

טהרו של רקיע

"והיה לכם לציצית"

קונטרס בענייני התכלת

גליון השנה העשרים
מהדורה מיוחדת



שמחים אנו להגיש לציבור הרחב לקט מאמרים מפרי עטם של רבנים וחוקרים, שנרתמו לכתוב בנושאים שונים הקשורים למצוות התכלת שבציצית.

ההתעניינות במצווה גדולה זו, למרות השכחה רבת השנים, הולכת וגוברת בדורנו. הדיון הציבורי בנושא זה הולך וצובר תאוצה, מאמרים רבים מתפרסמים מעל דפי העלונים השונים ובתוך כתבי העת התורניים, וספרים שלמים המוקדשים לעניין התכלת יוצאים לאור. תלמידי חכמים מחוגים שונים פונים ללימוד הנושא, מי בהכרות כללית ומי בלימוד מעמיק יותר.

אגודת פתיל תכלת שמה לה למטרה להוציא את המצווה החשובה הזאת מתוך תהום הנשייה ולנער מעליה את אבק הדורות, ואנו תקווה שחברת קטנה זו תתרום לכך תרומה כלשהי.



לתגובות והערות:

"פתיל תכלת"

האגודה לקידום ולהפצת התכלת (ע"ר)
ת.ד. 297, כפר אדומים 9061800
טל: 05-5900577
פקס: 02-9933420
info@tekhelet.co.il

מחולק
חינם

יו"ל בס"ד לקראת פרשת שלח תשפ"ו
ע"י אגודת "פתיל תכלת"

מחולק חינם

טהרו של רקיע

“והיה לכם לציצית”

קונטרס בענייני התכלת

שנה עשרים

יו"ל בס"ד לקראת פרשת שלח תשפ"ו

ע"י אגודת "פתיל תכלת"



פתיל תכלת ע"ר

info@tekhelet.com

ת.ד. 50257 ירושלים 9150102

טל' 02-5900577 ; פקס 02-9933420

עריכה וסדר: אייל פישלר

ירושלים, תשפ"ו

קוראים נכבדים !

הרוצים להשתתף בגליון הבא ולשלוח מאמרים ובירורים בענייני התכלת או תגובות למאמרים שנדפסו בגליון זה, מתבקשים לשלוח תדפיס למערכת "והיה לכם לציצית" ת.ד. 50257 ירושלים 9150102, או: info@tekhelet.com, עד ר"ח אייר תשפ"ז. המערכת תבחר בין המאמרים ותדאג לעריכתם. במידת הצורך נוכל להשתתף בהוצאות.

עם הגליון העשרים

זכות גדולה נפלה בחלקנו להוציא לאור עולם את הגליון העשרים של קונטרס "והיה לכם לציצית", המופץ מדי שנה בשנה לקראת שבת קודש פרשת שלח.

הנה כי כן, זה כשני עשורים אשר עניינה של מצוות התכלת, על כלל היבטיה וצדדיה, מואר ומונגש בטוב טעם ודעת בפני ציבור עמלי התורה. ללא ספק, קונטרסים אלו היוו אחד הגורמים המרכזיים לכך שמצווה יקרה זו, אשר הייתה מונחת שנים רבות עזובה ושכוחה בקרן זווית, שבה למקומה הראוי, נתקרבה אל לבם ודעתם של רבים, ואף הפכה לסוגיה חמה ובווערת שמפלפלים בה תדיר בין כותלי בתי המדרש.

אמנם, השיח והשיג המתרחב בעניין התכלת, הביא עמו אל תוככי בית המדרש גם ידיעות מתחומים שונים, הכרוכים בהכרח בבירור סוגיית זיהוי התכלת והחילזון. אלא שדא עקא, כיוון שידיעות אלו אינן נהירות די צורכן לכלל הלומדים, מופצים לעיתים חצאי אמיתות ושברי מידע, המעוררים אצל מקצת מן הציבור תהיות וקושיות. על כן ראינו לנכון הפעם לשנות ממתכונתו הקבועה של הקונטרס – אשר שימש עד כה אכסניה למאמרים תורניים וחידושי סוגיות בלבד – ולתת במה להבאת דבריהם של מומחים אשר ידם רב להם בתחומים מדעיים והיסטוריים הנחוצים להבנת הנושא לאשורו, בבחינת "רקחות וטבחות" לתורה הקדושה.



תוכן העניינים

עיון ומחקר

- מקור התכלת, צבעה ודרכי צביעתה: בחינה ביקורתית של שיטת הכחול-סגול.....ט
הרב פרופ' ארי זיבוטפסקי
המרכז הרב תחומי לחקר המוח, אוניברסיטת בר-אילן

- בדיקת התכלת וחידושים נוספים בצביעה טבעית של ארגמן ותכלת.....לג
פרופ' זהר עמר
המחלקה ללימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת בר אילן,
המרכז לתולדות הטבע במורשת ישראל

סקירה היסטורית

- סדר הדורות על הפורפורה (התכלת והארגמן) —
הצביעה בתכלת וארגמן, היעלמותה וחידושה.....פה
הרב אברהם ישעיהו רפמן
כולל נחלת משה (נחלת רפאל), בני ברק

*

*

*

*

עיון ומחקר

*

*

*

הרב פרופ' ארי זיבוטפסקי*
המרכז הרב תחומי לחקר המוח, אוניברסיטת בר-אילן

מקור התכלת, צבעה ודרכי צביעתה: בחינה ביקורתית של שיטת הכחול-סגול

א. מבוא

במשך יותר מ-1,000 שנים, התכלת הייתה נושא תיאורטי שנידון על ידי דורות של תלמידי חכמים, שאמנם לא זכו להטיל אותה בכנפי בגדיהם, אך השתוקקו ליום שבו יוכלו לעשות זאת. ואז, לפני כ-150 שנים, קם פורץ הדרך – החסיד, הגאון, איש האשכולות, האוטודידקט – האדמו"ר רבי גרשון חנוך הניך ליינר מראדזין (נפטר 1890), והחל בחיפוש המעשי אחר התכלת כדי להחזיר את המצוה הקדומה לתחייה. השערתו כי החלזון הוא הדג המכונה "דיונון" (*Sepia* *alisofficin*), הייתה רצופה בקשיים רבים. ובכל זאת, זה היה צעד ענק לקראת השבת המצוה.

אחריו בא הרב הראשי הגאון הרב יצחק אייזיק הלוי הרצוג (נפטר 1959), שהמשיך במסע החיפושים אחר התכלת ההלכתית. ומלבד בחינת מקורות בחז"ל, בעבודת הדוקטור שכתב עבור אוניברסיטת לונדון בחן וחקר מקורות רבים: ארכיאולוגיים, כימיים, היסטוריים ופילולוגיים. אולם הרב הרצוג לא סמך למעשה על מחקרו, ואף חיפש חלופות נוספות – בעיקר משום שלא עלה בידו להפיק מהחלזון הימי צביעה יציבה בגוון כחול שמייים כגוון האינדיגו הצמחי העשוי מצמח מהסוג ניל (*Indigofera*), וכפי שהסיק מפשט לשון חז"ל שהתכלת דומה לצבע הרקיע בטהרתו. הגוון שהתקבל מניסיונותיו היה נוטה לסגול. בשנות ה-80 של המאה הקודמת גילה פרופ' אוטו אלסנר שיטה שבאמצעותה ניתן לצבוע צמר כחול באמצעות ארגמון קהה-קוצים (*Murex trunculus*),

* מאמר זה הוא עיבוד והרחבה של מאמר באותו שם שפרסם המחבר בתחומין מד (תשפ"ד), עמ' 473-481, כמאמר תגובה למאמרו של פרופ' צבי קורן שפורסם שם, עמ' 455-472. תודת המחבר לרב אליהו גליל על הסיוע בעברית.

וזאת על ידי תהליך פוטו-דיברומינציה (פירוק אטומי הברום מהאינדיגוטין באמצעות חשיפה לאור השמש) המביא לכך שחלק משמעותי משאר מולקולות הצבע מומרות לאינדיגו.¹ תגלית זו היא שסללה את הדרך לתחיית מצוות תכלת בדורנו.²

התברכנו בכך שאנו עומדים על כתפיהם של ענקים אלו ואחרים, שהעמיקו אז ומעמיקים היום בחקר התכלת. דומה כי שיטה זו הולכת ומתקבלת בקרב תלמידי החכמים, ורבים זוכים להחזיר עטרה ליושנה ולהטיל תכלת בציצית בבגדיהם. בתוך הקונצנזוס הרחב, הכולל חילוקי דעות קלים, קיימת גישה חלופית המטילה ספק במיזם כולו. גישה זו³ קוראת תיגר על חלק ניכר מהידע המקובל כיום לגבי מקור התכלת, צבע הצמר הצבוע בתכלת, ותהליך הצביעה עצמו. מאמר זה יעסוק בחלק מטענות שיטה זו בנוגע למקור התכלת ותהליך הצביעה.

ב. רקע

על מנת לחדש את מצוות התכלת, נדרשו הרבנים והחוקרים לברר שלושה נושאים עיקריים הקשורים זה בזה: א. מקור התכלת; ב. צבעו של הצמר שנצבע בתכלת; ג. תהליך הצביעה.

לגבי מקור הצבע, אומרת התוספתא: "תכלת אין כשרה אלא מן החלזון; הביא שלא מן החלזון – פסולה" (תוספתא מנחות ט, טז).

¹ E. Spanier & O. Elsner, The Dyeing with Murex Extracts: an Unusual Dyeing Method of Wool to the Biblical Sky Blue, *Proceedings of the 7th International Wool Textile Research Conference*, Tokyo 1985, Vol. V.

² ראו: ברוך סטרמן וג'ודי טאובס-סטרמן, לטעום מהשמים – מדוע חיפשו היהודים את צבע התכלת, תרגום צור ארליך, ידיעות ספרים 2014 (ובאנגלית: B. Sterman & J. Taubes, *The Rarest Blue*, Lyons Press: United States 2012).

³ התומך העיקרי של תיאוריה זו הוא פרופ' צבי קורן במאמרו: "גון התכלת ודרך צביעתה לאור גילויים מדעיים חדשים", תחומין מד (תשפ"ד), עמ' 455-472; Zvi C. Koren, Tekhelet: Setting the Ancient Record Straight, *Tradition*, Winter 2022 (54.1), pp. 46-72 (גילוי נאות: פרופ' קורן לימד את מחבר המאמר קורס מבוא לכימיה בשנת לימודיו הראשונה באוניברסיטה). ראו גם: הרב אפרים אריאל בוקוולד, "תכלת או קלא אילן", מוריה, שנה שלושית ותשע גליון ו-ט (תסג-תסה), אדר שני תשפ"ד, עמ' 447-464.

בעשורים האחרונים נמצאו ונחקרו עשרות אתרים עם שרידים ארכיאולוגיים של מתקני צביעה ובהם תילים של מיליוני קונכיות חלזונות ימיים ממשפחת הארגמוניים (*Murex*); באתרים אלו יש עדויות רבות ובתלי ניתנות לערעור כי מתקנים אלו שימשו להפקת צבעים כחולים וסגולים – ובמילים אחרות, חלזונות ימיים אלו היו המקור לתכלת ולארגמן⁴ העתיקים.⁵

לכירור צבעו של הצמר שנצבע בתכלת מסייעת הגמרא הקובעת: "אמר רבא: למה לי דכתב רחמנא יציאת מצרים... גבי ציצית...? אמר הקב"ה: אני הוא שהבחנתי במצרים בין טפה של בכור לטפה שאינה של בכור, אני הוא שעתידי ליפרע ממי... שתולה קלא אילן בבגדו ואומר תכלת הוא" (בבא מציעא סא, ב).⁶ הגמרא מזהירה מפני תכלת מזויפת העשויה מקלא אילן, שעל פי רוב הפרשנים מזוהה כצבע אינדיגו העשוי מצמח מהמין ניל (*Indigofera*).⁷ כיום, הודות לכימיה המודרנית, ידוע מהו המבנה הכימי של קלא אילן; למרבה הפלא, המולקולה מחוללת הצבע היא אינדיגוטין כחול, שהיא גם הרכיב העיקרי בפיגמנט הצביעה המופק מהחלזון הימי ארגמון קהה-קוצים (*Murex trunculus*). פיגמנט הצביעה המופק מן החלזון מכיל בנוסף לאינדיגוטין (IND) גם מונו-ברומו-אינדיגו (MBI) וגם די-ברומו-אינדיגו (DBI), שצבעם אדום-סגול יותר

⁴ מקור הארגמן לא נזכר בדברי חז"ל. יוספוס פלביוס מציין את מקורו מחלזון; ממקורות היסטוריים וארכיאולוגיים עולה שמדובר באותו חלזון שממנו יצרו את התכלת (זהר עמר, הארגמן, הר ברכה תשע"ד).

⁵ Kalaitzaki, A., Vafiadou, A., Frony, A., Reese, D. S., & Drivaliari, A., PO-PU-RE: workshops, use and archaeometric analysis in pre-roman central eastern Mediterranean. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 17(1), (2017), pp. 103-130; Shalvi, G., & Gilboa, A., Between Israel and Phoenicia: The Iron IIA-B Fortified Purple-dye Production Centre at Tel Shiqmona, *Tel Aviv*, 50(1), (2023), pp. 75-110; James, M. A., Reifarth, N., Mukherjee, A. J., Crump, M. P., Gates, P. J., Sandor, P., ... & Evershed, R. P., High prestige Royal Purple dyed textiles from the Bronze Age royal tomb at Qatna, Syria. *Antiquity*, 83(322), (2009), pp. 1109-1118.

⁶ לזיהוי הצבע במקורות התורניים ראו: הרב יהודה ראק, "הטלת תכלת בציצית", תחומין טז (תשנ"ו), עמ' 432-412; הרב שמואל אריאל, "גוון התכלת", תחומין מד (תשפ"ד), עמ' 495-486.

⁷ הרב שאול יונתן וינגרט, "בין תכלת ללבן", תחומין כא (תשס"א), עמ' 507-486.

בשל אטומי הברום שיש בהם, ובמשך שנים לא היה ברור כיצד ניתן להמיר אותם לאינדיגו. יש לציין, כי קלא אילן היא התכלת המזויפת היחידה שחז"ל הזהירו מפניה, וברור מהגמרא שבהתבוננות חזותית בלבד אי אפשר להבחין בין תכלת לקלא אילן. כאמור, לפני כ-40 שנה פרופ' אוטו אלסנר פתר את התעלומה של הפקת צבע כחול מחלזון זה, בעיה שהכשילה גם את הרב הרצוג.

למרות ההתקדמות הרבה שהתרחשה ב-150 השנים האחרונות, אנו מבינים שאין מסורת חיה על גוון התכלת או על שיטת ההפקה שלה, ולכן אנחנו נזהרים מהצהרות נחרצות ומבינים שסביר להניח שיש עוד מה לגלות ולהבין; כולנו מצפים לשכלול הידע שלנו בנושא, אבל חשוב שבחינה של תיאוריות חדשות תיעשה אך ורק מבעד לעדשת הידע הקיים, העובדות מבוססות-הראיות והשכל הישר. כפי שצוין לעיל, נערכו מחקרים רבים, אלא שחלק מהמתנגדים מתעלמים מחלק ניכר מהם⁸ ואינם מספקים לענ"ד די ראיות לתמוך בטענותיהם.

ג. הטענות המרכזיות של שיטת הכחול-סגול

ניתן לזקק שתי נקודות מהותיות מהשיטה הדוגלת בכך שהצבע צריך להיות כחול-סגול. ראשית, הטענה כי השיטה המודרנית הנהוגה לייצור צבע כחול בציצית היא בהחלט לא הדרך שבה יוצרה התכלת בעת העתיקה, והגוון הכחול-בהיר המופק ממנה אינו גוון התכלת העתיקה.⁹ שנית, הטענה כי צמר הצבוע תכלת היה כחול-סגול כזה, והחלזון של התכלת הוא דווקא סוג ספציפי של ארגמון קהה-קוצים שרק ממנו היה ניתן להפיק גוון זה.

⁸ לדוגמה, אי אפשר להתעלם מספרו המקיף של פרופ' זהר עמר על התכלת והארגמן (זהר עמר, הארגמן: פורפורה וארג'אן במקורות ישראל ועוד בירורים בענייני התכלת, הר ברכה תשע"ד). עמר עסק בהרחבה באפשרויות השונות לגבי גווני התכלת וגם הציע פתרון מהפכני שאינו מצמצם את הפקת התכלת למין חלזון ספציפי, אם כי הוא נוטה להעדיף את הארגמון קהה-הקוצים. מכל מקום, לפי עמר ניתן להפיק "תכלת" בגוונים של ירוק, טורקיז ותכלת גם מארגמון חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה. כמו כן, עמר הראה שאפשר לייצר תכלת בתנאים שונים ותוך שימוש בטכניקות שונות.

⁹ ראו מאמרו של קורן הנ"ל הערה 3.

לפי שיטה זו, לא ניתן היה בעת העתיקה לייצר מחלזון הארגמון צבע כחול 'טהור' אלא רק גוון כחול-סגול. הנימוק המרכזי הוא שכדי להפיק צבע כחול מהחלזון, נדרש תהליך של פוטו-דיברומינציה – חשיפת תמיסת הצבע לאור השמש, הגורמת לסילוק אטומי הברום ממולקולות הצבע. לטענת הדוגלים בשיטה זו, הצבעים הקדומים השתמשו ביורות צביעה אטומות שמנעו חדירת אור, ולכן תהליך זה לא התאפשר בזמנם. מסקנתם היא שהתכלת הכשרה חייבת להיות בעלת גוון כחול-סגול.

במילים אחרות, הגישה המצמצמת טוענת שהצבע של התכלת הקדומה, והצבע הקביל היחיד, הוא כחול-כהה הנוטה לסגול, המכונה "כחול-סגול כהה" או "כחול-סגול לילי".

בנוסף, לפי תיאוריית תת-המין, הארגמון קהה-קוצים (*Hexaplex trunculus* = *Murex trunculus*) ה"רגיל" יפיק תוצר סופי סגול, כאשר הדרך היחידה להשיג את הצבע הכחול-סגול כהה הרצוי באמצעות הטכניקות שהיו זמינות לצבעים הקדומים, היא להשתמש בתת-מין נדיר של ארגמון קהה-קוצים, שמפיק צבע כחול-סגול כהה בלי שום תרכובות כימיות נוספות. הטענות קשורות זו בזו: הראשונה בעניין מקור הצבע ותהליך הצביעה, והשנייה – ביחס לצבע האמיתי של התכלת.

עם כל הכבוד לעבודה המחקרית שנעשתה בתחום הכימיה של צביעת הארגמון, המסקנות שאליהן הגיעה שיטת הכחול-סגול אינן מבוססות דיין,¹⁰ ואינן תואמות את הידע הכללי הידוע על התכלת מתחומי מחקר רבים. להלן נדון בפירוט בכמה דוגמאות לטענות אלו.

¹⁰ כמה מהחוקרים המובילים בתחום הצביעה העתיקה העלו שאלות לגבי חלק מהשיטות המדעיות בהן השתמשו בפיתוח שיטת הכחול-סגול. ראו: Ramig, Keith, et al., The nature of thermochromic effects in dyeings with indigo, 6-bromoindigo, and 6, 6'-dibromoindigo, components of Tyrian purple, *Dyes and Pigments* 117 (2015), pp. 37-48.

ד. חיזור כימי (chemical reduction): שאלת הצורך באיטום חביות הצביעה

השיטה המודרנית לצביעת התכלת כרוכה בחיזור של הצבע הטבעי (שלב הכרחי כדי שהצבע יתמוסס וייצמד לסיבי הצמר, כמו שמתאר הרמב"ם בהל' ציצית ב, א: "והתכלת האמורה בציצית... שעומדת ביפיה ולא תשתנה"), ולאחריו פוטו-דיברומינציה של מולקולות הצבע – כלומר, חשיפה של אמבט הצבע לאור השמש, הגורמת לסילוק אטומי הברום ממולקולות הצבע ומשאירה את צבע האינדיגו הכחול בלבד.

לטענת הדוגלים בכחול-סגול, שיטה זו לא התאפשרה בתקופת חז"ל כי לא היה להם חומר חיזור כימי לחזור את תמיסת הצבע (דבר שנעשה כיום באמצעות כימיקלים שלא היו נגישים בתקופתם). לכן, לפי גישה זו, הצבָעים הקדומים נאלצו להסתמך על פעילות חיידקית איטית בתנאים אנאירוביים (כלומר, בסביבה נטולת חמצן). כדי לשמור על סביבה נטולת חמצן בעבור החיידקים, היה צורך לאטום את יורות הצביעה. באותה תקופה לא היו כלי זכוכית שקופים שיכלו לשמור על אטימה ובו-זמנית לאפשר חדירת אור שמש – ולכן, לפי גישה זו, אטימת היורות מנעה גם את הגעת אור השמש אל תכולת היורה, ולא התאפשר תהליך של פוטו-דיברומינציה.¹¹ התוצאה, לפי גישה זו, היא צבע סגול ולא כחול. אם כן, הדרך היחידה להשיג גוון כחול-סגול כלשהו הייתה להשתמש בתת-מין של ארגמון קהה-קוצים שהיה בעל ריכוז גבוה במיוחד של אינדיגו מלכתחילה.

הבעיה הראשונה והפשוטה ביותר בתיאוריה זו היא, שבעוד שנכון שהכימיקל המשמש כיום לחיזור התכלת – נתרן דיתיוניט (Sodium Dithionite) – לא היה מוכר בעולם העתיק, ישנן שיטות חיזור נוספות מלבד שימוש בנתרן דיתיוניט או פעילות חיידקית אנאירובית. לצורך החיזור יכלו הצבָעים הקדומים להשתמש במתכונים טבעיים אחרים שהיו ידועים באותה תקופה. שניים מהם הודגמו

¹¹ הטכנולוגיה לייצור זכוכית קיימת כבר 4,000 שנים לפחות, ורב יוסף (תלמוד בבלי, מגילה ו, א) מציין ששתי המתנות לשבט זבולון הן חלזונות תכלת וזכוכית לבנה. אולם זכוכית שקופה איכותית היא פיתוח חדש בהרבה.

בפועל על ידי הרב לבנון¹² ופרופ' קראפנאגיוטיס¹³, שהראו שניתן לבצע פוטו-דיברומינציה של הצבע על ידי חשיפת הבלוטות או תמיסת הצבע לאור השמש לפני תהליך החיזור או לאחריו. לבנון השתמש בבלוטות מארגמון קהה-קוצים שנחשפו לאור השמש לפני החיזור והפיקו צבע כחול, כך שגם הקדמונים יכלו לבצע פוטו-דיברומינציה וגם חיזור טבעי כשהשתמשו ביורות חרס אטומות.

לחלופין, הקדמונים יכלו להשתמש בחיזור אנאירובי ביורת צביעה אטומה, ובכל זאת להשיג פוטו-דיברומינציה ללא כל קושי. בשלב מסוים, למשל, כאשר הם היו מוכנים לצבוע את הצמר, הצבעים היו צריכים לפתוח את היורה כדי להכניס לתוכה את גיזת הצמר, וכך היו חושפים את תכולתה לשמש למשך מספר דקות; כאשר אור חודר, הפוטו-דיברומינציה תושלם תוך דקות ותותיר צבע שכמעט כולו יהיה אינדיגו.

ואכן, ישנם רישומים היסטוריים רבים של צביעת אינדיגו מסורתית מהעולם העתיק, ויורות הצביעה כמעט תמיד מתוארות בהם כמגולות וכחשופות לאור. אין כל תימוכין ארכיאולוגיים, טקסטואליים או היסטוריים להשערה כי יורות הצבע נאטמו. לפיכך, סביר להניח שהצביעה לא נעשתה במכלים אטומים, ואף אם כך היה, כפי שהוסבר, הצביעה יכולה להיעשות ביורה אטומה ולא-שקופה, ובכל זאת כאשר היא נפתחת, האור יכול להגיע לתכולתה ולסלק את הברום ממולקולות הצבע.

יתר על כן, הממצא הארכיאולוגי תומך לכאורה ברעיון שהצבעים הקדומים השתמשו בפוטו-דיברומינציה. חפירות בתל שקמונה (הממוקם על חוף דרום חיפה של היום) מצביעות על כך שתהליך הצביעה נעשה בתוך מבנים סגורים – דבר שהפתיע את הארכיאולוגים, שכן תהליך הצביעה מלווה בריח חריף במיוחד. הארכיאולוג גולן שלווי, ראש החפירה, כותב שהחזקת היורות בתוך

¹² הרב אריה לבנון, "יורה של צבעים – צביעת תכלת טבעית מארגמון קהה קוצים", והיה לכם לציצית, שנה 16 (תשפ"ב).

¹³ I. Karapanagiots, A Review on the Archaeological Chemistry of Shellfish Purple, *Sustainability* 11(13) 3595 (2019).

מבנה אפשרה לצבעים הקדומים לווסת את החשיפה לאור. הסבר זה הגיוני רק אם היורות לא היו אטומות.¹⁴

כך מתאר פליניוס הזקן (המאה הראשונה לספירה) במתכון שלו לצביעת תכלת: "לאחר כ-9 ימים מסננים את הקדירה [שבה תמיסת הצבע] וטובלים בה גיזת צמר לשם בדיקה, מחממים את הנוזל עד להשגת התנאים הרצויים... משרים את הגיזה בתמיסה למשך 5 שעות, ולאחר סירוק הגיזה טובלים אותה שוב בתמיסה, עד שהיא סופגת את כל הנוזל".¹⁵ ברור שאי אפשר לסנן ולטבול את הצמר שוב ושוב בסביבה אטומה, כך שבאופן טבעי היו הזדמנויות רבות לפוטו-דיברומינציה גם אם הצביעה היתה ביורות אטומות.

כך עולה גם מהתיאור התלמודי במסכת מנחות (מב, ב): "הא תכילתא היכי צבעיתו לה?... ושקלינא פורתא בביעתא וטעמינן להו באודרא". כיצד שמרו הצבעים את נוזל הצבע בקליפת ביצה שבורה כשהוא סגור? נראה שבמהלך החיזור נעשו בדיקות דגימות המחייבות חשיפה לאוויר.

לסיכום, בניגוד לטענת הדוגלים בשיטת הכחול-סגול, לקדמונים לא היה כל קושי לחזר את יורת הצביעה וגם להגיע לפוטו-דיברומינציה גם ללא כימיקלים מודרניים.¹⁶

¹⁴ Shalvi, Golan, et al., Tel Shiqmona during the Iron Age: A First Glimpse into an Ancient Mediterranean Purple Dye 'Factory', *PLOS One*, 2025.

¹⁵ Pliny, *Natural History*, Book IX, LXI, 131 - LXII, 134.

¹⁶ ראו לדוגמה: "צובעים עתיקים ידעו שחשיפה של אמבט הצבעים הסגול הטירי לאור השמש תגרום לצביעה כחולה יותר" (במקור: Ancient dyers knew that exposure of the Tyrian purple dye vat to sunlight would cause a bluer dyeing Ramig, Keith & Islamova, Aygul & Scalise, John & Karimi, Sasan & Lavinda, Olga & Cooksey, Christopher & Vasileiadou, Athina & Karapanagiotis, Ioannis (Yiannis), The effect of light and dye composition on the color of dyeings with indigo, 6-bromoindigo, and 6,6'-dibromoindigo, components of Tyrian purple, *Structural Chemistry* 28 (2017), pp. 1553-1561.

דבריו של פרופ' פיליפ ג'ון

כאמור, הקביעה לגבי הצורך לאטום את אמבט הצבע נראית חסרת בסיס. כפי שהוסבר, הצבע נדרש לעבור תהליך "חיזור" כימי כדי שיוכל להתמוסס במים ולהתחבר לסיבי הצמר. הטענה היא שהחיזור הושג באמצעות שימוש בחיידקים אנאירוביים, כלומר חיידקים המתפתחים בסביבה נטולת חמצן. כדי שזה יתבצע, לפי גישה זו, היה צורך לאטום את החביות כדי למנוע חדירת חמצן, אך זה גם מנע חדירת אור שמש שיכול היה לגרום לפוטו-דיברומינציה.¹⁷

הגישה מסתמכת על מאמר של מיקרוביולוג שחקר וזיהה את מיני החיידקים שבהם ביצעו הקדמונים את תהליך החיזור שכיום ידועים כ- *Clostridium isatidis*.¹⁸ יצרנו קשר עם מחבר המאמר, פרופ' פיליפ ג'ון,¹⁹ ושאלנו אותו האם יש דרישה של איטום החביות, ותשובתו הייתה חד משמעית – לא! הוא הסביר שבתוך החבית יש חיידקים אחרים – אירוביים – והם צורכים ר'מוציאים' את מעט החמצן שחודר, וכי "החביות למעשה אינן סגורות, מכיוון ששטח הפנים קטן ביחס לנפח והאירובים דואגים לכל חמצן שחודר מפני השטח".

הוא סיפר שחיזור של חבית גדולה יכול לקחת רק כמה ימים בודדים. אז שאלנו אותו אם תמיסת הצבע תישאר מחוזרת והאם הצבע ניתן לשימוש בחבית פתוחה. לכך הוא השיב: "כן, האינדיגו נשאר מחוזר, וכל עוד יש מקור ארוך טווח לסובסטרט לחיידקים [לאכול], למשל בצורת סובין שמכילים פולימרים, אז ניתן להשתמש בחבית הצבע לתקופות ארוכות של צביעה, להוסיף צבע נוסף אם יש צורך, ולהתאים את ה-pH באמצעות מקור אלקלי כדי לתקן חומציות". בהודעת דוא"ל עוקבת לאחר שנשאל האם הצהרה זו נכונה רק לצביעה עם צמח אינדיגו או שתקפה גם לצביעה עם חלזון, הוא השיב כי "במיכל אינדיגו מסורתי

¹⁷ Koren. Z. C., Archaeological shades of purple from flora and fauna from the ancient near east, In: *Archaeological Chemistry: A Multidisciplinary Analysis of the Past* (Edited by Mary Virginia Orna and Seth C. Rasmussen), Cambridge Scholars Publishing 2020, pp. 256-300.

¹⁸ Padden et al, d in mediaeval dyeing *Clostridium* use, *Nature*, 396, 225 (1998).

¹⁹ פרופ' אמריטוס באוניברסיטת רדינג בבריטניה, מומחה במיקרוביולוגיה של תסיסת יורת הצביעה.

אין צורך לנקוט צעדים כלשהם כדי לשמור על רמת האנוקסיה, ואם המיכל הכיל פחמימות [דבר שהוא בהחלט אפשרי בעולם העתיק], אז "אין בעיה". אם כן, התיאוריה המוצעת נסתרת על ידי המיקרוביולוג שכתב את המאמר שעליו התבססה גישת היורות האטומות עצמה. הוא טוען שהחיידקים האנאירוביים (*Clostridium*) יכולים לחיות ולהתרבות במשך כל הזמן הנדרש גם מבלי לכסות את היורה.

פרופ' ג'ון טוען שהחביות היו פתוחות – גם במהלך תהליך החיזור וגם לתקופות ארוכות לאחריו. מאחר שהכול נעשה בחוץ, קרני השמש יכולות לגרום לפוטו-דיברומינציה וליצירת צבע כחול כצבע השמיים באמצע היום. כפי שהוכח, אכן תיאורטית ניתן היה לצבוע גם ממכלים סגורים ועדיין לקבל פוטו-דיברומינציה, אבל אין שום הוכחה ארכיאולוגית, טקסטואלית או הלכתית לכך שזה אכן מה שנעשה. ומכיוון שצביעה עם חבית פתוחה הייתה אפשרית, ונתמכת על ידי הראיות, אין סיבה לחשוב שזה לא נעשה.

ה. שאלת ה"א הידיעה ותתי-המינים

אחד מעמודי התווך של שיטת הכחול-סגול הוא הטענה שישנם לפחות שני תתי-מינים או זנים שונים של ארגמון קהה-קוצים שבבלוטות שלהם נמצאות מולקולות צבע ביחסים שונים, ושרק זן אחד, שלו ריכוז גבוה של אינדיגו, הוא כביכול הזן ה"כשר" לתכלת. אלא שבאף אחד מהמקורות ההלכתיים, ההיסטוריים והארכיאולוגיים או בטקסונומיה המודרנית אין שמץ של רמז לקיומם של שני תתי-מינים או סוגים או לצורך לבחור את ה"נכון" מביניהם לצביעה בתכלת. הצעה זו מעלה קשיים בהבנת שיטת הטקסונומיה הרבנית – חז"ל לא השתמשו ב"מינים" בצורה המודרנית של המושג – והיא גם מלמדת על קושי לשוני, כפי שנראה עתה.

