה גנטית
(עד שנת 1998 בארה"ב, עבוד לפי נתוני משרד החקלאות לגבי צמחים שאושרו למכירה)

לפי ההתפתחות הטכנולוגית, נראה שהתמונה תהיה דומה גם בעתיד ויתכן שיישום ההנדסה הגנטית בצמחים אף יגבר (טבלה 3). לפיכך נראה שיש מקום להרחיב את הדיון ההלכתי גם לתחום הצומח. המציאות החדשה והמתחדשת של יישום ההנדסה הגנטית עשויה להביא את ההלכה להתמודדות ובחינה של כללים קיימים או למתן הגדרות חדשות כדי לתת פתרון לבעיות המתחדשות.

טבלה 3

מוצרי מזון לאדם ובע"ח	נייר ואריזה
פרחים	תרופות וחיסונים
מוצרי הלבשה	מוצרי קוסמטיקה
אנרגיה	ניקוי סביבה

תוצרים עתידיים כתוצאה מיישום הטכניקות של הנדסה גנטית בצמחים
(עבוד ממקורות שונים)

בכוונת הדברים המובאים בזה להציג את הרקע המדעי וההלכתי בהקשר לבעיות העוללות להתעורר עם יישום ההנדסה הגנטית בצמחים ולתרום על ידי כך לדיונים בעתיד במסגרת השלב הבא והחשוב יותר של פסיקת הלכה למעשה במקרים קונקרטיים שיובאו בפני המוסמכים לפסוק. ודאי שאין בכוונת הדברים האלה לשמש כפסק הלכה כלשהו.

ברוב המקרים, ולמרות דיונים קודמים^{6,7,8}, לציבור הרחב יש בדרך כלל מידע מועט בלבד בנושא ההנדסה הגנטית. מידע מפורט יותר עשוי לתרום להבנת הנושא ולהתייחסות נאותה כלפיו מכל הבחינות.

מטרות המאמר הן, לפיכך:

1. לספק לקורא רקע מדעי כללי – מושגים והגדרות, ומידע על שימושים בצמחים טרנסגניים.
2. לנסות לדון בשאלה האם הנדסה גנטית בצמחים ויצירת צמחים טרנסגניים כרוכה בבעיות הלכתיות כגון איסורי כלאיים ובבעיות השקפתיות כלליות.
3. להצביע על הדרכים בהם ניגשת ההלכה לבעיות הנובעות מטכנולוגיות חדשות בתחומים אחרים ולתת דוגמאות לאופן היווצרותם של פתרונות הלכתיים.

ב. ההנדסה הגנטית ואופן יישומה בצמחים

למרות מורכבות הטכניקה של ההנדסה הגנטית אפשר לתאר באופן כללי את עקרונותיה ולהגדיר בפשטות יחסית את מונחיה.

בתחום החקלאות וייצור המזון ניתן לגרום באמצעות ההנדסה הגנטית לשינויים תורשתיים בצמחים. זאת היא טכנולוגיה חדשה שהתפתחה ממדעים ותיקים – הגנטיקה הקלאסית, המיקרוביולוגיה והביוכימיה. למעשה, זהו מכלול של תהליכים המבוצעים באופן מלאכותי והגורמים לשינוי המבנה הגנטי של תאים. שימוש בטכניקות אלה מביא ליצירת "צמחים טרנסגניים" – דהיינו, צמחים שעברו שינוי באמצעות אחת מן הטכניקות הבאות:

1. החדרת גן חיצוני;
2. הגברת פעילותו של גן;
3. "השתקת" הפעילות של גן פגום או מויק.

1. החדרת גן חיצוני – במקרה כזה, ראשית מבודדים את המידע התורשתי (דנ"א) לגן (=תכונה) בו מעונינים, מתא מתאים (בדרך כלל של חיידק או צמח, טבלה 4). הדבר מתאפשר בעזרת אנזימים מיוחדים המסוגלים לקטוע את הדנ"א בצורה ספציפית על פי מעקובת הבסיסים שלו. למקטעים אלה "מדביקים" באופן מלאכותי לפני העברתם למקבל, גם כן באמצעות אנזימים מיוחדים שנמצאו בטבע, מקטעי דנ"א נוספים המהווים סמני התחלה וסיום לעיבוד המידע התורשתי בתא המקבל.

טבלה 4

תורם	-----<	מקבל
צמח	-----<	צמח (ירק או עץ)
מיקרואורגניזם (וירוס, בקטריה, פטרייה)	-----<	צמח (ירק או עץ)
בעל חיים (דוגמאות - 42)	-----<	צמח (ירק או עץ)

האפשרויות ליישום הטכניקות של הנדסה גנטית

קיימת דרך לשכפל את מקטע הדנ"א של הגן המוחדר אלפי ומיליוני פעמים, כדי שאפשר יהיה להעבירם לתאי הצמח המקבל, והדבר נעשה בתוך חיידקים. במידה והתא הצמחי המקבל מכיר סמנים אלה, הגן המוחדר מתבטא בתא ביצירת חלבון חדש הגורם לביטוי התכונה הרצויה. החדרת הדנ"א אל תוך התאים הצמחיים נעשית בשתי שיטות עיקריות:

(א) בעזרת חיידק מיוחד – אגרובקטריום – שחי כטפיל על צמחים והדנ"א שלו חודר ומתלכד עם הדנ"א של הצמח ומעניק לו תכונות גנטיות חדשות.

