

הכנת תכנית בטיחות ביולוגית למעבדות ומפעלים (חלק ראשון)

ניהול הבטיחות במעבדות בכלל ובמעבדות ביולוגיות בפרט הוא נושא מורכב. במאמר, המתפרש על שני גיליונות, ננסה להציע את הדרך המתאימה לניהול תכנית הבטיחות

מאת ד"ר איתן ישראלי

ביצוע מיטבי של כל מטלה במסגרת פעילות בארגון, יש להכין תכנית עבודה. נושא הבטיחות אינו יוצא מכלל זה. לטיפול בכל היבטי הבטיחות, והבטיחות הביולוגית בפרט, נדרשת הכנת תכנית עבודה (שהיא למעשה תכנית בטיחות). הכנת תוכנית בטיחות מיועדת למנוע תקלות ואסונות ומטרתה להתרכז בנושאי הבטיחות המלווים את מטלות המעבדה או מעבדה הפועלת בתוך מפעל. על פי פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש] תש"ל - המעסיק חייב לצייד את עובדיו באמצעי מגן. עפ"י תקנות ארגון הפיקוח על העבודה - המעסיק מחויב בהדרכת עובדים. תקנות בריאות העם (מעבדות רפואיות), תשל"ז, מתייחסות לנושאים רבים באשר למי רשאי לנהל מעבדה רפואית, נושאים של תאורה, היגיינה, מינדפים, חומרי בנייה ועוד. תקנות הבטיחות בעבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים), התשע"א, מגדירות מיהו עובד בגורמים מזיקים מסוימים,

תקרת החשיפה המותרת ועוד. בנוסף, תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית בעבודה עם גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות) התשס"א, מטילות אחריות על מנהל המעבדה להכין תכנית בטיחות.

האחריות הישירה לבריאותו ולשלומו של העובד היא של תופס המפעל ושל מנהל המעבדה. לממונה על הבטיחות של מקום העבודה יש אחריות כלפי הנהלת המפעל למלא את תפקידיו, אך אין לו אחריות שילוחית ישירה על העובדים. לכן, מדיניות ההנהלה מתווה את תכנית הבטיחות וצריכה לעלות עימה בקנה אחד. על ההנהלה לבטא את התחייבותה לתכנית הבטיחות הביולוגית במספר היבטים (המפורטים במאמר):

הכותב הוא מנכ"ל חברת 'ישראלי ביוהארד'

דוגמה אישית: על האנשים בעמדות הניהול לתת דוגמה אישית להתנהלות בטיחותית נכונה ולא לזלזל בהוראות ובנוהלי הבטיחות, בסיסיים ככל שיהיו. מנהל החושב שהוא פטור מקיום נוהלי הבטיחות, ונוהג להכנס לאזורי סיכון ללא ציוד המגן



מינדף ביולוגי ממוקם בפנינת החדר, הרחק מהדלת

העובדים בנושאי בטיחות, לפחות אחת לשנה. ההדרכה יכולה להתבצע על ידי צוות מתוך המפעל, או על ידי מדריכים חיצוניים, מומחים ואנשים מיומנים במקצוע המדובר. ביצוע ההדרכה צריך להיות מתועד בכתב, ולכלול חתימות של המשתתפים והמדריכים. בנוסף, יש להכין ולבצע תכנית אימון לעובדים במטלות האופייניות, שתכלול תרגולים ברמות שונות. כמו כן, ההנהלה חייבת לקיים "תכנית בריאות" לעובדים, הכוללת סקירה בריאותית.

בכל מוסד קיימת תכנית אחרת. בשירות המדינה, לדוגמה, ישנם כללים ברורים לבדיקות רפואיות לפני העסקה או תוך זמן סביר ממועד הקליטה. מוסדות אחרים קובעים כללים לגבי תכנית בריאות של רופא תעסוקתי או מרפאה תעסוקתית טרום תעסוקה, ומעקב תקופתי - בהתאם לדרישות מקום העבודה.