האוחזים בתפיסת תת-המין מביאים כראיה את ה"א הידיעה שבנוסח התוספתא המצריכה דווקא חלזון. כפי שציטטנו לעיל, בתוספתא נאמר: "תכלת אין כשרה אלא מן החלזון; הביא שלא מן החלזון – פסולה" (תוספתא מנחות ט, טז). לפי תפיסה זו, "מכיוון שנמצאת ה"א הידיעה לפני 'חלזון',

כוונת התוספתא היא שחייבים להשתמש בסוג מאוד ספציפי של בעל-חיים ימי – 'החלזון'.²⁰

זוהי קריאה שגויה של העברית הרבנית והטקסונומיה החז"לית. בעברית ובשפות רבות אחרות, שם עצם מופיע עם ה"א הידיעה כדי לציין ישות מזוהה מוכרת; כך, שם הזן או הסוג של בעל חיים או צמח מיוחד, מאחר שהזן או הסוג המסוים נחשב ליישות מזוהה באופן ברור.

יידוע של שם זן או סוג מקובל ומופיע גם במקומות אחרים בלשון חז"ל. לדוגמה: "שנים שצדו את הצבי... צדו הראשון והניחו, צדו השני והניחו – שניהן חייבין..." (תוספתא שבת [ליברמן] יב, ב). איסור צידה אינו חל על סוג מסוים של צבי בלבד, אלא הוא איסור כללי, והתוספתא אוסרת צידה של כל סוג צבי שהוא, על אף שהיא מיידעת את המילה "צבי" ("הצבי"). באופן דומה, אין רק סוג מסוים של כסף הכשר לחצוצרות, ובכל זאת התוספתא נוקטת: "חצוצרות אין כשרה אלא מן הכסף..." (תוספתא מנחות [צוקרמאנדל] ט, יט), ואין ללמוד מלשון התוספתא "שאינן ממזר אלא מן האשה" (תוספתא יבמות [ליברמן] א, י) על הימצאות תת-מין של אישה המולידה ממזרים ותת-מין אחר שלא.

אך אולי הדוגמה הברורה ביותר לכך שאין לה"א הידיעה את המשמעות המוצעת, היא הדוגמה הבאה מן המשנה: "אין אובסים את הגמל" (משנה שבת כד, ג).²¹ הלכה זו בוודאי עוסקת הן בגמל הדו-דבשתי (*Camelus bactrianus*) ממרכז אסיה והן בגמל החד-דבשתי (*Camelus dromedaries*) מהמזרח התיכון וצפון אפריקה. ואכן, הגמרא (בבא קמא נה, א) אומרת ששניהם נחשבים כאותו מין מבחינה הלכתית, וזאת על אף שהמשנה נוקטת בלשון מיוחדת, "הגמל". לאמור: יידוע שם הזן או הסוג בא לציין מין מוכר ומזוהה ('הגמל ולא הסוס') ולא להבחין בין ישויות שאינן ייחודיות באופן מהותי ('הגמל החד-דבשתי ולא הגמל הדו-דבשתי'), או במקרה של חלזונות – בין תתי-מינים שונים.

²⁰ הציטוט לקוח ממאמרו של קורן הנ"ל הערה 3, עמ' 461.

²¹ דוגמה זו מופיעה לצד דוגמאות נוספות בהערה החותמת את מאמרו של הרב שמואל אריאל, "גיוון התכלת", תחומין מד (תשפ"ד), עמ' 486-495.

בדוגמה עם גמלים יש במציאות ללא ספק שני סוגים (שלא כמו במקרה של החלון), וברור שהמשנה מתייחסת לשניהם למרות ה"א הידיעה.

אדרבה, העובדה שחז"ל באופן עקבי מתייחסים ל"החלון" סתם, ללא תוספת לוואי שתבדיל בינו לבין מין חלון אחר – מוכיחה שהכוונה היא לכלל המין הידוע, דהיינו כלל החלזונות המוכרים שמתאימים לתיאור ולשימוש הרלוונטיים. לא רק שהניסוח בדברי חז"ל אינו מהווה הוכחה לתפיסת תת-המין, הוא מוכיח נגדה.

לא רק הבלשנות, גם הביולוגיה והארכיאולוגיה מצביעות על הקשיים שבהצעה זו: תילים של מיליוני קונכיות חלזונות ימיים נמצאו באתרים ארכיאולוגיים רבים לאורך חופי כל אגן הים התיכון.²² ככלל, הקונכיות הללו ממוינות לפי מינים: ערימות נפרדות של ארגמונים קהי-קוצים (*Hexaplex* *Murex trunculus = trunculus*), ערימות של ארגמונים חדי-קוצים (*Murex* *Bolinus brandaris = brandaris*), וערימות של ארגמוניות אדומות-פה (*Stramonita haemastoma = Purpura haemastoma*). בתוך הערימות הללו אין הפרדה ניתנת-לזיהוי לערימות-משנה העשויה לרמוז על קיומם של תת-מינים. פשוט אין שום אינדיקציה לכך שבכל מתקני הצביעה הרבים האלה משהו הבחין בין תת-מינים שונים.

בנוסף, גם מנקודת מבט טקסונומית מודרנית אין מי שמציע לחלק אף אחד מהמינים הללו לתת-מינים או לסוגים שונים. בהתכתבויות אישיות שערכתי (בשנת תשפ"ד) עם ביולוג ימי ועם דיג, שניהם בעלי ניסיון רב באיסוף חלזונות אלו ובעיבודם להפקת צבע ממיליוני ארגמונים קהי-קוצים במשך שנים רבות – הם הצהירו באופן חד-משמעי שמעולם לא הבחינו בסימנים חיצוניים כלשהם המעידים אם הצבע המופק יהיה נוטה יותר לכחול או יותר לסגול.

עצם החידוש אינו הופך טענה לתקפה. היא צריכה להיות מבוססת במציאות. ולטענה זו פשוט אין בסיס. אין אפוא שום בסיס – לא ארכיאולוגי, לא תלמודי, לא היסטורי ולא מניסיון מציאותי – לטענה שקיימים שני תת-מינים של ארגמון

²² ראו במאמרים הנזכרים בהערה 5 לעיל.

קהה-קוצים או שהקדמונים זיהו הבדלים בתכולת פיגמנטי הצביעה בין החלזונות.

סביר להניח, שבדיקה כימית של קבוצת חלזונות גדולה תמצא ריכוזים שונים של מולקולות צבע (MBI, DBI, IND). גיוון ביולוגי הוא צפוי. אבל זה לא רלוונטי לתהליך הצביעה, ואי אפשר לנצל גיוון זה אם אין דרך להבחין בין החלזונות לפני הסרת הצבע. ובהתבסס על הארכיאולוגיה, נראה שהקדמונים לא עשו הבחנה כזו. וגם הטוענים שהשתמשו בתת-מין מסוים לא סיפקו אמצעים למיון תתי-המינים השונים שהוצעו. לפיכך, גם אם הם קיימים, זה לא רלוונטי וחסר תועלת לתהליך הצביעה – הן מבחינה היסטורית והן מבחינה מעשית עכשווית.

סביר להניח שהתכלת המקורית הופקה מארגמון קהה-קוצים, אך גם תכלת שהופקה ממינים אחרים של ארגמונים (דבר שהוא קשה יותר, אבל אפשרי מבחינה כימית), ככל הנראה הייתה כשרה למצווה.²³ שתי ראיות לדבר: הראשונה, הגיוני שחז"ל ידעו שהדבר אפשרי ואף על פי כן הם לא הזהירו מפני שימוש בארגמונים שאינם קהי-קוצים לצביעה, כפי שעשו לגבי קלא אילן. והשנייה, מכך שה"מינים" בטקסונומיה הרבנית אינם כה צרים ומצומצמים כמו בטקסונומיה המודרנית (וכפי שראינו לעיל לגבי הגמל, הכולל בלשון חז"ל הן את הגמל החד-דבשתי והן את הגמל הדו-דבשתי אשר לפי טקסונומיה מודרנית נחשבים שני מינים נפרדים, ולא רק תת-מינים או גזעים שונים).

ו. דם נוזלי ודם מיובש

בגמרא נאמר לגבי צביעת תכלת: "אמר ליה אביי לרב שמואל בר רב יהודה: הא תכילתא היכי צבעתו לה? אמר ליה: מייתין דם חלזון וסמנין ורמינן להו ביורה [ומרתחין ליה] ושקלינא פורתא בביעתא וטעמינן להו באודרא ושדינן ליה לההוא ביעתא וקלינן ליה לאודרא" (מנחות מב, ב). על סמך המילה "דם", מפרשים בעלי שיטת הכחול-סגול שיש להשתמש

²³ גם המינים האחרים של הארגמונים יכולים לעבור דיבורמיניציה, אך קל יותר לייצר מהם סגול ואדום.

בפיגמנט בצורתו הנוזלית הטבעית ולא לאחר שעבר עיבוד למוצק.²⁴ לא ברור כיצד דיוק זה רלוונטי לתזה המרכזית, אבל יש לציין ש"דם" בהקשר זה אינו הדם הרגיל של החלזון, אלא נוזל המאוחסן בבלוטה, וכפי שמסביר רבינו תם: "השיב לו ר"ת דדם חלזון הראוי לצביעה מיפקד פקיד ולא מיחייב על אותו הדם משום נטילת נשמה" (תוספות שבת עה, א ד"ה כי).

מעבר לכך, דם יבש נחשב בהלכה דם (ראו למשל: מנחות כא, א: "דם שקרש בחטאות ואכלו – חייב", וכן: נידה כב א; שם נד, ב). גם אם נטען שפריטים מיובשים מסוימים עלולים לאבד את מעמדם ההלכתי בשל ייבושם (ראו למשל: נידה נד, ב), הדבר נכון רק כל עוד הם נשארים יבשים, ולא, כמו במקרה של צבע המופק מארגמון קהה-קוצים, ברגע שהם משוחזרים למצבם הנוזלי ולאיכותם המקורית. יתר על כן, גם פריטים המאבדים את מעמדם ההלכתי בעת ייבושם, לעולם אינם מאבדים את שמם וזהותם; לפיכך, אתרוג מיובש הוא עדיין אתרוג, אלא שהוא פסול למצווה בגלל חוסר הידור.

אבל כל זה לא באמת רלוונטי, כיוון ש"דם חלזון" אף פעם אינו מוזכר כתנאי לתכלת הכשרה אלא רק כחלק מתיאור המתכון להפקת התכלת. לכן, השימוש במילה "דם" אינו מחייב צביעה בצבע נוזלי דווקא, וניתן לצבוע תכלת הן באמצעות צבע נוזלי הן באמצעות צבע מיובש. כל טענה אחרת דורשת ביסוס נוסף.

ז. ההשוואה לקלא אילן ולאבן הספיר

רבים מחוקרי התכלת ביקשו לזהות את גוון התכלת על ידי זיהוי הגוון של קלא אילן הדומה לו, ואשר היה מקור לזיוף התכלת המקורית. ההשוואה לקלא אילן היא אכן ראייה חזקה לצבעה הכחול של התכלת, שהרי לפי הרושם הרווח, צבעו של קלא אילן (אינדיגו) הוא כחול, ומכאן שגם גוון התכלת הוא כחול.

שיטת הכחול-סגול מצביעה על העובדה שצבע האינדיגו המיוצר מצמח הניל מכיל רכיבים נוספים מלבד אינדיגו, וביניהם גם אינדירובין (מולקולה הנותנת גוון בוורוד), ושאפשר, בהתאם לאופן העיבוד של הצמח, לייצר גם כמות

²⁴ ראו מאמרו של קורן הנ"ל הערה 3, עמ' 464.

משמעותית של אינדירובין בצביעה, עד כדי כך שניתן להפיק ממנו גוונים הנוטים באופן מובהק לאדום. מכאן נטען, כי גם בצביעה המיוצרת מקלא אילן, הצבע עשוי להיות לא רק כחול אלא גם סגול הנוטה לאדום או לכחול.

אינדירובין אכן נוכח בתערובת הצביעה המופקת מצמח הניל, אלא שכמותו קטנה ביחס לכמות האינדיגו, ולא מוכרת אף שיטת צביעה מסורתית שבה משיגים צבע אדום של ממש באמצעות אינדיגו. למסורות הצביעה יש משמעות גדולה בתחום זה, שהרי השאלה שלפנינו איננה מהן האפשרויות התיאורטיות אלא מה התקיים בפועל. נדרשים מאמץ ומיומנות כדי להשיג כל צבע שהוא מלבד כחול באמצעות הצמח הזה. ולא סביר שאדם בתקופת חז"ל היה מסוגל או רוצה להשקיע כדי להביא את צבע הקלא אילן לכלול גוון אדמומי.²⁵ לפיכך, ברור לחלוטין שכל מי שהתייחס לצבע אינדיגו בתקופת חז"ל התייחס לכחול, למרות העובדה שבאופן תיאורטי צמח הניל יכול היה להניב גוונים אחרים.

כמו כן, ההתייחסות בדברי חז"ל לקלא אילן איננה רק בהקשר ניסיון מכוון לזייף תכלת, אלא גם ביחס לגיזת צמר צבועה שנמצאה בשוק (בבא קמא צג, ב). קלא אילן היה צבע סטנדרטי ששימש בתקופת חז"ל לא רק כדי להערים אנשים לגבי תכלת, וכל אדם שחי בזמן חז"ל שהיה שומע השוואה לקלא אילן היה יודע על מה מדובר ורואה בעיני רוחו לא אחר מאשר כחול. ברור שהצבע הנדון של קלא אילן הוא זה שמושג באמצעות צביעה רגילה ורווחת של אינדיגו, דהיינו הצבע הכחול. בלתי סביר לטעון שחז"ל השוו את התכלת לקלא אילן כדי לומר שצבעה של התכלת הוא אדום, סגול או כל צבע אחר מלבד כחול. העובדה שכימאי במאה ה-21 יכול להצליח לייצר צבעים אחרים אינה מעידה על כך שזה היה הצבע הרגיל שיוצר. למעשה, זה בדיוק ההפך.

השוואה רלוונטית נוספת של התכלת בדברי חז"ל היא לאבן הספיר, המזוהה

²⁵ ידועים בדים עתיקים רבים שנצבעו בניל, וכולם כחולים. הם בבירור מבוססי צמחים, כלומר קלא אילן, והם בבירור כחולים. כדוגמה אחת לאריג אינדיגו צמחי כחול-שמיים בן 3,000 שנה, ראו: Sukenik, N., Iluz, D., Amar, Z., Varvak, A., Workman, V., Shamir, O., & Ben-Yosef, E., Early evidence (late 2nd millennium BCE) of plant-based dyeing of textiles from Timna, Israel, *PLoS One* 12(6) (2017), e0179014.

כאבן החן לפיס לזולי (Lapis lazuli). יש הרוצים לזהות את "צבעה האולטימטיבי" של הליפס לזולי בהתאם ל"אבנים האיותיות ביותר", שצבען כחול-סגול כהה. גם כאן, נבחרה דוגמה צרה ושולית במקום להתייחס לדוגמה המקובלת והשכיחה, שהייתה מובנת בכירור לכל מי ששמע את ההשוואה בין התכלת לאבן הספיר שבה נקטו חז"ל. כל אחד מוזמן להתבונן בדוגמה שנתן אברהם ורנר גוטלוב, גיאולוג דגול מהמאה ה-19, מומחה בתחום ההגדרות המדויקות של הצבעים, עבור הליפס לזולי, לראות את הצבע כחול-שמיים שהוא מתאר, ולהגיע למסקנה משל עצמו.²⁶

בשני המקרים האלו, יש הרוצים שנאמין שכאשר התלמוד משווה משהו לאובייקט מסוים, הוא בוחר להשוותו לאחוז קטן מאוד של אותם אובייקטים שמאפייניהם שונים מאוד מהרוב המוחלט. זה כאילו משהו משווה דבר שאין לו ריח לוורד, מכיוון שאכן יש כמות מזערית של ורדים שלא ממש מריחים מתוק. כך גם הרוב המכריע של קלא אילן ולפיס לזולי היו כחולים ולא בצבע אחר, וזו הסיבה שזה היה אובייקט בטוח ואמין לשימוש כהשוואה.

ח. האריג מוואדי מורבעאת

בין העדויות הארכיאולוגיות לתכלת ישנם כמה חפצים הצבועים בצבענים ארגמוניים שצבעם יכול להיחשב כחול. צבעו של אחד מהם, המכונה "אריג מורבעאת" ומתוארך למאות ה-2-3 לספירה, הוא כחול כצבע השמיים בשעות היום, ובאופן יחסי יש בו פחות מולקולות מונו-ברומו-אינדיגו (MBI) מאשר נמצא בחלזונות ארגמונים קהי-קוצים טיפוסיים. נוכחותו של מונו-ברומו-אינדיגו מגלה שהוא נצבע מחלזון ולא מצמח, שאינו מכיל מולקולות אלו כלל, וההסבר המתבקש הוא שאריג זה עבר דיברומינציה שמיעטה את כמות ה-MBI והגבירה את כמות ה-IND.

אך בעלי שיטת הכחול-סגול אינם מוכנים לקבל את ההסבר הפשוט הזה כי הוא אינו עולה בקנה אחד עם התיאוריה המוצעת על ידם, ולכן הם מציעים

²⁶ ראו: <https://thelibrary.tekhelet.com/uploads/WernerInterior03.jpg>, שורה 29.

הצעה חלופית: "כמות האינדיגו בחוטי הצמר היא חריגה וגדולה מזאת שיכולים לקבל בדרך כלל על ידי צביעה טבעית. ומכיוון שאמבט הצבעים לא יכול היה להיחשף לאור השמש [לפי גישה זו]... האינדיגו השופע מדי יכול לנבוע מהוספת אינדיגו מן הצומח (איסטיס, כדוגמה)²⁷ לצבע שהופק מהמורקס, על מנת לייצר צביעה כחולה יותר".²⁸

כדי להתאים את הממצא הארכיאולוגי הייחודי הזה (שמתיישב באופן מושלם עם ההבנה המקובלת של צבע התכלת והצביעה באמצעות ארגמונים) לתיאוריה החלופית, מוצע שהצבעים הקדומים לקחו חומר צביעה צמחי זול והוסיפו אותו לחומר צביעה יקר להפליא שמקורו בחלזון, וזאת מבלי להשיג שום שינוי חזותי מזה שתניב צביעה בצבע ממקור צמחי. הדבר דומה להכנת תכשיטי צעצוע והוספה של מעט זהב אמיתי – איזו מטרה משרת מעשה כזה? טענה זו היא אפשרית תיאורטית,²⁹ אך היא קשה להבנה מבחינה כלכלית והגיונית. אין שום סיבה לטעון שהאריג מוואדי מורבעאת לא נצבע אך ורק באמצעות ארגמן קהה-קוצים. הטענה התיאורטית אינה סבירה גם על פי בדיקות מעבדה שנעשו באותו אריג, והיא אף חסרת היגיון. אין כל סיבה להניח שמישהו יצבע אריג בחומר יקר ו"לכלך" אותו בחומר זול. ואם ברמאים עסקין – מדוע שלא יצבעו רק מהחומר הזול (שהרי גם לפי שיטת הכחול-סגול ניתן היה להפיק אינדיגו טהור מקלא אילן). ההסבר הברור והתמציתי ביותר להרכב הכימי של בד זה הוא שהוא נצבע אך ורק מחלזון באמצעות פוטו-דיברומינציה. כל הסבר אחר מאולץ ביותר ואינו סביר.

לחילופין, מוצע ע"י בעלי שיטת הכחול-סגול כי בצביעת האריג נעשה שימוש בשיטה של צביעה באמצעות טבילות חוזרות ונשנות בירות הצבע. חשוב להצביע על ההשלכות של מה שנאמר. הגישה מודה שבעוד שבשיטתה הטבילה

²⁷ אגב, בזה הם מודים (בניגוד לאמור לעיל) שהצמח מניב במקרה הרגיל גוון כחול ולא כחול-סגול.

²⁸ מאמרו של קורן הנ"ל הערה 3, עמ' 470.

²⁹ ניתוח HPLC לא זיהה עקבות מולקולות צמחיות באריג. ראו: Sukenik, Naama & Varvak, Alexander & Amar, Zohar & Iluz, David, Chemical analysis of Murex-dyed textiles from wadi Murabba'at Israel, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 3 (2015), pp. 565-570.

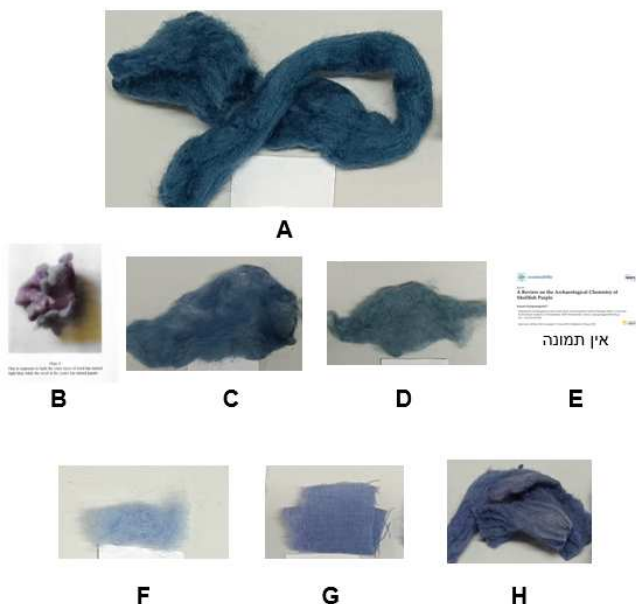
הראשונה נוטה לסגול, הטבילות הבאות יניבו כחול. מסיבה זו, הורגש צורך להגביל את התכלת הכשרה לטבילה הראשונה ולטעון כי שיטת ההשגה של כחול כצבע השמיים בשעות היום באמצעות טבילות מרובות אינה כשרה לשימוש כתכלת. הבעיה היא ששוב ההסתמכות היא על דעות מיעוט, וטענה זו נשענת על קריאה לא-הגיונית ולא-מסורתית של סוגיית הגמרא במנחות (מב, ב) העוסקת בכשרות "מראה שני".³⁰

התלמוד (מנחות מב, ב) מציין שיש מחלוקת בשאלה אם מותר להשתמש באותה יורת צביעה של תכלת כמה פעמים, כל פעם עם צמר חדש. ליבו של הוויכוח נוגע לקיום הכוונה הנכונה. לפי דעה אחת (רבי יוחנן בן דהבאי), צביעה באותה יורת צביעה עם מספר מנות של צמר היא מותרת. לפי רוב המפרשים, גם הדעה המחמירה (רבי חנינא בן גמליאל) תתיר שימוש חוזר באותו נוזל כל עוד כל צביעה נעשית בכוונה הנכונה (לשמה), כפי שהתוספות (ד"ה משום) מציניים במפורש: "אפילו מאה פעמים לשמו משמע דכשר". גם בעלי שיטת הכחול-סגול מסכימים שגם במקרה שהחבית לא נחשפה לאור השמש, מנות הצמר הבאות הצבועות באותו נוזל יהיו בצבע כחול כצבע השמיים בשעות היום. לפי דעת רבי יוחנן בן דהבאי ולפי רוב המפרשים אליבא דכולי עלמא, מנות אלו אכן כשרות לתכלת. יתרה מזו, הדרך היחידה להבין את כל הסוגיה לפי רוב המפרשים היא להניח שאין הבדל בצבע בין הצביעה הראשונה לצביעות הבאות. לפיכך, גם הטבילה הראשונה חייבת ליצור צבע כחול כשמי היום (באמצעות דיברומינציה זו או אחרת).

ט. אפשרויות צביעה מרובות

מחקרים אחרונים הראו כי ישנן שיטות צביעה רבות שבאמצעותן ניתן להפיק מארגמונים קהי-קוצים צבע כחול כצבע השמיים בשעות היום, רבות מהן יכלו להתבצע על ידי הקדמונים.

³⁰ ראו: Sterman, B., The Problem with Double Dipping: Ma'areh Sheni in Dyeing, Tekhelet, Hakirah 25 (2018), pp. 77-88.



דגימות צמר צבועות בשיטות שונות

התמונות בעמוד זה³¹ מציגות דגימות של צמר שנצבעו מבלוטות של ארגמון קהה-קוצים (*Hexaplex trunculus* = *Murex trunculus*), ומדגימות צבעים שונים העשויים להתאים באופן סובייקטיבי לתיאור של "דומה לרקיע" בשעות

³¹ מקורות של הדגימות: A – נצבע ע"י משה גולדשמידט; B – בתוך: Edmonds, J. (2000) The Mystery of Imperial Purple Dye [Cover title: Tyrian or Imperial purple dye] (Historic Dye series no. 7), Little Chalfont (published by the author) – C, D; נצבע ע"י הרב ישראל לבנון; E – אין תמונה במאמר, והמחבר אינו יכול להשיג. אבל יש תיאור Karapanagiotis, Ioannis (Yiannis). (2019). A Review on the Archaeological Chemistry of Shellfish Purple. Sustainability flask was left in the sunlight for five days. Then, the dyeing procedure described in recipe I was followed... The difference of the two recipes in the dyeing results was visible to the naked eye, as samples prepared using recipe I were purple whereas ; F – נצבע ע"י הרב ישראל ברקין; G – נצבע ע"י סוזן דקל, www.suzannedekel.com; H – נצבע והוכן ע"י משה גולדשמידט.

יום³² – ההגדרה המסורתית המקובלת לצבע התכלת. צביעה עם ארגמון קהה-קוצים ישירות מהחלזון ובחושך מוחלט תביא בדרך כלל (אך לא תמיד) לתוצר סגול. שמונה הדגימות שהניבו כחול נצבעו בטכניקות שונות, כולל חיזור/פוטו-דיברומינציה (A, B, C, D, ו-E), צביעה בארגמונים עשירים באינדיגו (F) טבילות מרובות באותה יורת צבע (G), ומעבר תרמוכרומי (H). חשוב לציין כי בכל השיטות יש לחזור את תמיסת בלוטות החלזון. החיזור הושג באמצעות שיטות שונות, כולל שימוש בחומרי חיזור מודרניים (A, F, G, ו-H) ומתכונים טבעיים (B, C, D, ו-E).

לסיכום, נכון להיום ידועות לפחות שבע שיטות שבאמצעותן ניתן להפיק צבע כחול מארגמונים קהי-קוצים:

1. חיזור בשיטות מודרניות כגון נתון דיתיניט (sodium dithionite), ולאחר מכן חשיפה לאור השמש.
2. חיזור באמצעות תסיסה חיידקית שבה יורת הצביעה נשמרת באור השמש במכלי זכוכית³³ או בכלי חרס פתוח למעלה.
3. חיזור באמצעות מתכונים אחרים כגון בורית/פרוקטוז עם חשיפה לאור השמש.³⁴
4. צביעה במתכון טבעי של דבש ומלח עם חשיפת בלוטות החלזון לאור השמש במשך חמישה ימים לפני החיזור.³⁵
5. שימוש בחלזונות עשירים באינדיגו.³⁶
6. שימוש שני בתמיסת הצבע – האצווה הראשונה של הצמר תהיה סגולה, בעוד הבאות תהיינה כחולות.³⁷

³² רא: הרב יהודה ראק, הטלת תכלת בציצית, תחומין טז (תשנ"ו), עמ' 412-432.

³³ אדמונדס, הנ"ל הערה 31.

³⁴ לבנון, הנ"ל הערה 12.

³⁵ קרפנגיוויטס, הנ"ל הערה 31. המחבר הוא פרופ' במחלקה לכימיה באוניברסיטת סלוניקי, מתמחה בשיטות הקדומות.

³⁶ הדוגמא נצבעה ע"י הרב ישראל ברקין מחלזונות מתוניסיה. מאותו משלוח, צביעה אחת הניבה כחול ואחרת סגול.

³⁷ שיטה שהתגלתה ע"י פרופ' אוטו אלסנר.

7. מעבר תרמוכרומי – צביעה בחושך ללא חשיפה לאור ואז הנחת הצמר

הצבוע במים רותחים.³⁸

חלק מהשיטות הללו כוללות חשיפה לאור השמש, אך כפי שראינו, אף הקדמונים יכלו לעשות כן. כפי שהוכח, הקדמונים יכלו להשתמש גם בשיטה מקבילה, שיטה 3.

מסתבר שבמשך אלפי השנים שבהן נעשה שימוש בארגמונים לצביעה בסגול ובכחול, ובמקומות המגוונים מאוד שבהם נמצאו מתקני צביעה עתיקים – מצפון אפריקה סביב חופי הים התיכון והאיים הסמוכים ועד ספרד – נעשה שימוש בשיטות שונות, רכיבים סודיים ומתכונים שמורים מאוד. אפשר גם לשער שהטעם האופנתי השתנה מפעם לפעם ממקום למקום ומתרבות לתרבות, והתוצאות היו שונות בהתאם, כך שצבע קצת יותר סגול, כחול, כהה או בהיר, היו בעלי ערך רב יותר או פחות כתלות במקום ובזמן. נראה שאין שום סיבה הלכתית שרק אחת מההעדפות הללו תיחשב כשרה או תכלת "אמיתית".

י. שימוש בטכנולוגיה מודרנית לייצור תכלת

יש העשויים לטעון שכדי שתכלת תהיה כשרה, **שיטת הייצור** חייבת להיות זהה לזו שהייתה נהוגה בעת העתיקה. אמנם זו טעות. בכלל, אין צורך שהשיטות המודרניות לייצור תשמישי קדושה תהיינה זהות לשיטות שבהן השתמשו אבותינו, כל עוד הן עומדות בדרישות ההלכתיות. לגבי תכלת הדרישות הן שחומר הגלם יילקח מהחלזון והתוצאה תהיה גוון "תכלת". אין שיטת צביעה "יהודית". המקור של תכלת הוא מאוד ספציפי, אבל תהליך הצביעה יכול להיות כל שיטה יעילה. כך כותב הרמב"ם (הלכות ציצית ב, ב): "כיצד צובעין תכלת של ציצית, לוקחין הצמר... וכיוצא בו בדרך שהצבעין עושין כדי שיקלוט את העין... וכיוצא בהן בדרך שהצבעין עושין, ומרתיחין³⁹ אותו ונותנין בו הצמר עד שיעשה כעין רקיע וזו היא התכלת של ציצית".

³⁸ ראו במאמר הנ"ל הערה 16.

³⁹ לפי שיטת הכחול-סגול חייבים לפרש שמדובר כאן בחימום ולא בהרתחה של ממש המשמידה את החיידקים החיוניים לתהליך, ויש בזה קצת דוחק.

הרמב"ם כותב (פעמיים) להשתמש בשיטות שבהן משתמשים בעלי המקצוע – השיטה הכללית שבה השתמשו הצבעים, הצבעים הכלליים של התקופה.

לדוגמה, כיום, רוב המצות (אפילו מצות עבודת היד) נאפות בתנורי מסוע חשמליים, התפילין מיוצרים במכשירים הידראוליים, ובהמות המאכל נשחטות בסכיני נירוסטה, אמצעים טכנולוגיים שאף לא אחד מהם היה זמין לאבותינו. עם זאת, איש אינו מטיל ספק בכשרותם של תשמישי מצווה אלו. מצה חייבת להיות אפוייה, אבל אין הלכה לגבי אופן הפעולה של התנור שבו היא נאפית; תפילין חייבים להיות מרובעים, אבל לא נאמר לנו איך להגיע לתוצאה זאת; שחיטה ניתן לעשות עם כל חפץ חד כמעט, ואם החומר החדש מספק להב טוב יותר אין מניעה להשתמש בו. אותו הדבר ניתן לומר לגבי צביעת התכלת.

אתרוג חייב להיות ממין האתרוג, ובדרך כלל הצמח זקוק לדישון. ייתכן שבעת העתיקה השתמשו בזבל לצורך דישון, ואילו כיום משתמשים בחומרים כימיים מודרניים. מבחינה הלכתית אין זה משנה כיצד מתבצע הדישון של הצמח. כך גם, כדי לצבוע תכלת יש צורך בחיזור של אמבט הצביעה, ואין זה משנה כיצד מתבצע תהליך החיזור.

בדומה לתכלת, דוגמה של תשמיש מצווה הדורש צביעה היא רצועת התפילין. הלכה למשה מסיני היא שפניה החיצוניים של הרצועה חייבים להיות שחור. במשך רוב ההיסטוריה הצביעה נעשתה ב"אמצעים טבעיים", לרוב באמצעות שימוש ב"חלודה" מברזל.⁴⁰ כיום משתמשים בכימיקלים מודרניים שלא היו ידועים עד לאחרונה והשיטה אינה דומה לשיטה המסורתית. הדרישה ההלכתית היחידה היא שהצבע לא יכלול דברים האסורים באכילה ("מן המותר בפין") ושהתוצאה תהיה גוון שחור. השיטה המודרנית ממלאת את הדרישה הזו, ובכלל לא רלוונטי אם היא דומה לשיטות שבהן השתמשו בדורות קודמים.

⁴⁰ כפי שתואר במאה ה-13 על ידי ר' אברהם מזונשהיים ב"תיקון תפילין": "וכך יעשה השחרורית, יקח כל דבר שהוא ברזל, הן ישן והן חדש, וישים הברזל בכלי וישפוך עליו שכר דק שקורין גאלדוויר"ץ וישאח על הברזל עד שישחיר, או יקח מים שרוחצים בהם השעוה באחרונה... או יקח המים שתחת האבן שמשחזים בה הסכינים...".