(ב) בעזרת "תותח גנים" היורה כדורי מתכת מיקרוסקופיים אליהם ספוחים מקטעי הדנ"א שאותם רוצים להחדיר אל תאי הצמח המקבל. מאותם תאים שאליהם הוחדר הדנ"א החדש, המצליח להתחבר לדנ"א התאי, והמסוגלים להתפתח לצמחים חדשים יתקבלו צמחים טרנסגניים כלומר, צמחים ששוננו בהם תכונות גנטיות מסוימות.

דוגמאות לשימושים בטכניקה זאת הם תכונות וחומרים שונים המצוינים לעיל (טבלה 2) כגון: עמידויות שונות המתבטאות ביצירת חומרים הפוגעים במזיקים ומחוללי המחלות (חרקים, פטריות וכו').

דוגמה מעניינת לטכניקה זאת, ושניתן יהיה ללמוד ממנה גם לענייננו היא, התהליך המכונה ייצור גבינה "צמחונית"¹¹. לייצור גבינה נדרש האנזים (ורז) הנקרא כימוזין (הידוע גם בכינויו רנין). באופן מסורתי מבודדים את הרנין מקיבות עגלים, דבר הגורם, בתנאים מסוימים¹², לאיסור השימוש בו. לפיכך בודדו את המידע ליצירת הרנין מרקמת עגל והחדירו אותו לתאי

11. ד. רבינוכיץ', חומר מגבן המיוצר בהנדסה גנטית, מהדרין ז (תשנ"ה), כגן-קל.

12. ראה שו"ע יו"ד, פז, יג; בש"ך ס"ק לה, שם; מנחת יצחק ח"ג סי' ער; ח"י סי' נח; שו"ת הר צבי, יו"ד, פכ. -- העורך.

שמרים. תאים אלה מייצרים רנין הזהה לרנין המקורי, וכך מתאפשר ייצורה של הגבינה ה"צמחוניית".

2. הגברת הפעילות של גן – יעילותו של גן מוגדרת במונחים פשוטים, כקצב יצירת עותקים שלו, המבוקרת על ידי סמן התחלה (promoter). ניתן להחליף סמן זה בסמן יעיל יותר, מבלי להעביר את הגן עצמו.

כיום מתבצעים מחקרים לשיפור תכולת החלבונים, חומצות אמינו וסוכרים ולשינוי הרכב העמילן, למשל בחיטה ובתפוחי אדמה. באופן דומה מתבצעים גם מחקרים לשיפור הרכב השומנים וליצירת שומנים בלתי מזיקים בגידולי שמן.

דוגמה מעניינת נוספת לטכניקה זאת היא הפעולה המבוצעת בשמרים המשמשים בתהליך ייצור הלחם. ישנם שמרים החסרים מרכיב מסוים העוזר להתפחה טובה של הבצק. התגברו על כך על ידי העברת סמן התחלה יעיל מזן אחר של שמרים והעברתו לשמרי הלחם.

3. "השתקת" הפעילות של גן – היפוך תרגום (=anti-sense), או על ידי החלפת או השלמת בסיס. במקרה זה ראשית מבודדים את קטע המידע התורשתי (דנ"א) לגן בו מעונינים מתא מתאים. לאחר מכן יוצרים "תמונת ראי" שלו ולמידע זה מצרפים סמני התחלה וסיום לפני העברתו למקבל.

כאן חובה לציין שתרגום המידע בתא לחלבון נעשה בכיוון מסוים. מכיוון שלתא הוחדרה "תמונת ראי" הרי שיחול כעת היפוך תרגום שיניב משהו שאינו בעל משמעות (=Anti-sense) ובכך יושתק הגן וימנע ייצור החלבון המקורי. הדוגמה לכך הייתה המקרה הראשון של יצירת מוצר מצמח טרנסגני – עגבנייה בעלת חיי מדף ארוכים יותר על ידי כך שהופסק ייצור חלבון מסוים – האחראי לייצור אתילן – הורמון ההבשלה.

ג. האם הנדסה גנטית בצמחים ויצירת צמחים טרנסגניים מעוררת בעיות הלכתיות?

את החששות העלולים להתעורר בקשר להנדסה גנטית בצמחים ניתן למיין לשלושה סוגים:

1. האם אין במעשה ההנדסה הגנטית משום עבירה על איסורי כלאים, הכוללים איסור על הרכבת צמחים "מין בשאינו מינו"?
2. במידה ומדובר על החדרה לצמח של חומר גנטי (דנ"א) שמקורו בבעלי חיים, האם צריך להתייחס לצמח הטרנסגני כתערובת

המכילה חומר מן החי, על כל ההיבטים הכשרותיים המשתמעים מכך?

3. באיזו מידה יש בטכנולוגיה של הנדסה גנטית משום התערבות אנושית בלתי נאותה במעשי בראשית? להלן ננסה לדון בחששות אלה אחד לאחד.