הקצבת כספים, נוהלי דיווח וחקירה: השקעה בתכנית בטיחות

דורשת משאבים כספיים, שבלעדיהם לא ניתן לבצע. הנהלה הדורשת לקיים תכנית מקיפה לבטיחות ואינה מקציבה תקציב מתאים, אינה עומדת בדרישות החוק. צריך להיות איזון בין ההשקעה בבטיחות לבין התוצאות המצופות. ניתן להגיע לרוויה בהשקעה הכספית ללא קבלת החזר מתאים בבטיחות העובדים. השקעות מוגזמות עלולות לפגוע ברווחיות מקום העבודה ואפילו למוטטו. לכן, יש לבצע הערכת סיכונים ולהחליט מהן הנקודות הרגישות ביותר ולהתחיל בפתרון. תאונות ותקלות מתרחשות למרות ההשקעה בתכנית הבטיחות.

תקלות הן הזדמנות לשיפור ותיקון נהלים או תהליכים, ומכאן הדרישה לדיווח מלא ואמין מצד העובדים, וחקירה יסודית מצד ההנהלה. נוהלי הדיווח והחקירה צריכים להיות מעוגנים בנוהלי הבטיחות המוסדיים, מלווים בטפסים מתאימים, והנחיות

הדרוש, פוגע בגישה החינוכית של אנשי הבטיחות ומרוקן אותה מתוכן.

שרשרת אחריות: תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית בעבודה עם גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות), התשס"א-2001, מטילות אחריות ישירה לבטיחות העובדים על מנהלי המעבדות. תפקידיהם של מנהלי המעבדות מפורטים בתקנות והם כוללים, בעיקר, הקפדה על מילוי הוראות הבטיחות, שימוש בציוד מגן אישי וכללי, והתנהגות בטיחותית בזמן ביצוע המטלות. האחריות מוטלת לא רק על המנהל, אלא מגיעה בהיררכיה עד למנהל הראשי של הארגון - מי שנקרא בתקנות "תופס המפעל" - יהיה זה מנכ"ל, ראש מועצת מנהלים, בעלים וכיו"ב.

תכנית הדרכה, בריאות ואימון: אחת החובות הבסיסיות של ההנהלה היא להדריך את

בבריאות העובד תוך מילוי המשימה, לדוגמה: אלרגיה לחומרי התהליך או לבעלי חיים. לא נצוות אדם שהוא אלרגי לבעלי חיים לעבודה בבתי גידול של חיות. בזמן הריון מערכת החיסון של האישה מתפקדת בחסר (יש ירידה בתפקוד מערכת החיסון הראשונית, התאית), ולכן יש למנוע ככל האפשר חשיפת עובדת הרה לגורמים ביולוגיים אשר עלולים לסכן את העובר.

תכנית הבטיחות הביולוגית

עקרונות תכנית בטיחות ביולוגית אינם שונים מתכנית בטיחות כללית, אך יש בה מאפיינים אופייניים, הנובעים מאופי הגורמים. התכנית המוצעת כוללת שמונה פרקים, שחלקם כוללים סעיפי משנה.

1. נהלים, תחיקה והנחיות.
2. הערכת סיכונים.
3. השתלמויות והדרכות.
4. חינוך ועיקור.
5. ציוד בטיחות.
6. מעבדות בטיחותיות.
7. תפעול ותחזוקה.
8. ביקורות, דיווח תקלות וחקירת תאונות.

נסקור את פרקי התכנית לפי סדרם:

נהלים, תחיקה והנחיות

פרק זה הוא אוסף של מסמכי בטיחות הרלוונטיים למטלות מקום העבודה. מסמכים אלה נכתבים על ידי עובדי הארגון, בשיתוף עם הממונה על הבטיחות, או נאספים ממקורות של ארגונים אחרים, תקנות רשמיות של מדינה, או ספרות מקצועית - באחריות מנהל המעבדה ובשיתוף עם ממונה הבטיחות הביולוגית. יש לרענן ולעדכן את המסמכים בהתאם למטלות המשתנות, ובאופן תקופתי גם אחת לשלוש שנים.

נוהלי בטיחות לכל פרוטוקול עבודה: במפעלים ובמעבדות קיימות, בדרך כלל, הוראות עבודה אופייניות לכל פרוטוקול, שלעתים מקבלות מבנה של SOP (Standard Operating Procedures). הוראות אלה צריכות להיות מלוות בנוהלי בטיחות המותאמים לתהליך המסוים. ההוראות יכולות להיות פרק בהוראות העבודה



חדר מקפיאים לשמירת זנים ותרביות



מיכלים לחפצים חדים משווקים בגדלים שונים. חשוב להתאים את הגודל לאתר ולהיקף השימוש



פסולת נוזלית ופסולת מוצקה נאספות בנפרד

ברורות המטילות אחריות על בעלי תפקידים לחקור ולדווח.