מכיוון שברור שצפצפים קדומים יכלו להשיג צבע כחול כצבע השמיים בשעות היום באמצעות כל אחת מהשיטות 2 עד 7 דלעיל, אין סיבה הלכתית שלא להשתמש דווקא בשיטה המודרנית היעילה ביותר, המניבה תוצאות עקביות, כלומר, בשיטה 1, השיטה שבה מיוצרת התכלת כיום.

יא. אבחנה בין תכלת לקלא אילן בבדיקות מעבדה

בהתחשב בכך שלחז"ל לא הייתה גישה לאנליזה מתקדמת של חומרים, כדי לאפיין דגימת צבע נתונה, הם יכלו להסתמך אך ורק על בדיקה חזותית ועל בדיקת יציבות הצבע במפגש עם סממנים שעמדו לרשותם. חז"ל גם אמרו שלא ניתן להבחין באופן חזותי בין צמר שנצבע באמצעות אותו חלזון ימי לבין צמר שנצבע באמצעות אינדיגו שמקורו צמחי.

הסוברים שיש לצבוע רק כחול-סגול טוענים כי הבדיקות הכימיות התלמודיות (מנחות מב-מג) שנועדו להבדיל בין קלא אילן לתכלת מוכיחות שקלא אילן (שזיוף התכלת ממנו היה אף הוא, לפי שיטה זו, בצבע כחול-סגול) הורכב מצבען אדום נוסף בעל קשרים כימיים שונים, פחות יציבים, שהושפע מאותן בדיקות. לפי טענה זו, קיומן של בדיקות אלו מוכיח שחייב להיות הבדל כלשהו (כימי, אבל לא חזותי) בין תכלת לקלא אילן, ולכן תכלת בצבע שמיים אינה יכולה להיות התכלת.

אולם טיעון זה מתעלם מהעובדה שבכל צבע שמגיע מארגמונים, בין אם הוא סגול, כחול-לילה או כחול-שמיים, יש מרכיבים משמעותיים הן של מונו-ברומו-אינדיגוטין (MBI) והן של אינדיגו (IND). העובדה שאנו יכולים כיום לקבוע אם דגימה של צמר כחול הגיעה מהצומח או מהחי היא ראייה לכך שאכן קיים הבדל כלשהו בין שני התוצרים. עד כה הכימאים אמנם לא הצליחו להסביר כיצד פעלו הבדיקות התלמודיות, אך אין זה הוגן לטעון שריכוז גבוה יותר של מונו-ברומו-אינדיגוטין (MBI) בגוון כחול-לילה יעבור מבחן כלשהו, ואילו ריכוז מעט נמוך יותר בגוון כחול-שמיים לא יעשה זאת, מבלי להסביר את הכימיה שמאחורי הבדיקות.

מסתבר שיכולת האבחנה על ידי הבדיקות שהציעו חז"ל, מקורה ב'זיהומים

כימיים' – חומרים נלווים שמקורם בצמח או בבעל החיים ששימש לצביעה ונותרו על האריג בשיטות הצביעה שהיו מקובלות בעבר, ואינה קשורה למולקולות הצבע (ולטענה שהבדיקות התלמודיות עובדות דווקא על זיהומים כימיים של הגוון הספציפי המוצע ולא על זיהומים של התכלת "הסטנדרטית" אין בסיס רציונלי).

יב. מסקנות

השיטה שהתכלת צריכה להיות בגוון כחול-סגול מבוססת על ההנחה שצריך לאטום את אמבט הצבע, וכתוצאה מכך לא יכולה להיות פוטו-דיברומינציה הגורמת לצמר להיצבע בגוון כחול שמיי. לכן הסוברים כך נדרשו לחפש תת-מין ספציפי של החלזון. כעת, משהראינו שלא היה צורך לאטום את המיכלים (וגם אם היו אטומים הם יכולים להישאר פתוחים בעת הצביעה), הצמר הצבוע יכול להיות כחול, אין סיבה לחפש תת-מין שלא הוזכר במקורות חז"ל או במאמריהם של הטקסונומים, והתיאוריה מאבדת את בסיסה.

התיאוריה שהוצעה ע"י בעלי השיטה הזו מתעלמת ממחקרים רבים – היסטוריים, ארכיאולוגיים וטקסטואליים, ומשום כך אין בכוחה לערער על הפרשנות המסורתית המקובלת. כל אחד זכאי להציג תזה חדשנית. אבל עצם העובדה שהממצא הוא חוקר מכובד והתיאוריה חדשה ויצירתית, אינה מביטחה שהיא נכונה. היא חייבת להיות מבוססת על עובדות ולא להיות מנוגדת לכל הראיות הקיימות. במקרה שלנו, שיטת הכחול-סגול חדשנית ומקורית למדי – אבל היא גם עומדת בסתירה לרוב המכריע של הראיות. ולכן, למרות המאמץ הרב שהושקע בה, התזה אינה עומדת במבחן הביקורת.

ברוך ה', ובזכות עבודה קשה של אינספור אנשים, התכלת המקורית שבה להיות זמינה אחרי למעלה מ-1,000 שנים. על אף שתהליך הייצור שלה אינו זהה למה שהיה נהוג לפני אלפי שנים – כיום, כאמור, משתמשים בחומר מחזור מודרני – מתקיימות בתכלת זו הדרישות ההלכתיות הבסיסיות, שכן מקורו של הצבע הוא בחלזון ימי וצבעו דומה לרקיע בטהרתו, ולכן אלפי יהודים חוזרים לקיים מחדש מצווה דאורייתא זו ומחדשים ימיהם בקדם.

פרופ' זהר עמר

המחלקה ללימודי ארץ ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת בר אילן,

והמרכז לתולדות הטבע במורשת ישראל

בדיקת התכלת וחידושים נוספים בצביעה טבעית של ארגמן ותכלת

מבוא

צבע התכלת שהיה בשימוש במקדש ולשם מצות ציצית, כשר רק מן ה"חלזון".¹ מדובר בצבען יקר שמופק מיצור ימי שלעיתים היה קשה להשיגו.² כמות הצבען בחלזון היא מועטה, ותהליך הפקת הצבע בעבר היה מורכב וממושך. בשל כך התפתחה תעשייה של חיקויים לתכלת מצבעים שונים, ובמיוחד קיימת התייחסות לזיוף שנעשה מ"קלא אילן".³ רכישת תכלת נעשתה מאנשים מהימנים בלבד והעברתה בידי גוי דרשה סגירה של המארז בשני חותמות לפחות, מחשש להחלפה וזיוף.⁴ התכלת הגיעה לבלב כרגיל מארץ ישראל, והתלמוד מעיד שכבר במאה הרביעית היה קושי בהשגת תכלת אמתית.⁵ ייתכן שבשל כך התרכו הזיופים לתכלת והיה צורך לבדוק את אמינותה.⁶

¹ תוספתא מנחות ט, טז. לפי ההקשר נראה שהדברים נאמרו בקשר לתכלת במקדש, אך הדברים אמורים גם לגבי מצוות ציצית.

² "ת"ר: חלזון זהו – גופו דומה לים, וברייתו דומה לדג, ועולה אחד לשבעים שנה, ובדמו צובעין תכלת, לפיכך דמיו יקרים" (מנחות מד ע"א).

³ כפי שמופיע במאמר הבא: "שלא יאמר הרי אני נותן צבעונים וקלא אילן והם דומים לתכלת" (ספרי במדבר, שלח, קטו). המונח "צבעונים" אולי רומז לצבענים כחולים נוספים, כמו זה שמופק מהצמח לְשִׁישִׁית הַצִּבְעִים (*Chrozophora tinctoria*), אם כי הצבע המופק מצמח זה אינו נשאר יציב.

⁴ עבודה זרה לט ע"א: "חבי"ת (=חלב, בשר, יין, תכלת) אסור בחותם אחד".

⁵ סנהדרין יב ע"א, ובהרחבה, ד' עמר, הארגמן: פורפורה וארגי'אן במקורות ישראל ועוד בירורים בענייני התכלת, הר ברכה תשע"ד, עמ' 100–101.

⁶ עדויות על הזיופים של הארגמן מחלזון בצמחים שונים בממצא הארכיאולוגי, ראו: נ' סוקניק, ד' אילון, א' שמיר, א' רוואק וד' עמר, "ארגי ארגמן האמתי ממערות מורבעא ותחליפי ארגמן אחרים שנמצאו במערות מדבר יהודה", מחקרי יהודה ושומרון, כג (תשע"ד), עמ' 409–525. הזיוף השכיח להשגת צבע "ארגמן" היה באמצעות צביעה כפולה של פואה עם איסטיס או ניל.

זיהוי ה"קלא אילן" על פי מסורת הגאונים, בעל הערוך והרמב"ם, שכמעט כל החוקרים אימצוה, הוא צבע המופק משני צמחים הנקראים בערבית בשם "נילג" (بيلج).⁷ הראשון הוא איסטיס הצפעים (*Isatis tinctoria*), צמח תרבות חד-שנתי שהיה נפוץ בימי חז"ל.⁸ השני הוא ניל הצפעים (*Indigofera tinctoria*),⁹ שיח רב-שנתי שהיה מוכר בתקופת חז"ל, אבל היה שכיח יותר בימי הביניים. אמנם ה"קלא אילן"¹⁰ הוא כינוי לשני צמחים שונים לחלוטין מבחינה בוטנית, אבל מהעלים של שניהם הפיקו בעת העתיקה צבע בגווני הכחול, שהרכבו הכימי זהה. הצבע הכחול מתקבל הודות לאינדיגוטין (*Indigotin*) המצוי בשני הצמחים, חומר הזהה לחלוטין לזה הנמצא בצבע המופק מארגמונים (*Murex*) ורק בבדיקות מעבדה מדעיות (שכמובן לא היו לקדמונים) ניתן לעמוד על ההבדל ביניהם על פי רכיבים נוספים שקיימים בהם. על רקע הדמיון הרב בצבע המופק ממין החלזון ומין הצמחים והקושי להבחין ביניהם¹¹ נדרשה בדיקה להבחנה

⁷ ראו למשל: L. Ginzberg, *Geonica*, New York 1909, II, p. 333; הערוך, ערך קלא אילן; הרמב"ם, פירוש המשנה כלאים ב, ה; שביעית ז, א; שבת ט, ה; מגילה ד, ז; מכות א, ה; השו"ת, ח"ב, תשובה תרפה.

⁸ ניסויים שנערכו לאחרונה הראו שניתן לצבוע אף במין הבר הגדל בארץ ישראל, איסטיס מצוי (*Isatis lusitanica*).

⁹ וכן מינים נוספים בסוג *Indigofera*, כמו ניל מכסיף (*I. articulata*) שגדל עד היום באזור בקעת ים המלח כפליט תרבות וממנו הפקנו צבע איכותי ביותר. עוד ראו: ד' אילוז וז' עמר, "מתקן התעשייה בעין-בוקק: מפעל להפקת אינדיגו מצמח הניל?", מחקרי יהודה ושומרון, יח (תשס"ט), עמ' 223–230.

¹⁰ קיימים שני הסברים עיקריים לביאור המילה: קלא (גוש, רגב) אילן (בחילוף אותיות 'נילא'). רוב הצבעים לא הכירו את הצמח עצמו, אלא כרגיל רכשו את החומר המעובד, בדומה להיום, בגושים כחולים. יש המצביעים על כך, שההוראה המקורית של המילה "קלא" – שמו הנדרש של האינדיגו, הוא בסנסקריט (kAla) שחור או כחול עמוק, ראו: Rabbi I. Herzog, *The Royal Purple and the Biblical Blue, Argaman and Tekhelet* (E. Spanier ed.), Jerusalem 1987, p. 94. הרמב"ם בהלכות ציצית ב, ח מכנה את הקלא אילן בשם שחור: "חוץ מן השחור, מפני שהוא נראה כתכלת". מקור השם ביוונית *κελαινός* = קלא אילן *kelainós*, כלומר שחור או כהה, ראו עוד: הרב א' טבגר, "פירוש לפרק ב מהלכות ציצית לרמב"ם", בתוך: והיה לכם לציצית, יב, תשע"ח, עמ' נא.

¹¹ ראו בבה מציעה סא ע"ב: "אמר הקב"ה: אני הוא שהבחנתי במצרים בין טפה של בכור לטפה שאינה של בכור, אני הוא שעתידי ליפרע... ממי שתולה קלא אילן בבגדו ואומר תכלת הוא".

ביניהם. גם שיטת הצביעה שלהם היא זהה. הצביעה באינדיגוטין מן החי והצומח היא ייחודית, בשיטת "היורה" בתהליך חיזור וחמצון, ובזאת הם נבדלים מצבענים שנצבעים באופן ישיר או באמצעות צרבן (Mordant). אם נצא מנקודת הנחה שגוון התכלת הוא כחול (ולא ירוק או שחור), הרי שגם מהחלזון וגם מהניל ניתן לקבל בשיטות צביעה מסורתיות (בתנאים שונים) גוונים שונים מכחול בהיר ועד לכהה.¹² במילים אחרות, הזיוף האיכותי של קלא אילן מעיד על המקור.¹³

השימוש בקלא אילן נמצא באריגים אחדים בארץ ישראל, כמו אלה שנמצאו במערות נחל מורבעאת ובמערות האיגרות שבנחל חבר.¹⁴ ישנן גם עדויות על גידול הצמח ועל מתקנים להפקת צבע באזור זה.¹⁵ כיום גדל בר כפליט תרבות הצמח ניל מכסיף (*Indigofera articulata*). לראשונה הצלחנו להפיק ממנו צבע כחול איכותי, והדבר מצביע על האפשרות שהוא גודל בעבר באזור זה לתעשיית הצביעה.

מאמר זה עוסק במרשמים המובאים בתלמוד הבבלי לצורך בדיקת התכלת.¹⁶ כל האמוראים הנזכרים בהקשר של בדיקות התכלת הם בבליים בני הדור השלישי עד החמישי, כלומר בני המאה הרביעית לספירה. אולם הדיון בימי רב אחאי לגבי הבנת משמעות המרשמים נעשה כנראה מאוחר יותר, בתקופה הסבוראית.

¹² אין כאן המקום להרחיב במשרע הגוונים שניתן לקבל מניל: ירקק ועד אדמדם וכמעט שחור; מחלזון קהה-קוצים גם סגול ומארגמון חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה גוונים של טורקז ועד אדום.

¹³ מאז ומעולם היו זיופים מוצלחים וזולים יחסית למוצרים יקרי ערך ששימשו סמל יוקרה בקרב בני המעמד העליון, כמו בזיוף של אבני חן (למשל יהלומים) ובשמים (למשל האפרסמון).

¹⁴ ראו במאמר הנזכר לעיל הערה 6, וכן: נ' סוקניק, ד' עמר, א' רוואק וד' אילוז, "בחינה מחודשת של הצבענים שבאריגים ממערת האיגרות", מחקרי יהודה ושומרון, כד (תשע"ה), עמ' 331–350.

¹⁵ ראו ד' אילוז וד' עמר, "מתקן התעשייה בעין-בוקק: מפעל להפקת אינדיגו מהצמח הניל?", מחקרי יהודה ושומרון, יח (תשס"ט), עמ' 223–230.

¹⁶ מנחות מב ע"ב-מג ע"א.

מטרת המחקר היא לבחון האם ניתן לשחזר את המרשמים לבדיקת צבע התכלת הנזכר בתלמוד בהתאם לקשיים המתודולוגיים, כפי שנתאר בהמשך. בהנחה שהדבר אפשרי, נבחן האם קיים הבדל בעמידות הצבע בין צביעה בשיטה המסורתית לבין צביעה בשיטה המקובלת בימינו – בחלזון הארגמון לעומת ה"קלא אילן". בהמשך נציג מספר ניסויי צביעה חדשים שנערכו לקראת מחקר זה. נחתום בדיון, במסקנות ובפרשנות שלנו על הממצאים.

מרשמים לבדיקת תכלת

התלמוד הבבלי (מנחות מב ע"ב – מג ע"א) מביא שני מרשמים לבדיקת התכלת: ת"ר: תכלת אין לה בדיקה, ואין נקחית אלא מן המומחה... ותכלת אין לה בדיקה? והא רב יצחק בריה דרב יהודה בדיק ליה: מייתי מגביא גילא ומיא דשביליתא ומימי רגלים בן ארבעים יום, ותרי לה בגווייהו מאורתא ועד לצפרא, איפרד חזותיה – פסולה, לא איפרד חזותיה – כשרה. ורב אדא קמיה דרבא משמיה דרב עזריא אמר: מייתי חמירא ארכסא דשערי ואפיא לה בגווייה, אישתנאי למעליותא – כשרה, לגריעותא¹⁷ – פסולה, וסימנין: שינוי שקר, שינוי אמת! הבדיקה הראשונה כוללת השריה של הגיזה הנבדקת בתוך רכיבים אחדים מהערב ועד הבוקר. אם מראה הצבע "נפרד", כלומר הצביעה נהרסה (או דהתה) – פסולה, ואם לא חל שינוי בצביעה – כשרה. הבדיקה השנייה כוללת את הכנסת הגיזה הצבועה לתוך שאור ואפייתם יחד. אם הצביעה משתנה לטובה – כשרה, ואם הצביעה נפגמת ומשתנה לרעה – פסולה.¹⁸

¹⁷ כך בנוסח הדפוסים וכמה כת"י, ואולם בגרסת הרי"ף, רב שמואל בר חפני גאון ומדרש הגדול, לא מופיעה המילה "לגריעותא". על הנוסחים השונים ומשמעותם ראו: הרב י"י ינקלביץ, כמראה אבן ספיר: על התכלת ומראיתה במקורות הקדומים, טבת תשפ"ו (מהדורה חמישית), עמ' 154–155. ¹⁸ לפי נוסח הרי"ף "אם נשתנה למעליותא כשרה ואי לא פסולה". יש להבין זאת כך: "ואם [אחרי שעורכים את הבדיקה השנייה בנוסף לראשונה] הצביעה לא חזרה לקדמותה, היא נשארת פסולה".

השאלה היא מה היחס בין שתי הבדיקות הללו; האם הן שתי אפשרויות שונות לבדיקה ודי באחת מהן, או שמדובר בשני שלבים של בדיקה אחת? בגמרא מובא שאמורא שפעל בימי רב אחאי בדק תכלת לפי השיטה הראשונה של רב יצחק ונתקלקלה מראיתו ("איפרד חזותיה") ואולם אותה התכלת שנבדקה בשיטה השנייה של רב אדא השתנתה לטובה (חזרה למצב הקודם). מדברי רב אחאי עולה שלכתחילה יש לערוך את הבדיקה הראשונה ואם היא עולה יפה – התכלת כשרה. אולם אם אין הבדיקה עולה יפה ("איפרד חזותיה") בודקים באמצעות הבדיקה השנייה, ואם היא עולה יפה ("נשתנה למעלותא") – התכלת כשרה ואם לאו – היא פסולה.¹⁹

הרמב"ם הביא את הבדיקה הזו להלכה:

כיצד בודקין אותה עד שידע אם נצבעה כהלכתה אם לאו? לוקחין תבן וריר של שבלול ומי רגלים שנתחמצו ארבעים יום ושורין התכלת בכולן מעת לעת. אם עמדה בעינה ולא כהת(ה) – כשרה. ואם כהת(ה) – לוקחין בצק של שעורין שמעפשין אותו למוריס ונותנין את זו התכלת שנשתנת בתוכו ואופה הבצק בתנור ומוציאין התכלת מן הפת ורואין אותה, אם כהת(ה) ממה שהיתה – פסולה, ואם הוסיף עינה והושחרה יותר ממה שהיתה קודם אפיה – כשרה.²⁰

בדיקת התכלת שנזכרה בתלמוד נדונה בספרות בהיבטים שונים.²¹ כמו כן, נזכר שנעשו בעבר ניסיונות לשחזר בדיקה זו. קיימות שמועות על בדיקות שהצליחו,

¹⁹ מנחות מג ע"ב.

²⁰ הלכות ציצית ב, ה.

²¹ למשל: ר' גרשון חנוך ליינר, ספרי התכלת, בני ברק תשנ"ט (פתיל תכלת, עמ' פא–צד; עין התכלת, עמ' שי); ב' צ"ז"ק, אוצר הצמחים, הרצליה 1952, עמ' 332–333; הרב מ' בורשטיין, התכלת, ירושלים תשמ"ח, עמ' 58–59.

אך לא יצאו על כך פרסומים מפורטים שניתן להתייחס אליהם מבחינה מדעית.²² יש שלא עלתה בידם, ויש שתוצאותיהם לא היו חד משמעיות.²³ כאמור, במחקר זה נעשה ניסיון לבחון את המרשמים של בדיקת התכלת באופן שיטתי בהתאם לשיטות הפרשניות השונות ומגוון גיזות צמר צבועות. בבואנו להציע שחזור של בדיקת התכלת עלינו להתייחס להנחות יסוד ולבעיות מתודולוגיות.

הנחות יסוד

א. מכל הצעות הזיהוי ל"חלזון" שממנו הופקה התכלת האמתית בעבר נמצא ארגמון קהה-קוצים (*Murex trunculus*)²⁴ בגדר "אומדנא הקרובה לוודאי". לפי מחקרנו באים בחשבון גם מינים קרובים,²⁵ כמו ארגמון חד-קוצים (*Murex brandaris*)²⁶ וארגמונית אדומת-פה (*Murex haemastoma*)²⁷.

²² ראו, למשל, בספר חותם הזהב, בני ברק תשע"א, עמ' 7, הערה 12. הרב יהושע ינקלביץ ערך בדיקה בשנת 2009 על אריג עתיק בודד שנרכש במכירה פומבית וקשה להתחקות על מקורו, והשתמש בתבן ומי רגליים. לדבריו הבדיקה הצליחה. לצערנו לא יצא פרסום מדעי מסודר בעניין. בתאריך י"ח אדר ב' תשפ"ד, כתב לי: "לדאבוני מעולם לא התפרסם (וגם הבדיקות נעשו באופן חובבני למדי, ובכדי להוכיח נקודה אחת ויחידה בלבד: שיתכן ומשום מה יהיו הבדלים כלשהם בין תכלת וקלא אילן)". על ניסוי זה שנערך במוזיאון Living Torah Museum בניו-יורק על פיסת אריג "קלא אילן מזמן חז"ל (שנמצאה בחפירות א")", ראו: הרב מ' הלמן, לבוש הארון, ירושלים תשע"ד, עמ' 85, הערה 198. מבחינה מדעית לא ניתן לסמוך על ידיעה זו, בהעדר תיעוד מסודר שיפרט היכן בדיוק נמצא האריג ומי זיהה את רכיביו הכימיים.

²³ ראו תלמוד בבלי, מהדורת הרב ע' שטיינזלץ, לז, מסכת מנחות, ירושלים תשס"ח, עמ' 184, במדור "החיים". הרב שלמה שיינמן פרסם כמה בדיקות חשובות שערך, ומהן עולה שאין הבדל משמעותי בין צביעה בארגמון קהה-קוצים לבין הצביעה בקלא אילן, וברוב הבדיקות התקשה לקבל תוצאות מוחלטות. ראו: ש"מ שיינמן, פתרון בעיות יסוד בתכלת, פורסם כקובץ באינטרנט: <http://www.vilnagaon.org/tt1.htm>.

²⁴ סינונימים: *Phyllonotus trunculus*, *Trunculariopsis trunculus*, *Murex turbinatus*, *Murex goldi*, *Muricanthus trunculus*, *Hexaplex trunculus*.

²⁵ עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 167, 172.

²⁶ סינונימים: *Bolinus brandaris*, *Hexaplex brandaris*. באנגלית: The purple dye murex.

²⁷ סינונימים: *Stramonita haemastoma*, *Thais haemastoma*, *Buccinum haemastoma*, *Purpura haemastoma*.

- בנוסף, אנו מניחים, כפי שהובא לעיל, שקלא אילן הוא אחד מהצמחים המכילים את האינדיגוטין – כאיסטיס הצבעים וניל הצבעים.
- ב. הבדיקות המופיעות בספרות חז"ל אמורות להיות פשוטות ומעשיות; הן מבוססות על ראייה חזותית²⁸ של השינויים ביציבות הצבע במגע עם סממני הבדיקה, ולא בבדיקה מעבדתית בכלים ובאמצעים משוכללים.²⁹
- ג. רכיבי הסממנים שבהם השתמשו היו שכיחים וזמינים.
- ד. התוצאות שאמורות להתקבל צריכות להיות ברורות.

בעיות מתודולוגיות

א. רכיבי המרשם

הבדיקה הראשונה מכילה שלושה רכיבים עיקריים שנזכרו בתלמוד וסימנם גש"ם (גילא, שבילילתא, מי רגליים). לא ברור האם מדובר כאן רק בסממנים העיקריים או שמא נוספו בתהליך סממנים נלווים (כמו בפיתום הקטורת שבמקדש). אחת הבעיות העיקריות היא זיהוי רכיבי המרשם, כפי שנפרט בהמשך. מכל מקום, חסר כאן מידע רב ומפורט הקשור למינוח הרכיבים, אופן הבדיקה,³⁰ השלבים השונים ומשכם ועוד. מסתבר שגם על זיהוי הסממנים אין תמימות דעים.³¹

²⁸ יש מקום להניח שהקדמונים פיתחו כושר הבחנה גבוה בין הגוונים, כפי שמופיע למשל בהלכות מראות דם הנידה (נדה יט ע"א-ע"ב).

²⁹ הרב הרצוג הגדיר את בדיקת התכלת בגמרא "שהיא מעין הפרדה כימאית", אם כי מדובר בבדיקה פשוטה מאנליזה כימית שחז"ל סמכו עליה לעניין תכלת של ציצית שהיא מצות עשה. ראו: הרב יצחק אייזיק הלוי הרצוג, שו"ת היכל יצחק, אורח חיים, ירושלים תשל"ב, סימן נא, עמ' קכט-קל.

³⁰ למשל האדמו"ר מראדזין, טען שהבדיקה באמצעות מי רגליים היא רק בהשריה, אבל לא בשפשוף רב כדרך הכובסים, שלדעתו מסיר כל צבע (עין התכלת, עמ' שי).

³¹ לדעת ר' ישראל ליפשיץ, בעל תפארת ישראל, בשל כך לא ניתן לעשות בדיקה, ראו בהקדמה לסדר מועד, קופת ויכחים, בעניין התכלת, ולעומתו ראו בחיבור פתיל תכלת לאדמו"ר מראדזין, ר' גרשון חנוך ליינר, עמ' צ-צא.

מהתלמוד עולה שמדובר דווקא בסממנים אלה, בעוד במקום אחר נאמר על ה"צפון" (הוא הסבון),³² שבכביסה אינו גורם להסרת צבע הקלא אילן.³³ כלומר, רואים שגם בשיטות הצביעה הקדומות קלא אילן נחשב לצבע יציב ביותר.³⁴ האפשרות שנזכרת בתלמוד בהקשר של כיבוס מעילו של הכהן הגדול מראה אף היא על יציבותו של צבע התכלת מהחלזון שממנו נצבע בגד זה.³⁵ האדמו"ר מראדזין הציג שבדיקת צבע התכלת עשוי להיות הבדל ביעילותה בהתאם לתנאים ולרכיבים הכימיים. כלומר, קיים הבדל בין סממני הכביסה השונים, למשל מבחינת רמת חומציות או בסיסיות והשפעתם על הצבע, ולחילופין הדבר תלוי בדרגת החומציות שבה הופק הצבע.³⁶

ב. מהות הבדיקה: חוזק צבע התכלת או גוון התכלת

מתיאור הבדיקה בתלמוד עולה בפשטות שהיא בוחנת את איכות הצביעה, כנראה את חוזק הצבע וקליטתו בסיב הצמר או בדהייתו. כבר פליניוס בן המאה הראשונה לספירה העיד שקיים הבדל בעמידות הצבע בין זה המופק מחלזון לזה

³² השימוש בסבון נזכר בשם "sapo", על-ידי פליניוס, בן המאה הראשונה לסה"נ. לדבריו הסבון הוא המצאה שהגיעה מצרפת והוא נעשה משומן מן החי ואפר עצים (תולדות הטבע XXVIII 191). סבון זה היה נוקשה והדיף ריח לא נעים, ורק בימי הביניים החלו לייצר סבון מוצק על בסיס שמן צמחי, בעיקר משמן זית, ראו: ד' עמר, מוצרי מזון ותעשייה מהצומח בארץ ישראל בימי הביניים, ירושלים תשנ"ו, עמ' 46–48.

³³ בבא קמא צג ע"ב.

³⁴ בבדיקה שנערכה במכון התקנים לעמידות של צבענים שונים הוכח שצבען מהארגמן הוא העמיד ביותר, ולאחר מכן בסדר יורד: צבענים אינדיגוטניים מהצומח, כנימת האלון, פואת הצבעים בעוד שרמת השתמרות הצבע מהכרום היא הנמוכה ביותר.

³⁵ זבחים צה ע"א. ראוי לציין שהתוספות שם (ד"ה והא בעי שבעה סממנין) הסיקו שצבע התכלת מהחלזון יורד על ידי כביסה בסבון. דבריהם מבוססים על הגמרא בנדה סב ע"א שהסבון מעביר את הצבע. וכן ראו רבינו גרשום מאור הגולה בפירושו למנחות מא ע"ב. אולם אולי ניתן להפריד בין הצבעים הרגילים לבין צבע התכלת, שנחשב לאחד הצבעים היציבים ביותר; ראו: עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 109. כבר ציינו לעיל, שבתלמוד מובא כי בשונה משאר הצבעים, קלא אילן ששימש לזיוף התכלת אינו יורד על ידי סבון המכונה בשם "צפון" (בבא קמא צג ע"ב) וכל שכן הדבר נכון לגבי התכלת האמתית. עוד ראו: הנצי"ב, שו"ת משיב דבר, ב, סימן צח; הרב א' טבגר, "פירוש לפרק ב מהלכות ציצית לרמב"ם", בתוך: והיה לכם לציצית, יב, תשע"ח, עמ' כב.

³⁶ פתיל תכלת, עמ' פג–פד.

שמן הצומח. לדבריו, באזור גאליה ניתן להפיק צבעים כשל "קונכיליה"³⁷ וארגמן צורי מצמחים, אלא שהם דוהים בשימוש.³⁸

כיוון אפשרי אחר הוא בדיקת גוון התכלת. כידוע כבר בתקופה קדומה הייתה מחלוקת לגבי גוון ה"תכלת": כחול בהיר, כחול כהה, סגול או ירקרק.³⁹ בימינו רווחת צביעת תכלת בגוון כחול (מארגמן קהה-קוצים או בשיטת ראדזין). דומה, שקיימת הנחה סמויה שהבדיקה בתלמוד אמורה להבחין בין איכות הצבע הכחול המופק מהחלזון לבין זה המופק מצמחי קלא אילן. אולם אין לשלול את האפשרות שהגוון של התכלת היה שונה מהכחול, למשל, בגוון סגלגל⁴⁰ או ירקרק כפי שניתן להבין מדברי הירושלמי ומרש"י. קבלת הגוון התאפשרה על ידי שימוש במיני חלזונות שונים או חלזונות ממקומות גידול שונים, שינוי בתנאים של הפקת הצבע (הגורם המחזור, משך הצביעה, חשיפה לאור וכו') או לחילופין הוספת סממנים שנועדו לגרום לשינוי הגוון, כמו שנעשה לצורך קבלת גוון של ארגמן מחלזון.⁴¹ כלומר, ייתכן שהבדיקה אינה מבחינה רק באיכות הצבע וחוזקו, והסממנים המרכיבים אותה עשויים לשנות את הגוון (בכל גוון של "תכלת") בגיזת הצמר הצבוע בקלא אילן.

ג. הבדל בין צביעה בשיטה קדומה לצביעה בשיטה מודרנית

דומה שאחת הבעיות העיקריות קשור לחוסר מידע שלם לגבי אופן צביעת התכלת של הקדמונים בהשוואה לצביעה בשיטה המודרנית שפותחה על ידי פרופ' אוטו אלסנר. כך למשל, הצביעה בימינו משתמשת בחומרים כימיים חזקים ויעילים ובתהליך קצר מאוד של דקות ספורות, בעוד שהצביעה הטבעית נמשכה

³⁷ על זיהוי הגוון ראו: הרב מאיר הלוי הלמן, "לבוש הארון", בתוך: משיכיר, אסופת מאמרים מן הפולמוס על הכרת חלזון התכלת, ירושלים תשע"ו, עמ' 478–479; הרב י"י ינקלביץ, כמראה אבן ספיר: על התכלת ומראיתה במקורות הקדומים, טבת תשפ"ו (מהדורה חמישית), עמ' 217–220.

³⁸ פליניוס XXII 4.

³⁹ ראו בהרחבה: עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 170–174.

