



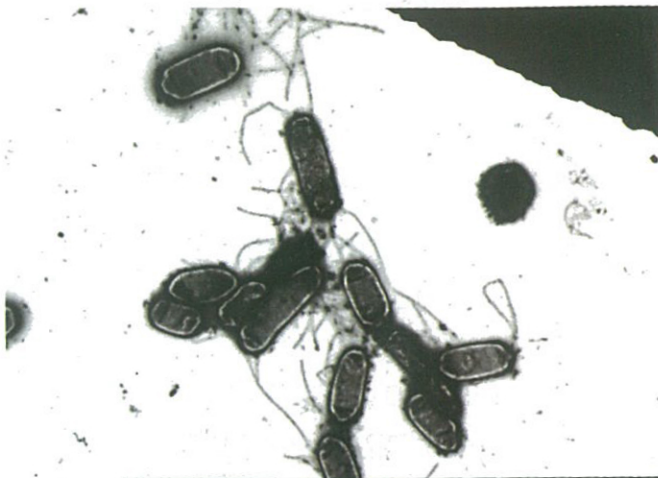
סלמונלה ומזון יבש

נמצא כי חיידקי סלמונלה יבשים שרדו לפחות שנתיים במקרר ללא פגיעה משמעותית בחיותם

פרופ' שלמה סלע (סלדינגר)*, מינהל המחקר החקלאי

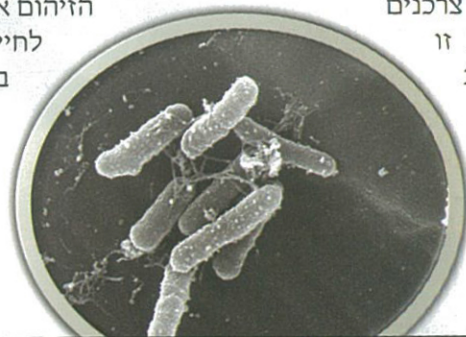
הדורשים את התערבות רשויות הבריאות ואילו בישראל, עד לאחרונה, היו מקרים בודדים בלבד. סלמונלה הוא שם של סוג חיידקים ממשפחת חיידקי המעיים

סערת הסלמונלה בדגני בוקר, בטחינה ובעוד מזונות יבשים העלתה לאחרונה לכותרות את נושא בטיחות המזון בישראל. בארה"ב ובאירופה מתגלים מידי שנה מספר זיהומים של מזון



תמונה במיקרוסקופ אלקטרוני חודר של חיידקי סלמונלה. צילום: ד"ר נ. גרוזוב

כמאכסן נוסף של החיידק. איך מזדהמת התוצרת החקלאית בחיידק? במקרים רבים מדובר בזיהום התוצרת בשדה כאשר השדה מושקה במים באיכות נמוכה המכילים את החיידק. גם שימוש בדשן אורגני (פרש לולים) אשר עבר טיפול תרמי חלקי עלול להעביר את החיידק לקרקע ובהמשך לצמח. בעלי חיים וציפורי בר הנושאים את החיידק עלולים אף הם לגרום לזיהום. הזיהום יכול להתרחש גם לאחר הקטיף, בזמן העיבוד או האחסון. למשל, אחסון בתנאי היגיינה נמוכים, למשל כאלה המאפשרים מגע של חומר הגלם עם פרש של ציפורי בר, או של מכרסמים הנושאים את החיידק עלול אף הוא לזהם את החומר ולהכניס את הזיהום אל תוך המפעל. לחיידקי הסלמונלה בדומה לחיידקים רבים אחרים יכולת ליצור רובד ביולוגי (ביופילם) על פני הצמח וכן על פני משטחים שונים, כגון קווי ייצור במפעלי מזון. החיידקים ברובד הביולוגי מפתחים עמידות מוגברת בפני עקות העלולות לפגוע בחיידק, בין השאר, טמפרטורה גבוהה וחומרי חיטוי. כתוצאה מכך, חיידקי הסלמונלה רוכשים יכולת התבססות על פני משטחים ושורדים טוב יותר תהליכי ניקוי וחיטוי.



תמונה במיקרוסקופ אלקטרוני סורק של חיידקי סלמונלה בתהליך התפתחות של ביופילם על פני עלה של צמח. צילום: אלכסנדרה צירקין

מקור נוסף לזיהום בחיידק, לאורך כל שרשרת הייצור הוא הגורם האנושי. עובדים בשדה ועובדי מפעלי מזון חולים או נשאים, יפרישו את החיידק בצואה ובתנאי היגיינה נמוכים עלולים לזהם ישירות את המוצרים או את קווי הייצור. איתם הם באים במגע. מוצרים בעלי תכולת מים נמוכה עוברים בדרך כלל בתהליך

הכולל למעלה מאלפיים וחמש מאות זנים (סרוטיפים) אשר כמה עשרות מהם מעורבים בגרימת מחלה באדם.

זנים בודדים כגון האנטריטידיס (Enteritidis), גורמים למחלה פולשנית באדם (מחלת הטיפוס), אולם מרבית הזנים אינם פולשניים וגורמים בדרך כלל לדלקת בדרכי העיכול הקרויה סלמונלוזיס.

