

20 ינואר, 2019  
י"ד שבט תשע"ט  
אירוע בטיחותי ותחקור.docx

לכבוד  
משנה מנהלי פקולטות:  
רפואה, מדעי החיים, מדעים מדוייקים הנדסה

שלום רב,

בעקבות אירוע בטיחותי ותחקור, הוחלט להפיץ את פרטי האירוע והדרכים למניעתו בעתיד.

### תיאור האיור:

סטודנטית לתואר שני עסקה בהכנת גיל להרצה אלקטרופורטית של DNA, מאבקת אגרוז ובופר TAE : (200 מ"ל גיל 1% בארלנמייר בנפח 500 מ"ל).

תהליך ההמסה בוצע במיקרוגל.

הסטודנטית הפעילה את המיקרוגל, ראשית למשך זמן של 1 דקה (ערבבה קלות ולאחר מכן לפרק זמן של דקה נוספת). בתום פרק הזמן, לאחר פתיחת המיקרוגל, בעת שניתנה הטיה קלה לכלי, התפרץ תוכנו בעוצמה, עד למרחק של כ- 3 מטרים, תוך שנוזל רותח פוגע בפניה (בסמוך לעין).

### ניתוח האירוע:

במעבדה בה עובדת הסטודנטית, מתבצעת ההמסה (במיקרוגל) בכלי פתוח (שאינו מכוסה). במקרה כזה, יש לחמם למשך של 20 שניות, לערבב את התמיסה ולהכניס שוב לחימום של 20 שניות וכו' עד לקבלת המסה מלאה. הסטודנטית חיממה את התמיסה למשך פרק זמן ארוך, לקבלת תמיסה במצב חימום ביתר, מה שגרם להתפרצות תוכן הכלי בתזוזה הקלה ביותר.

### נהלי עבודה/המסת אגר במיקרוגל:

- יש לבדוק את שלמותו של הכלי המיועד בטרם הכנסתו למיקרוגל. אין להשתמש בכלי שנתגלו בו סדקים או שברים (אפילו קטנים).
- אין לאטום את הכלי. במידה והפתח כוסה על ידי ניילון נצמד (כמה שכבות של...) (או כל אמצעי דומה) יש לוודא כי הניילון חורר, כדי לאפשר שחרור לחצים.
- כאשר ההמסה מתבצעת בכלי פתוח (ללא כיסוי) יש לחמם לפרקים של 20 שניות, לערבב את התמיסה ולהכניס שוב לחימום של 20 שניות וכו', עד השגת המסה מלאה.

20 ינואר, 2019  
י"ד שבט תשע"ט  
אירוע בטיחותי ותחקור.docx

4. ניתן להמיס את תמיסת האגרוז בכלי פיירקס עם מכסה הסגור בחצי סיבוב.



5. אין לחמם את התמיסה לפרק זמן ארוך. מומלץ לחמם למשך 30 שניות, לעצור, לערבב ובמידת הצורך לחמם שוב לפרק זמן קצר וכ"ו.

6. כאמצעי בטיחות, רצוי להמתין מעט בטרם פותחים את דלת המיקרוגל.

7. בטרם פתיחת דלת המיקרוגל, יש להצטייד בצידוד מגן: חלוק עם שרוולים ארוכים, כפפות המגינות מפני חום, נעליים סגורות והכי חשוב לפי דעתי...מגן פנים שלם. כאמצעי נוסף, ניתן להשתמש Cover sleeves השומרים על האזור שבין הכפפות והחלוק (הם עשויים מחומר אטום).



### חימום ביתר:

חימום ביתר מתרחש, כאשר נוזל מחומם מעל טמפי' הרתיחה שלו, מבלי שירתח. מצב זה אינו יציב וכל הפרעה ולו הקלה ביותר, תביא לרתיחה מהירה של המים שתתבטא בפיצוץ אלים ומסוכן.

בטמפרטורת הרתיחה של נוזל, לחץ האדים של החומר הנוזלי משתווה ללחץ האטמוספרי שמופעל מעליו ובכך הופך החומר מנוזל לגז. במצב של חימום ביתר (Superheating) לא רואים בועות המעידות על רתיחה, למרות שלחץ אדי הנוזל גבוה מהלחץ האטמוספרי וזה בגלל כוח נוסף הנכנס לתמונה והוא מתח פני הנוזל. מתח פנים זה, "מדכא" את יצירת הבועות וכדי שבועות תתפשטנה בנוזל, צריך להעלות את הטמפרטורה, קצת יותר מעל טמפרטורת הרתיחה: כדי לייצר מספיק לחץ אדים שיתגברו על הלחץ האטמוספרי ומתח הפנים.

20 ינואר, 2019  
י"ד שבט תשע"ט  
אירוע בטיחותי ותחקור.docx

הבועות הגדולות שנוצרות בכלי הבישול הרגילים (סירי מתכת למשל), מצליחות להתגבר על שני הכוחות הנ"ל. כדי שבועות קטנות יצליחו להתגבר על שני הכוחות יש להוסיף להם עוד קצת אנרגיה.

כלי הבישול הרגילים, הם בעלי חוסר שלימות מבנית (מכילים מיקרו שריטות וכו'), הלוכדים כיסי אוויר, המספקים את הבועות הראשוניות המשמשות "כמרכז גירעון" ליצירת בועות נוספות, מה שאינו קורה במכלים בעלי פני שטח חלקים (כמו כלי זכוכית או כלים מצופים (בגלזורה)).

**לידיעה:** 1 ליטר מים המחוממים ביתר, אפילו ב  $1^{\circ}\text{C}$  (כלומר  $101^{\circ}\text{C}$ ), אינם יציבים ולא מתקבלת בהם כל רתיחה. כל הפרעה, כמו הזזת מכל המים או הכנסת גורם כל שהוא לנוזל, יגרמו להתחלת רתיחה וקירור מיידי של המים (ל 100 מעלות). כמות החום המשתחררת, הופכת מים לאדים. מ- 1 ליטר של מים מתקררים.... 1.9 מיליליטר של מים הופכים לאדים. 1.9 המיליליטרים הנ"ל הופכים לאדים בנפח של 3 ליטרים. 3 הליטרים של אדים נוצרים בתוך המים די מהר, כך שהמים (הרותחים) מותזים בעוצמה חזקה מתוך הכלי. אחת הדרכים להימנע מחימום ביתר בנוזלים המחוממים במיקרוגל היא להכניס מקלון עץ למיכל המים או לשרוט מעט את המיכל.

**נא להפיץ לכל החוקרים ואנשי הסף.**

בברכה,

ד"ר אסתר מייקל  
ממונת בטיחות ביולוגית  
[estermic@tauex.tau.ac.il](mailto:estermic@tauex.tau.ac.il)

העתק:

מר רחמים הדר, מנהל יחידת הבטיחות