⁴⁰ על ההצעה שמדובר בגוון כחול עם נטייה לסגול (לא סגול לגמרי) ראו הרב י"י ינקלביץ, כמראה אבן ספיר: על התכלת ומראיתה במקורות הקדומים, טבת תשפ"ו (מהדורה חמישית).

⁴¹ עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 88–91.

ימים אחדים.⁴² כמו כן, אפשר שחומרי החיזור לא היו חזקים ומרוכזים דיים, ולכן קליטת הצבען בצמר לא היתה אופטימלית. הרב י' אפשטיין העלה את האפשרות שבשל השוני בטכניקת הצביעה קשה לעמוד על ההבדל בין תכלת מחלזון לקלא אילן באמצעות הבדיקה של חז"ל:

"פרופסור אלסנר עצמו הודה שבעצם תהליך הצביעה שלו הוא בידוד היסודות הכימיים הצובעים, והרחקת כל החומרים האורגניים מדם החלזון שצובעים בו. משמעות הדברים היא שלא ניתן להבחין בתוצאת הצביעה הנעשית בימינו בין צביעה בדם חלזון לבין צביעה שמקורה בצמח האנדיגו [שהוא הקלא אילן] או לצביעה מחומרים סינטטיים לגמרי. הבדיקות המוזכרות בגמ' יתנו את אותן התוצאות בכל סוגי הצובעים הנ"ל... כמו כן ניתן לטעון שתהליך הצביעה של ימינו גורם לאיבוד החומרים שעל ידם נעשית ההבחנה בין שני מקורות הצבע, ואולי אף מכלה את החומר הגורם לעמידות הגבוהה של תכלת החלזון. אמנם ניתן לטעון מאידך גיסא, שלא תהליך הצביעה בתכלת החלזון הוא המוצלח פחות מזה של חז"ל, אלא דווקא הצביעה בקלא אילן היום השביחה מחמת הידיעות היתירות בנושאי הכימיה והצביעה. לפי זה בתהליך הצביעה בימינו מוטל עלינו לברר ביתר תוקף את אמינותו של מקור הצביעה, מפני שהזיופים אינם ניתנים להבחנה בימינו".⁴³

לכן כל בדיקה מחייבת להיעשות גם על גיזות שנצבעו בצביעה טבעית, גורם בעייתי לכשעצמו, בהעדר ידע מדויק של מרשמי הצביעה של הקדמונים.

זיהוי הסממנים

להלן נציג את הדעות העיקריות לזיהוי הסממנים של בדיקת התכלת.⁴⁴

⁴² עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 130–132.

⁴³ הרב י' אפשטיין, "לזיהוי התכלת בציצית", התורה והארץ, ג, עמ' 496–497.

⁴⁴ רבנו גרשום מאור הגולה ורש"י למנחות מב ע"ב-מג ע"א. על זיהוי הסממנים ראו: מ' קטן, אוצר לעזי רש"י, ירושלים תשמ"ח, עמ' 149; ר' נתן בן יחיאל, ספר הערוך; פירוש פרק התכלת מהגניזה, בתוך: הרב אליהו טבגר, כליל תכלת, ירושלים תשנ"ג, עמ' רפה-רצה; משנה תורה להרמב"ם, הלכות ציצית ב, ה.

א. מגביא גילא – רש"י מזהה אותו בשם הלעז הגרמני (בייסא) והצרפתי (אלום), הגאונים המתייחסים למילה "מגביא" פירשו שבערבית הוא "שב",⁴⁵ וכן הוא בערוך. הכוונה למלח אלום $(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O} = \text{Alum})$,⁴⁶ המשמש כרגיל במלאכת הצביעה כחומר צרבן המקבע את הצבע לסיב.⁴⁷ לפי פירוש אחר (ע"פ גרסת הרי"ף מופיעה רק המילה "גילא") המובא בפירוש הגאונים (פירוש ראשון בגניזה) וברמב"ם מדובר בתבן.⁴⁸

ב. מי שביללתא – לפי רש"י הוא "פנגריא" (=פינוגרי), הוא ה"תלתן" של המשנה (כדעת הערוך ופירוש מהגניזה). בימינו הוא מכונה "צִנְגָּרְנִית הַחֲלָבָה" (*Trigonella foenum-graecum*). כך הוא גם הפירוש בארמית סורית.⁴⁹ לפי הרמב"ם מדובר בריר של חלזון. ואולי בגרסת הגאונים הקדומה היה כתוב בתחילה

⁴⁵ י"נ אפשטיין, פירוש הגאונים לסדר טהרות (מהדורה מחודשת בעריכת ע"צ מלמד), ירושלים – תל אביב תשמ"ב, עמ' 8; תשובות רב נטרונאי בר הילאי גאון (מהדורת י' ברודי), ב, ירושלים תשנ"ד, סימן תקכ"א, עמ' 630; בפירוש שני בגניזה (טבגר, כליל תכלת, עמ' רצג) מופיע בשם "מיא דשכאל", ואולי צריך להיות מים של "שכא" הוא בארמית הסורית האלום, ראו: M. Sokoloff, *A Syriac Lexicon*, Winona Lake – Piscataway 2009, p. 1555 [להלן: סוקולוף].

⁴⁶ על הזיהוי של המונח הארמי-סורי "מגביא" כאלום, ראו: R. Duval, *Lexicon Syriacum* auctore Hassano Bar Bahlule, Paris 1901, p. 998.

⁴⁷ לא ברור לאיזה סממן התכוון רבנו גרשום למנחות מב ע"ב: "מין צבע וקשולטר בלע"ז". ר' יצחק ב"ר אבא מארי ממרסליה, מביא בספר העיטור הלכות ציצית (דף סו טור ג) את שני הפירושים: "מין צבע יש מפורשים אליהם".

⁴⁸ פירוש זה הוא כנראה בהשפעת תרגום אונקלוס לפסוק "לקושש קש לתבן" (שמות ה, יב) "לגבבא גילי לתיבנא". וכן ראו בגמרא חולין נו ע"ב: "גילא דחיתטא". גם בסורית משמעות השם "גילא" הוא קש, ראו: סוקולוף, עמ' 231. התבן הוא חלק של קנה השיבולת שנקצץ והופרד לחתיכות קטנות בשעת הדיש והזרייה, ראו: י' פליקס, החקלאות בארץ ישראל בימי המקרא המשנה והתלמוד, ירושלים תש"ן, עמ' 260–263. לעומת זאת הרמב"ם בפירוש המשנה שבת יד, ג, מזהה את "מגביא גילא" הנזכרת בתלמוד (קי ע"א) עם "חשישת אלסרור", הוא צמח הקנבוס ההודי (*Cannabis sativa var. indica*), ונראה שבמשנה תורה חזר בו.

⁴⁹ סוקולוף, עמ' 1504. השוו אסף הרופא (כת"י מינכן 231): "עשב הנקרא תלתל, ובלשון ארם שביללתא, ובלשון יוון אנוקיריאה, ובלשון רומיים פנוגריקון"; וכן הוא כותב בתיאור "זרע תלתל".

רק מי החלבה שהם רירניים, והם רק דמו לריר החילזון.⁵⁰ מכל מקום, הבחירה במי "חלבה" מתאימה יותר מאשר במי "שבלול" מבחינת זמינות חומרי הבדיקה. במשנה במסכת נדה מובאת דעת בית שמאי שהדם בגוון "כמימי תלתן וכמימי בשר צלי"⁵¹ מטמא. הרמב"ם מבאר שם שהוא המראה האדום (חמרה) שנחלשה סמיכותו. לדעת הרמב"ם, הצבע הנראה לעין עשוי מחלקיקים – אם הם מרוכזים הם גורמים לגוון להתכהות ואילו אם הם דלילים יותר הגוון מתבהר. כלומר לדעתו הגוון של מי החלבה ומי הבשר הנוטפים בעת הצלייה הוא אדום בהיר. המאירי מבאר: "המים שהתלתן נטבל לתוכו וכמימי בשר צלי שהם גם כן נוטים לאדמימות".⁵² לצמח החלבה זנים שונים, הנבדלים זה מזה בגוונם. במחקר זה השתמשנו בזרעים של שלושה זנים: הודי (בגוון צהוב-כתום), תימני (ירקרק-חום) ואיראני (אדום). כמו כן, השתמשנו בעלים מיובשים של הצמח, שאף הם מכילים את החומר טריגונלין (*Trigonelline*) המעניק לצמח את טעמו וריחו האופייני.



תמונה מס' 1: משרה מזנים שונים של חלבה: הודי, תימני ואיראני

⁵⁰ ראו פירוש שבגניזה (טברג, כליל תכלת, עמ' רצג), הכותב שמדובר במי החלבה (ומי אלום) שהוא כדמות (לפי המילה "אשכאל" בערבית أشكال) ריר של החלזון (במקור הערבי=מא אלחלבה מימי תלתן ומיא דשכאל מאיה אעני לעאביה אלחלזון).

⁵¹ משנה נדה ב, ו.

⁵² בית הבחירה, נדה יט ע"א.

ריר חלזון משמש כיום כתכשיר קוסמטי לטיפוח העור. מגדלים מיני חלזונות שונים בכמות מסחרית ומופק מהם ריר טהור במקומות אחדים בעולם בכמה בטכניקות שונות.⁵³ המין השכיח ביותר הוא שבלול הגינה (*Cornu aspersum*) = *Helix aspersa*) ובו השתמשנו במחקר. השימוש הרפואי בחלזון לטיפול בנגעי עור נזכר בספרות חז"ל: "ברא שבלול לכתית" (תלמוד בבלי, שבת ע"ב) או בגרסה אחרת: "'שבלול לחזזית" (מדרש תהלים [בוכר] יח, יב).⁵⁴

ג. מימי רגלים בן ארבעים יום – הכוונה לשנת.⁵⁵ רש"י מביא שתי דעות: (א) שתן תינוק בן 40 יום, ואפשר שצריך לגרוס "תינוק מבן ארבעים יום". לכן מוצע לקבל את הפירוש המיוחס לרבינו גרשום: "מי רגלים של קטן שעבר עליהן ארבעים יום". (ב) שתן אדם שעבר עליו 40 יום משיצא מגוף האדם (כדעת הר"ף, רשב"ח והרמב"ם).⁵⁶ מקורות חז"ל מדברים במפורש על מי רגליים כחומר ניקוי וכיבוס רק לאחר "שהחמיצו. וכמה היא חימוצן? שלשה ימים".⁵⁷ נראה שמדובר במשך הזמן המינימלי, ואילו "עד (בן) ארבעים יום" הוא משך הזמן האופטימלי.⁵⁸

המשנה מונה את מי הרגליים בין שבעת הסממנים ש"מעבירין על הכתם", כלומר שמסירים כתם של דם או גורמים לדהיתו.⁵⁹ גם דם החטאת שניתז על

⁵³ השיטה הפשוטה היא מילוי מסננת בכמות גדולה של חלזונות ושטיפתם במים הגורמים להם לצאת מהקונכייה. לאחר מכן, מזליפים עליהם תרסיס חומצי, כמו מלח לימון במינון נמוך, דבר הגורם להגברת הפרשת הריר שניגר דרך המסננת לכלי איסוף.

⁵⁴ עוד על השימוש בשבלול לרפואה, ראו: א"א שמש, חומרי מרפא בספרות היהודית של ימי הביניים והעת החדשה, רמת גן תשע"ג, עמ' 211–212.

⁵⁵ י' דבירי, "המונח מי רגלים", קורות, ו (תשל"ה), עמ' 794–803; ד' עמר, ספר הקטורת, תל אביב תשס"ב, עמ' 151–152.

⁵⁶ גם בהלכות שבת מזכיר הרמב"ם מי רגליים בן ארבעים יום (הלכות שבת, יח, ח).

⁵⁷ תוספתא, נדה ח, ט.

⁵⁸ שבת צ ע"א, ותוספות (שם ד"ה מי רגלים), מוסיפים שלאחר ארבעים יותר אין משתמשים בו להסרת הכתם.

⁵⁹ משנה, נדה ט, ו, השוו משנה שבת ט, ה. השתמשו במי רגליים גם לחפיפת הראש בבית המרחץ, למרות הריח הרע – תוספתא, בבא מציעא יא, לב. עוד ראו על שימושי, שמש, "דטרגנטים, חומרי ניקוי וסבונים במקורות היהודיים", בד"ד, 17 (תשס"ו), עמ' 78–79.

בגדי הכהן, ניתן להסרה לפי הרמב"ם בסממנים אלה, אם כי לא השתמשו במי רגליים משום כבוד המקדש.⁶⁰ מכאן, שבאופן עקרוני, מי רגליים יכולים להסיר דם אדם או בעלי חיים, בניגוד לצבע עמיד.

בצביעה המסורתית הקדומה נהגו להשתמש במי רגלים לצביעה.⁶¹ מאידך ר' חיים ויטאל מזכיר ניקוי ידיים מריח מי רגליים שהשתמשו בהם בצביעה של אינדיגו: "למי שנצבעו ידיו באנייר בעת שמוציא הצמר הצבוע מן החבית... ואח"כ תנגב ידיך ותשפשפשם בעפר וזה הוא כדי להעביר קצת ריח רע של המי רגלים הנשאר בידך. ואח"כ ירחוץ במים זכים. ואח"כ ישפשף ידיו במעט סובין. ואח"כ ירחץ ידיו במים ובבורית ובלע"ז סאבון".⁶²

שימוש בשתן תינוקות לצביעה נזכר בפפירוס סטוקהולם.⁶³ פליניוס מציין שהשתן מסייע להסרת כתמי דיו, וכן שמשמשים בו לצרכים לרפואיים שונים וקיימת הבחנה בין שתן של ילדים שלא הגיעו לבגרות לשתן של בוגרים.⁶⁴

ד. חמירא ארכסא דשערי – שאור "ארכסא" של שעורים. רבינו גרשום ורש"י מבארים שמדובר בשאור קשה של שעורים שהחמיץ הרבה.⁶⁵ לפי פירוש הרמב"ם מדובר בשאור שעורים שהתקלקל ומשמש להכנת "מוריס".⁶⁶ ומבואר בראשונים: "שהיו כותשין שעורים לנסיוני תכלת, שטומנין אותו בתוך פת של

⁶⁰ רמב"ם, הלכות מעשה הקרבנות ח, י (ע"פ זכאים צח ע"ב).

⁶¹ י' ספראי, הצאן, הצמר והצביעה, שדה אליהו, עמ' 43. בניסויי צביעה שערכתי קיבלתי תוצאות יפות בצביעה בניל הצבעים ובארגומן קהה-קוצים במי רגלים.

⁶² ז' עמר וי' בוכמן, "הלכה ומעשה בחיבורו של רבי חיים ויטאל", סיני, קכה (תש"ס), עמ' רב-רטו (ריד).

⁶³ E. R. Caley, The Stockholm Papyrus, *Journal of Chemical Education* 4:8 (1927), p. 998, no. 143.

⁶⁴ תולדות הטבע XXIII 65–67.

⁶⁵ על "ארכסא דשערי", ראו ר' יעקב עדס, שו"ת חדות יעקב, ירושלים תש"ס, או"ח, סימן ט: "שנראה מזה שיש כח תסיסה וחמוץ בשעורים יותר מבחטין".

⁶⁶ בלשוננו של רמב"ם: "לוקחין בצק של שעורין שמעפשינן אותו למוריס". מוריס – מלטינית (muries), השמנונית היוצאת מהדגים בשעת כבישתם בתוספת תבלינים חריפים, כמו שאור חמוץ או יין (חולין ו ע"א).

שעורים ואופין אותו".⁶⁷ אחר כך בודקים האם איכות הצבע השתפרה או משתמרת או לחלופין אם הצבע דהה.

ייתכן שקיים קשר למונח "הרסנא", שעל פי הערוך הוא מאכל העשוי מדגים משוחים בשמן, קמח וחומץ.⁶⁸ לענייננו, מדובר בשאור שעורים שמוכנס לציר דגים להעניק לו את חמיצותו. נציין שבספרות חז"ל נזכרו מורסן וסובין של דגניים. לניקוי הגוף.⁶⁹



תמונה מס' 2:

רכיבי המרשם לפי שיטת רש"י:
אלום, חלבה ומי רגליים
(מימין לשמאל)



תמונה מס' 3:

רכיבי המרשם לפי שיטת רמב"ם:
חבן, ריר חלזון ומי רגליים
(מימין לשמאל)

⁶⁷ ראו בחידושי הרמב"ן לשבת עד ע"א (בשם ר"ת).

⁶⁸ מופיע בקשר לדין שבמסכת ביצה טז ע"א ולא לסוגיית התכלת במסכת מנחות.

⁶⁹ משנה, פסחים ב, ז. בעולם הרפואה הקדום שימשו לכך למשל קליפות של חיטים (סובין), ראו בהרחבה: א"א שמש, "דטרנטים, חומרי ניקוי וסבונים במקורות היהודיים", בד"ד, 17 (תשס"ו), עמ' 60–61.

טבלה מס' 1: סיכום הזיהוי של רכיבי המרשמים

סממנים	חלק מהגאונים ורש"י	הגאונים ורמב"ם
מגביא גילא	אלום (Alum)	תבן (קנה הדגן שנקצץ)
מיא דשבילתא	משרה רירנית של גרגרנית החלבה	ריר (כמו) חלזון
מימי רגלים בן ארבעים יום	שתן של תינוק (מ)בן 40 יום ; שתן אדם שעבר 40 יום	שתן אדם שעבר 40 יום
חמירא ארכסא דשערי	שאור שעורה נוקשה	שאור שעורה שהחמיץ הרבה

הבדיקות שנעשו במחקר זה

למרות כל הבעיות והמגבלות שמנינו לעיל, ערכנו שתי סדרות של בדיקות. בתחילה ניסינו כמה אפשרויות לבדיקה הנזכרת בתלמוד בהתאם לשיטות הזיהוי השונות של הפרשנים (ראו לעיל, טבלה מס' 1) ועל 30 דגימות גיזות צמר צבועות שונות (ראו להלן, נספח מס' 1). הבדיקה כללה לרוב יחס דומה בין הרכיבים (ראו להלן, טבלה מס' 2).

להלן תנאי הבדיקות ומהלכן:

- כל הבדיקות נעשו בכוסות זכוכית כימיות או בקערות פלסטיק, ולא בכלי מתכת.
- לפי רש"י מגביא גילא הוא המינרל אלום. הגביש הומס במים חמים בתמיסה הרוויה באופן המרבי, 8 גרם ל-100 מ"ל מים. לפי פירוש הרמב"ם מגביא גילא הוא תבן.⁷⁰ אנו השתמשנו בשיבולת שועל יבשה, שהקנה שלה נקצץ דק, והיא הושרתה במים במשך כיממה.
- מי החלבה הוכנו מגרגרים טחונים של הצמח משלושה זני חלבה (הודי, תימני ואיראני) וכן מאבקת עלים וגבעולים יבשים. רכיבים אלה הושרו במים במשך

⁷⁰ קנה הדגניים למיניהם הנקרא בלשון המקרא "קש" ונקצץ לפיסות קטנות (שמות ה, יב).

יממה, ועורבבו מדי פעם. השימוש היה במשרה הירירנית שצפה על פני האבקה ששקעה בתחתית הכוס.

• במחקר זה השתמשנו במי רגליים של ילד בן שמונה שנים ובמי רגליים של בוגר ששהו שלושה חודשים. מי הרגליים הונחו במקום מוצל בתוך בקבוקים פתוחים לצורך חשיפה לאוויר והתפרקותם לאמוניה. לא מצאנו הבדל משמעותי בין שתן של ילד לבין שתן של בוגר. בשתי הדגימות רמת החומציות השתן שנבדקה בשעת האיסוף היתה כ-6 pH והיא עלתה בהדרגה עם הזמן: לאחר 40 יום לרמה של 7 pH, לאחר חודשיים לרמה של 9 pH ולאחר שלושה חודשים הגיעה לרמה מכסימלית של לרמה של 9.5-10 pH.⁷¹

• שאור "ארכסא" של שעורים. במחקר זה השתמשנו בשאור של קמח שעורים שתסס ונילוש במשך חודשיים. כל דגימה של צמר הוכנסה לכדור שאור שמשקלו כ-25 גרם עם קיסם ותווית הנושאת מספרו.

• בתהליך המקדים של המחקר בדקנו את השפעת החום על הדגימות במעלות חום (צלסיוס) שונות (100, 150, 165, 180, 200) ובפרקי זמן (דקות) שונים (60, 75, 90). בטמפרטורה של 180 מעלות מתחילים להבחין בפגיעה בצמר, ובטמפרטורה של 200 מעלות הצמר והשאור נחרכו לגמרי. לכן נראה שטמפרטורה של 165-170 היא המרבית למשך 75 דקות בלבד (כדי להימנע מאפיית יתר), באופן שניתן להבחין באפייה מלאה מבלי שניכר לעין נזק בצמר.

• במחקר זה נבחרו בתחילה 30 דגימות צמר שנצבעו מצבענים שהופקו ממיני חלזונות ארגמונים שונים וצמחי אינדיגו, בצביעה בשיטה מודרנית וטבעית ובתנאי צביעה שונים (נספח מס' 1, דגימות מס' 1-30). לראשונה נבדקו גם שתי פיסות זעירות של אריגים עתיקים צבועים אינדיגו שנמצאו בוואדי מורבעאת מהתקופה הרומית וימי הביניים.⁷² בשלב שני חזרנו על הבדיקות (בתמיסה חדשה) על דגימות צמר שנצבעו בצביעה טבעית מלאה (נספח מס' 1, דגימות מס' 31-39).

⁷¹ בשתן ברמת החומציות הגבוהה הצלחנו לצבוע עם אינדיגו; התקבלה רמת צביעה יפה בניל הצבעים וכן בחלזון קהה-קוצים.

⁷² מס' רשות העתיקות 491641; 492856. תודתי לד"ר מיקי סבן ולד"ר נעמה סוקניק על האפשרות לדגום דגימות אלה.

• הדגימות הקטנות הודקו לאטב משרדי קטן וממנו השתלשל חוט שבקצהו תווית עם מספרו. בכל אחת מהבדיקות הוכנסו כל הרכיבים שהושרו או הותקנו לפני כן, כמתואר לעיל, לתוך קערה קטנה. לאחר מכן התמיסה עורבבה היטב ולתוכה הוכנסו הדגימות של הצמר הצבועות למשך כשתיים עשרה שעות.⁷³ לאחר מכן נבדק אם חל בהן שינוי באיכות הצבע.

• לבד מהבדיקות בחומרים הטבעיים, הדגימות הוכנסו לתמיסת אקונומיקה (3% נתרן תת-כלורי) שנחשב לחומר כימי, מלבין כביסה פעיל חזק הגורם לאובדן הצבע. בתחילה הושרו הדגימות במשך כיום ואז הסתבר שהאקונומיקה גרמה להמסה של חלק מהדגימות. דגימות (חדשות) הוכנסו שוב לתמיסת האקונומיקה למשך שלוש שעות.

• הבדיקה של אפיית הדגימות נעשתה פעמיים: בפעם הראשונה לפני הכנסתן לתמיסות של המרשם שבתלמוד ובפעם השנייה לאחר שהייה עם סממנים בשיטת הגאונים.

טבלה מס' 2: סיכום של השיטות ורכיבי הבדיקות

השיטה	הרכיבים	אופן הבדיקה
רש"י	8 גר' אלוט בתמיסה של 100 מ"ל מים 100 מ"ל מי חלבה (50 גרם גרגרים/עלים) 150 מ"ל שתן של ילד שעבר 40 יום	השריה מערב עד בוקר (12 שעות)
רמב"ם	10 גר' תבן (קנה דגן שנקצץ) בתמיסה של 100 מ"ל 50 מ"ל ריר חלזון 150 מ"ל שתן של מבוגר שעבר 40 יום	השריה מערב עד בוקר (12 שעות)
גאונים	10 גרם תבן (קנה דגן שנקצץ) בתמיסה של 100 מ"ל 100 מ"ל מי חלבה (50 גרם גרגרים/עלים) 150 מ"ל שתן של מבוגר שעבר 40 יום	השריה מערב עד בוקר (12 שעות) לאחר ההשריה, הכנסת הגיזות הצבועות כל אחת בנפרד לשאור שעורים בן חודשיים ואפייה כ-75 דק' ב-170 מעלות
ביקורת	אקונומיקה	השריה במשך 3 שעות

⁷³ על פי גרסת התלמוד מערב ועד בוקר. והרמב"ם כתב: "מעת לעת", דהיינו 24 שעות.

תוצאות המחקר

קיים מדרג בחוזק הסממנים המשפיעים על הגוון של הדגימות הצבועות; האקונומיקה היא החומר הפעיל ביותר שגורם לדהיית הצבענים באופן המשמעותי ביותר ברוב הדגימות. מבין השיטות של הפרשנים נראה שהמרשם של הגאונים הוא היעיל ביותר. דבר זה עולה מהשריה של חצי יממה, ותוצאות משמעותיות יותר קיבלנו בניסוי נוסף, בהשריה של יומיים (אז התוצאות היו בדומה לאקונומיקה).⁷⁴ השפעה פחותה משל שיטת הגאונים על גוון הצבעים בגיזות קיימת בשיטת רש"י. לבסוף, שיטת הרמב"ם אינה משפיעה כמעט על הגוונים בגיזות. יש לציין שערכנו גם בדיקה אחת המשלבת את שיטת רש"י והרמב"ם,⁷⁵ כלומר שימוש באלום ובריר חלזון, וגם במקרה זה לא מצאנו השפעה על דהיית הצמר בין בקלא אילן ובין בחלזון שנצבעו באופן טבעי באפר. המגמה במדרג של דהיית הצבע לאור שיטות הבדיקה השונות עולה גם בבדיקות אמצעות מד ספקטרופוטומטר (ראו נספח מס' 3). בהתאם לכך, רוב המסקנות שיוצגו להלן מבוססות על התוצאות לפי שיטת הגאונים.

אפיית הדגימות הצבועות בשאור שעורים ללא השריה בסממנים לא שינתה באופן ניכר את המראה של הצבע, למעט שינוי קל בסממנים שנצבעו בארגמן קהה-קוצים בגוון ארגמן-סגול (מס' 10–11) ושינו את גוונם לסגול-כחול, וכן ניכר שינוי בדגימות שנצבעו בצביעה טבעית (מס' 4). המסקנה היא שאפיית הדגימות לא שימשה כבדיקה בפני עצמה. אלא כנראה רק כבדיקה שנייה של הדגימות שנבדקו בתחילה בתמיסת הסממנים. באפייה לאחר השריה בסממנים בשיטת הגאונים הגוון לרוב לא השתנה או שאיכותו ירדה במעט. במקרים אחדים האפייה שינתה את הגוון לכהה יותר (1, 4, 16, 20, 24, 39).

⁷⁴ נראה שפרק הזמן שמציין התלמוד הוא מינימלי, ולכן הרמב"ם ציין פרק זמן יותר משמעותי של "מעט לעת".

⁷⁵ בדיקה זו יוצאת מנקודת הנחה שהעלה הרב אברהם רפמן, שיש לחשוש שמא לא עמדה לפני הרמב"ם הגרסה "מגביא גילא" אלא רק "גילא" ולכן פירש שמדובר בתבן. כלומר, נחשוש לגרסת רש"י "מגביא גילא" (=אלום?), ולפירוש הרמב"ם ל"מיא דשבלילתא" (=ריר חלזון).



תמונה מס' 4: דגימות שעברו אפייה בתוך שאור שעורים

על פי הדגימות ששהו בתמיסות השונות (למעט האקונומיקה) נראה שאין הבדל משמעותי בין צביעה באינדיגו מן החי לבין צביעה באינדיגו ממקור צמחי בצביעה באמצעות חומרים כימיים מודרניים (18, 24). איכות הצביעה היא לרוב טובה ויציבה, כולל צביעה בניל מכסיף (22). שילוב ארגמון קהה-קוצים וארגומנית אדומת-פה מעניק עמידות חזקה (16).

אשר לבדיקות שנעשו בדגימות שנצבעו באמצעות סממנים טבעיים – יש כנראה הבדל בעמידות הצבע בין שיטות הצביעה השונות. צביעה בניל עם סובין חיטה ופואה⁷⁶ התגלתה כעמידה ביותר (20), וכן צביעה של ניל במי רגליים בשהייה של כשבוע בתמיסה. בצביעה מסורתית באינדיגוטין בשיטה 1–2–3⁷⁷

⁷⁶ בישול התמיסה בחום נמוך כשבוע ואחר כך השריה של הצמר בתוכה למשך כחמש שעות. השימוש בסובין לצביעה נזכר בתלמוד בבלי, פסחים מב ע"ב, ראו רש"י שם ד"ה: מיא דחירא.

⁷⁷ שיטה זו קיימת עד היום בהודו ובסין, ומבוססת על חלק אחד של צבען אינדיגו, שני חלקים של סיד ושלוש חלקים של פרוקטוז (סוכר פירות) או דבש.

קיימת באופן יחסי עמידות בינונית בצביעה בארגמון (4, 5, 6) ופחותה יותר באינדיגו מן הצומח (19, 25). במקרים אחדים נמצאה עמידות פחותה בצביעה עם מי רגליים (7, 8), ובמקרים אחדים הצביעה נשארה ללא שינוי משמעותי (35, 38). צמר שנצבע באמצעות צמחי מליחה (מלוח, אוכס ופרקן; דגימות 12, 23, 31) וכן עם אפר עצים (אלון מצוי ואורן ירושלים; דגימה 32) דהה יותר מבשיטות הצביעה האחרות באופן משמעותי. גם בצביעה טבעית בארגמון קהה-קוצים קיימת דהייה קלה, אבל לא משמעותית כמו בניל (באפייה לאחר מכן אין הבדל משמעותי, למעט דגימה מס' 36, שבה רואים שיפור קל).

בצביעה בחומרים כימים מודרניים בארגמון קהה-קוצים במים מלוחים (מס' 3) או עם תמיסה של אלום (9) או בארגמונית אדומת-פה (14) ובשילוב ארגמון קהה-קוצים עם ארגמון חד-קוצים (15) – איכות הצביעה פחתה לאחר הבדיקה. בארגמון חד-קוצים בלבד (13) הצבע נהרס לגמרי. בדיקה של צביעת תכלת בדיונן מראה על דהיית צבע משמעותית בהשוואה לצביעה בארגמון קהה-קוצים, במיוחד בשיטת "ראדזין" (27).⁷⁸



דיונן "ראדזין" דיונן "תכלת מרדכי" ארגמון קהה-קוצים

תמונה מס' 5: מקור, בדוק לפי הרמב"ם, בדוק לפי הגאונים (מימין לשמאל)

מכל מקום, כמעט בכל הבדיקות שנעשו על מיני הארגמונים השונים ניתן לראות דהייה מסוימת של הצבע. הדבר תואם את העולה מהתלמוד, שלעיתים צבע התכלת האמתית עשוי לדהות, אם כי פחות מקלא אילן (ראו מנחות מג ע"א: "איפרד חזותיה – בדקין לה בדרכ אדא").

⁷⁸ מדובר בדגימה שנצבעה בשיטה המסורתית של חסידי ראדזין בטרם החלו להוסיף תרכובות של ניקל לקיבוע הצבע ולחזוקו.

מסקנות

1. בדיקת תכלת

בתחילת הדברים יש לציין ביושר שאין אנו מתיימרים לקבוע שאנו יכולים לשחזר באופן ודאי את הבדיקה הנזכרת בתלמוד. מחקר זה נעשה אפוא בהתאם למגבלות רבות; בראש ובראשונה חוסר ידע מספק של דרכי הצביעה והסממנים שהשתמשו בהן הקדמונים. ללא ספק נהגו בעבר שיטות צביעה שונות, והאפשרות לדעת לאיזו שיטה מתייחס המרשם בתלמוד פתוחה לפרשנות. לאור זאת, בחנו גיזות צבועות שונות שנצבעו בחומרים כימיים מודרניים ובמגוון שיטות מסורתיות הידועות בימינו. בחינה ראשונה של ניסויי הבדיקה שערכנו, לכאורה אינה מצביעה על תוצאות חד משמעיות המבחינות בין הצבען המופק מחלזונות הארגמונים לעומת הצבען מהמקור הצמחי. אולם ניתוח מדוקדק של התוצאות העלה כמה תובנות חשובות.

קיימים הבדלים בין דגימות הצביעה בתנאים שבהם הן נצבעו – סוג החומר ומקורו, שיטת הצביעה ותנאיה ועוד. קיימים הבדלים גם בגוונים השונים, ולכן כל בדיקה משקפת את השינוי היחסי שנבדק בה באופן חזותי ובאמצעות מד ספקטרופוטומטר לפני הבדיקה ואחריה.