הדבקה בחיידקי סלמונלה מתרחשת בעיקר דרך המזון (Foodborne). סלמונלה הוא הגורם החיידקי הנפוץ ביותר בעולם הגורם לתחלואה בדרכי העיכול, הן בארצות מתפתחות והן בארצות מפותחות.

ייהומי סלמונלה קשורים בדרך כלל לצריכה של מזון מהחי, כגון בשר, חלב וביצים שכן החיידק עלול להימצא במערכת העיכול של בעלי חיים, בעיקר בעופות, ללא גרימת מחלה.

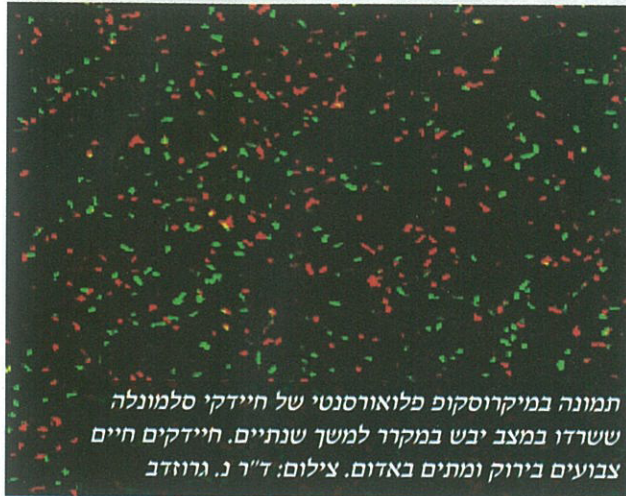
הימצאות של סלמונלה במזון יבש, כגון דגני בוקר, או במזון בעל תכולת מים נמוכה, כגון טחינה, חמאת בוטנים וחלבה, הינה נדירה יותר, אולם מסוכנת לציבור הצרכנים כיון שמזון זה אינו עובר כל טיפול תרמי לפני האכילה, בניגוד למשל למוצרי בשר, בהם הבישול או הצלייה, יקטלו חיידקים העלולים להימצא על המוצר.

בעבר היה מקובל להניח כי מזון בעל תכולת מים נמוכה אינו מועד לזיהומים בסלמונלה שכן החיידק אינו יכול להתרבות בתנאים של חוסר מים. אולם, בשני העשורים האחרונים אנו שומעים יותר ויותר בעולם המערבי על התפרצויות של סלמונלה כתוצאה מצריכה של מזון בעל תכולת מים נמוכה, כגון חמאת בוטנים מזוהמת, טחינה, שוקולד, אבקות חלב ועוד. למשל, באירוע שהתרחש בסוף 2008 תחילת 2009 בארה"ב, חמאת בוטנים מזוהמת בסלמונלה, אשר שמשה כחומר גלם

לאלפי מוצרי מזון, גרמה למחלה ב-714 צרכנים ב-46 מדינות ולפחות 9 מתו. התפרצות זו גרמה להחזרת מוצרים מהגדולות בארה"ב גרמה לפשיטת רגל של החברה, אשר מנהלה נתבע והואשם בפלילים על נגיעה בידועין בבריאות הציבור. מהיכן מגיעים חיידקי הסלמונלה למזון שלנו?

חיידק מגיע למפעל המזון בדרך כלל דרך חומרי גלם מזוהמים. מדובר בחיידק עמיד יחסית אשר מקום גידול הטבעי שלו הוא מערכת העיכול של בעלי חיים, כגון עופות וחולים וכן באדם. החיידק מסוגל עבור ישירות בין המאכסנים השונים

בין לשרוד תקופות ארוכות (חודשים) בסביבה החקלאית בין מאכסן אחד למשנהו. בשנים האחרונות, הראו קבוצות מחקר יוונות, כולל קבוצתנו, שהחיידק סיגל לעצמו יכולת להדביק לשרוד על פני ואף בתוך ירקות והוצע שהצמח יכול לשמש



תמונה במיקרוסקופ פלואורסנטי של חיידקי סלמונלה ששרדו במצב יבש במקרר למשך שנתיים. חיידקים חיים צבועים בירוק ומתים באדום. צילום: ד"ר נ. גרוזדב

המוצר הסופי הנקי לפני אריזתו, אם הוא היה במגע עם חומר גלם מזוהם, או עם עובד הנושא את החיידק במערכת העיכול. תהליך זה קרוי 'זיהום צולב' ועל מפעל המזון לנקוט בצעדים הן בשלב תכנון המפעל והן בשלבי הייצור על מנת למנוע מקרים שכאלה.