התאמת תנאי העבודה לגורם: פועל יוצא של הערכת הסיכונים הוא התאמת תנאי העבודה לגורם הביולוגי בו עוסקים. בבסיס השיטה להערכת סיכונים ביולוגיים, חלוקת המיקרואורגניזמים לארבע קבוצות על פי רמת הסיכון מחד, ומאידך - מוגדרות ארבע רמות בטיחות של מעבדות ביולוגיות. בכל רמה יש גמישות מסוימת הנקבעת על פי המטלות. לכן אחד התפקידים העיקריים של הממונים על הבטיחות בשיתוף עם ההנהלה הוא, להתאים את תנאי העבודה לגורם הביולוגי ולמטלות המצופות.

התאמת העובד למשימה: העובדים במעבדות ובמפעלים באים מרקע שונה, עם מיטען של ידע והבנה שונה, ובודאי עם מיטען גנטי שונה. התנהגות עובדים אינה אחידה, למרות שעברו הדרכות זהות והם אמורים לבצע מטלות זהות. נמצאו הבדלים בגישת הציות להנחיות בין עובדים שונים שהיו תלויים בגיל, במגדר, ובהתאם לאופי האישי של העובד. עובדים מסוימים מצטיינים במטלות חוזרות, אחרים במטלות פיתוח ומחקר. יש אנשים המתפקדים בצורה שונה מהרגיל כשיש צורך לעטות ציוד מגן אישי, אחרים לא מרגישים נוח במגע עם בעלי חיים או עם ציוד גדל מידות. מכאן, שאחת המטלות החשובות של הממונה על הבטיחות, בשיתוף עם מנהל המעבדה, היא לבחור את העובד המתאים לביצוע משימה. יש להתחשב במצבים בריאותיים אשר עלולים לפגוע

הגדרות של קבוצות סיכון

לפי תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית בעבודה עם גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות), התשס"א - 2001:

"**קבוצת סיכון 1**" - החשיפה לגורם ביולוגי מידבק היא בעלת סיכון מזערי או אפסי להידבקות בגורם ביולוגי מידבק;

"**קבוצת סיכון 2**" - החשיפה לגורם ביולוגי מידבק היא בעלת סיכון ניכר להידבקות בגורם ביולוגי מידבק;

"**קבוצת סיכון 3**" - החשיפה לגורם ביולוגי מידבק עלולה לגרום למחלות קשות, לנכות ולמוות;

"**קבוצת סיכון 4**" - החשיפה לגורם ביולוגי מידבק עלולה לגרום למחלות קשות, לנכות, למוות ולהתפרצות של מגיפות;

מצבי חירום יכולים לנבוע מאופי התהליך הביולוגי, לדוגמה: פריצת חומר או שפך, או ממצבים חיצוניים כגון רעידת אדמה, שיטפון, אש, ומפעילות חבלנית או מלחמתית. נוהלי החירום ידריכו את העובדים כיצד לטפל בתוצאות התקלות, האם ואיך לעצור את העבודה, לאבטח את החומרים המסוכנים ולהשאיר סביבת עבודה בלתי מזיקה. יש לכלול בנוהלי החירום הנחיות לתרגול תקופתי.



מכשיר לטלטול עם אטם ונעילה

הערכת סיכונים: הערכת הסיכונים היא הבסיס הרציונלי לכל נושאי הבטיחות. היא מספקת אמות מידה להערכת רמת הסיכון בכל תהליך, קובעת את צורכי המיגון האישי והשנוני, ובעיקר נותנת מכשיר השוואתי ברמת הסיכון בין מטלות שונות. ככל שהידע של עורך המסמך מעמיק יותר, כך תהיה ההערכה רציונלית יותר. המומחיות והניסיון של אנשי מקצוע, מבטלים את גישת המורא הבלתי רציונלי - הקיים לעתים בקרב עובדים או מנהלים - הנוטה להקצין באמצעי בטיחות במקום שהדבר אינו נדרש. עם זאת, הגישה מצביעה



צנטריפוגה בטיחותית עם מכסים אטומים לגביעים

על הנקודות הדורשות התייחסות בטיחותית מקצועית.