שיטת הבדיקה היעילה ביותר הגורמת לשינוי בגוון הצביעה היא שיטת הגאונים, דהיינו שילוב של תבן, מי חלבה ומי רגליים. צבען האינדיגוטין הקיים בארגמונים ובצומח הוא לרוב עמיד בצביעה בשיטה מודרנית ולכן נראה שהבדיקה החזותית של התלמוד אינה עשויה להיות יעילה. לעומת זאת בבדיקה באמצעות מד ספקטרופוטומטר ניתן לראות הבדל בצביעות מודרניות בין איסטיס הצבעים לארגמון קהה-קוצים. אף שעצמת הצבע המקורית באיסטיס חזקה משל הארגמון, הרי שלאחר הבדיקה הצבע של החלזון נשאר עמיד יותר באופן יחסי (גרף מס' 7).



תמונה מס' 6: דגימות צמר צבועות שנבדקו במחקר זה

לגבי צביעה טבעית קיים הבדל בין השיטות השונות. ייתכן מאוד שהמרשם המופיע בתלמוד מתייחס לשיטות הצביעה השכיחות (שימוש בסיד או באפר), שבהן איכות קליטת הצבען בסיב נמוכה מזו הקיימת בשיטה המודרנית. הצביעה האיכותית ביותר היא כאמור בשילוב של סובין חיטה ופואה (20), המוסיפה כנראה עמידות לצבען. עמידות הצביעה באינדיגוטין מן הצומח בשיטה 1–2–3 נמוכה מהצביעה באמצעות חומרים כימיים מודרניים בארגמון קהה-קוצים.

איכות הצביעה באמצעות סיד, אפר עצים או צמחי מליחה היא הנמוכה ביותר. ייתכן מאוד שהדבר רומז לכך, שצביעת התכלת בתקופת התלמוד אכן נעשתה בסממנים מצמחים אלה, ולכן המרשם התלמודי היה אפקטיבי. דבר זה עולה בקנה אחד עם תיאור צביעת התכלת שמביא הרמב"ם ובהם שימוש ב"אהלא" וקיימוניא.⁷⁹ סממנים אלה מזוהים עם מלחי האשלגן והנתרן שהופקו מצמחי המליחה.⁸⁰ נראה שאיכות קישור הצבען לצמר בשימוש בסממנים אלה היא נמוכה יותר, מפני שאפר צמחי המליחה הוא חומר מחזור ובסיסי חלש, שאינו

⁷⁹ הלכות ציצית ב, ב.

⁸⁰ ראו בהרחבה: עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 181–182.

מאפשר להשלים את החיזור באופן מושלם. זאת לעומת החומרים הכימיים המודרניים שהם חזקים יותר, ומאפשרים להשלים את התהליך באופן מלא ומהיר. על רקע זה יש להתייחס לבדיקה שערכנו לשתי דגימות של אריגים הצבועים באינדיגוטין, קרוב לוודאי מהצומח, שנמצאו בואדי מורבעאת מהתקופה הרומית ומתקופת ימי הביניים. מבחינה חזותית קיים הבדל משמעותי ביניהם בחוזק הגוון, שכן האריג מהתקופה הרומית משולב עם חוטים בגוון חום והחוטים הכחולים נראים באופן יחסי דהויים בהשוואה לאריג מימי הביניים שכולו צבוע בגוון כחול חזק (ראו נספח מס' 3, גרף מס' 8).



תמונה מס' 8 :
פיסת אריג צבוע מימי הביניים



תמונה מס' 7 :
פיסת אריג צבוע מהתקופה הרומית

בדומה לדגימה מימי הביניים, ראיתי אריגים מהמאה התשיעית או העשירית הצבועים כחול חזק שנמצאו בחפירות הצלה מאזור כתף יריחו (מעה 38). לכאורה ההבדל נובע משינוי בשיטת הצביעה ובאיכותה בימי הביניים. על כך מעיד הרדב"ז (מאה שש-עשרה) שבזמנו אין נזקקים לצבע החלזון מפני שצבע הקלא האילן הוא עמיד ביותר: "גם כי אינם צריכים לו, שצבע הדומה לתכלת מצוי הרבה דהיינו איסטס הנקרא בערבי ניל וצובעין אותו באופן אומנות שאינו עובר אפילו על ידי גיהוץ".⁸¹ יש לציין שבתקופה הרומית השתמשו גם באיסטס

⁸¹ שו"ת רדב"ז, ב, סימן תרפה.

שריכוז האינדיגוטין שבו נמוך יותר מהניל שהיה רווח מאוד בימי הביניים (וקיבל בספרות העברית את השם ניל).

נראה שהבדיקה הנזכרת בתלמוד הייתה אמורה לבדוק את טיב הצבען ואת טיב היקלטותו בסיבים, כלומר את חוזק העמידות של הצביעה בארגמון לעומת קלא אילן בשיטה שהייתה מקובלת בתקופתם. ניתן לכאורה לראות מגמה זו גם באמצעות מד ספקטרופוטומטר בהבדל חוזק הצביעה: צביעה מודרנית באיסטיס היא החזקה ביותר, לאחר מכן הדגימה מימי הביניים ובסוף הדגימה מהתקופה הרומית (ראו נספח מס' 3, גרף מס' 9).

אולם למרות כל זאת, אין לקבל מסקנות מרחיקות לכת משתי דגימות אקראיות. ניתן להסביר שחוזק הצבע הוא פונקציה של זמן; ככול שחולף הזמן הגוון דוהה יותר. למעשה, איננו יודעים גם מה התנאים שבהם שהו האריגים (אור, תנאים אנאירוביים, חומציות בקרקע ועוד) לאורך מאות בשנים. שינוי בעוצמת הגוונים תלוי כמובן בשאלה איזה גוון הצבע ביקש לקבל, כחול בהיר או כהה, שכן ניתן היה לשנות את הגוון ולהכהותו באמצעות הריכוז של הצבען ומספר טבילות הצמר בצבע (ראו דוגמה בתמונה מס' 9).



תמונה מס' 9:

**צביעת צמר בניל הצבעים ובמי רגליים
בגוונים של כחול, כחול כהה ושחור**

מבין מיני הארגמונים נראה שהצבע העמיד ביותר מתקבל מארגמון קהה-קוצים או בשילוב עם ארגמונית אדומת-פה. הצבע בעל האיכות הנמוכה ביותר מופק מארגמון חד-קוצים, ושילוב שלו עם שאר מיני הארגמונים מפחית מאיכות הצבע. מהבדיקות עולה שהצביעה בשיטת האדמו"ר מראדזין, בצבען המופק מדיונון, אינה עמידה כלל.

2. ניסויי צביעה חדשים בארגמונים

את המחקר המעשי של צביעה בארגמונים התחלתי בשנת תשס"ט במילאנו שבאיטליה ומאוחר יותר בסיציליה. במסגרת זאת פיצחנו אלפי חלזונות ארגמונים, שבמקומות אלה ניתנים לרכישה באופן חוקי כפירות-ים למאכל. רוב המחקר נעשה על ארגמונים מסוג קהה-קוצים וחד-קוצים ומעט מאוד על ארגמונים מסוג אדומת-פה. מחקר זה אפשר לנו לערוך ניסויי צביעה בבלוטות חיות, ולא רק בבלוטות מיובשות כפי שהיה מקובל עד אז.

במהלך מחקר זה הוכחנו שניתן לצבוע גוונים שונים של "תכלת" (כחול, סגול, טורקיז, ירקרק) בחשיפה לשמש גם מארגמון חד-קוצים ומארגמונית אדומת-פה בגוונים של טורקיז עד ירקרק. כך ביקשנו להסביר את הפרשנויות השונות לגבי גוון התכלת: כחול כים (בבלי) או ירקרק כצמחים (כמובא בירושלמי).⁸² אמנם השימוש העיקרי היה בארגמון קהה-קוצים בשל זמינותו והכמות הגדולה של הצבען בו באופן יחסי. אולם ייתכן שבשל שינויים שונים העשויים להשפיע על זמינות החלזונות – כתוצאה ממחזוריות רבייה בטבע, שינויים אקולוגיים או צייד-יתר – נאלצו הקדמונים להשתמש בחלופות אחרות, בעיקר מארגמונית אדומת-פה שניתן להפיק ממנה צבע כחול איכותי או בשילוב עם שאר מיני החלזונות (תמונה מס' 10).



תמונה מס' 10 :

מימין לשמאל: צביעה בארגמונית אדומת-פה – בתנאי חדר ובחשיפה לשמש;
צביעה בארגמון קהה-קוצים בשילוב ארגמון חד-קוצים – בתנאי חדר ובחשיפה לשמש

⁸² ראו עמר, הארגמן (לעיל הע' 5), עמ' 170–174.

דבר זה מוביל אותנו להנחה שהדרישה לצבוע "מן החלזון"⁸³ אינה מתייחסת דווקא למין מסוים, ובוודאי שלא לתת-מין ייחודי של חלזון.⁸⁴ כיום מקורות הארגמון קהה-קוצים לצביעת תכלת הם מאזורים שונים לאורך אגן הים תיכון, כמו קרואטיה ויוון. אמנם המתמחים בצביעת ארגמונים עשויים להבחין לפעמים בהבדלים קלים בגוון הצבען המתקבל כתוצאה מגורמים שונים, אך עדיין מדובר בתופעה שאינה משמעותית.

בסופו של דבר, שיטת הצביעה בכל מיני החלזונות היא זהה, וגם לא מצאנו במקורות התייחסות לאפשרות שיש הבדל בין מיני החלזונות והעדפה של מין מסוים (אם כי בפועל קיימת קדימות לארגמון קהה-קוצים בשל ריכוז הצבען). תיריה מזאת, כל מי שהיה בקשר ישיר עם דייגים השולים את החלזונות מהים יודע שפעמים רבות קיים ערבוב בין מיני החלזונות. מי שאינו מיומן עשוי לטעות בקלות בהבחנה בין ארגמון קהה-קוצים וארגמונית אדומת-פה כאשר הם מכוסים בצמידה הימית (תמונה מס' 11), ורק בדיקת פתח החלזונות מסייע להבחנה ביניהם. אם כן, "מן החלזון" הוא שם קיבוצי לכלל מיני החלזונות הדומים שמהם ניתן להפיק את האינדיגואידים וכולם כשרים למצוות התכלת.



תמונה מס' 11 :
חלזונות של ארגמון קהה-קוצים
עם ארגמונית אדומת-פה
מכוסים בצמידה ימית

⁸³ תוספתא, מנחות ט, טז.

⁸⁴ כדעת יחיד של צ' קורן, "גוון התכלת ודרך צביעתה לאור גילויים מדעיים חדשים", תחומין, מג (תשפ"ג), עמ' 455-472 (ושם עמ' 461-463). תגובה לכך ראו במאמרו של א' זיבוטפסקי, בתחומין שם, עמ' 473-481, שמהדורה מורחבת שלו מתפרסמת כעת, לעיל עמ' ט-לב.

בנוסף, הגענו למסקנה שצבע ה"ארגמן" הופק בעיקרו מארגמון קהה-קוצים ולא מארגמון חד-קוצים שכמות הצבען בו היא מועטה. לצורך קבלת "ארגמן" בגוון אדום-בורדו או אדום-סגול (ארגמן צורי) יש צורך להוסיף סממנים נוספים כמו תחמוצות ברזל, פואה, תולעת שני או כנימת הלכה. תוצאות המחקר הראשון פורסמו בספרי "הארגמן" בשנת תשע"ד.⁸⁵

את המחקר המעשי בצביעה חידשתי בשנת תשפ"ד בסלוניקי, יוון, כאורח של עמותת "תכלת לחושבי שמו" בראשות הרב יחזקאל טופורוביץ. שם התאפשר לי לקבל אספקה גדולה של כל שלושת מיני הארגמונים. המחקר נעשה בחלקו ביוון על בלוטות חיות ובחלקו הושלם בחצר ביתי בנווה צוף בבלוטות שיובשו בחו"ל. המחקר התמקד הפעם בשימוש בסממנים טבעיים, ובהם אפר צמחי מליחה שונים שהכנו לצורך מחקר זה,⁸⁶ מי רגליים ועוד, כפי שנפרט בהמשך.

חלק מסדרת הניסויים האחרונים נערכו לקראת מחקר בדיקת התכלת (ראו נספח מס' 2). רוב הניסויים נערכו בתחילה בכלי זכוכית בנפח שהכיל תמיסה בשיעור כ- 300 מ"ל. כמות בלוטות הצבע הממוצעת 15–25 גרם ל-1 גרם צמר. אמנם מדובר בכמות גדולה של צבע ביחס למשקל הצמר (בהשוואה למקובל בצביעה מודרנית), אך ההנחה הייתה שחומרים טבעיים הם פחות יעילים ולכן יש צורך ביותר צבע, ושניסויים חוזרים נוכל להוריד את המינון ולהגיע ליחס אופטימלי. הצביעה המודרנית נעשתה כמקובל באמצעות סודה קאוסטית או סודיום קרבונט ונתרן דיתיוניט. הורדת רמת החומציות נעשתה באמצעות מלח לימון או אמוניום גופרתי. הניסויים האחרונים התמקדו בשחזור של צביעות טבעיות, והם נעשו בכלי חרס קטן שהיה כמעט מלא בתמיסה בנפח של 350 מ"ל עם פתח רחב בקוטר של 10 ס"מ. כמו כן, מרבית הניסויים נעשו בארגמון קהה-קוצים, ודומה שקיימים

⁸⁵ ראו, למשל: עמר, הארגמן, עמ' 160–161, 239, טבלה מס' 7.

⁸⁶ סממני כביסה המכונים במקרא בשם "בורית" הופקו בעת העתיקה באמצעות צמחי מליחה שונים שהכילו ריכוז גבוה של מלחים אלקליים. הפקת המלחים נעשתה באמצעות שריפה של צמחי המליחה הלחים בכבשנים בטמפרטורות גבוהות וקבלת אפר או גבישי מלח, ששימשו גם בתעשיית הצביעה ולרפואה. על אופן הפקת האפר, ראו: ז' עמר וי' סרי, ארץ ישראל וסוריה על-פי תיאורו של אלתימי, רופא ירושלמי בן המאה העשירית, רמת גן תשס"ד, עמ' 61–66.

הבדלים בגוונים המתקבלים בארגמונים מאזורים שונים; למשל, הצבע הסגלגל-אדמדם דומיננטי יותר בבלוטות המופקות בסלוניקי מאשר באלה שמאיטליה (הים האדריאטי). יתירה מכך, הצמר הסגלגל שנצבע בחלזון קהה-קוצים מסלוניקי אינו משנה את צבעו בבישול, לעומת הצמר שנצבע בארגמון מאזור איטליה שבבישול משנה את צבעו לכחול.

בנוסף הרחבנו את ניסויי הצביעה בארגמון חד-קוצים ובארגמונית אדומת-פה כמקור פוטנציאלי לתכלת. במיוחד התמקדנו בשילוב של צביעה משלושת מיני הארגמונים העיקריים.

במהלך המחקר נעשו ניסויי צביעה בסממנים טבעיים, כמו שימוש באפר צמחי מליחה (מלוח קיפח, אוכם המדבר ודו-פרק חופי) ששימשו חלופה לסודה קאוסטית ונתרן פחמתי. אפר הצמחים שימש גם בצביעה "חצי טבעית" המשלבת שימוש בדיטיוניט וקבלת גוון ארגמן (בורדו) בתאורת חדר וקבלת גווני כחול בחשיפה לשמש. ניתן לקבל גוון ארגמן (ורוד-בורדו) רק על בסיס אפר צמחים ומיץ לימון או עם מי מלח ואפר צמחים.

3. צביעה טבעית מלאה

צביעה טבעית מלאה בסממני צביעה המכילים אינדיגוטין ניתן לקבל באמצעות מי רגליים (שתן)⁸⁷ ששהו לפחות שלושה חודשים והגיעו לרמה של pH 10.

⁸⁷ פליניוס IX 138. לעיל הבאנו מקורות אחדים המעידים על השימוש במי רגליים לצביעה. שימוש כזה עשוי להיות לכאורה בעייתי בכל הקשור לצביעת אריגי הקודש השונים במקדש, "מפני הכבוד". בשל כך נאסר השימור במי רגליים להתקנת הציפורן שבסממני הקטורת (בבלי, כריתות ו ע"א; ירושלמי, יומא מא ע"ד) ולצחצוח שופר של ראש השנה (בבלי, ראש השנה לג ע"א). כמו כן, נאסר כיבוס בו של מטפחת ספרים (ירושלמי, מועד קטן ג, ב פב ע"א) ושל בגד שניתן עליו דם חטאת (רמב"ם, הלכות מעשה הקורבנות ח, י). עוד על מי רגליים בהלכה, ראו: "דבירי, "המונח מי רגלים", קורות, ו (תשל"ה), עמ' 794–803. יחד עם זאת, אפשר שהחשש "מפני הכבוד" אינו מתקיים כאן, מפני שמלאכת הצביעה אינה נעשית בתחום המקדש, ובנוסף בתום התהליך הריח של השתן ניתן להסרה באמצעות אורור, שטיפה וניקוי עד שרישומו לא יהיה ניכר. אגב כך, נזכיר את השימוש בצואה לעיבוד סת"ם, ותשובת רב"ן הירחי כנגד חכמי ארגון שרצו לפסול שימוש זה לכתיבת סת"ם (גנזי ירושלים, עמ' קג-קט, קטו-קטז). ועוד נאמר: "תנא: למה זכו כלבים שיעשו מצואתן עבוד עורות ספרים תפילין ומוזוות לפי שנאמר: 'לא 'חרץ כלב לשונו'" (מסכת כלה רבתי, ז א).

צביעה בניל הצפצפים הניבה גוונים מכחול בהיר ועד כמעט שחור, בהתאם לריכוז הצבען ומשך זמן טבילת גיזות הצמר בתמיסה.

צביעה דומה נעשתה בארגמון קהה-קוצים. הצביעה כללה השריית בלוטות יבשות במי רגליים בחימום קל ממושך ומבוקר (6–10 ימים) עם שתי בלוטות טריות המסייעות בתסיסה חיידקית של התמיסה בתהליך החיזור. בכלי זכוכית בתאורת חדר מתקבל גוון סגול-תכלת, ובחשיפה לשמש מתקבל גוון כחול בהיר.

בשלב הבא ערכנו ניסוי דומה בכלי חרס סגור אך לא אטום הרמטית, ובסופו התקבלה גיזת צמר בגוון סגול. לבסוף, ערכנו ניסויים נוספים בכלי חרס פתוח וחשוף לקרני השמש באמצעות מי רגליים, סיד, אפר צמחי מליחה ואפר עצים. בסופו של התהליך התקבלו גיזות צמר שנצבעו בגוונים של כחול. הניסויים שנעשו בכלי חרס בחצר ביתי היו באמצעות בלוטות מיובשות, וכאן יש להעיר שמניסוינו לא אמור להיות הבדל משמעותי בתוצאות בשימוש בבלוטות חיות.

להלן כמויות הסממנים הטבעיים בתהליך הצביעה הטבעית: מי רגליים – כמחצית מהתמיסה הכוללת; אפר – כמחצית המשקל של בלוטות הצבע; סיד – כרבע ממשקל בלוטות הצבע. בניגוד לצביעה המודרנית, תהליך של צביעה טבעית מלאה הוא ממושך, כמובא למשל אצל פליניוס,⁸⁸ לרוב נמשך 10–14 ימים, בחימום קל של 30–40 מעלות. במשך הזמן התסיסה ואדי המים מעלים את התמיסה (ואחר כך את הצמר) כלפי מעלה. נוצר קרום דק על פני התמיסה ומתהווה פס כהה בשולי הכלי.

בשלב זה יש צורך לערבב את התמיסה כמה פעמים ביום. הניסויים הללו הוכיחו שניתן לקבל גוון כחול-תכלת מארגמון קהה-קוצים בטיפוס שאינו מאופיין בריכוז גבוה במיוחד של אינדיגוטין. הניסויים נערכו בכלי חרס סגור, שלא היה הרמטי, ללא צורך ביצירת תנאים אנאירוביים. בכלי חרס פתוח קרני השמש חודרות לתמיסה וניתן לייעל את חשיפת הצמר לשמש באמצעות ערבו

⁸⁸ פליניוס IX 133.

והעלאת הצמר שבתחתית הכלי לחלק העליון שלו (רצוי שלוש פעמים ביום). אם יש בצמר גוון מעט סגלגל, ניתן לשנות לגוון יותר כחול באמצעות חימום. בניסוי (נספח מס' 2, ניסוי מס' 15) שנעשה בבלוטות מיובשות בלבד, הוכח שאין צורך להוסיף בלוטת חיות להגברת התסיסה. כמו כן, הצבען הקיים בבלוטות יבשות או חיות שהשתמרו במקרר עשר שנים נשאר חיוני וכשיר לצביעה (נספח מס' 2, ניסויים מס' 10, 12-15). כמו כן, אין צורך להשתמש דווקא באפר צמחי מליחה, ולמעשה גם אפר עצים רגיל מהווה חומר מחזר המביא לתוצאות צביעה מוצלחות, עם גוון מעט סגלגל. יש לציין, שלא קיבלנו תוצאה של צביעה באמצעות שימוש בתמיסת מלח מרוכזת.⁸⁹

כאמור, צביעה טבעית באמצעות ניל צמחי ושימוש באפר או בסיד היא פחות עמידה מאשר צביעה בתנאים דומים בארגמון קהה-קוצים. מסקנה זו חזרה על עצמה בשתי סדרות הניסויים. גם בדיקת עמידות הצבע באמצעות חשיפה לשמש (נספח מס' 4) הוכיח שצבען מניל בצביעה טבעית הוא פחות עמיד באופן משמעותי מאשר צביעה באמצעות חלזון ארגמון קהה-קוצים.

נספח מס' 1: רשימת דגימות הצמר הצבועות שנבדקו

1. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות יבשות (קרואטיה)
2. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלונקי)
3. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה מודרנית, מים מלוחים, בלוטות יבשות (איטליה)

⁸⁹ כפי שמופיע במאמר של קרפנאגיו: Ioannis Karapanagio, A Review on the Archaeological Chemistry of Shellfish Purple, *Sustainability*, 11 (2019), p. 14 (1-23).

4. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה טבעית, מים מתוקים, בלוטות יבשות (קרואטיה, שיטת 1-2-3, ר' ישראל לבנון)
5. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה טבעית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי, שיטת 1-2-3, סיד ופרוקטוז, ר' ישראל לבנון)
6. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה טבעית, מים מתוקים, בלוטות מייבשות (שיטת 1-2-3, סיד ודבש, ר' שלמה טייטלבוים)
7. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע טורקז, בצביעה חצי טבעית, מים מתוקים, עם מי רגליים ודיתיוניט (בלי מלח לימון), בלוטות יבשות (סלוניקי)
8. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה טבעית, מים מתוקים, עם מי רגליים בלבד pH 10, בלוטות חיות (איטליה)
9. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע כחול, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, עם אלום, בלוטות חיות (איטליה)
10. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע סגול, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות יבשות (קרואטיה)
11. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע סגול, בצביעה טבעית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי, שיטת 1-2-3, סיד ופרוקטוז, ר' ישראל לבנון)
12. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע סגול צורי, בצביעה חצי טבעית, מים מתוקים, על בסיס אפר צמח המלוח, בלוטות חיות (סלוניקי)
13. צמר צבוע בארגמון חד-קוצים בצבע ירקרק, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (איטליה)
14. צמר צבוע בארגמונית אדומת-פה בצבע תכלת, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי)
15. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים עם ארגמון חד-קוצים בצבע תכלת, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי)
16. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים עם ארגמונית אדומת-פה בצבע תכלת, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי)
17. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים עם ארגמון חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה בצבע תכלת, בצביעה מודרנית, מים מתוקים, בלוטות חיות (סלוניקי)

18. צמר צבוע בניל הצבעים בצבע כחול, בצביעה מודרנית
19. צמר צבוע בניל הצבעים בצבע כחול, בצביעה טבעית (שיטת 1-2-3, סיד ופרוקטוז, ד"ר נעמה סוקניק)
20. צמר צבוע בניל הצבעים בצבע כחול, בצביעה טבעית (סובין חיטה ופואה, ד"ר נעמה סוקניק)
21. צמר צבוע בניל הצבעים בצבע כחול, בצביעה טבעית, עם מי רגליים בלבד
22. צמר צבוע בניל מכסיף בצבע כחול, בצביעה מודרנית
23. צמר צבוע בניל מכסיף בצבע כחול, בצביעה חצי טבעית, עם פרקן עשבוני
24. צמר צבוע באיסטיס הצבעים בצבע כחול, בצביעה מודרנית
25. צמר צבוע באיסטיס הצבעים בצבע כחול, בצביעה טבעית (שיטת 1-2-3, סיד ופרוקטוז, ד"ר נעמה סוקניק)
26. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצבע ירקרק, בצביעה טבעית, מים מתוקים, עם מי רגליים בלבד pH 9.5, בלוטות יבשות (סלוניקי)
27. צמר צבוע בדיונון בצבע כחול, בשיטת בית ראדזין
28. צמר צבוע בדיונון בצבע כחול, במפעל "תכלת מרדכי"
29. פיסת אריג מהתקופה הרומית, ואדי מורבעאת, מס' רשות העתיקות 491641
30. פיסת אריג מתקופת ימי הביניים, ואדי מורבעאת, מס' רשות העתיקות 492856
31. צמר צבוע בניל, בצביעה טבעית, עם אפר מלוח
32. צמר צבוע בניל, בצביעה טבעית, עם אפר עצים (ויטנאם)
33. צמר צבוע בניל, בצביעה טבעית, עם סיד (ויטנאם)
34. צמר צבוע בניל, בצביעה טבעית, עם סיד
35. צמר צבוע בניל, בצביעה טבעית, עם מי רגליים
36. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים, בצביעה טבעית, באפר עצים
37. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים, בצביעה טבעית, בסיד
38. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים, בצביעה טבעית, במי רגליים
39. צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים, בצביעה טבעית, באפר מלוח

נספח מס' 2: ניסויי צביעה חרשים בארגמונים ובניל הצבעים

1. צביעה מודרנית⁹⁰ בארגמון קהה-קוצים (בלוטות חיות) בתמיסת מי אלוס עם סודה קאוסטית לפני או אחרי החומר המחזר – קבלת צבע ארגמן (ורוד חזק) בתנאי חשיכה וכחול בחשיפה לשמש. הוספת האלוס לא שינתה דבר מהותי בהשוואה לצביעה מודרנית רגילה.

2. צביעה מודרנית בארגמון קהה-קוצים וארגמון חד-קוצים (בלוטות חיות) בתמיסת מלח רוויה אינה מפיקה צבע. צביעה במי ים (כ-3.5%) – גוון הצבע המתקבל דהוי יותר מאשר בשימוש במים מתוקים. נראה שאחוז מליחות עולה מעכב את תהליך החיזור.

3. צביעה מודרנית בארגמונית אדומת-פה (בלוטות חיות) – קבלת גוון ורוד-סגול בתנאי חשיכה וגוון תכלת-טורקיז בתנאי חשיפה לשמש (תמונה מס' 10).

4. צביעה מודרנית בארגמון חד-קוצים (בלוטות חיות) – קבלת גוון ורוד בתנאי חשיכה וגוון טורקיז-כחול (תלוי בריכוז הצבען) בחשיפה לשמש.

5. צביעה מודרנית המשלבת ארגמון קהה-קוצים וארגמון חד-קוצים (בלוטות חיות) – קבלת גוון סגול עז ומבריק בתנאי חשיכה וגוון תכלת איכותי בחשיפה לשמש (תמונה מס' 10).

6. צביעה מודרנית המשלבת ארגמון קהה-קוצים וארגמונית אדומת-פה (בלוטות חיות) – קבלת גוון סגול-כחול עז ומבריק בתנאי חשיכה וגוון כחול איכותי בחשיפה לשמש (תמונה מס' 12).



תמונה מס' 12:

מימין לשמאל: צביעה בארגמון קהה-קוצים בשילוב ארגמונית אדומת-פה בתנאי חדר ובחשיפה לשמש; צביעה המשלבת שלושה מיני חלוצן: ארגמון קהה-קוצים, ארגמון חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה בתנאי חשיפה לשמש, טבילה ראשונה וצביעה מישנית.

⁹⁰ הכוונה לצביעה באמצעות מלחים חזקים, כגון סודה קאוסטית או נתרן פחמתי. כחומר מחזר משתמשים בדיתיוניט, ולהורדת רמת הבסיסיות משתמשים במלח לימון או אמוניום גופרתי, ראו בהרחבה: , עמר, הארגמן, עמ' 235–237.

7. צביעה מודרנית המשלבת ארגמון קהה-קוצים, ארגמון חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה (בלוטות חיות) – קבלת גוון תכלת איכותי בחשיפה לשמש (תמונה מס' 12).

8. צביעה "חצי טבעית" בארגמון קהה-קוצים (סלוניקי) ובאפר של צמח מלוח קיפח (*riplex halimus*) או צמח אוכם המדבר (*Suaeda asphaltica*) היוצר תמיסה בסיסית של pH 10 ועם 12 גרם דיתיוניט – בתנאי חשיכה ובחשיפה לשמש מתקבל גוון של ארגמן-צורי איכותי, בלי תוספת סממנים נוספת (תמונה מס' 13); בחשיפה ממושכת לשמש של למעלה מחמש שעות מתקבל גוון כחלחל.

ניסוי דומה בריכוז של 5 גרם דיותניט מאפשר לקבל בתנאי חשיפה לשמש גווני תכלת, ואילו בתנאי חשיכה גוון סגול בשימוש בבלוטות מסלוניקי וכחול-סגלגל בבלוטות מאיטליה.

ניסוי (בלוטות מסלוניקי) ללא שימוש כלל בדיתיוניט (במי מתוקים ובמי מלח) הניב גוון ארגמן-ורוד. (תמונה מס' 13). נראה שהשימוש בצמחי מליחה בלבד אינו מאפשר להשלים תהליך חיזור מושלם. צביעה זו מתאימה לקבלת גוון ארגמן, אבל לא לקבלת גוון תכלת.



תמונה מס' 13 (מימין לשמאל):

צביעה חצי טבעית עם אוכם (1) ומלוח (2) עם דיתיוניט;
צביעה עם מלוח בלבד (3) וצביעה במי מלח עם מלוח בלבד (4)

9. צביעה "חצי טבעית" בארגמון קהה-קוצים בשימוש במי רגליים (pH 9.5) ועם 12 גרם דיתיוניט (ללא מלח לימון) – קבלת גוון סגול בתנאי חשיכה וגוון טורקיז בתנאי חשיפה לשמש.

10. צביעה טבעית מלאה בניל הצבעים במשך 7 ימים עם מי רגליים בלבד (pH 9.5) ולאחר מכן השריה של הצמר במשך יום – קבלת צבע כחול; אותה תמיסה לאחר 9 ימים והשריה של הצמר 3 ימים – קבלת גוון כחול כהה ביותר; אותה תמיסה לאחר 16 ימים והשריה של הצמר במשך 7 ימים – קבלת גוון שחור. נראה שהשריה במי רגליים מאפשרת להשלים היטב את תהליך החיזור במלואו (תמונה מס' 9).

11. צביעה טבעית מלאה בכלי זכוכית בארגמון קהה-קוצים בבלוטות טריות מאיטליה שנשמרו במקרר עשר שנים והשריה במשך שבוע עם מי רגליים בלבד (pH 10), ולאחר מכן השריה של הצמר במשך יומיים – קבלת גוון סגול-תכלת בתנאי חשיכה, גוון כחול בחשיפה לשמש וגוון כחול בהיר בבישול במים.



תמונה מס' 14: צביעה טבעית בארגמון קהה-קוצים

מימין לשמאל: כוס זכוכית במי רגליים, בתנאי חדר, חשיפה לשמש ולאחר הרתחה (מס' 11);

כד חרס סגור במי רגליים בתנאי חדר, חשיפה לשמש ולאחר הרתחה (מס' 12);

כד חרס פתוח במי רגליים, טבילה ראשונה וטבילה שנייה (מס' 12)

12. צביעה טבעית מלאה ב-20 גרם ארגמון קהה-קוצים (סלוניקי) עם מי רגליים בלבד (pH 10) ושתי בלוטות טריות של ארגמון חד-קוצים. התהליך נעשה בכד חרס אטום לאור אך לא הרמטי לאוויר, בחימום קל של 35 מעלות צלסיוס. הכנסת 2 גרם הצמר לאחר 8 ימים – קבלת גוון סגול בהיר. לאחר טבילה נוספת למשך 3 ימים מקבלים סגול כהה (תמונה מס' 15). בבישול מקבלים גוון אפור-כחלחל (עם נגיעות סגולות).