1. כלאים

איסורי כלאים נתפרשו בתורה¹³ והם כוללים כלאי זרעים והרכבה, כלאי הכרם, כלאי בעלי חיים בהרבעה ובחרישה וכלאי בגדים (שעטנז).

את המונח 'כלאים' מתרגם אונקלוס 'ערובין'. כלומר האיסור הוא ליצור תערובת של מינים שונים ובצמחים מפרשת ההלכה שאסור לזרוע מינים שונים ללא הפרדה ביניהם וכן נאסרה הרכבה שיש בה מגע וניקה זה מזה בין פרטים בני מינים שונים.

עם זאת, האיסור אינו כללי. אין הוא כולל צמחים שאינם מיועדים למאכל אדם¹⁴ ומסתבר שכמו בנושאים הלכתיים אחרים גם כאן, אין המושג 'צמח' כולל פטריות¹⁵ וחיידקים.

כמו בשיטות השבחה קלאסיות, כך גם ביצירת צמחים טרנסגניים, כאשר משתמשים בזן אחר של אותו מין המכיל את התכונה המבוקשת (כגון עמידות למחלה או לעקה), אין כל חשש לאיסור כלאים, מכיוון שמדובר על בני מין אחד. כאן צריך להעיר שהגדרת המינים מבחינה הלכתית אינה זהה בהכרח עם ההגדרות הבוטניות, כידוע לעוסקים בנושא ההרכבה. אבל גם בדורנו יכולים חכמי ההלכה לעסוק בשאלת הגדרת המינים ולפסוק הלכה למעשה¹⁶.

לעומת זאת, כאשר יוצרים צמח טרנסגני על ידי העברת גן מצמח בן מין אחר, צריך לשקול ברצינות אם אין הצמח החדש בן כלאים והאם אין ביצירת צמח כזה משום עבירה על איסור כלאים. במסגרת הדיון הזה צריך לקחת בחשבון גם את הנקודות הבאות:

א) בשונה מזריעת כלאים, שבה מעורבים אורגניזמים שלמים וההרכבה, שבה מתקיים מגע בין פרטים (אורגניזמים או חלקיהם) שביכולתם

13. ויקרא יט, יט; דברים כב, ט-יא.

14. שו"ע יו"ד רצז ג; לפרטים הלכתיים נוספים ראה: הרב חיים קנייבסקי, 'דרך אמונה', לכלאים פרק א הלכה ד.

15. הרב חיים קנייבסקי, 'דרך אמונה' כלאים פרק ג, הלכה א, ביאור ההלכה ד"ה יש מינין וכו'.

16. תו"א, כלאים, ג, ו.

להתפתח לצמח שלם, הרי שבהנדרסה גנטית מתבצעת למעשה העברה של מקטע זעיר מן הדנ"א של הצמח התורם, חלק שאינו מסוגל כשהוא לעצמו להתפתח לצמח שלם.

כאן המקום לדון בשאלה מהו החלק הקטן ביותר שהעברתו ממין אחד למשנהו אסורה משום הרכבה.

בספר "כשרות ארבעת המינים"¹⁷ מביא המחבר, הרב י"מ שטרן, הערה ששמע מפי דודו, הגאון ר' שלמה זלמן אויערבאך זצ"ל. לדעתו אין העברת אבקת פרחים (=האבקה) מפרחי מין אחד לפרחי מין אחר בגדר הרכבה (ואם כי הנידון שם הוא לעניין אתרוג המורכב מסתבר שכן הוא גם לעניין איסור הרכבת כלאים).

טעמו הוא שאיסור הרכבה הוא רק כאשר מרכיבים ייחור מסוג אחד על ייחור מסוג אחר ויש בכוחו של כל ייחור בפני עצמו להתפתח לצמח שלם. לעומת זאת, אם אחד מן השותפים להרכבה אינו מסוגל להצמיח בפני עצמו אין כאן משום הרכבה. ולכן, הואיל ואבקת פרחים אין בכוחה להתפתח לצמח שלם אין העברתה לפרחי מין אחר משום הרכבה.¹⁸

על כך יש להעיר שגם אם אין אבקת פרחים מסוגלת להתפתח באופן טבעי לצמח שלם, כל אחד מגרגרי האבקה הוא, מבחינה בוטאנית יצור רב-תאי שלם, בעל כוח צימוח והתפתחות, הדרושים לו למילוי תפקידו בהפריית הפרח.

גם החזון אי"ש¹⁹ נדרש לסוגיא זו, וז"ל "נראה דאין חילוק בהרכבה בין מרכיב 'גוף' למרכיב 'שרף', שאם נוטל שרף ונותנו בסדק והוא חוזר ועושה ענף מאותו השרף הרי זה מרכיב גמור, שאין בדומם חילוק בין העב להנוזל, וכיון שיש בשרף כח ההולדה חשיב הרכבה". ובהמשך "אבל יחור, כל קורט וקורט הוא בריה כל שראוי להרכיב ולהצמיח והלכך גם השרף הוא בריה שלמה".