הכלים העומדים לרשות אנשי המקצוע, כלומר ממונה הבטיחות הביולוגית, שאולים מתעשיות ותיקות יותר, הכימיה והגרעין. כלים אלה מותאמים למטלות מחקר, פיתוח וייצור ביולוגי, ומשלבם את תכונות הגורמים הביולוגיים ותהליכי העבודה האופייניים למקצוע. נושא זה מורכב ודורש התייחסות פרטנית. כאן נזכיר רק כי נעשה שימוש בטבלאות המפרטות את שלבי התהליכים, תוך ניתוח מאפייני הכשל, תוצאותיו ושיטות להתמודדות עימו. כמו כן, משתמשים גם בכלי ניתוח הסתברותיים דוגמת אילן ליקויים ("עץ תקלות"), כדי לתת הערכה כמותית להסתברות התרחשות תקלות.

אין לשכוח שעדיין מדובר בהערכה. כמו בכל הערכה, יש סיכוי לטעות, יש אפשרות שלא כל המשתנים נבחנו, ותמיד קיים הגורם הבלתי צפוי.

השתלמויות והדרכות

האדם הוא הגורם העיקרי בגרימת תאונות והעברת מחלות במקומות העבודה. הסתברות לכשל אנושי גדולה בסדרי גודל יותר מזו של כל מכשיר או מערכת. לכן, ההשקעה בהדרכה ובאימון עובדים היא ההשקעה המשתלמת ביותר מכל



מיתקן פנימי אדים הנפלטים מאוטוקלב

מאזורים בטיחותיים, ליד מכשירים או מיתקנים בטיחותיים, על אביזרי בטיחות, במקום עטיית ציוד מגן אישי וכיו"ב. חשיבות הצגת התקצירים מתבטאת בעיקר כשיש לבצע מספר פעולות בסדר מסוים קבוע, החיוני לביצוע המטלה בצורה בטיחותית.

נוהלי חירום: פרק חשוב באוגדן נוהלי הבטיחות הוא התנהגות במצבי חירום.

הכלליות, או מסמך עצמאי. המסמך יכול להיות גנרי, כלומר להתייחס לשורה של פרוטוקולים דומים, או אופייני לתהליך מסוים.

נהלים ייחודיים למיתקנים ומכשירים: כשם שמחברים הוראות הפעלה למכשירים ולמיתקנים במעבדות ומפעלים, יש לכתוב גם נוהלי בטיחות להתנהלות במיתקנים אלה. סרכזות, מתססים, מיתקני סינון וכיו"ב, כולם יש היבטי בטיחות הדורשים התייחסות. מדובר בתפעול נכון ובטיחותי, ניקוי לפני הפעולה וחיתוי בסופה, רישום סדר פעולות, ביקורת על תקינות חלפים ועוד. גזירה שווה חלה גם על מיתקנים בטיחותיים כגון מינדפים או אוטוקלבים. הצורך במסמך בטיחות למיתקן או למכשיר, בולט במיוחד כאשר הוא משרת משתמשים רבים.

נהלים למעבדות על פי רמת הבטיחות: אחת הדרישות בנוהלי הבטיחות למעבדות ביולוגיות היא נוהל עבודה אופייני למעבדה בהתאם לרמת הבטיחות

שנקבעה. מסמכים אלה כוללים בדרך כלל ארבעה פרקים - נוהלי בטיחות כלליים, נהלים סגוליים, אמצעי מיגון אישיים ואמצעי מיגון שנוניים. ניתן לאמץ נוהל קיים גנרי ולהתאימו למטלות המעבדה או המפעל.

(הנהלים הכלליים לפי ארבע רמות הבטיחות למעבדות, מופיעים בספר "בטיחות במעבדות ביולוגיות" מאת ד"ר איתן ישראלי, בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות, ח-025).