תמונה מס' 15:

צביעה טבעית מלאה במי רגליים בלבד בכלי חרס סגור

13. צביעה טבעית ב-23 גרם ארגמון קהה-קוצים (איטליה) עם מי רגליים בלבד (pH 10) ושתי בלוטות טריות של ארגמון חד-קוצים. התהליך נעשה בכד חרס פתוח (4 ימים בחדר ו-3 ימים בשמש) בחימום קל של 35-38 מעלות



צלסיוס. הכנסת 2 גרם צמר לאחר 6 ימים למשך 8 שעות – קבלת גוון כחול-תכלת יפה. בהשריה נוספת של יום עד שלושה בתמיסה מקבלים צבע כחול חזק. יש לציין, שהצביעה במי רגליים ועם בלוטות ארגמון יוצרת תמיסה תוססת ומלאת רקבון עם הופעת ריחות, שמדיפה ריח רע ביותר (תמונה מס' 16).

תמונה מס' 16 :

צביעה טבעית מלאה במי רגליים בלבד בכלי חרס פתוח

14. צביעה טבעית ב-22 גרם ארגמון קהה-קוצים (איטליה) עם 10 גרם אפר מלוח קיפח (pH 8.5) ובלוטה חיה של ארגמון חד-קוצים. התהליך נעשה בכד חרס פתוח, ולאחר ארבעה ימים תוספת של בלוטה חיה נוספת וחצי כפית דבש תמרים (סילאן). חימום על פלטה בחום 30–50 מעלות



צלסיוס. לאחר חמישה ימים מתחילת התהליך הכנסת 2 גרם צמר לתמיסה. יום לאחר מכן, תוספת בלוטה חיה ובלוטה יבשה. סיום תהליך הצביעה לאחר 13 ימים (pH 8). הצבע שהתקבל הוא כחול מתכתי, ובבישול שלו הגוון הכחול מתבהר ומבריק יותר (תמונה מס' 17).

תמונה מס' 17 :

צביעה טבעית מלאה באפר צמחי מליחה (מלוח) בכלי חרס פתוח

15. צביעה טבעית – 23 גרם ארגמון קהה-קוצים (איטליה) עם 5 גרם סיד, חצי כפית דבש ושתי בלוטות חיות של ארגמון חד-קוצים. חימום על פלטה בחום 30–35 מעלות צלסיוס, רמת בסיסיות pH 12. לאחר 5 ימים תוספת כפית קציץ בשר מעורבב עם סילאן. לאחר יום נוסף תוספת של 20 מ"ל מיץ לימון



וירידת הבסיסיות ל-9 pH. למחרת הכנסת הצמר (לאחר 8 ימים מתחילת התהליך) והשריה בשמש במשך 5 ימים – הצבע שהתקבל הוא כחול (תמונה מס' 18).

תמונה מס' 18 :
צביעה טבעית מלאה
בסיד בכלי חרס פתוח

16. צביעה טבעית – 24 גרם ארגמון קהה-קוצים (איטליה), ללא תוספת בלוטות חיות, עם 10 גרם אפר עצים (אלון מצוי ואורן ירושלים). חימום על פלטה בחום 35–40 מעלות צלסיוס. רמת בסיסיות 12 pH. הוספה של 1.5 גרם קרדמון (האל) והורדה לרמת בסיסיות 11 pH. במקום דבש או סילאן, תוספת של 10 מ"ל אלכוהול 20%.⁹¹ הכנסת הצמר לאחר 6 ימים, השריה בשמש במשך 5 ימים – הצבע שהתקבל הוא כחול, עם גוון קל של סגלגל. הצבע מקבל גוון כחול אחיד ויפה לאחר הרתחה במים.



תמונה 19 :

גיזות צמר צבועות בארגמון קהה-קוצים, מקור ולאחר בדיקת התכלת המופיעה בתלמוד מימין לשמאל: ארגמון בצביעה באפר מלוח, באפר עצים ובצביעה בסיד

⁹¹ מתכון זה הוא על פי מסורת הצביעה המסורתית באינדיגו (קלא) באזור סאפה שבצפון מערב ויטנאם. ראו: L.T. Hanh Lien, N.T. Hai Yen, D.T. Luu, P.T. Thu Hoang, N. Thuy Linh, H'mong Ancient Methods of Indigo Dyeing and Beeswax Batik in Cat CAT Village, Hoang Lien Commune, SAPA Town, Lao Cai Province, Vietnam, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 9 (2018), pp. 735–742.



תמונה 20 :

גיוזת צמר צברעות בניל, מקור ולאחר בדיקת התכלת המופיעה בתלמוד
מימין לשמאל: ניל צביעה באפר מלוח וניל בצביעה בסיד

נספח מס' 3 : בדיקות דהיית צביעה באמצעות מד ספקטרוטומטר (פרופ' דוד אילוז)

במחקר זה נערכו מדידות ספקטרוטומטריות כדי לכמת את עוצמת הצבע הכחול בסדרה הראשונה של הדגימות, לאחר הבדיקות השונות. נצפתה לעתים חוסר התאמה בין התוצאות הכמותיות במדידה ספקטראלית לבין התפיסה הוויזואלית בעין האנושית של צבע התכלת. סתירה זו מעלה את הצורך בהבנה מעמיקה של הגורמים המשפיעים על תפיסת הצבע האנושית, וכן על המגבלות והיתרונות של שיטות מדידה שונות. לכן יש צורך להבין את הגורמים המובילים לחוסר התאמה זו, ולפתח פרוטוקול מדידה מדויק יותר לצבע התכלת, אשר יאפשר השוואה אמينة בין דגימות שונות וייצור בסיס מדעי איתן לחקר יציבותם של צבעים טבעיים.

מדידות ספקטרוטומטריות מספקות מידע כמותי מדויק ואובייקטיבי על ההרכב הספקטראלי של האור המוחזר מדגימה. לעומת זאת, תפיסת הראייה האנושית היא סובייקטיבית, ומושפעת מגורמים רבים כמו תנאי התאורה, זווית התצפית, ניגודיות של רקע האובייקט, הסתגלות העין, ואפילו תנאים פסיכולוגיים

והבדלים בין צופים שונים בתפיסת הצבע. כל אלה עשויים להוביל לפערים בין התפיסה הסובייקטיבית למדידה האובייקטיבית.

מבחינה איכותית, הראייה האנושית מאפשרת לנו להבחין בצבעים שונים, אך לא למדוד אותם באופן מדויק וכמותי. בנוסף, ישנה רגישות מוגבלת לגוונים עדינים, קושי בהשוואה בין צבעים בתנאים שונים, והשפעה של עייפות העין. כאמור, מדידה ספקטראלית הינה אובייקטיבית: מדידה מדויקת של כמות האור הנבלע או מוחזר על ידי חומר באורכי גל שונים. מדידה זו מספקת נתונים מספריים מדויקים על הרכב הצבע, המאפשרים השוואה מדויקת בין דוגמאות שונות. היא רגישה מאוד להבדלים קטנים בצבע, גם בגוונים עדינים, ומספקת תוצאות עקביות ללא תלות בתנאי התאורה או בתפיסה האנושית.

לסיכום, בעוד שהעין האנושית מאפשרת לנו להבחין בצבעים באופן כללי, מכשיר הספקטרופוטומטר יכול למדוד את כמות האור הכחול המוחזר על ידי האריג בדיוק רב, ומאפשר השוואה מדויקת בין דוגמאות שונות, גם אם ההבדל בצבע הוא קטן מאוד. הספקטרופוטומטר מספק נתונים מספריים מדויקים, המאפשרים ניתוח סטטיסטי של הנתונים ומעקב אחר שינויים בצבע לאורך זמן.

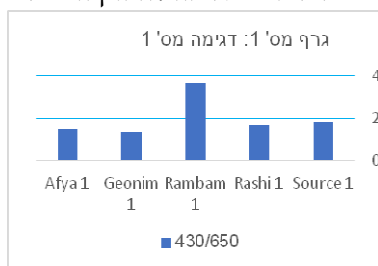
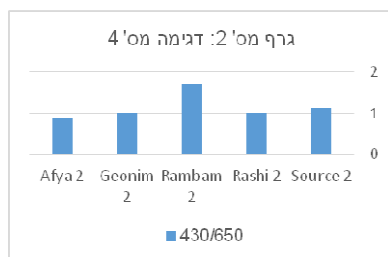
שיטת המדידה והתוצאות

על מנת שהמדידות תהיינה השוואתיות, כל הדוגמאות נמדדו באותם תנאים. המדידה נעשתה באמצעות ספקטרופוטומטר (מסוג QE Pro-FL, Ocean Insight) עם סיב אופטי המחובר למקור אור (UV-VIS). דוגמאות הצמר הצבוע נמדדו בתוך תא אטום. כל מדידה יוחסה לספקטרום של המנורה על מנת להבליט את אורכי הגל הנבלעים/מוחזרים מהדוגמה.

בנוסף, חומרים שונים בולעים אור באורכי גל שונים, תלוי במבנה המולקולות שלהם. ככל שריכוז החומר במדגם גבוה יותר, משתנה התלוי גם בכמות ועובי הצמר בדוגמה, כך ייבלע יותר אור באורך גל ספציפי. ככל שהאור עובר דרך מרחק גדול יותר במדגם, כך ייבלע יותר אור. כדי להימנע מבעיה זו, נמדדו דוגמאות יחסית דומות בגודל ובצפיפות. כמו כן, בכל דוגמה נמדד ממוצע של כ-10 קריאות לאפיון מיטבי של הצבע.

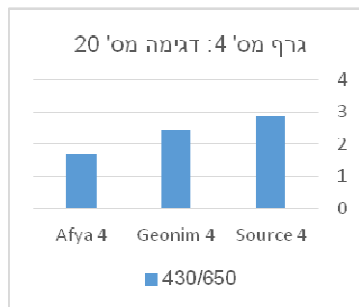
מתוך שלושים דגימות צמר שנבדקו בשיטות שונות בדקנו בספקטרופוטומטר שמונה מהן. התמקדנו באורך גל 430nm שהיווה את שיא הפיקים בכחול בכל הדוגמאות, וערכנו השוואה של אורך גל זה כדי לקבוע את מידת הדהייה של הצבע בין כל הטיפולים.

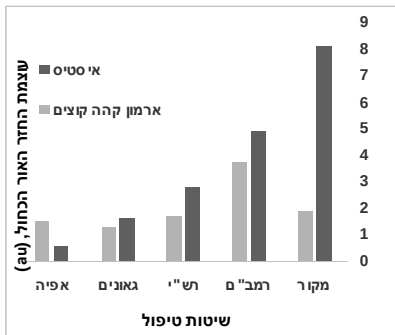
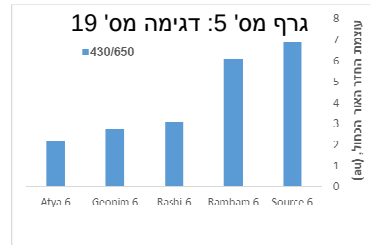
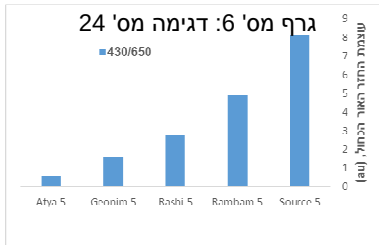
בהשוואה של דגימות של צמר צבוע בארגמון קהה-קוצים בצביעה מודרנית (מס' 1) לעומת צביעה טבעית (מס' 4) מוצאים תמונה דומה. דהייה משמעותית של הצבען בהשריה בשיטת הגאונים. יחד עם זאת, דווקא השריה במרשם בשיטת רמב"ם גרמה לחיזוק הצבע.



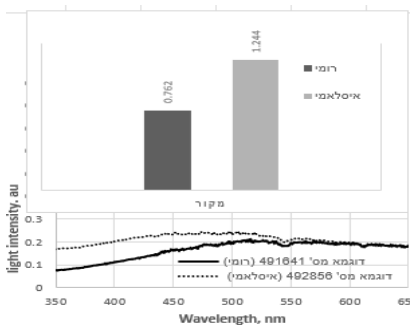
גם בבדיקות של דגימות מס' 16, 20 (שבהן ניכרת בעין עמידות גבוהה) רואים ירידת צבע בשיטת הגאונים וירידה משמעותית עוד יותר באפייה. בבדיקות של דגימות מס' 19, 24 רואים באופן ברור מדרג של דהיית הצבע לפי הסדר הבא (מעוצמה קלה לחזקה): רמב"ם, רש"י, גאונים, אפייה.

נתון זה עולה גם בגרף מס' 7: בהשוואת צביעות מודרניות בין איסטיס לארגמון קהה-קוצים.

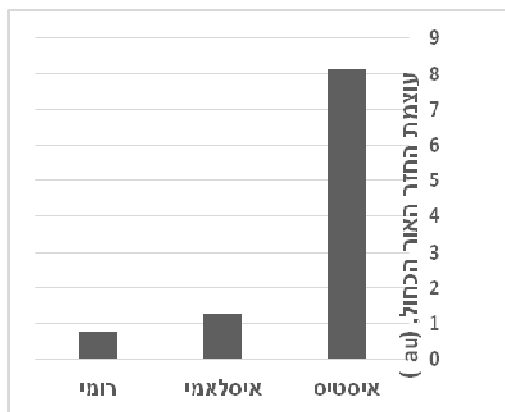




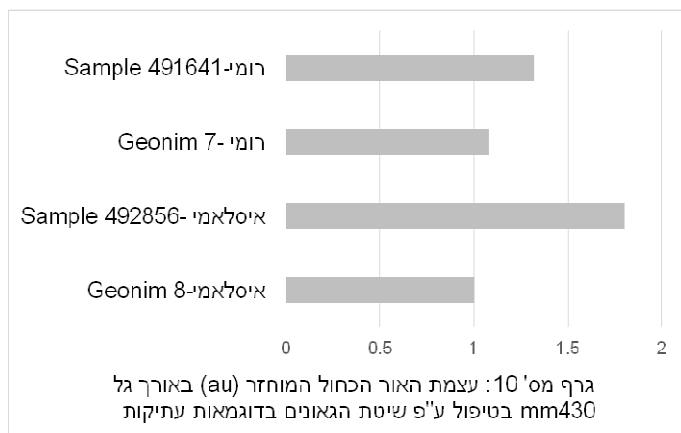
גרף מס' 7:
השוואה של דהייה בצביעות מודרניות
בין דגימה של איסטיס (מס' 5)
לארגמון קהה-קוצים (מס' 1)



גרף מס' 8:
השוואה בעוצמת החזר האור בספקטרום
בין 350–650 ננומטר
בדגימות ארכיאולוגיות מהתקופה
הרומית והאיסלאמית



גרף מס' 9:
השוואה בעוצמת החזר האור
בין דגימה מודרנית (מס' 24)
לדגימות עתיקות



נספח מס' 4: בדיקות של דהיית צביעה באמצעות חשיפה לקרני השמש

קרני השמש, ובייחוד הקרינה העל-סגולה (UV), משפיעות באופן משמעותי על יציבות צבעים ודהייתם באריגים. האנרגיה הגבוהה של קרינת השמש עלולה

לשבור קשרים כימיים במולקולת הצבען (dye) ובכך לשנות את מבנה המולקולה ואת אורך הגל של האור שהיא סופגת — דבר הגורם לשינוי בגוון הצבע ואף להיעלמותו. התהליך של דהיית הצבע תלוי גם בגורמים סביבתיים נוספים: טמפרטורה גבוהה מאיצה את התגובות הפוטוכימיות, ורמות לחות וחמצן גבוהות באוויר מחזקות את תהליכי החמצון. בנוסף, סוג הסיב ממנו עשוי האריג משפיע על מידת הקיבוע של הצבען ועל עמידותו בפני קרינת שמש לאורך זמן. צבענים טבעיים הם לרוב פחות עמידים לקרינה בהשוואה לצבענים סינתטיים.

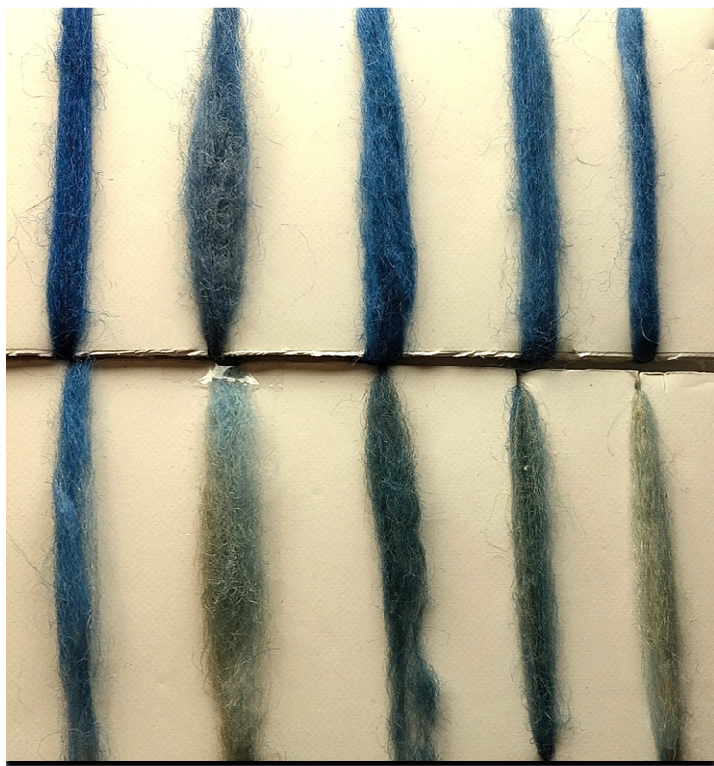
על רקע זה ביקשנו לבחון את השפעת קרני השמש על עמידות צבען האינדיגוטין מן הצומח (קלא אילן) בהשוואה לצבען המופק מחלזון קהה-קוצים. לצורך כך חשפנו לקרני השמש דגימות צמר שנצבעו בשיטות שונות למשך 100 ימים (בחדשים תמוז-תשרי) במפנה דרומי. על אף שמדובר בזמן קצר יחסית, ניתן היה לראות הבדלים ברורים ברמת השתמרות הצבע בין אלה שנצבעו בניל לאלה שנצבעו בחלזון.

בכל גיזות הצמר שנצבעו בניל בשיטה מסורתית באמצעות סיד או אפר ניכרה דהייה משמעותית. יוצאת דופן היא גיזת צמר שנצבעה בניל בשיטה מודרנית באמצעות מלחים חזקים (דיטיוניט), שבה הצבע נשאר יחסית עמיד, כלומר עם דהייה קלה בלבד (תמונה מס' 21). לעומת זאת, בכל גיזות הצמר שנצבעו בחלזון קהה-קוצים, בשיטה מסורתית ובשיטה מודרנית כאחת, הצבע נשאר יציב.⁹² ייתכן שהנוכחות של אטומי הברום או של רכיב כימי אחר שבחלזון מחזקים את מבנה המולקולה ומקטינים את רגישותה לפירוק פוטוכימי.⁹³

⁹² תוצאות דומות קיבל גם הרב א"י רפמן. לעומת זאת, הן אינן תואמות את הבדיקה שעליה מדווח הרב א"א בוקולד, "תכלת או קלא אילן", מוריה, לט (תסג-תסה, תשפ"ד), עמ' תמז-תסד (תנד-תנה); הנ"ל, תשובה לתגובות למאמר 'תכלת או קלא אילן', מוריה, מ (תסט-תעא, תשפ"ה), עמ' ת-תו (תב).

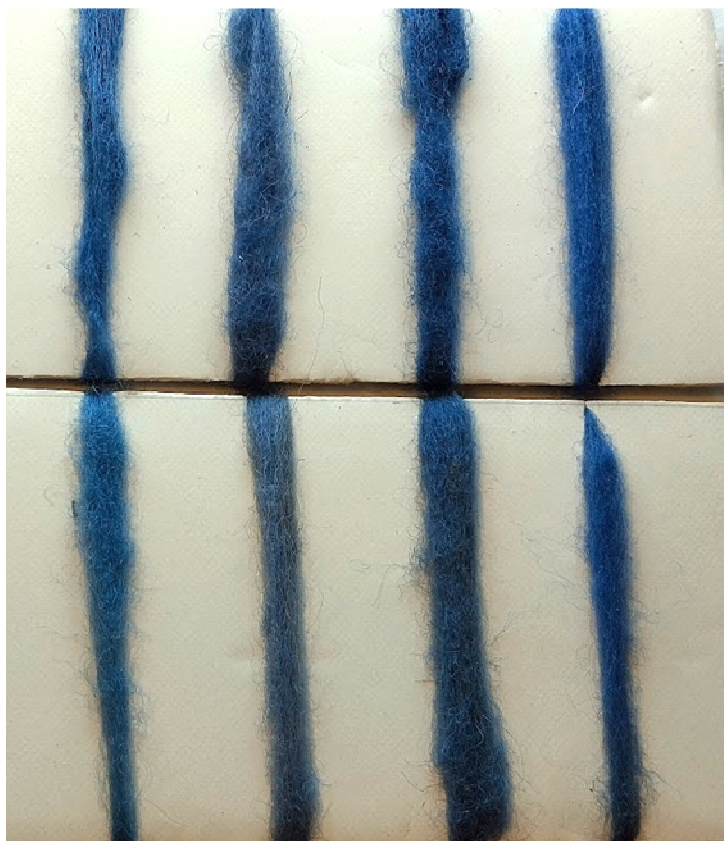
⁹³ יש לציין, שבחשיפה לשמש (או בכלל לאור אולטרה-סגול) מתרחשת תגובה חלקית בלבד של פירוק (או הפחתה) של הברום מהמולקולות והוא אינו נעלם לגמרי.

המסקנה הבלתי נמנעת היא שהתקבעות האינדיגוטין הצמחי חלשה בהשוואה לצבען מן החי. מגמה זו נכונה רק בצביעה מסורתית, בעוד שבצביעה מודרנית ההבדלים אינם גדולים.



תמונה מס' 21:

גיזות צמר הצבועות באינדיגו מן הצומח שנחשפו לשמש –
 בלוח העליין הגיזות לפני החשיפה לשמש ובלוח התחתון לאחריה
 דגימות 1-4 (מימין לשמאל) נצבעו בצביעה טבעית, ודגימה 5 בצביעה מודרנית:
 (1) צביעה בסיד מהכפר טא-ואן; (2) צביעה באפר מהכפר לאו צ'אי;
 (3) צביעה בסיד ע"י המחבר; (4) צביעה באפר של מלוח; (5) צביעה מודרנית



תמונה מס' 22 :

גיזות צמר הצבועות בחלזון ארגמון קהה-קוצים שנחשפו לשמש –
 בלוח העליון הגיזות לפני החשיפה לשמש ובלוח התחתון לאחר החשיפה לשמש
 דגימה 1 (מימין לשמאל) נצבעה בצביעה מודרנית, ודגימות 2–4 בצביעה טבעית:
 (1) צביעה מודרנית (מקור החלזון בקרואטיה); (2) צביעה בסיד;
 (3) צביעה באפר מלוח; (4) צביעה במי רגליים

נספח מס' 5: רשמי מסע בעקבות הצביעה באינדיגו בויטנאם

במהלך ראשית חודש אייר תשפ"ה (מרץ 2025) ערכתי מסע מחקר עם פרופ' דוד אילוז וד"ר ירון סרי בויטנאם. את המחקר פתחנו בסדנת צביעה לימודית בהאנוי, ובהמשך התמקדנו בכפרים שבאזור סאפה שבצפון מערב ויטנאם. המטרה הייתה ללמוד את שיטות הצביעה המסורתיות באינדיגו צמחי כפי שהן מקובלות עד היום בקרב כמה שבטים באזור זה. הצמח המשמש להפקת צבע האינדיגו הוא *Strobilanthes cusia* הגדל באזור דרום מזרח אסיה, בהודו, סין ובוויטנאם. הוא מכונה גם בשם "אינדיגו אסאם". בויטנאם הצמח והצבע נקראים בשם *chàm*. הצמח מגודל באופן תרבותי בחלקות קטנות בסמוך לבתים שבהם עוסקים בצביעה. הריבוי נעשה באופן וגטיבי, באמצעות ייחורים. לאחר כשמונה חודשים קוטפים העלים מוקדם בבוקר בשלהי הקיץ ובסתיו (אוגוסט-נובמבר). שיטות הצביעה בכפרים השונים הן דומות, אך קיים שוני בחומרי החיזור – בסיד או באפר. להלן נתאר כמה מרשמים לקבלת תמיסת אינדיגו מרוכזת שבהם צבענו בדים וצמר.

פגשנו את אנז'ו, צובעת בכפר לאו צ'אי (Lao Chai) של בני השבט המונג השחור. היא ציינה שמשתמשים בענפים עם העלים כשהם שלמים, ומניחים אותם במכל גדול מלא מים למשך כשלושה ימים, עד שהם מקבלים גוון ירקרק-צהבהב. לאחר מכן, מפרידים בין המים לעלים באמצעות מסננת. במקביל, לוקחים אפר עצים מהתנור כשהוא מסונן. שמים את האפר במים למשך זמן מה, ואח"כ מסננים את משקעי האפר. את מי האפר מכניסים לתמיסה שבה שרו העלים וכן מוסיפים יין אורז, משקה שמכיל כ-20-25% אלוהול. מערבבים היטב, ולאחר יום נוסף התמיסה מוכנה לצביעה. יש צורך לערבב את המים היטב על מנת להגביר את תהליך החמצון. בסוף התהליך מסננים, ומקבלים מיצוי מרוכז של צבע, מוכן לשימוש בכל עת. הצובעת נתנה לי דגימות מתמיסת האינדיגו שאותן לקחתי עמי לישראל לצורך המשך הניסויים. בחצר הבית גם עיבדו סיבים מקנבוס שהם מגדלים באזור. אנז'ו הדגימה כיצד מפרידים את הסיבים מהגבעולים ושוזרים אותם באצבעות לחוטים דקים. לידה ישבה אישה עם תינוק על מנשא גבבה, ובאמצעות מתקן עם דושות היא יצרה חוטים ארוכים ועבים יותר.

המשכנו במסע והגענו לצובעת בשם סו-טאן בכפר טא-ואן (Ta Van) של בני שבט הדאו האדומים. היא סיפקה לנו נתונים מדויקים יותר. הכנת התמיסה דומה לשיטה הקודמת, אבל במקום אפר משתמשים בכפר זה בסיד.⁹⁴ למכל של כמאה ליטר משתמשים בעשרה ק"ג עלי אינדיגו. לאחר סינון העלים ששהו בתמיסה שלושה ימים, מוסיפים רבע ק"ג סיד שמופק מאבני גיר המובאות מההרים. האבנים נשרפות בטמפרטורה גבוהה עד שהופכות לסיד שאותו כותשים לאבקה. מערבבים היטב את הסיד בתמיסה, ומוסיפים חצי ליטר יין אורז. לצורך קבלת צבע מרוכז יש למצות את התמיסה באמצעות שפיכתה דרך מסננת גדולה למכל אחר. על המסננת מניחים אריג בד ועליו אפר שיספח את המים ויסייע בריכוז התמיסה. בעת שהותנו מצאנו בתמיסה רמת חומציות של pH 10. צובעת אחרת בכפר זה השתמשה אף היא בסיד וביין אורז והוסיפה פלחי לימון לתמיסה. לטענתה, לתוספת ריח נעים, ואפשר שזה נועד לאזן את רמת החומציות. בסדנה שערכנו בהאנוי הציגו בפנינו צמחים שונים המשמשים לאיזון התמיסה ולשליטה על הגוון בהתאם למזג האוויר; תוספת של פלפלת חריפה (צ'ילי) וזנגוויל שנחשבים בעלי "טבע חם" בימים קרים. לעומת זאת, משתמשים בעלי אשכולית, בעשב לימון ובלענת האבסינת – בעלי "טבע קר" בימים חמים.

בכפרים אלה צובעים בעיקר אריגי כותנה וכן קנבוס שאותו הם מגדלים ומפיקים ממנו סיבים. בכל בית צביעה קיימת תמיסת אינדיגו מרוכזת כעיסה. הצביעה נעשית רק בתמיסת אינדיגו לח, שנשמר בכלי מכוסה בבד, במקום אפל, שעשוי להשתמר כשנה עד שנתיים. לצורך הצביעה לוקחים חופן מהתמיסה המרוכזת ומדללים בתוך מכל מים גדול ומערבבים היטב. בשלב זה התמיסה המדוללת מוכנה לצביעה. במהלך הביקור טבלנו אריגי כותנה וקנבוס בתמיסה כרבע שעה והוצאנו לחשיפה לאוויר וחוזר חלילה כמה פעמים. ככל שמספר הטבילות היה רב, כך הגוון שהתקבל היה יותר כהה, מתכלת דרך כחול ועד שחור. כמו כן, באריג דק הצביעה חזקה וכהה יותר מאשר באריג עבה. הצובעת

⁹⁴ צביעה באינדיגו נעשית באמצעות סיד גם ביפן, כך נמסר לי על ידי גב' מידורי אייומוטו (Midori Iwamoto), מנהלת מיזם שימור תעשיית הטקסטיל והצביעה המסורתית במכון IKTT שבקמבודיה, שם ביקרנו באלול תשפ"ה.

הראתה לנו בד קנבוס שהוטבל במשך כחודש, וצבעו היה בגוון סגול עמוק, כמעט שחור.

תהליך הצביעה המסורתי באינדיגו דומה ביותר לתהליך הצביעה בחלזונות הארגמון. הכנת התמיסה אורכת כאמור כארבעה ימים ומשך הצביעה הוא לרוב כחצי שעה עד שעתיים, תלוי בעומק הגוון הנדרש. לעומת זאת, תהליך הצביעה בחלזון ממושך יותר, כעשרה ימים, והגוון המתקבל בחשיפה לשמש הוא כחול בהיר עד כהה, אם כי לא ניתן לקבל גוון שחרחר.

ידי הנשים הכפריות הזקנות הצובעות באינדיגו צבועות בכחול, אם כי כיום רבות מהן משתמשות בכפפות. החלטתי לצבוע בידיים חשופות, ומניסיון אישי הצבע נותר על הידיים במשך שלושה ימים ובציפורניים עד כשבוע. כך היה כאשר צבעתי באיטליה בחלזונות הארגמונים, בעיקר הארגמון קהה-קוצים שריכוז הצבען בו הוא רב. תופעה זו בא לידי ביטוי בהלכה הנזכרת במסכת מגילה: "כהן שיש בידיו מומין לא ישא את כפיו. רבי יהודה אומר: אף מי שהיו ידיו צבועות אסטיס לא ישא את כפיו מפני שהעם מסתכלין בו... תנא: אם רוב אנשי העיר מלאכתן בכך – מותר" (מגילה כד ע"ב). יש לציין שצמח האינדיגו שבו צבעו בימי חז"ל נקרא בשם איסטיס. הלכה זו מתבחרת על פי מנהג נשיאת כפיים הקדום של בני תימן, שאצבעותיהם אינן מכוסות בטלית.

תודות

תודות לאישים הבאים (לפי סדר הא"ב) שסייעו בידי בתהליך הניסוי, בחוות דעת ובעצות.

ד"ר סעיד אבו גוש, פרופ' דוד אילוז, ד"ר אלרון זבטני, הרב אליהו טבגר, הרב יחזקאל טופרוביץ, הרב שלמה טייטלבוים, הרב יהושע יצחק ינקלביץ, הרב ישראל לבנון, בנימין נסים, ד"ר מיקי סבן, ד"ר נעמה סוקניק, אליה-יוסף עמר, חגי פרץ, הרב אברהם ישעיהו רפמן, משה שפירא.

*

*

*

*

סקירה היסטורית

*

*

*

הרב אברהם ישעיהו רפמן
כולל נחלת רפאל (נחלת משה), בני ברק

סדר הדורות על הפורפורה (התכלת והארגמן) - הצביעה בתכלת וארגמן, היעלמותה וחידושה

הקדמה

זכה דורנו והתגלתה בו התכלת שנעלמה מישראל למעלה מאלף שנה. גילוי זה הביא עמו התעניינות רבה בעולם התורני ולהבדיל בעולם המחקר. וכיום, לאחר למעלה מ-35 שנות מחקר, ניתן לומר שארגמן הפורפורה נחקר ונבדק באופן שאין שני לו במחקר התורני.

אחד הנושאים המרכזיים של התעניינות הוא דברי הימים בעניין התכלת – זמן צביעתה, היעלמותה וחידושה.

אחת התועלות במאמר זה, שיתברר למעיין בו שעל התכלת הזאת בוודאי לא שייכת טענת בעל בית הלוי ששלח לאדמו"ר מראדזין על התכלת שלו, והובאה בקובץ תשובות למרן הגרי"ש אלישיב (ח"א תשובה ב): "והנה טענת הבית הלוי נגד התכלת של הרבי מראדזין ז"ל הוא שאם הדג היה במציאות וגם הוצאת צבעו היה ידוע בכל זמן מהזמנים מעת שנפסקה התכלת מישראל ועם כל זה לא לבשוהו אבותינו, הרי הוא כאילו יש לנו בקבלה ומסורת מאבותינו כי זה הדג וצבעו איננו החלזון והתכלת, אף שיש בו כל הסימנים שסימנו בו חז"ל, ואנא לא ידענא מה עם ההמצאה אשר המציאו חוקרי זמנינו אם גם עליה חל הטענה הנ"ל".