כמו כן מבחין החזון א"א (שם) בין הרכבת דבר שאינו צומח אלא שהוא נבלע באילן ומטיב צמיחת האילן שהוא כעין השקאה לאילן והוא מותר, לבין הרכבה שיש בה 'התמזגות חשובה' הנוצרת 'ע"י כח הזדווגות וצמיחת שניהם' והרכבה זו אסורה אפילו אם אין היא מביאה לשינוי בתכונות הפרי.

17. הוצאת מכון "אמרי דוד", ירושלים, תשנ"ב, ע' קפב.

18. וכן דעת הגר"ש ישראלי שהובאה להלן עמ' 192.

19. חזון א"א כלאים ב, טז.

כוונת החזו"א אינה ברורה לנו די הצורך – למה בדיוק התכוון בביטוי 'שרף' ומהו 'כת ההזדווגות' עליו הוא מדבר²⁰. עם זאת, מן הלשון 'כל קורט וקורט הוא בריה. כל שראוי להרכיב ולהצמיח' ניתן אולי להבין שהעברתו של חומר המכיל תאים שלמים, כגון אבקת הפרחים, יש להתייחס אליה כאל הרכבה²¹.

לאחרונה יצא לאור שו"ת מנחת שלמה להגאון ר' שלמה זלמן אויערבאך זצ"ל, חלק ב', ובר²² התייחסות מפורשת לשאלת ההנדסה הגנטית²³ וז"ל: "בענין שאלתו בדבר הנדסה גנטית, שמכניסים חלקיקי תאים מבריה אחת לשניה ועי"ז משנים את תכונותיה של השניה, ... בהרכבת עצים נראה דשפיר אסור אף אם ההרכבה היא רק ע"י זריקה של מיץ אשר אם היה זורע את המיץ באדמה לא היה צומח כלל, כי סוף סוף "השדה" זרועה משני מינים..."

דברים אלה משקפים, לכאורה, עמדה שונה מאוד ממה שנמסר בשמו בספר "כשרות ארבעת המינים"²⁴. עמדה זו היא ברוח דברי החזו"א כפי שהובנו לעיל, אבל היא מרחיקת לכת יותר. החזו"א דבר על 'שרף' הניתן בעץ החוזר ועושה ענף מאותו השרף' ואילו הגרשו"א מתייחס לצמח המכיל זריקה של מיץ ממין אחר (המביא לשינוי תכונותיו) כצמח שיש בזריעתו איסור כלאים.

הצגנו כאן מגוון של גישות הלכתיות לשאלה: מהו החלק הקטן ביותר שהעברתו ממין אחד למשנהו אסורה משום הרכבה. גישות אלו תהיינה, ללא ספק, בסיס לדיונים נוספים בנושאי ההנדסה הגנטית.

ב. גם אם נאסור העברת מקטע גנטי מצמח לצמח, בטכנולוגיה הקיימת מקטע זה אינו בא כמות שהוא מן הצמח התורם אלא, כפי שהוסבר, הוא תוצר של שכפול של הדנ"א המקורי שנעשה בחיידקים.

20. לכאורה כוונת החזו"א די ברורה, והיא שבאיסור הרכבה של שני מיני צמחים זה בזה, האיסור איננו רק בהעברת רכב הבנוי מריקמה צמחית מוצקה (= "עב") לכנה, אלא גם בהעברת רכב שהוא רקמה תאית במדיום נוזלי, משום שהרכב – התא המועבר לכנה – הינו תא צמחי כוגר שלם הניתן לשיבוט לצמח מלא (= "והוא חוזר ועושה ענף מאותו השרף"). דומני שכן פירש את החזו"א גם הרב יואל פרידמן בשאלתו לגר"ש ישראלי, שהובאה להלן עמ' 191-192. ואם כן, אין מכאן כל מקור לאיסור הכלאת גמטות בהפרייה, ובוודאי שאין כאן ראייה לאיסור של החדרת קטעי דנ"א לצמח. -- העורך.
21. לפי הבנת העורך בהסבר שיטת החזו"א כפי שהוצגה בהערה הקודמת, אין להתייחס להאבקה – העברת חומר המכיל אבקת הפרחים – כאל הרכבה, שכן תאי האבקה אינם ניתנים כמות שהם לשיבוט לענף ולצמח שלם. -- העורך.
22. סי' צז אות כז.
23. שנשאלה ע"י פרופ' א"ס אברהם, והובא המו"מ עם הגרשו"א בספרו "נשמת אברהם", חלק ד' עמ' רטו-רטז.
24. הע' 17 לעיל.

באופן עקרוני, לאחר ידיעת מעקובת הבסיסים של הגן המקורי ניתן אפילו לסנתזו במעבדה ללא כל שימוש בדנ"א ממקור צמחי. ואם כן יתכן שאין דינו של הדנ"א הנוסף כדין חלק מצמח, אלא כחומר ממקור לא צמחי שאין לגביו איסורי כלאיים לכל הדעות.