שמירת התקנות הקיימות בנושא: תקנות הבטיחות למעבדות 2001, הן התקנות התקפות והמקיפות את היבטי הבטיחות למעבדות באשר הן (פרט למעבדות בבתי ספר). תקנות נוספות בישראל מתייחסות לצמחים מהונדסים, ותקנות בינלאומיות המשמשות כקווים מנחים לפעילות בטיחות נכונה, לדוגמה: נוהלי מכוני הבריאות הלאומיים בארה"ב והמרכז לבקרת מחלות ומניעתן, וכן נוהלי ארגון הבריאות העולמי. רצוי לרכז את התקנות והנהלים האלה ולשמרם בכפיפה אחת.

הצגת תקציר הנחיות הבטיחות לעובדים: למרות הדרכות תקופתיות ורענונים בנוהלי הבטיחות, מומלץ להציג תקצירים של הנחיות במקום בולט לעין בסביבת העבודה. מדובר בנוהלי כניסה ויציאה

לא תמיד משפרת את ביצועי החיטוי. לדוגמה: העלאת הריכוז של כהל אתילי ושל נתרן היפוכלורייט (אקונומיקה) אינה משפרת את תהליך החיטוי אלא להיפך, פוגמת בו או מאטה אותו. ההסבר לפרדוקס זה מושתת על מנגנוני הפעולה של חומרי חיטוי אלה.

שימוש בחומרים תואמים: תכנית החיטוי צריכה להתייחס מעשית לחיטוי ועיקור של כל הפעולות והחומרים הנדרשים לחיטוי במקום העבודה. היא צריכה לכלול הוראות הכוללות התוויות לשימוש בחומרי חיטוי תואמים למשימה וליעד החיטוי. חומרי חיטוי מסוימים הם קורוזיביים, ועלולים לפגום בחלקי מתכת, כולל פלדה בלתי מחלידה (פל"ב"ם). חומרים אחרים כגון כהלים הם דליקים ומסוכנים בשימוש ליד מקורות חום. מכאן שיש לנתח את הרכב חומרי היעד לחיטוי, ולהתאים את חומר החיטוי והתהליך אליהם.

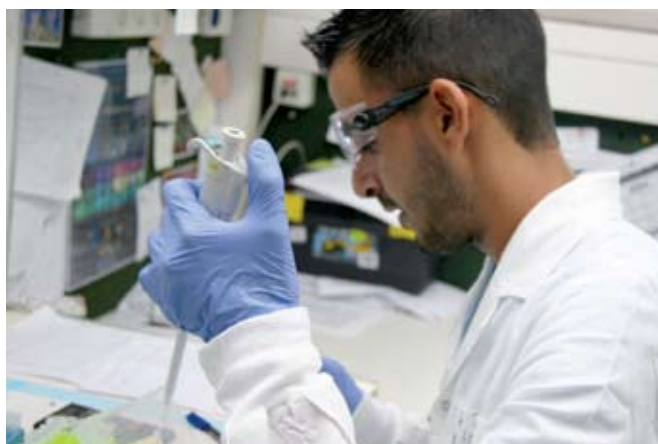
זהירות בחומרי חיטוי: רוב חומרי החיטוי הם חומרים מסוכנים לבריאות האדם ו/או לסביבה. יש לכלול בתכנית נוהלי בטיחות לעבודה בחומרים אלה. ניתן להשתמש בגיליון הבטיחות של החומר ולכלול בנהלים את ההוראות המתאימות. חשוב גם להתייחס לפינוי וסילוק חומרי החיטוי, שהם כימיקלים לכל דבר, אך עלולים להכיל שאריות של חומר ביולוגי. הכלל הוא לנטרל תחילה לחלוטין את החומר הביולוגי, ואחר כך לטפל בפסולת לפי אופייה - כימית, ציטוטוקסית או רדיואקטיבית.

אחסון נכון: לחומרי חיטוי יש הוראות אחסון שצריך להתייחס אליהן. חומרים מסוימים כגון מי חמצן, יש לאחסן בחושך. בדרך כלל ממליצים לאחסן חומרי חיטוי בטמפרטורה נמוכה, באשר חום מזרז את פירוק החומרים ואף הופך אותם לבלתי יציבים. כמו כן, יש להתחשב בקבוצת הסיווג של חומר החיטוי, באשר יש חומרי חיטוי בסיסיים, דליקים, רעילים וכיו"ב, ולנקוט בתנאי אחסון תקינים לכימיקלים.