אכן כל מי שיברר את העניין יראה בבירור שטענה זאת לא שייכת לצביעה בארגמן, ושמעתי מהגרמ"מ קארפ שמרן הגרי"ש ז"ל לא נכנס לעובי הקורה לברר על התכלת הזאת. וכן מוכח גם מעצם דבריו שכתב "ואנא לא ידענא" וכו'. אף על פי כן, בשנים האחרונות יש שהעלו טענה זו מתוך חוסר ידיעה בדברי הימים, ושאלו מדוע לא צבעו בכל מיני מקומות שלא שלטו שם הרומאים, והתבלבלו בין התקופות. ותשובה לשאלתם בקצרה: בזמן שהרומאים שלטו על כל מפרצי הים התיכון, הצליחו להשכיח את כל המלאכה, ולא חודשה בשום

מקום גם לאחר ששתחררו מידי הרומאים. ובכלל אין לתמוה כיצד השתכחה מהיהודים כאשר זו העובדה שהשתכחה גם מהגויים.

במאמר זה תמצאו תיאור מדויק על דברי ימי התכלת תקופה אחר תקופה. החיבור מרחיב יותר בפירוט שיש בהם השלכות על עצם הזיהוי: גוון התכלת, מקור הקלא אילן, הארגמן, ועוד.

ציינתי גם חלק מהגזירות והשמדות שעברו על עמנו, כתגובה לשאלה התמוהה שהועלתה: למה לא מסרו נפש על מצות התכלת. והנה הם היו צריכים להתמודד בקושי רב על קיום מצוות רבות וחמורות שנגזרו להעביר על דת, בשונה ממצות תכלת שגזרו עליה לכבוד עצמם.

המאמר שלפניכם הוא קיצור מהחיבור המורחב, ולדוגמא הושמטה האריכות על תכלת ראדזין, ועוד דברים חשובים, והעתקות מספרי אומות העולם על פי תרגומים נאמנים.

מבוא

בגדי הפורפורה נצבעו בדם חלזונות הפורפורה, הם החלזונות שהיו מפורסמים ביותר בעולם, ושימשו לבגדי מלכים ועשירים ועשו מהם תכלת וארגמן. בהם הייתה התעשייה המפורסמת בצור וצידון, ובנחלת ארץ ישראל בין צור לחיפה, כי החלזון מצוי במיוחד בצפון הארץ, וכן היה מצוי במדינות נוספות על שפת הים התיכון, אבל בפרס ובבל לא היו החלזונות מצויים ואנשיהן השתמשו בתוצרת הים התיכון.

חלזונות הפורפורה הם בעיקר שלושה מינים המצויים באזור זה של הים התיכון, כפי שאנו מוצאים את שלושת המינים האלו הן בים והן בחפירות בעשרות מקומות – שרידי התעשייה הקדומה. וכבר התברר שהחלזון ארגמן קהה-קוצים הוא המין המיוחד לצביעת התכלת, ולצביעת הארגמן עירבו יחד עמו את שני החלזונות האחרים ממשפחתו: ארגמן חד-קוצים וארגמונית אדומת-פה. ארגמן קהה-קוצים צובע גוון סגול ממוצע (ויש הבדלים בין המקומות במידת האדמומית), ובכמה אופנים הוא צובע צבע תכלת (כגון בחשיפה לשמש בתהליך הצביעה), וכדי לצבוע צבע ארגמן הנוטה לאדום הוסיפו מארגמונית אדומת-פה.

על החלזונות האלו היו גזירות הרומאים, וחוסלה כל התעשייה, ונשכחה המלאכה בין מהיהודים ובין מהגויים, עד שלא נודע אפילו באילו חלזונות השתמשו לצביעה, וכשקראו על החלזון הנקרא "פורפורה" בהרבה ספרים עתיקים הנאמנים בתיאור הטבע בעולם, לא ידעו במה מדובר. גם מי שהעלה השערות בעניין, בכל זאת לא ידע כיצד צובעים בהם, עד שהגיעו למחקר מקיף ותגליות רבות, שנמצאו בעשרות מקומות ערימות גדולות של קונניות משומשות מהצביעה, וכן שרידי צבע וכלים ואתרי צביעה ואריגים צבועים, והכול התברר באופן שלא ניתן להכחישו, וגם הצליחו ללמוד את דרך הצביעה המתאימה לחלזונות אלו. על כל זאת ידובר במאמר סדר הדורות שלפניכם.

המאמר בנוי על יסודות איתנים – הן על מקורות תורניים והן, להבדיל, על מקורות מדעיים, ומבוסס על מאות ספרי מדע שאליהם ניתן להגיע ע"י הציון לספר 'הארגמן'.

זמן המקרא

תקופת התורה

לבוש המלכים

כתב הרמב"ן (שמות כה, ב): "כי אלה הבגדים (-בגדי כהונה) לבושי מלכות הן, בדמותן [י"ג: כדמותן] ילבשו המלכים בזמן התורה... והלבישו כבן מלכי קדם". וכן נמצא במדרש הגדול (במדבר ד, ה): "אמר ר' חייא: כל הכלים עור תחש מלמעלה ותכלת מלמטה, אבל הארון עור תחש מלמטה ותכלת מלמעלה, ולמה, שכן דרכן של מלכים פורפירא שלהם תכלת,¹ והארון הוא מלך על כל העולם".

¹ פירושו שגלימת המלכים – "פורפירא שלהם" – עשויה מאריגי תכלת. כמו שייאמר שהכסף עשוי מהמתכת כסף, ושהשק [אמתחת - בראשית מ"ב] עשוי מהחומר שק. הלשון פורפורה משמש בארבע משמעויות: א. שם החלזון. ב. שם האריגים הצבועים בו. ג. שם הגוון בשם כללי לכלל הגוונים הפורפוריים ובשם פרטי לגוון ארגמן. ד. גלימה מלכותית (והיא המשמעות המצויה במדרשים, ורבותינו השתמשו בהגייה היוונית פורפירה ולא בהגייה הלטינית פורפורה).

הפיניקים המומחים בחלזון

הפיניקים הם אומה (כנראה מזרע כנען) שחיו בעיר צור והיו מומחים בעסקי הים ובחלזון, וכן הם השתלטו על עוד חופים וארצות באזורי הים התיכון. לפי אגדת העיר צור, תחילת גילוי הפורפורה הייתה על ידי כלב שאכל חלזון ונצבע אפו וכו', וכן מצויר על מטבעות צור כלב שליד אפו חלזון. אמנם יש חוקרים שהטילו ספק באמיתות אגדה זו,² כלומר שייתכן שלא כך התחיל העסק בחלזונות, אבל אין ספק שכך סיפרו הפיניקים על עצמם כנזכר במקומות רבים, וגם אין ספק ששם היה מרכז תעשייה גדול כמו שמובא במקורות רבים, וכל השאלה היא האם הם היו הראשונים בעולם שעסקו בכך. העם הפיניקי מוזכר במדרש רבה על הפסוק (בראשית מא, נד): "ויהי רעב בכל הארצות" – "בפיניקא ובעריא ובפלסטיני", ומובא ברמב"ם שם.

במאמר "התכלת הישראל" כתב הרב הרצוג תחת הכותרת "אימתי התחילו הפיניקים לצבוע?"³ "הצטיינותם המופלאה של הפיניקים, כבר בתקופות הקדומות, במלאכת הצביעה בדם חלזון הוא דבר ששום חוקר לא הטיל בו ספק, ואולם מקרא לא קראו... ביחזקאל כ"ז, ז' אנו קוראים: 'תכלת וארגמן מאיי אלישה היה מכסך'... יש ראייה מכאן שהתכלת והארגמן של אי אלישה – לא של פיניקא – היו היותר משובחים. כיוצא בו, באותו הפסוק אומר הנביא כי מצרים היתה מספקת לצור "שש ברקמה", ומכיון שאנו יודעים בבירור גמור שהשש של מצרים היה המובחר שבעולם... על כרחנו עלינו לבוא לידי מסקנה כי הצטיינותם... מאוחרת הרבה לזמנו של יחזקאל".

אמנם יש להעיר, שמכיון שהצביעה התחילה לפחות כבר בזמן האבות, יש מקום לומר שבתחילה היו הפיניקים מצטיינים בזה ואחר כך למדו מלאכה זו שאר העמים וירד קרנם של הפיניקים, ואחר כך חזר קרנם ע"י הצטיינות יתירה, ובסוף זמן בית שני הם הצטיינו במיוחד בשיטה חדשה של צביעה כפולה

² ראה במקור הנזכר בהערה הבאה.

³ המאמר נערך ע"י הרב מנחם בורשטיין ומובא בסוף ספרו התכלת, ירושלים תשמ"ח, עמ' 347-437. המובאה מעמ' עמ' 358.

ונקראה "ארגמן צורי", וכמו שכתב פליניוס. וייתכן שעל זה כתב ההיסטוריון והגיאוגרף היווני סטראבו שהארגמן הצורי הוכיח את עצמו כדבר הכי יפה. גם ייתכן לומר, שתמיד היו הצורים מצטיינים בזה, אבל בתקופתו של חירם מלך צור שהוא עשה עצמו אלוה, הופסקה הצביעה בצור מפני כבוד המלכות, שבעיר מלכות לא מתאים שיהיה ריח רע, וכבר כתב סטראבו שמפני הריח הרע לא נעים לגור בצור. ועוד יש מקום לומר בדוחק, שלתוצרת מוגמרת – כגון מכסה ספינות וכדומה – הצטיינו יותר באיי אלישה.

מלכות מצרים ומלכות המתנים

ישנם כמה מקורות על שימוש בפורפורה במצרים. הרב הרצוג במאמרו הנ"ל בפרק א' 'צביעת התכלת והארגמן בעולם העתיק'; מביא את הממצאים הכתובים. באותיות ו-ט הוא עוסק בדעות השונות בעניין צביעת התכלת במצרים הקדומה, מאיזו תקופה ואילו מלכים. וכתב שם:⁴ "יש לי להוסיף כי זכרונה היותר קדום של תכלת הוא ברשימה של מתנות ששלח דוסרטו מלך המתנים, לבנו של מלך מצרים שארס את בתו. זה מראה כי התכלת היתה חשובה מאד במצרים בימי פרעה אמנהופיס השלישי".

המתנים הם אומה שחיה באזור לבנון וסוריה. אכן נמצאו בארמונו החרב של מלך המתנים, תחת המפולת בקברים שע"י הארמון, שרידי אריגים שהתפוררו. מתוך רשימת האריגים ישנם חמשה בצבע תכלת: שלושה בגוון כהה ושניים בגוון בהיר (קיימת תמונה ובה נראה הצבע הכחול).

לגבי התיארוך, מלכות המתנים חרבה כאשר כבשו אותם החיתים, וזהו הארמון החרב מאז והוא בסוריה סמוך לגבול לבנון. ומסופר שתאריך חורבנו כ-1340 שנה לפני הספירה הלועזית, דהיינו בערך שנת ב' ת"כ, והוא לפני יציאת מצרים.⁵

⁴ עמ' 362.

⁵ אי אפשר לדייק בתאריכים כה רחוקים, אבל ברור שמדובר על תקופה קדומה.

כניסת ישראל לארץ

אמרו חז"ל בכמה מקומות (מגילה ו ע"א; ספרי וזאת הברכה), שבחלקו של זבולון נמצא חלזון התכלת.

במדרש חז"ל המובא בחידושי רבינו חיים פלטיאל (על בראשית מט, יג) מוכח שהתפרנס מצביעת החלזונות אף משאר גוונים: "והמדרש אומר בשעה ששמע זבולון בכה לפני אביו ואמר לו מה אעשה לחוף ימים, אמר לו שבימים ספון דבר טוב וזהו חלזון, ועושים ממנו כל מיני צבעים ואתה תמכור אותם בדמים יקרים".

תקופת הנביאים

שלמה המלך

במקרא מדובר על התכלת שהייתה בזמן שלמה המלך. וקצת משמע שאנשי צור ידעו גם את חכמת הצביעה (דברי הימים ב ב, יג): "בֶּן אִשָּׁה מִן בָּנוֹת דָּן וְאָבִיו אִישׁ צִרִי יִדְעַ לַעֲשׂוֹת בְּזָהָב וּבַכֶּסֶף בְּנֹחֶשֶׁת בַּבְּרָזֶל בְּאֲבָנִים וּבְעֵצִים בְּאֲגָמִן בַּתְּכֵלֶת וּבַבּוֹץ וּבַכַּרְמִיל וּלְפָתַח כָּל פֶּתִיחַ וְלַחֲשֹׁב כָּל מַחֲשַׁבֶּת אֲשֶׁר יִנָּתֵן לוֹ עִם חֲכָמָיו וְחֲכָמֵי אֲדָנֵי דָוִיד אָבִיד".

מלכות אשור

הרב הרצוג (שם אות ו) דן האם באשור הייתה צביעת תכלת. הנביא יחזקאל מדבר על אשור כלובשי תכלת (יחזקאל כג, ה-ו) וכאחת הארצות הרוכשות תכלת מצור (כז, כג-כד). גם נמצאו כמה כתובות אשוריות של משלוח דורונות מהעמים הנכנעים למלך אשור (ואחד מהם מחזקיהו המלך) שנזכר בהם "תכילתו וארגמנו"⁶.

אמנם למעשה אין הוכחה שהאשורים צבעו בעצמם בתכלת וארגמן.

⁶ שם, עמ' 359. גם בזה ישנו נידון האם התכלת נחשב ראשוני בחשיבותו. עיין שם בדברי הרב הרצוג, ובמאמרנו המורחב.

לאחר חורבן הבית הראשון

הנביא יחזקאל בנבואתו על צור מדבר על עמים רבים שהיו בקשר עם צור וחלקם בוודאי לקחו מהם תכלת (כו, ז; כד): "שש בְּרָקְמָה מִמְצֹרִים הָיָה מִפְּרִשָּׁה לְהִיּוֹת לָךְ לְגֵס תְּכֵלֶת וְאַרְגָּמָן מֵאֵי אֵלִישָׁה הָיָה מִכֶּסֶף"; "הָמָּה וְכָלֶיךָ בְּמִכְלָלִים בְּגָלוּמֵי תְּכֵלֶת וְרָקְמָה וּבְגָנֹזֵי בְּרָמִים בְּחִבְלִים חֲבָשִׁים וְאַרְזִים בְּמִרְכָּלְתָּךְ".

נאמר במלכים (ב כה, יב) על נבוזראדן: "וּמִדָּלַת הָאָרֶץ הִשְׁאִיר רַב טַבָּחִים לְכָרְמִים וּלְיֹגְבִים", ופירשו חז"ל (שבת כו ע"א): "כורמים – תני רב יוסף אלו מלקטי אפרסמון מעין גדי ועד רמתא. יוגבים – אלו צידי חלזון מסולמות של צור ועד חיפה". וביאר רש"י שמדובר על חלזון התכלת.⁷ הרב הרצוג מציין שלהבדיל לפי ארכיאולוגים (-כלומר סופרים) רומיים גם מלכי בבל התלבשו בפורפורה.⁸

מלכות פרס

פרס ירשה את בבל עם כל האוצרות שהיו לה. נאמר במגילת אסתר, כי כאשר אחשוורוש עשה משתה להראות את עושרו הביא את התכלת (אסתר א, ו): "חור פָּרְפֶּס וְתִכְלֶת...", וכן מרדכי יצא בלבוש מלכות הכולל תכלת (ח, טו): "וּמִרְדְּכִי יֵצֵא מִלִּפְנֵי הַמֶּלֶךְ בְּלְבוּשׁ מַלְכוּת תְּכֵלֶת וְחוּר...".

בספר חיי אלכסנדר⁹ מסופר שאוצרות שושן נפלו לידי אלכסנדר מוקדון בעת כיבושיו, ובהם חמשת אלפים כיכרות פורפורה – שלאחר 190 שנה נשמרה איכותם ע"י שימורם בדבש ושמן זית.

וכן נמצא כד עם כתובת מלכותית של דריוש מלך פרס ועליה כתמי צבע פורפורה, והוא מוצג במוזיאון ארצות המקרא בירושלים.

⁷ מכאן גם נלמד את מיקום החלזון, וגם זה מתאים ליתר הממצאים המראים על צור כמקום שבו נצבעו תכלת וארגמן מחלזונות הפורפורה.

⁸ שם, עמ' 360.

⁹ פלוטרכוס, עמ' 333.

בתקופה הפרסית יצאו מטבעות חקוקים בציור חלזון; גם מטבעות של העיר צור, וגם מטבעות של האי קפריסין, שלדעת חוקרים רבים הוא איי אלישה המוזכרים ביחזקאל (כו, ז).¹⁰

סוף דבר, בכל תקופת המקרא, הן בזמן האבות ובזמן מצרים וכנען בימים ההם הן בימי יהושע השופטים והמלכים, צבעו תכלת מאותו החלזון שצבעוהו בצור ובאיי אלישה – על פי דברי חז"ל ואף דברי הנביאים. וישנם ממצאים ארכיאולוגיים המצביעים על כך.

ימי הבית השני

מלכות יוון

אריסטו היווני, רופא החצר ומורו של אלכסנדר מוקדון, כתב רבות על חלזונות הפורפורה והצביעה בהם, ואחריו שאר ספרי המדע כתבו הרבה על חלזונות אלו. כן מוצאים אנו את החז"ל היווני עם התכלת בספר מקבים א (ד, כג): "יהודה [המקבי] שב לבזו את המחנה ויקח זהב רב ותכלת וארגמן ים ועושר רב".

תרגום התורה ליוונית (תרגום השבעים)

בתרגום התורה ליוונית מזמן הבית השני, הנקרא תרגום השבעים, וכן בתרגומים וחיבורים נוספים מימי הבית השני – פילון היהודי מאלכסנדריה, יוסף בן מתתיהו, ועקילס הגר – תרגמו את הארגמן בתורה: "פורפורה" [-פורפירוס], ואת התכלת "יקינטא" [-היקינטוס].

וכפי המבואר לעיל, הפורפורה בשמה הכללי כללה הן את התכלת ואת הארגמן, אבל בשמה הפרטי היא הארגמן. והשם הפרטי של התכלת בתקופה ההיא הוא יקינטא (יכניט, יקינטון), שכך שמו של פרח כחול. וכן פליניוס הרומאי (מתקופת חורבן הבית השני) כתב, שמחלזונות הפורפורה עשו שני תוצרים שהם פורפורה וקוניכליה.¹¹

¹⁰ במאמר המורחב יש אריכות על איי אלישה.

¹¹ שמות לשונות הגויים מתקופה זו ותרגומם, חילוק לשונות המילים מהו התכלת ומהו הסגול וכן מהו פרח היקינטון וצבעו – ראה במאמרנו המורחב.

בתרגום המכונה תרגום השבעים הנ"ל ישנו יוצא מן הכלל אחד שבו התכלת נקראת פורפורה, והוא בבגדי השרד לכיסוי הארון (במדבר ד, ו-ז) שמתורגם "הולופורפירוס" 'הולר' פירושו "כולר", כלומר כולו מצבע הפורפורה. ייתכן שכאן ישנה טעות המעתיק, או שרצונו לבאר שבגדי השרד היו כליל תכלת כאמור שם, ולכן כתב שכולו מפורפורה.

מלכות אדום – רומי

"עשו הוא אדום". משיכתו לבגדים אדומים נזכרת במדרשים רבה ותנחומא על הפסוק שדה אדום (בראשית לב, ד): "הוא אדום ומאכלו אדום וגבוריו אדומים ולבושו אדום ומגיניו אדומים וארצו אדומה". מלכות זו הפכה את בתי הצביעה שבצור לבתי צביעה ממלכתיים. ובתקופה הביזנטית (בערך משנת ד' ק') גזרו גזירות רבות, והם אלו שלמעשה הפסיקו את צביעת הפורפורה מהעולם בכלל ומישראל בפרט. אך צבע התכלת פחות נחשב בעיניהם, וכמו שכתב פליניוס הרומאי (ספר ט פרק ס), וכן הוא הזכיר כחסרון יופי את חסרון האדומות שבאבן "לאפיס לאזורי" [שצבעה כעין השמים וכנראה היא אבן הספיר] (ספר לו פרק מא). פליניוס מתאר את חשיבות הארגמן במיוחד על ידי הרומים (ט, סג): "יודע אני שצבע הפורפורה היה בשימוש תמיד, אבל בזמן רומולוס [המייסד האגדתי של רומא] רק בלבוש המלכים. אומרים שטולוס הוסטילוס [מלך רומא השלישי בשנת ג' פ"ח] הכניס לאופנה את הבגדים טוגה וטוניקה בעלות שולי הארגמן לאחר הנצחון על המלכים האוטרסקים".

עם התעצמות המלכות הרומית והשתלטותה על מדינות העולם, הם התמודדו במלחמות קשות ועקובות מדם נגד המלכות הפיניקית (שמקורה בעיר צור ובחוף המזרחי של הים התיכון) שהייתה אז מעצמה חזקה מאד ומרכז הממלכה היה אז בקרתגו (טוניס), עד שלבסוף הכניעו את קרתגו, ונהייתה עיר רומית. ראוי לציין שנמצאה שם ערימת ענק של קונכיות משרידי הצביעה הקדומה, ומסופר שהיא שנייה בגודלה לעומת מה שנמצא באזור צור.

יש להדגיש: רק הרומים הכובשים לא החשיבו את הכחול, אבל העמים האחרים שחיו תחת כיבושם החשיבוהו מאוד. הרי אמרו חז"ל שהתכלת הייתה גם לחול וגם לקודש, ודמיו יקרים.

תקופת חז"ל

שלטון רומי בארץ ישראל

החל מג' תרצ"ט; 61 לפנה"ס (כניסת רומי לא"י במלחמת האחים הורקנוס ואריסטובלוס) פליניוס מתאר את קיקרו הקונסול שמתפאר בבגד בעל שוליים מפורפורה. **מאז החל השימוש באריגי פורפורה מסוג מסוים שנחשבו מאוד ונקראו בשם ארגמן צורי** – 'טריאן פורפור'.¹² ומאז הקיסרים לבשוהו.

נפוס הרומאי הסמוך לאותה תקופה כתב: "בימי נעורי הפורפורה ויולט [גול נוסה לכחול], בא לאופנה, אשר מחירו היה מאה דינר הליטרה. לאחר מכן בא האדום הטריניטי [מנמל טורנטוס בדרום איטליה], בעקבותיהם בא הפורפורה הצורי שהוכן בהשריה כפולה ושלא תוכל לקנותו אפילו באלף דינר הליטרה" (פליניוס ספר ט, 63).

ויטרביוס הרומי מוציא ספר אדריכלות. בכתבו על תמישי קיר הוא מזכיר שצבע הפורפורה הוא המובחר ביותר וניתן לזייפו על ידי אינדיגו או איסטיס. כן פירט גוונים שונים מהפורפורה המתחלף ממקום למקום ותלה זאת במסלול השמש. לפי חלק גדול מהמתרגמים המומחים, מזכיר את הצבע הכחול.¹³

ג' תשט"ז; 44 לפנה"ס (114 שנה לפני חורבן בית המקדש)

סוף ימיו של הקיסר יוליוס שגזר להגביל את השימוש בבגדי הפורפורה הצורי לפי גיל, חברה ומעמד (סוויטוניוס, חיי יוליוס).

¹² הצובעים בצור למדו שיטת צביעה מיוחדת "צביעה כפולה", שבאמצע תהליך הצביעה עירבו דם חלזונות נוספים ממין אדומת הפה, ויצא גוון משובח "ארגמן דם".

¹³ ככל הנראה מדבר על חלזון המפיק גוון כחול ישירות, ללא חשיפה לשמש ולאור וללא בישול מסוים וכדומה, ומדבר על אזור תוניס. ואכן, כמובא להלן על הגילויים בשנים האחרונות, נמצאו שם חלזונות הצובעים כחול וכן מצבור גדול של תעשיית צבע.

עוד כתב ויטרביוס, שפצעו את החלזון בכלי ברזל והמכה סוחטת את הדם החוצה כמו פרץ של דמעות וממשיכים בעזרת מכתש. ובוזה מתוארת פציעה כפשוטה שהיא הוצאת הדם מן הגוף, ולא חיתוך כל בלוטת הצבע כפי שעושים בימינו, והייתה עדיפות לפצוע כדי שהדם לא יתערב עם חלקי בשר החלזון. ראה מה שכתבתי כל כך במאמרי בקובץ "והיה לכם לציצית" תשפ"ה.

ג' תשל"ט; 21 לפנה"ס (91 שנים לפני החורבן)

מת סטראבו שחיבר ספר גיאוגרפיה וכתב על העיר צור: "כשאירעה רעידת אדמה כמעט נחרבה העיר... והתאוששה הן בגלל מיומנות אנשיה באומנות הניווט, אשר תמיד הפיניקים ככלל עלו על כל העמים, והן בגלל בתי צביעת פורפורה בעיקר, כי הארגמן הצורי הוכיח את עצמו כהכי יפה שיש. יש לצודו בקירוב לחוף, ושאר צרכי הצביעה קלים להשיג. רוב בתי הצביעה בעיר גורמים שהעיר היא מקום לא נעים לגור, ומכל מקום המיומנות הגדולה של תושביה יוצרת עשירות".

ג' תתכ"ו; 66 לסה"נ (4 שנים לפני החורבן)

נירון קיסר אוסר את השימוש בבגדי פורפורה לארגמן, ומעניש בחומרה מטרוניאטא שעברה על החוק. התכלת לא נאסרה, הארגמן נאסר כבגד שלם או באריגת שוליו. לאחר שנתיים (תתכ"ח [68]) נירון מתגייר ונעלם. באזור דור שליד חיפה, התיישבו פיניקים (-צורים) משום שפע החלזונות המצויים שם. באתרי החפירות שבמקום זה נמצאו ממצאים רבים: קונכיות רבות משומשות ומתקן צביעה עם שרידי צבע. כמו כן, נמצא מטבע נדיר של העיר דור טבוע בציור הנראה כחלזון, מתוארך ל-3-4 שנים קודם החורבן¹⁴ (שאר המטבעות שנמצאו הם מהעיר צור, שהייתה מרכז רומאי לייצור מטבעות – 'כסף צורי').

ג' תת"ל (וי"א: תתכ"ט); 70 לסה"נ (חורבן בית המקדש)

יוסף בן מתתיהו (מלחמות ו, ח) מתייחס לארגמן שבבית המקדש שנפל לידי הרומאים. כמו כן, הוא כתב שמקורו של הארגמן שבפרוכת הוא מדם דגים (קדמוניות ג, 183), וכן כתב פילון.¹⁵

¹⁴ הארגמן, עמ' 65.

¹⁵ שם.

ג' תתל"ט; 79 לסה"נ (כעשר שנים לאחר החורבן)

מת הסופר הרומאי פליניוס, שכתב את האנציקלופדיה המקיפה ביותר על כל עיני הטבע, ושימשה את העולם מאות שנים. מבין הכותבים הקדמונים הוא המאריך ביותר בעניין הפורפורה.¹⁶

ג' תת"פ; 120 לסה"נ (תקופת מרד בן כוזיבא)

מתקופה זו ישנם ממצאים חשובים ביותר. נמצאו כמה אריגים במערות שלבשום קודם שהסתתרו במערות. בוואדי מורבעאת נמצאו שני אריגי ארגמן מהפורפורה עם תוספת צבע כנימות ממשפחת תולעת השני, אריג תכלת מהפורפורה (נראה ירוק משום החוטים הצהובים המשולבים שם, אך מדובר בכחול).¹⁷ במצדה נמצאו אריג ארגמן ואריג תכלת מהפורפורה בגוון כחול יפה עם סגלגלות קלה בקצוות.¹⁸

ג' תתקע"ה; 215 לסה"נ (רב ושמואל – הדור הראשון של האמוראים בא"י שירדו לבבל)

בתקופה זו חי הסופר הרומי איליאן, מחבר האנציקלופדיה על בעלי החיים. בדבריו על פורפורה חוזר על דברי קודמיו, ועוד הוסיף שכדי שהצבע יפיק את הגוון בטהרתו (ראה שבת עה ע"א: "ליציל צבעיה"). צריך לפוצעו באופן שלא יסבול, כי בגסיסתו מחמת הסבל פולט הוא את צבעו ונספג בעובי בשרו.¹⁹

נמצאו מטבעות צוריות בהטבעות הקיסר הרומאי עם ציור נשר (-סמל רומי) וחלזון בין רגליו (עיין סנהדרין יב ע"א), וכן עשרות סוגי מטבעות צוריות עם ציור חלזון (חלקם מתקופה זו של הרומאים וחלקם עוד מהתקופה הפרסית).

בתקופת רב ושמואל היה שימוש רב בתכלת אצל היהודים – כמבואר בגמרא מנחות לח ע"א-ע"ב שרב ושמואל ולוי דנו אם התכלת מעכבת את הלבן, ולא הייתה ההלכה מוכרעת (וכן הוכיח בשו"ת ישועות מלכו או"ח תשובה א-ג), ובגמרא מנחות לט ע"א שלפני רב עבר אדם הלבוש בגלימה שכולה תכלת (הובא

¹⁶ לצערנו ישנם תרגומים שתרגמו דבריו באופן משובש המלא כפילויות וסתירות שלא ייתכנו. אבל ישנם תרגומים טובים יותר שבהם הדברים מובנים ומישיבים. התייחסנו לכך בסוף המאמר המורחב.

¹⁷ כן כתב פרופ' צבי קורן בתחומין מד (תשפ"ד), עמ' 470, וכן אומר הרב אברהם גרוס שראה זאת.

¹⁸ פרטים ומסקנות בקשר לממצאים אלו – ראה בפירוט רב בעבודת הדוקטורט של ד"ר נ' סוקניק.

¹⁹ נידון זה ביארתי במאמרי בקובץ "והיה לכם לציצית" תשפ"ה.

בפירוש ספרי דבי רב לרבי דוד פרדו על פרשת וזאת הברכה כאחד המקורות לכך שהחלון היה מצוי בימי האמוראים).

ד' מ"ד; 284 לסה"נ (סוף ימי רבי יהודה נשיאה נכדו של רבי²⁰)
הכתרת דיוקליטיאנוס. בימי קיסר זה, החל השימוש **במשי** לבגדי הארגמן
המלכותיים (קודם לכן הם היו צמר, כמו שכתב פליניוס)²¹.

ד' ס"א; 301 לסה"נ

בשנותיו האחרונות של דיוקליטיאנוס (מת בשנת ס"ה; 305) הוא הוציא צו על
מחירי מקסימום לפורפורה ולחיקוי המחולק לעשר דרגות,²² מכאן שעדיין לא
היה איסור לסחור בפורפורה, ייתכן שלארגמן המלכותי ניתן מחיר מופרז כדי
שלא ישתמשו בו הדיוטות.²³

מלכות ביזנטיון

ד' ע"ב-פ"ד; 312-324 לסה"נ

הוכתר ברומא הקיסר קונסטנטינוס הגדול, מייסד המלכות הביזנטית. קיסר זה
התנצר והשליט לדורות את הנצרות הרודפת את עם ישראל.²⁴
קונסטנטינוס קם מכסאו שברומא ובונה את ביזנץ שעשאה לבירה (לכן נקראו
הרומאים המזרחיים ביזנטים), ואחר כך קראה על שמו קונסטנטינופוליס, והיא

²⁰ ירושלמי תרומות סוף פרק ח, בראשית רבה פרשה סג, ח.

²¹ יש האומרים שבימיו החלו בתי הצביעה להיות רכוש אימפריאלי, כלומר רכוש המלכות
(הארגמן, עמ' 100), ויש אומרים שהדבר קרה עוד קודם לכן אלא שאז נשלח ממונה על כך.

²² הראשון ליברה של משי צבוע בפורפורה 150,000 דינר, השני צמר הצבוע בפורפורה באיכות
המובחרת 50,000 דינר, והאחרון צמר הצבוע בחיקוי באיכות הגרועה 300 דינר.

²³ הארגמן, עמ' 114.

²⁴ הוזכר במפרשי ספר דניאל ובמעניי הישועה לרב אברבנאל (מעייין ב, ג; מעייין ח, ה; מעייין יא י;
מעייין יב, שעב ב, ד). וזו לשונו (סוף מעייין ב): "שהקיסר קונסטנטינוס הגדול כאשר קיבל תורת ישו
הנוצרי היה מושל בכל ארץ אפריקה ועל רוב ארץ אסיה, והוא הכריח כל משפחות האדמה
שהיו תחת ממשלתו לקבל על עצמן דת ישו הנוצרי ואמונתו, ובאופן זה היו כל בני ישמעאלים
ובני קטורה ושאר העמים שהיו נכנעין תחת ידי הרומיים מכלל הנוצרים... עד אשר קם מחמד
נביא הישמעאלים... תמיד נשארו בדת הישמעאלים אמונות רבות משרשי דת ישו נוצרי
שהישמעאלים מאמינים בהם כנוצרים עצמן".