ג. כמו כן, כשאנו יוצרים צמחים טרנסגניים איננו יוצרים בשום מקרה מין חדש. אנו מכניסים שינוי בתכונה גנטית מסוימת במין קיים והצמח הטרנסגני הוא בעצם 'מוטנט' של המין המקורי; מוטנט 'סינתטי' שהווצרותו מכוונת על ידי האדם. אין הוא שונה מהותית ממוטנטים הנוצרים באופן ספונטני בטבע (וידועים מוטנטים רבים כאלה גם בגידולים חקלאיים כגון תירס, עגבנייה והדר) או ממוטנטים הנוצרים בעקבות הקרנות או טיפולים בכימיקלים מעוררי מוטציות.

לעומת זאת, בהכלאות בין מינים שונים של בעלי חיים או צמחים ישנו עירוב תורשתי מלא של שני המינים וניתן, מבחינה מסוימת, להתייחס לכך כאל יצירה של מין חדש.

ד. תהליך יצירתם של צמחים טרנסגניים אינו נעשה בדרך כלל במישורין ע"י העברת הדנ"א מן הצמח התורם לצמח המקבל, אלא באמצעותו של חיידק שאליו מוחדר הגן המבוקש וממנו הוא חודר לצמח המקבל. ואפילו כאשר החדרת הדנ"א לצמח המקבל נעשית באמצעות 'תותח גנים', כבר הוסבר לעיל שלא הדנ"א המקורי של הצמח נורה בתותח, אלא דנ"א שנוצר בכמה דורות של שכפול כאשר תהליך השכפול איננו פעולה ישירה של האדם אלא גרמתו.

יתכן אפיה שאין כאן מעשה ישיר אלא כעין 'כח כוחו' שהוא בבחינת גרמא²⁵. יש צורך לדון, לפיכך, על פעולה הנעשית בדרך עקיפין, כעין גרמא, האם חלים עליה איסורי הרכבת כלאים.

לגבי דינה של הרכבה הנעשית בדרכי עקיפין כעין גרמא מתבקשת לכאורה ההשוואה עם כלאי הרבעה בבעלי חיים.

בענין זה כתב הרמב"ם²⁶ ובעקבותיו הלך השו"ע²⁷ "המרכיב זכר על נקבה שאינו מינו... הרי זה לוקה מן התורה... ואינו לוקה עד שיכניס בידו כמכחול בשפופרת, אבל אם העלם זה על זה בלבד או שעוררן בקול – מכין אותו מכות מרדות. מותר להכניס שני מינין לסהר אחד, ואם ראה אותם רובעים זה את זה אינו זקוק להפרישם.

25. סנהדרין עז, א.

26. כלאים, פ"ט, א-ב.

27. יו"ד רצו, ג.

בדברי הרמב"ם יש להבחין בשלוש דרגות:

מעשה הרבעה גמור – איסור תורה.

תחילת מעשה או המרצה למעשה – איסור דרבנן.

יצירת תנאים בהם תיתכן הרבעה – מותר.

לכאורה היה ניתן ללמוד מכאן שרק מעשה גמור אסור מן התורה ואילו מעשה עקיף, כעין גרמא, נכנס לכל היותר לגדר של איסור דרבנן.

ואולם, בדיקת המקורות מראה ששנים מגדולי הדור האחרון, החזו"א²⁸ והגרשו"א²⁹ נדרשו לנושא זה ושניהם מתנבאים בסגנון אחד. שניהם טוענים, כל אחד בלשונו, שיש הבדל מהותי בין הרבעת בעלי חיים לבין הרכבת כלאים. בהרכבת כלאים בבעלי חיים הקובע הוא מעשה ההרבעה, והעברת דנ"א מבעל חיים אחד למשנהו בודאי איננה בגדר מעשה הרבעה. בצמחים, לעומת זאת, קובעת התוצאה. ואם בפועל מתקבל צמח המשלב תכונותיהם של מינים שונים יתכן שיש כאן הרכבת כלאים, אפילו אם לא היה כאן מעשה ישיר בידי אדם.

לפי הבנתם של החזו"א והגרשו"א, למרות הדמיון והזיקה הרעיונית שבין כלאי הרבעה וכלאי הרכבה, לדוגמא ראה קידושין לט, א, "מה בהמתך בהרבעה אף שדך בהרכבה", בכל זאת יש הבדל יסודי ביניהם.

הרי שסוגיא זו, של גרמא במעשה הרכבה, טעונה אף היא ברור נוסף.

2. תערובת איסור

במידה והוחדר לצמח דנ"א מבעל חיים טמא (או אפילו מבהמה או עוף טהורים) צריך לדון על הצמח הנוצר על פי הכללים המקובלים בהלכות תערובות איסור בהיתר. לכאורה אין כאן בעיה, מכיוון שהצמח הטרנסגני אינו מכיל את הדנ"א המקורי של היצור התורם אלא את הדנ"א שנוצר בצמח בתבניתו ובתכניתו של הדנ"א המקורי. ובכל זאת יש צורך לבדוק את הנושא לפרטיו^{30, 31}.

28. כלאים ב, טז.

29. מנחת שלמה ח"ב, סי' צז, אות כז.

30. יהודה א. שרשבסקי, הנדסה גנטית - היבט כשרותי. תהודת כשרות 11-12 (תשנ"ו) עמ' 20-11.