איך מבטיחים מזון איכותי נקי מזיהומים? זיהוי מקור הזיהום ושמירה על בטיחות מוצרי המזון במפעל מושתתת על עמידה בתנאי עבודה נאותים (GMP) וכן על אנליזה של נקודות קריטיות בשרשרת ייצור המזון במפעל (HACCP). בגישה האחרונה, נדגם המזון בשלבים קריטיים שונים, של שרשרת הייצור, כולל השלב הסופי לפני יציאת המזון המוכן מהמפעל והדגימות נשלחות למעבדת מזון לבדיקת חיידקים גורמי מחלה. זיהוי החיידק באחד או יותר משלבי שרשרת הייצור יכול להעיד על מקור החיידק ולהוביל לנקיטת אמצעי מניע למיגור הבעיה. הגעה של הזיהום למוצר הסופי מעידה על כישלון של מערכת ה-HACCP ודורשת בחינה מחדש ועדכון הנקודות הקריטיות לבדיקה. כמו במקרים רבים, גם כאן מניעת הגעת הזיהום למפעל היא השלב החשוב ביותר למניעת זיהומי מזון ועל כן הקטנת הסיכוי של זיהום התוצרת החקלאית בשדה, בחינת איכות חומרי הגלם בכניסה למפעל, בדיקת קווי ייצור, מחסנים, ועובדים, כולם חיוניים להבטחה של ייצור מזון איכותי ובטוח לצרכן.

* פרופ' שלמה סלע (סלדינגר) הוא ראש המחלקה לחקר איכות מזון ובטיחותו, המכון לחקר אחסון ואיכות תוצרת חקלאית ומזון במינהל המחקר החקלאי ומרצה בקורס 'ביופילמים בתעשיית המזון' בחוג לביוכימיה ולמדעי המזון בפקולטה לחקלאות, האוניברסיטה העברית, רחובות.

הייצור, טיפול תרמי אשר בין השאר משמיד חיידקים. כך למשל, זרעי שומשום המשמשים להכנת טחינה, עוברים קלייה אשר אמורה להשמיד את החיידק. הייתכן כי חיידקי הסלמונלה ישרדו על מוצרי מזון גם לאחר שעברו טיפול בחום?

נושא עמידות של חיידקי סלמונלה ליובש בסביבה החקלאית ובמפעלי מזון הוא אחד הנושאים המרכזיים במעבדת המחקר שלנו במחלקה לאיכות מזון ובטיחותו במינהל המחקר החקלאי (מרכז וולקני). הבנת ההישרדות של חיידקי הסלמונלה בסביבה יבשה וההשפעה של הקטנת תכולת המים בחיידק על עמידותו לטיפול חום היו חלק ממטרות עבודת הדוקטורט של תלמידת המחקר (כיום ד"ר) נדיה גרוזדב. בשלב ראשון, נמצא כי קיימים הבדלים משמעותיים ביכולת ההישרדות של זנים שונים בתנאי יובש, אשר היו תלויים, בין השאר, בסוג המדיום בו נערך הייבוש. נמצא כי חיידקי סלמונלה יבשים שרדו לפחות שנתיים במקרר ללא פגיעה משמעותית בחיותם. כמו כן, נמצא כי יכולת ההישרדות של החיידק, בתנאי יובש, הייתה תלויה בסנתזה של חלבונים חדשים המאפשרים לו לעבור התאמה פיסיולוגית לסביבה דלת מים.

בחיידקים התפתחה מערכת בקרה גנטית מורכבת המאפשרת להם לחוש בשינוי תנאי הסביבה ולהתאים את עצמם לסביבה החדשה. בעבודה עוקבת שבוצעה במעבדתנו, נבחנו ההשערה שחשיפת חיידקי הסלמונלה לעקת יובש תגרום להם לפתח עמידות גם לעקת אחרות. אכן, חיידקי סלמונלה יבשים היו עמידים יותר מחיידקים בתמיסה מימית לחומרי חיטוי שונים וכן לקרינת UV. ממצא מפתיע עוד יותר, שדווח על ידינו לראשונה, היה שהחיידקים לאחר תהליך הייבוש שרדו טיפולי חום של 100 מעלות צלסיוס למשך 30 דקות. לממצא זה יש כמובן השלכות מעשיות לתעשיית המזון.

על מנת להבין את המנגנונים המולקולריים המקנים לחיידקים יבשים תכונות עמידות נערך ניסוי בו נבחנו מידת הביטוי של כל הגנים בחיידק לפני ולאחר ייבוש במטרה לזהות גנים המעוקבים בתהליך. נמצאו למעלה מתשעים גנים שביטויים עלה ושבעה גנים שביטויים ירד בחיידקים היבשים. הגנים שעלו כוללים גנים ידועים אשר אחראים על תגובת החיידק לעקת סביבתיות שונות. מעורבות חלק מגנים אלה בעמידות המוגברת של החיידק לעקת יובש אושרה גם באנליזה גנטית ע"י בחינה של מוטנטים.

מעבדתנו מתמקדת, כיום, במחקר של מספר גנים ותוצריהם המשפיעים באופן ברור על עמידות חיידק הסלמונלה ליובש במטרה לפתח גישות חדשות להבטחת קטילה של חיידקי סלמונלה, לאורך שרשרת הייצור, הן בשדה והן בתהליכי הייצור במפעל המזון.

חשוב לזכור, כי זיהום מוצר המזון יכול להתבצע גם על