פגות תוקף: גם בתנאי אחסון נכונים, חומרי החיטוי מאבדים מעילותם עקב תהליכים כימיים תלויי זמן. משום כך, יש להקפיד על תוקף החומרים על פי הוראות היצרן. בהתאם לכללי הבטחת איכות, ניתן להאריך תוקף של חומרי חיטוי, אם קיימת מערכת בקרה ובדיקה מתאימה. ■ המשך המאמר בגיליון הבא.



מיכל לאיסוף שברי זכוכית



עבודה בטוחה במעבדה חלוק, כפפות, משקפי מגן, ושיאבת נזלים באמצעות אפנדורף



אין לעשן, לאכול ולשתות במעבדות

התמונות באדיבות מכון ויצמן למדע. תודה לד"ר דליה זיגר, ממונה על בטיחות ביולוגית, על שיתוף הפעולה

שנובע מטמפרטורה גבוהה, חיטוי כימי, או באמצעות קרינה). כמו כן בריכוז החומרים, משך זמן המגע ותנאי הסביבה. בתנאי סביבה קבועים, יעילות החיטוי היא, בדרך כלל, פועל יוצא של מכפלת ריכוז החומר וזמן המגע. כלל זה אינו מתאים בכל המקרים, מאחר ומשתנים נוספים משפיעים על יעילות החיטוי. הגדלת ריכוז חומר החיטוי

השקעה אחרת. תקנות הבטיחות למעבדות דורשות ביצוע הדרכות בטיחות אחת לשנה לפחות. בדרך כלל, מקומות העבודה מסתפקים בתדירות זו, ולעתים אף פחות מכך. צריך לזכור שהבטיחות אינה בראש מעייניו של העובד בשגרת היומיום, ולכן רצוי לערוך הדרכות בתדירות גבוהה יותר ובשיטות שונות. הדרכת עובדים היא מבצע לא פשוט: יש לנתק את העובד משגרת העבודה, יש לדאוג למקום ראוי ונוח, יש להזמין מדריכים מיומנים, יש לחלק לעובדים חומר כתוב להתייחסות, יש לבקש משוב מן העובדים, יש לתעד את ההדרכה ורצוי מאד לדאוג לכיבוד למשתתפים. משום כך, ראוי שההדרכה תהיה מושקעת כדי להפיק ממנה את המרב.

חיטוי ועיקור

פרק החיטוי והעיקור הוא ייחודי לתכנית בטיחות ביולוגית. נושא זה אמור להתייחס לכל ההיבטים של חיסול זיהומים בלתי רצויים במקומות העבודה, בצד סיום ניסויים מתוכננים והגנה על הסביבה בפני זליגת חומר ביולוגי מזיק.

הכרה ואימוץ שיטות חיטוי: קיים מיגוון רחב של שיטות חיטוי ועיקור, ותכנית הבטיחות הביולוגית אמורה להכיר את כולן ולאמץ את המתאימות לצרכי העבודה. התכנית תצביע על השיטות המתאימות לחיטוי מישטחים, מכשירים, פסולת, חללי אוויר וכיו"ב. לכל מטלה של חיטוי עשויה להתאים שיטת חיטוי שונה, ולשם כך חשוב להכיר את כל השיטות וחומרי החיטוי.

הבנת מנגנוני הפעולה: כדי לבחור בצורה מושכלת בשיטות ובחומרי החיטוי המתאימים למטלה, חשוב להבין את מנגנוני הפעולה של החומרים. ישנם חומרים בעלי טווח רחב של פעולה ומנגנון מבוסס חימצון, דוגמת מי חמצן או הלוגנים, ולעומתם חומרים ממיסי שומנים הפעילים על קרומיות התאים השומניות, דוגמת כהלים. חומרי חיטוי אחרים פעילים על חלבונים ומבצעים פעולת אלקילציה דוגמת פורמלדהיד.

שימוש בריכוזים מתאימים: פעולת החיטוי היא תגובה כימית בין חומרי החיטוי למרכיבי התאים - חלבונים, שומנים וחומצות גרעין. פעולת החיטוי תלויה בסוג ואופי החומר המחטא (האם זה חיטוי