31. שאלות נוספות עלולות להתעורר בקשר לאפשרות ששינוי תכונותיו של מין ע"י הנדסה גנטית (גם ללא החדרת גן ממין זר) יכולה לשנות את סימני הכשרות שלו או להפכו מירק לעץ וכו'. ראה על כך שו"ת מנחת שלמה ח"ב סי' צז, אות כז, שו"ת שבט הלוי ח"ו סי' קא; הרב מ. הרשקר, רפואה והלכה, א, תשמ"מ, עמ' שז ואילך. וראה עוד: Rosner, F.,

Modern Medicine and Jewish Ethics (1986), p. 173 ff

3. התערבות במעשה בראשית

הדיון בשאלה זו מחזיר אותנו במידה מסוימת לנושא הכלאים. במרכזו של דיון זה יש להעמיד את דבריו של הרמב"ן בפירושו לפסוקי התורה העוסקים באיסורי כלאים³² את חוקתי תשמורו: בהמתך לא תרביע כלאים, שדך לא תזרע כלאים... הרמב"ן מסתייג מדברי רש"י שכתב (שם) חוקים אלו גזירות מלך, שאין טעם לדבר. לדעת הרמב"ן יש גם למצוות המכונות בשם 'חוקים' 'טעם נכון ותועלת שלימה'. את איסורי הכלאים הוא מנמק בכך "שכורא העולם נתן במינים את כוח התולדה והריבוי, באופן שיוציאו למיניהם ולא ישתנו לעד לעולם, והמרכיב שני מינים משנה ומכחיש במעשה בראשית ויחפוץ הוא לעזור בבריאתו של עולם להוסיף בו בריות". כהוכחה והדגמה לטעונו שהרכבה והרבעה של שני מינים מנוגדת לטבע מביא הרמב"ן את העובדה שבעלי חיים אינם מולידים מין משאינו מינו וגם כאשר ניתן לקבל צאצאים מהרבעת שני מינים קרובים, כגון הפרד הנולד מהכלאת סוס וחמור הרי שצאצאים אלה אינם פוריים.

טעם נוסף לאיסור כלאים, שניתן לראותו כהרחבה של הטעם הראשון, הוא שהמרכיב ומערב שני מינים שונים מבטל, כביכול, חוקות שמים המופקדים על גידולו וצמיחתו של כל מין לעצמו.

לדבריו של הרמב"ן הייתה השפעה רבה. את הסברו של הרמב"ן מביא גם ספר "החינוך"³³ ובמצווה סב כותב הוא "נמנענו מלהעלות על רוחנו – אף כי נעשה בדינו – דבר שמראה בנו רצון להחליף דבר במעשה ה'". דבריו של הרמב"ן נאמרו אמנם בתורת 'טעם המצווה' ובדרך כלל אין טעמי המצוות קובעים את ההלכה ובכל זאת היתה לדבריו של הרמב"ן השפעה גם על פוסקי ההלכה³⁴. יחד עם זאת, כאן המקום להזכיר שאפילו ביחס להוצרות הפרד מוצאים אנו בחז"ל גם התייחסות חיובית: "ובמוצאי שבת נתן הקב"ה דיעה באדם הראשון מעין דוגמה של מעלה, ... והביא שתי בהמות והרכיב זו בזו ויצא מהם פרד"³⁵. על פי גישה זו ניתן לראות בעוסקים בהנדסה גנטית שותפים לקב"ה במעשה בראשית.

מן הראוי לבחון מחדש את דברי הרמב"ן לאור הידע המדעי של זמננו. הרמב"ן טען שמעשה הכלאים הוא שלילי בהיותו מנוגד לטבע הבריאה. כנגד זה ניתן לטעון שעל פי הידוע לנו היום, צורות שונות של חילופי חומר תורשתי בין מינים שונים מתרחשות גם בטבע, כגון ביחסי

32. ויקרא יט, יט.

33. מצוות סב, רמד.

34. ראה לדוגמה שו"ת חתם סופר, יו"ד סי' רפז.

35. פסחים נד, עא.

טפיל-פונדקאי שבין וירוסים וחיידקים לבין הצמחים ובעלי החיים אותם הם תוקפים (למעשה מנוצלת יכולת זאת של וירוסים ובעיקר של חיידקים כמכשיר להעברת התכונות הרצויות בדרך ליצירתם של צמחים טרנסגניים). כמו כן חלים שינויים תורשתיים גם באותו המין עצמו באמצעות מוטציות ושינויים במיקומם של קטעי דנ"א כגון crossing-over, טרנסלוקציות וטרנספוזונים.

גם ההרכבה – בצורה הפרימיטיבית ביותר שלה, הרכבת מגע – מתרחשת לפעמים גם בטבע. לאור כל זאת יש מקום לטענה שעצם העברתו של החומר הגנטי (דנ"א) מיצור אחד למשנהו אין לראות בה מעשה המנוגד בהכרח לחוקים שחקק הקב"ה בעולמו. כך שהתערבות בבריאה יכולה להיות מותרת אם מתקיימים שני תנאים הכרחיים:

- (א) אין איסור הלכתי ישיר ביצירת השינוי הנדון.
 (ב) הפעולה מכוונת ומסוגלת להביא תועלת לאדם.

רעיון זה מובע בצורות שונות על ידי גדולי הלכה וגם הראי"ה קוק נדרש לכך³⁶.

ועם זאת, דרושה בלי ספק זהירות ואחריות רבה מצד כל העוסקים בתחום זה. וכמו גם לגבי תחומי פעילות אחרים של המין האנושי צריך להתריע כאן בלשונם של חז"ל "ראה את מעשי האלוקים כי מי יוכל לתקן את אשר עותו"³⁷. בשעה שברא הקב"ה את אדם הראשון נטלו והחזירו על כל אילני גן עדן ואמר לו: ראה מעשי, כמה נאים ומשובחין הן; וכל מה שבראתי בשבילך בראתי, תן דעתך שלא תקלקל ותחריב את עולמי...^{38,39}.

בדיון שלנו התמקדנו בהיבטים הלכתיים והשקפתיים של הביוטכנולוגיה בצמחים. אבל, למעשה, בנוסף לשאלה ההלכתית, לבעיה יש גם פן בינלאומי. לדאגה מפני השינויים שאנו מחוללים בטבע הסובב אותנו, שנוזקם עלול להיות מרובה מתועלתם, שותפים גם חוגים נרחבים מאומות העולם (בעיקר באירופה) המנסים להסתייג ולהתנגד לשימוש הגובר והולך

במוצרים שמקורם בצמחים טרנסגניים במזון, בלבוש ובמוצרי צריכה

36. אוצרות הראי"ה חלק ב' עמ' 901.

37. קהלת ז, יג.

38. קהלת רבה ז, כח.

39. ממדרש זה ניתן להסיק, לכאורה, שהיהדות מתייחסת בשלילה גם לצורות אחרות של קלקול הבריאה, כגון הכחדתם של מיני בעלי חיים וכריתה מופרזת של היערות באזורים הטרופיים. [דומני שפשט המדרש "תן דעתך שלא תקלקל ותחריב את עולמי" הוא תן דעתך שלא תקלקל את מעשיך, כלומר שלא תחטא, ועל ידי כך תגרום להתרבת העולם. ראה: רמת"ל במסילת ישרים פרק ראשון, ד"ה "ואם תעמיק עוד" ו"והנה על העיקר הזה העירונו חז"ל ממדרש קהלת". -- העורך]

נוספים של האדם מתוך גישה דתית או משיקולים בריאותיים-סביבתיים⁴⁰. ימים יגידו אם יהיה בכוחה של התנגדות זו לעצור או למתן את הגל הגואה של היצור והשימוש בצמחים טרנסגניים לשירות האדם.

ד. ניסיון שהצטבר בתחומי מגע אחרים בין ההנדסה הגנטית וההלכה

כפי שכבר הזכרנו בתחילת המאמר, הועלו מרבית ההתייחסויות ההלכתיות עד כה בהקשרים רפואיים ובעיקר בשאלות של הפריה חוץ-גופית ובעיות פוריות נוספות, שמרביתן אינן כרוכות בטכנולוגיה של הנדסה גנטית במשמעותה המדויקת. מצד שני, כיום ניתן בהחלט להצביע גם על אפשרות לשימושים ממשיים לצרכים רפואיים גם בהנדסה גנטית אמיתית, כגון השתקה או החלפה של גן פגום המביא להפרעה לתפקודן של מערכות בגוף האדם.

מבחינה עקרונית ניתן אולי לומר כי טיפול גנטי למטרת תיקון גן פגום אינו שונה מטיפול רפואי אחר שכן מבחינה מהותית אין הבדל בין החידוש הטיפולי בעזרת שיטות גנטיות לבין כל חידוש טיפולי כמו השתלת איברים. לפיכך, אם מאזן התועלת/סיכון בטיפול גנטי הוא לטובת המטופל הרי זה בגדר החיוב לרפא כבכל טיפול רפואי אחר⁴¹.

כשאנו בודקים את מכלול ההתייחסויות ההלכתיות לשימושים בטכנולוגיות מודרניות בנושאי רפואת האדם (ומרבית המקורות המצוטטים במאמר זה שייכים לתחום זה^{45,44,43,42,7,6,4}) מתברר שלמרות ריבוי החששות

40. ראה:

Aldridge, S., "Ethically Sensitive Genes and the Consumer," *Trend in Biotech* 12, no. 3 (1994): 71-72.

41 וכ"כ הגרשז"א, הובא כנשמת אברהם כרך ד, עמ' ריז.

42. דוגמאות המובאות כאן בעיקר עמידות לעקות קור, אך יש גם לייצור חומרים שונים מן החי: חלבונים, נוגדנים, תרכיבים (בעתיד אף לאכילה):

1. Hightower, R., Baden, C., Penzes, E., Lund, P., and Dunsmuir, P., "Expression of Antifreeze Proteins in Transgenic Plant," *Plant Mol Biol* 17 (1991): 1013-21.

2. Kenward, K. D., Altschuler, M., Hildebrand, D., and Davies, P. L., "Accumulation of Type I Fish Antifreeze Protein in Transgenic Tobacco is Cold Specific," *Plant Mol Biol* 23 (1993): 377-85.

3. Tyshenko, M. G., Doucet, D., Davies, P. L., Walker, K. V., "The Antifreeze Potential of the Spruce Budworm Thermal Hysteresis Protein," *Nat Biotechnol* 15 (1997): 887-90.

43. א. שטינברג – מתוך אנציקלופדיה הלכתית-רפואית, כרך שישי, ערך "תורשה".

44. משה דרורי, הנדסה הגנטית: עיון ראשוני בהיבטים המשפטיים וההלכתיים, תחומין א, (תשמ"ז), 280-296.

45. ראה:

Rappaport, S. A., "Genetic Engineering: Technology, Creation and Interference," *Assia-Jewish Medical Ethics* 3, no. 1 (1997): 3-4.

ההלכתיים והאתיים קיימת בסופו של דבר נטייה בולטת להקל ולאפשר במקרים הכרחיים את השימוש בטכניקות החדשות. שורשיה של מגמה זו נעוצים, ללא ספק, בקיומה של מסורת הלכתית רבת שנים המכירה בצורך לעזור ולסייע לזקוקים לכך בכל עניין רפואי ובפרט בנושאי פריה ורבייה. וכל זאת, אפילו כאשר אין המדובר בסכנת חיים ובפקוח נפש ממש, שמפניהם נדחים אפילו איסורי תורה גמורים, כגון חילול שבת.

ניתן אפוא לומר שבתחום הביו-רפואי מתחולל בדרך כלל המפגש הראשון בין הישגים מדעיים חדישים לבין ההלכה ובתחום זה נוצרים גם לראשונה דפוסי ההתמודדות ההלכתית וההשקפתית לקראת יישומן של טכנולוגיות חדשות. לכאורה יכולים התקדימים הנוצרים בפסיקה בנושאים הרפואיים לסלול את הדרך לקראת יישומן של טכנולוגיות דומות גם בתחומים אחרים, כגון נושאי ההנדסה הגנטית בצמחים הנידונים במאמר הנוכחי.

ואולם, התפתחות כזאת אינה ודאית ומובטחת כלל ועיקר. תחושת הצורך והרוחק הקיימת בקשר למציאת פתרון לבעיות רפואיות אינה קיימת באותה מידה לגבי נושאים אחרים, בהם ניתן אולי להסתמך על הפתרונות המקובלים מקדמת דנא, "ואין דנין אפשר משאי אפשר"⁴⁶. גם הנדונים אינם שווים. במרכזו של נושא הצמחים הטרנסגניים עומדת שאלת הכלאים, במובנה הישיר, המצומצם ובמובנה ההשקפתי הרחב יותר, בהם דנו למעלה בפרוטרוט; היבט זה אינו תופס מקום בשאלות הרפואיות.

ומכל מקום, הזמן דוחק ויש צורך בדיון רציני, מידי בשאלות הייצור והשימוש בצמחים טרנסגניים ובמוצריהם; בטרם נמצא את עצמנו במצב של 'בדיעבד' בשל ההתפתחויות המדעיות והטכנולוגיות המהירות מאוד המאפיינות את תקופתנו.

* * *

לסכום, למרות כל האמור לעיל, ההנדסה הגנטית היא טכנולוגיה צעירה יחסית הזוכה מידי פעם לחשיפה תקשורתית סנסציונית בעולם ובארץ. התחכום המדעי העומד ביסודה של טכנולוגיה זאת אינו נחלת הכלל ומטבע הדברים ישנה רגישות כלפיה בעיקר מהיבטים בריאותיים וסכיבתיים. רגישות זו רבה עוד יותר אצל צבור הרואה חובה לעצמו ללכת בדרכי ההלכה ומבקש לדעת מה מותר ומה אסור. המודעות לצרכיו

46. בדרך השאלה ממאמר חז"ל בתלמוד, סוכה, נב, ובמקבילות.

ורגישותו של צבור כזה וההכרה בזכותו לקבל מידע על מוצרים שהוא רוכש הביאה לכך שברוב ארצות אירופה הונהג סימון מתאים של מוצרים לפי כללים מסוימים. בעזרת סימון זה יכול הצרכן לדעת, בין השאר, באיזה דרך נוצר המוצר והאם הוא שונה ממוצר דומה המוכר לו.

יישום שיטת סימון מעין זו אצלנו יפתח בפני הצבור אפשרות לשקול את צעדיו ולהחליט על אופן התמודדותו עם האתגרים שעידן ההנדסה הגנטית מעמיד בפניו. אין ספק שגם גדולי ההלכה ידרשו בקרוב לגבש את עמדתם בנושאים אלה.

ולסיום, ראוי לומר, בדומה למה שנאמר על ידי קודמים לנו, שכל הנכתב כאן הנו חומר למחשבה ובסיס לדיון ובשום פנים אינו בא לקבוע מסמרות הלכה למעשה.

מקור: אסיא סה-סו, עמ' 50-65, 1999