עיר רשע שרדפה את ישראל בגזירות רבות.²⁵ להבדיל, בתקופה זו המליכו בבבל את אביי אחר פטירת רב יוסף, והוא שאל את רב שמואל בר יהודה שירד מא"י כיצד צובעים את התכלת (מנחות מב ע"ב).

ד' צ"ג; 333 לסה"נ

קונסטנטינוס גוזר עונש מוות על בעלי עסק רשלנים ובלתי מוסמכים שיגרמו לקלקול בבתי הצביעה הממלכתיים שבצור, משום פגיעה בחפציו האישיים של הקיסר.

בשלב זה עדיין לא נגזרה הגזירה על צביעה פרטית ומסחר בה. וכן בחיבור "תיאור העולם והעמים כולם" מאותה תקופה, נכתב: "גם צרפנד וקיסריה ושכם ולוד שולחות ארגמן אמיתי".²⁶ מכאן שבראשית תקופה זו לא נאסר המסחר בפורפורה, אלא לאחר כמה שנים.

ד' צ"ז; 337 לסה"נ

מות קונסטנטינוס. להבדיל, לאחר שנה נפטר אביי והוכתר רבא (איגרת רב שרירא גאון). בנו, קונסטנטינוס השני, משל באזור צרפת ספרד ותורקיה, ובנו קונסטנטינוס (חסר נון) משל באזור סוריה מצרים וא"י, רדף את דת ישראל וגזר על קידוש החודש כמו שנזכר בתלמוד (סנהדרין יב). אז החלה האכיפה על התכלת, כנראה שם בגמ'.²⁷

ד' קי"א; 351 לסה"נ

שנה אחרונה לחיי רבא, נפטר רב מנא בציפורי ונקבר שם בכבוד. כנראה עליו נאמר שסחר בתכלת והצליח בעסקיו (מנחות מג ע"א; ושם מצאנו גם שבדקו

²⁵ ראה תרגום המיוחס ליונתן במדבר כד, יט; כד.

²⁶ הארגמן, עמ' 41.

²⁷ מסתבר שהגזירות הוחמרו בהדרגה עד שהוטל עונש מוות, ובפרט שהפורפורה הייתה בשימוש ציבורי נרחב, ולא ניתן להטיל מוות על כולם בשנה אחת. מצאנו גזירת מוות אצל ולנטיניאן שמלך י"ב שנה אחרי פטירת רבא, ונראה שהגזירות הקודמות היו בעונש קל יותר, ולא כל הגזירות נעתקו (ובפרט שאין בהן חשיבות לאחר שהוחמרו). נוסח הגזירות שנשמר לדורות הוא רק מה שהעתיק יוסטיניאנוס לאחר כ-180 שנה. המסקנה המתבקשת היא שכבר בזמן רבא התחילה האכיפה על התכלת.

תכלת לפני רבא). קונסטנטינוס גאלוס בן דודו של הקיסר קונסטנטינוס השני והמושל תחתיו – קיבל את עליית הנוצרים שיהודי ציפורי מרדו במלכות, ושלח את שר הצבא ארסיקינוס והרגם. החריב את ציפורי טבריה לוד ושכם, ושמו מרכזי התורה.²⁸ נכתב על קונסטנטינוס גאלוס שתפס ועינה אנשים על חשד בגידה באריגת בגד פורפורה מלכותי בצור.

ד' קי"ד; 354 לסה"נ

קונסטנטינוס השני נענש משמים, ואחיו הקיסר קונסטנטינוס [חסר נו"ן] הרגו ולקח את חלקו בקיסרות. הופסקה רדיפת ישראל אך לא רדיפת דתם.

ד' קי"ט; 359 לסה"נ

הנשיא הלל האחרון תיקן את הלוח העברי.

ד' קכ"א; 361 לסה"נ

מת קונסטנטינוס והוכתר יוליאנוס שכפר בנצרות ודיבר טובות על היהודים (מת בשנת ד' קכ"ג 363).

הגזירות המתועדות על השימוש בפורפורה

ד' קכ"ד; 364 לסה"נ

הוכתר הקיסר ולנטיניאנוס – הקיסר הגדול לכלל האימפריה הרומאית. לקח לשליטתו את רומי המערבית, ומינה תחתיו את הקיסר ואלנס לשלוט על רומי המזרחית – ביזנטיון. ולטיאנוס הוא הקיסר הראשון שידוע שהטיל עונש מוות על הצובע וסוחר בפורפורה. על צו זה חתמו גם הקיסרים שאחריו תיאודוסיוס הראשון וארקדיוס (קודקס יוסטיניאנוס 4. 40. 1).²⁹

²⁸ נזכר בירושלמי יבמות פרק טז הלכה ג.

²⁹ ישנן שתי גרסאות אם גזירה זו נזכרה התכלת או הסגול. אמנם ברור שבשנים הבאות הוחמרו הגזירות ונאסרו כל בגדי הפורפורה על כל הגוונים. חילוקי הגוונים לא היו בתוצרת שכולה צבועה בפורפורה, אלא בתוצרת מהולה בצבע זר – ואף על פי כן נאסרה בגוונים מסוימים. מכך שהגזירות כללו גוונים שונים וצמר שלא לבשוהו הקיסרים נלמד שמטרתם הייתה לאבד את כל ענף הצביעה והעיסוק בחלזונות, כפי שאכן אירע.

ד' קב"ח; 368 לסה"נ

חתימת התלמוד הירושלמי (וי"א שנחתם בשנת קנ"ה [395]).

ד' קל"ה; 375 לסה"נ

מת הקיסר ולנטיניאנוס. בנו גרטיאנוס מילא מקומו ברומי המערבית, וואלנס הנ"ל המשיך למשול ברומי המזרחית.³⁰

הקיסר גרטיאנוס וכן הקיסרים שאחריו תיאודוסיוס הראשון וארקדיוס הוציאו גזירה: "מי שמעז להשתמש בספינה המיועדת לדייג פורפורה ישלם קנס שני פאונד זהב לאוצר" [קודקס יוסטיניאנוס 11. 8. 9].

ד' קל"ט; 379 לסה"נ

הוכתר תיאודוסיוס הראשון לקיסר רומי המזרחית (- ביזנטיון). גם הוא חתם על הגזירה הנ"ל של ולנטיניאנוס, ובשנת קנ"ג (393) גזר על בגדי השחקנים שגם הם לא ישתמשו בבגדי פורפורה.

ד' קנ"ג; 393 לסה"נ

אפיפניוס מסלמיס (מוצאו מארץ יהודה ונעשה בישוף בעיר סלמיס שבקפריסין; מת בשנת קס"ג [403]) כותב בספרו על אבני החושן וסמליהן, בעניין אבן הספיר שהיא הלאפיס-לאזולי [לאזורי]: "אומרים שאבן זו היא כגוון הפורפורה, המכונה בלטה, ממנו יש סוג כהה [עמוק] יותר... ויש סוגים רבים לאבן הזאת כי יש בה ניצוצות של זהב... אשר אינה כל כך יפה כמו אותה אבן טהורה שכולה זוהרת במראה פורפורה".³¹

³⁰ בשנה זו הגותים מתיישבים באזור טורקיה ומתעמתים תכופות עם הרומאים. מקור העם הגותי בחצי האי הסקנדינבי צפונית לגרמניה, חלקם פרשו ונדרו מערבה ונקראו 'ויזיגותים' שפירושו הגותים המערביים. הם פלשו לארצות שונות ובשנת ק"ע כבשו את רומא לתקופה קצרה, ולבסוף היו בספרד [ראה אנציקלופדיה לב"י ערך ויזיגותים]. ולעומתם האוסטרוגותים – הגותים שפרשו מזרחה, כבשו את רומא לתקופה ממושכת משנת רל"ו עד שהושמדו בשנת שט"ו.
³¹ כוונתו שיש אבנים שכל האבן נראית כחולה, ויפות יותר מהלאפיס שהיא עם הרבה חתיכות מוזהבות.

מדברי אפיפניוס נלמד שבשפה המדוברת בזמן חז"ל הצבע הכחול הטהור – צבע אבן הלאפיס-לאזולי – נקרא פורפורה. ולגבי הכינוי בלטה יש לפרש בדבריו שגם החלזון וגם התוצרת שלו

ד' קנ"ד; 394 לסה"נ

הוכתר תיאודוסיוס הראשון הנ"ל לקיסר כלל האימפריה – המזרחית והמערבית. נתן לגותים זכויות שיגרמו בעתיד לפילתה של רומי המערבית.

ד' קנ"ה; 395 לסה"נ

מת תיאודוסיוס הראשון ובניו נחלקו במלכות. ארקדיוס הוכתר לקיסר ביוזנטיון, והונוריוס הוכתר לקיסר רומי המערבית. יש המאחרים את חתימת התלמוד הירושלמי לשנה זו, ועל כל פנים זהו הדור האחרון של אמוראי ארץ ישראל ולא המשיכו לאורך ימים עקב צרות הביזנטים.

ד' קנ"ז; 397 לסה"נ

הקיסר ארקדיוס חותם על גזירות שגזרו לפניו תיאודוסיוס הראשון וולנטיניאנוס כנ"ל. ומצאנו גזירות בקשר לפורפורה תחת הכותרת "דברים שלא ניתנים למכירה ואנשים האסורים לקנות ולמכור".³²

עוד חתמו אותם שלשה קיסרים על גזירה מפורשת לאסור בגדים הצבועים בחלזונות הפורפורה. נוסח הגזירה: "אין רשות לאיש פרטי לצבוע או לחלק³³ פורפורה, בין במשי ובין בצמר, אשר נקרא בלאטה [-ארגמן-דם], אוקסי בלאטה [-ארגמן אדום צח, בהיר], וגם היקינטא [-תכלת, ויש גורסים ינטנא שהוא סגול], אם בכל זאת משהו ימכור אריג של המורקסים [-תוצרת חלזונות הפורפורה] הנ"ל להווי ידוע כי רכושו וגם ראשו עומדים להחרמה" [4. 40. 1].

כוננו בלטה, ולא שהגוון הספציפי מכונה בלטה. אמנם ראה לקמן בגזירה בשנת קנ"ז (397) שהוזכרה "בלטה" כאחד מן הגוונים, והוא גוון של דם, אך בדברי אפיפניוס "בלטה" הוא שם לפורפורה ולא לגוון אדום, שהרי באבן זו אין אדמימות. וכך היה נפוץ באזורי יוון לקרוא לפורפורה בשם "בלטה", כמו שכתב השלטי הגבורים פרק עט: "בלטה... ובלשון יוון רוצה לומר רמש הים הנקרא פורפורה והוא החלזון שצובעים בו תכלת... ופאולו איגינטה הרופא היווני קרא הצפורן המבושמת בהשאלה בלאטה, גם כי במקום הזה אינה החלזון, ועל כן יש מהיוונים שקוראים אותה בלטה ביזאנציאון". והנה רופא זה היה בזמן הגאונים, ומדברי אפיפניוס כאן נלמד שכבר בתקופת חז"ל הפורפורה מכונה בשם "בלטה".

³² בספר החוקים נכתבה הגזירה בזמן של הקיסר האחרון שחתם על כך, אף שהיא ניתנה כבר על ידי קודמיו. וכן מצוי בגזירות נוספות שהתאריך נכתב על זמן הקיסר האחרון שאישר את הגזירה. ³³ להפיץ. יותר נראה: לכתוש ולפצח (הארגמן, עמ' 165).

לא מוזכר התאריך של גזירה זו, אך היא כתובה בקודקס יוסטיניאנוס סמוך לגזירה שהובאה בקטע הקודם, ועל כל פנים היא גזירה קדומה שיצאה כבר בימי ולנטיאנוס.³⁴

ד' קס"ז; 406 לסה"נ

בתאריך זה נחתם בקונסטנטינופול צו הקיסר ארקדיוס: "אנחנו מורים, אשר משי צבוע בפורפורה וגלם משי מכל סוג שהוא, יימסר רחוץ למחסן הקיסרי. קנס של עשרים פאונד זהב יפקד על מנהלי לשכת המיסים אם יתנו לעבור החוקים הקיסריים". על גזירה זו חתמו גם הונריוס אחיו של ארקדיוס שהיה קיסר רומי המערבית וכן הקיסר תיאודוסיוס (כנראה הראשון, לפי שבדרך כלל התאריך הוא של הקיסר המאוחר שהוא ארקדיוס).

מלבד גזירה זו גזר הקיסר ארקדיוס יחד עם אחיו הונריוס גזירה נוספת, שהרחיבה ואסרה אף את חיקוי הפורפורה. לשון הגזירה: "אנחנו לא מתירים בדי צמר צבוע עם צבע מהול לחקות [צבע] מורקסים הקדוש, וגם לא מתירים משי הצבוע תחילה באדום-ורד להיות צבוע אחריו בשום צבע, אבל אנחנו לא מונעים מהזכות לצבוע בד טבעי בשום צבע [אחר]. מי שינסה לעבור יקבל עונש מות' (קודקס יוסטיאנוס 11. 93).

התאריך אינו ברור. תיאודוסיוס מצורף לאוסרים, כך שאם מדובר בתיאודוסיוס הראשון הגזירה קדומה יותר, ואם זהו השני נראה שהתאריך הסופי הוא שנת קפ"ד – בסמוך לגזירה שהובאה שם, הכתובה בקטע הסמוך בספר החוקים.

נמצא שגזירות הפורפורה תקפו על כל מפרצי הים התיכון, משום שהתקבלו
הן באימפריה המזרחית והן באימפריה המערבית. בתחילת הגזירות גזר ולנטיאן שהיה קיסר אחד לכלל האימפריה, אחריו תיאודוסיוס הראשון שבסוף ימיו גם כן

³⁴ ישנה גזירה מאוחרת באותו הנוסח אך בהשמטת פירוט הצבעים, כך שנאסר בכל אופן בין בצמר ובין במשי והיא מחוקי בסיליקא 82,1,19 (ראה לקמן בשנת ד' תרכ"ה (867)). ייתכן שגם בגזירה המפורטת כוונתם לאסור את כלל הצבעים, וכללו אותם בשלוש מחלקות של צבעים, שהם האדום המלכותי, האדום הסגלגל, והסגול הנוטה לכיוון הכחול – כפי שפליניוס חילקם לשלוש מחלקות. אם גורסים נטינה שהיא הסגול, לכאורה התכלת נאסרה בשלב מאוחר בעת החמרת הגזירות. אך עיין במה שנתבאר לעיל בשנת קכ"ד (364) בהערה שם.

שלט על כל האימפריה, וגם אצל בניו שהתחלקו לשני קיסרים ארקדיוס והונריוס שניהם חתמו על אותו צו, וכן אחר כך ידוע שספרי החוקים כגון קודקס תיאודוסיוס התקבלו גם ברומא (ראה להלן שנת ק"צ).

ד' קס"ח; 408 לסה"נ

מת ארקדיוס החתום על כל הגזירות הנ"ל. אחריו היה בנו תיאודוסיוס השני שהיה ילד, והמתינו לו עד שיגדל.

ד' קע"ה; 415 לסה"נ

נפטר מר זוטרא בבבל, ואחריו היו רבינא הראשון ורב אשי שנפטר בשנת קפ"ז (איגרת רב שרירא גאון). באימפריה הביזנטית היהודים נרדפים. בשנה זו התרחש גירוש יהודי אלכסנדריה, ושנה קודם לכן עלילת דם בסוריה. האימפריה הרומית-מערבית הולכת ומתפוררת ע"י הגותים שנלחמים בה וכובשים את ספרד.

ד' ק"פ; 420 לסה"נ

ברשימת הממונים מטעם המלכות הרומאית נזכרו ממונים על צביעת הפורפורה מהעיר נרבונה שבפרובינציה ומעיר החוף טולון שבצרפת (-אזורים בשליטת הרומאים). לא ידועים פרטים על כך ולא נמצא שם שריד מצביעה זו. ייתכן שמדובר בממונים שגרו במקומות ההם.³⁵

ד' קפ"ד; 424 לסה"נ

הקיסר תיאודוסיוס השני מחמיר את החקיקה על הפורפורה. לשון הגזירה: "כל איש ואשה מכל דרגה, עסק, אומנות, ומשפחה צריכים להימנע מהחזקת בגדים המשומרים לקיסר ובני ביתו בלבד. 1. ואף אחד לא יארוג או יעשה בביתו מעיל או כתונת של משי צבוע עם דם קונכיליא בלי למהולו עם צבע אחר. 2. כל כתונת ומעיל צבוע מצד לצד עם קונכיליא ימציאו וימסרו. לא ייארג שום חוט שתי צבוע קונכיליא, וגם לא חוטי ערב מאותו צבע יעבורו על ידי מסרק הנול. בגדי

³⁵ הרשימה הרומאית נקראת בשם נוטיטיא דיגניטאטום, החלק של רומא המערבית מתוארך לשנת ק"פ (420) – לפני החמרת הגזירות, והחלק של רומא המזרחית מתוארך לשנת ק"צ (390).

אנשים שכולו אמיתי [–מצבע פורפורה אמיתי ולא מהול] ימציאו וימסרו לאוצר. 3. ולא יתלונן אף אחד שאין פיצוי, כי חנינותו מלפני החוק מספיק. 4. כל אחד ייזהר לא להילכד במלכודת החוקה החדשה הזו, כי ימצא בסיכון כמו זה של הבוגד" (קודקס יוסטיניאנוס 9. 11. 36).

בלשון הגזירה מוזכר "דם קונכיליא". אם תרגומו תכלת כמו שנתבאר בכתבי פליניוס הרי זו גזירה על התכלת, אבל נראה על פי מקורות רבים שרק בתקופת פליניוס שימש ביטוי זה לתכלת (לפעמים), ובשאר מקומות "קונכיליא" הוא שם לכלל החלזונות בעלי הקונכיה.

חוקר בשם ריינהולד טען שנאסר רק הגוון המלכותי, אך דבריו תמוהים. אף בחוק הידוע משנת קנ"ז נאסרו גוונים שונים וגם בגדי צמר שאינם בגדי הקיסר, ובעוד שבחוק ההוא נכתבו שלושה גוונים (עין מש"כ שם), בחוקים המאוחרים נאסרה כל הפורפורה, ובגוונים מסוימים נאסר אף הנמהל בצבע אחר, ונאסר גם שימוש מועט כחוטם וסרטים בבגד (להלן בשנת ד' תרמ"ו ליאו הקיסר מזכיר את קודמיו שאסרו שימוש מועט).

על כל פנים, גם אם נניח הנחה רחוקה כזאת שלא נכללה לבישת התכלת בחוק מפורש, הרי בוודאי זה היה לצנינים בעיני הרומאים, וכפי שהצליחו לחסל את כל הצביעות הפרטיות בכל מפרצי הים התיכון בוודאי רצו לחסל אותה גם מהיהודים. אנו יודעים על פי מקורותינו הנאמנים מה המלכות הייתה עושה במקום שהיה אוצר של זהב או דבר ערך כמותה, כך שבוודאי המציאות בשטח הייתה חמורה יותר מהגזירות הרשמיות, וגם ייתכן שהצטרפה כאן גם רדיפת הדת היהודית כדרכם באותם שנים. אין ספק שלא היו רוצים לראות שהיהודים צובעים למצוה באותו חלון שנאסר על הצובעים הנכריים, ובסופו של דבר ברור במציאות שהרומאים הצליחו לחסל את העסק בחלזון בין מהיהודים ובין מהגויים (ובכל המקומות בעולם שנמצאו שרידי צביעה – זה רק מלפני הגזירות).

³⁶ כל הגזירות הנ"ל הועתקו מספר החוקים של יוסטיניאנוס שהעתיק את נוסחאות הצווים העתיקים מתחילת המלכות הביזנטית.

ד' ק"צ; 430 לסה"נ

תיאודוסיוס השני קיסר האימפריה המזרחית כותב ספר חוקים (ספר החוקים הראשון) משנת קפ"ט 429 עד קצ"ח 438 ומעדכן בשיפור מחדש את כלל חוקי האימפריה הרומית. דבריו התקבלו גם על הסנאט והאימפריה המערבית. לקיסר זה מייחסים את ביטול הסנהדרין. הוא עצמו מת בשנת ר"י (450), אך רוח גזירותיו לא בטלה.

קובץ חוקים זה כוללת עשרות תקנות שונות הקשורות לאגודת דייגי החלזונות וצבאי הארגמן. הן עוסקות במגבלות המוטלות על מי שמבקש להשתחרר מהחברות בהן.³⁷

יש להעיר כי **גזירות הביזנטים בתקופה זו לא תקפו בבבל** שהייתה תחת מלכות פרס. לכן תקופה מסוימת – איננו יודעים את אורכה – הייתה עדיין תכלת במלכות זו אף על פי שלא היו שם חלזונות (או שנשארו בגדים מהעבר, או שהצליחו לייבא לשם ללא ידיעת המלכות; ועיין בסמוך את שאירע בשנת קצ"ו [436]). אך משום שהרומאים שלטו על חופי הים התיכון – מקום חלזונות הפורפורה, אט אט נחסרה התכלת עד שנעלמה גם מהמקומות הללו.

ד' קצ"ו; 436 לסה"נ

התגלה למלכות שלמעלה משלוש מאות ליברות של משי צבוע בפורפורה נצבעו בחשאיות; הדבר הוגדר כפשע וכמרידה במלכות. לכן נקבעו תקנות נוספות שנועדו למנוע הונאות אלה, כמו משלוח של פקידים מלשכות המס והרשם הממשלתי לפיקוח במפעלי הצביעה של "פיניקיה" [=צור].³⁸

ד' רט"ו 455

נפטר רב נחמן בר רב הונא. יזדגדר מלך פרס גזר שמד על ישראל. אחרי רב נחמן הוכתר מר בר רב אשי ובימיו היה טוב לישראל, ולכן נקרא שמו "טביומי" (איגרת רב שרירא גאון; ראה בבא בתרא יב ע"ב).

³⁷ הארגמן, עמ' 101.³⁸ שם. ע"פ חוקי תיאודוסיוס 10, 20, 18.

ד' רכ"ח; 468 לסה"נ

נפטר בבבל מר בר רב אשי, ולאחר שנתיים נהרגו גדולי הדור בבבל.

ד' ר"ל; 470 לסה"נ

הקיסר ליאו גוזר עונש מות על מי שיעז לעשות דיו מדם פורפורה כחותם המלכות (1. 23. 6).

ד' רל"ד-רל"ה; 475 לסה"נ

נפטר רבה תוספאה מאחרוני האמוראים, ונסגרו כל בתי כנסיות שבבבל ונלקחו נערי ישראל לאמגושים (איגרת רב שרירא גאון).³⁹ צרות הפרסים הביאו לסיום תקופת האמוראים ולסיום עריכת התלמוד.⁴⁰

ד' רל"ו; 476 לסה"נ

הגותים המזרחיים (אוסטרוגותים) כבשו את רומא ושרפוה באש ושלטו באיטליה כשבעים ושמונה שנה (הוזכר בישועות משיחו לחכם אברבנאל ח"ב ב, ב). ידוע שהם המשיכו לנהוג כפי חוקי הרומאים גם בעת שליטתם.⁴¹

³⁹ על פי רבים הגורסים תשפ"ה לשטרות שהיא שנת רל"ד, וכן הוא בראב"ד. אך יש גורסים תשפ"א שהיא שנת ר"ל שבה נהרגו גדולי הדור, ויש גורסים תשפ"ח שהיא שנת רל"ז (וכן הוא בסדר תנאים ואמוראים)

⁴⁰ בסדר הקבלה לראב"ד כתב שהאמוראים סיימו את התלמוד בשנת רל"ה ובשנת ר"ס נחתם עם הוספות הסבוראים. עוד כתב שבשנת רל"ד, שבה נלקחו נערי ישראל לשמר, היה רבינא ראש ישיבה שנה אחת ונפטר. וכן נקט בדורות הראשונים ח"ג פ"ג. אבל רבים סבורים שרבינא האריך ימים עד שנת ר"ס, וכן הוא באיגרת רב שרירא גאון ובהקדמת רב נסים גאון לספר המפתח ובמאירי בריש אבות.

⁴¹ הגותים המערביים (ויזיגותים) השלימו את כיבוש ספרד בין השנים ד' רכ"ו (466) עד ד' רמ"ד (484). באנציקלופדיה לבי" ערך ויזיגותים כתב: "במשך כמאתים שנה התקיימה מלכות זו, אשר נהג בה שלטון פאודלי שהביא לדיכוי המוני העם, כשהכנסייה שלטה במדינה וגזרה גזרות ושמדות על היהודים, סופה שנכבשה ע"י צבאות המוסלמים שפלשו אליה מאירופה בשנת ד' תע"א".

ד' ר"ס; 500 לסה"נ

חתימת התלמוד כולל ההוספות מרבנן סבוראי.⁴² במנחות מג ע"א נמצא **האזכור התלמודי האחרון על שימוש בתכלת** שהובאה לבבל בשנותיו של רב אחאי הסבוראי⁴³ (נפטר בשנת רס"ו – לפי איגרת רב שרירא גאון). מכאן והלאה לא נכתב דבר על השימוש בתכלת בשום מקום עד לחידושה בדורות האחרונים.

אחר חתימת התלמוד

ד' רע"א; 511 לסה"נ

נפטר רב אחאי השני בר רבה בר אבוה, והוות זעפא (איגרת רב שרירא גאון) – ככל הנראה גזירת מלכות.

ד' רפ"ט; 529 לסה"נ

בשנה זו יוסטיניאנוס מוציא ספר חוקים ומעדכן את החוקים הרומאים, כולל את הקודמים מתחילת המלכות הביזנטית, ומספרו הועתקו הגזירות הראשונות על הפרפורה. יוסטיניאנוס ממשיך את המסורת של איסור העסק והשימוש בחלזונות ובאריגי הפרפורה.

אמנם יש שכתבו שהייתה מגמה להתיר מעט לשימוש לכלל הציבור.⁴⁴ אך לא הותר העסק העצמאי אלא שימוש בשיירי תוצרת המפעל המלכותי באופן מועט ומפוקח.

יוסטיניאנוס הוכתר לשליט ביזנטיון כבר בשנת רפ"ז (527), והיהודים שתחת שלטונו נרדפו קשות. בשנת רצ"ד (534) הוא כבש את קרתגו מהוונדלים שהשתלטו עליה, והעיר חזרה לשליטה ביזנטית לעוד כמאה וחמישים שנה. יהודי המקום נרדפו, ונכללו בקטגוריה אחת עם עובדי האלילים. לאחר מכן

⁴² ראה לעיל הערה 40.

⁴³ התוספות (זבחים קב ע"ב; כתובות ב ע"ב) דנו האם אכן הוא מרבנן סבוראי או מהאמוראים, ומקובל כדעת הרשב"ם שהיה סבוראי. וראה במבוא לתלמוד שוטנשטיין.

⁴⁴ הארגמן, עמ' 102.

יוסטיניאנוס פנה להילחם באוסטרוגותים באיטליה עד שעברה לשליטתו בשנת שט"ו (555), והוא מת בשנת שכ"ה (565). לאחר מותו המשיכו הרדיפות, ובפרט על קיום מצוות, וכן הגזירות בעניין הפורפורה.

ד' ש'; 540 לסה"נ

גזירות קשות בבבל משנאת מלכי פרס. מתבטלת ישיבת בבל עד שנת שמ"ט (איגרת רב שרירא גאון).

ד' שי"ח; 558 לסה"נ

גזירות כוללות בבבל עד שנת ש"מ (עיינן ספר דורות הראשונים).

בסיכום תקופה זו ניתן לומר בבירור שאבד **למעשה מהעולם כל ענף הצביעה בפורפורה, ונשארה הצביעה הזו רק אצל מלכי הרומאים הביזנטים** שהשאירו בתי צביעה והדבר נעשה סוד מלכותי. האפיפיורים ברומא קיבלו מהם בגדי פורפורה.⁴⁵

פרופ' עמר מעיר שמלאכת הצביעה שנשארה אצל הביזנטים הייתה רק לצבע הארגמן שאותו הרומאים החשיבו, אך תעשיית התכלת כנראה פסקה לחלוטין הרבה לפני כן.

אמנם חוקרים אחדים קשרו את הפסקת השימוש בתכלת לגזרות הדת ולהגבלות שהטיל השלטון הביזנטי על היהודים במאה השישית או לשלהי תקופה זו, בימיו של הרקליוס, שרדף את יהודי א"י וטבח בהם בשנת ש"צ (630).⁴⁶

⁴⁵ לדעת החוקר בורן בתקופה מסוימת יצרו פורפורה באיטליה ולפחות עד סוף המאה הי"ב למנינם (דהיינו שנת תתק"ס, סמוך לכיבוש קונסטנטינופול בשנת תתקס"ד). דבריו צ"ע, אך על כל פנים נראה שמשנת תתקס"ד שום קיסר ביזנטי או שליט לטיני לא החזיק בתעשייה זו (הארגמן, עמ' 107).

החכם ר"א גרוס מפקפק מאוד על דברי בורן: "כל כך מאוחר? מנין לו? לידיעתי יש רק ממצאים שמצאו בקונסטנטינופול וגם מצאו בקורינוט עד תחילת המאה הי"א ולא מאוחר מזה. רק מסתבר שהמשיך בקונסטנטינופול עד שנהרס ע"י הנוצרים ב-1204 [תתקס"ד]".

⁴⁶ הארגמן, עמ' 103.

תקופת הגאונים

ד' שמ"ט; 589 לסה"נ

רב חנן מאישיקא פותח את ישיבת הגאונים, שנים ספורות לפני תחילת התפשטות האיסלאם (איגרת רב שרירא גאון).

ד' שצ"ד; 634 לסה"נ

הערבים כובשים מהרומאים את אזור ארץ ישראל. בתי הצביעה שבצור נפלו לידי המוסלמים, הביזנטים העבירו את תעשיית הארגמן לביזנטיון. המוסלמים לא החשיבו את צבע הפורפורה.

יש שסברו שהמוסלמים אף החריבו את בתי הצביעה. וכך נקט הרב הרצוג.⁴⁷ אולם פרופ' זהר עמר סבור כי "אין שום ראיה שהערבים גרמו להרס מכוון של תעשייה זו, ונראה שהיא המשיכה להתקיים בלבנון זמן ממושך עד שפסקה לגמרי כנראה רק במהלך המאה התשיעית. כך עולה גם מהעדויות הארכיאולוגיות... ומהעדויות הכתובות על יבוא ארגמן מחופי לבנון על ידי הוונציאנים בראשית המאה התשיעית".⁴⁸ אך אחר כמאתיים שנה בוודאות פסקה הצביעה באזור ארץ ישראל, ונשארה רק בקונסטנטינופול (ראה להלן שנת ד' תקכ"ג).

ד' ת'ת"כ; 640-660 לסה"נ

המוסלמים הולכים וכובשים עוד מדינות מהביזנטים. נופל לידם הצי הביזנטי שחנה באלכסנדריה, ונכבשות עוד ארצות על חופי הים התיכון, עד שעלי השלים את כיבוש בבל. ישיבות בבל בתקופת הגאונים ביחסים טובים עם השלטון הערבי (ע"פ רב שרירא גאון).

כיבושי הערבים מגיעים עד למזרח הרחוק, כלל המסחר משתנה למוצרים חילופיים ושונים המגיעים מהמזרח הרחוק, ובכללם הארגמן.⁴⁹ בקשר לצבע התכלת המסחר היה בין בצמח האינדיגו ובין באיסטים וקראו לשניהם ניל.

⁴⁷ במאמרו הנ"ל שבספר התכלת, עמ' 370.

⁴⁸ הארגמן, עמ' 104.

⁴⁹ הארגמן, עמ' 105.

ד' תקכ"ג; 763 לסה"נ

נפטר רב יהודאי גאון שהוכתר לגאון בשנת ד' תקי"ז (757). מפסקיו המובאים בספר האשכול ובספר העיטור נלמד מנהג הגאונים בסדר קשירת הציצית כאשר אין תכלת בישראל.

סמוך לימיו פעלו רבי שמעון קיירא בעל הלכות גדולות ורב אחא משבחה בעל השאלות שעלה לא"י, והם לא התייחסו למעשה לתכלת.

המשמעות העולה מכתבי הגאונים היא שבימיהם אין תכלת בישראל. כך שבין הזמן שנכתב במפורש שהתכלת נמצאת, לבין הזמן שמוכח שהתכלת נעלמה יש כמאתיים וחמישים שנה.

במדרש תנחומא לפרשת שלח מופיע: "אין לנו אלא לבן", וכן הוא במדרש במדבר רבה (פרשה יז, ה). מדרש רבה בספר במדבר הוא העתק ממדרש תנחומא – חלקו מהישן וחלקו מזה שלפנינו. מדרש תנחומא עבר כמה עריכות, ככל הנראה אחת העריכות הייתה בתקופת הגאונים (עיין במראית העין לחיד"א מנחות מג ע"א). יש המייחסים את עריכתו הסופית לר' משה הדרשן רבו של רש"י. גם הסבור להקדים את עריכת המדרש, הרי מדובר בארץ ישראל, שבה כבר בסוף תקופת האמוראים פסקה התכלת מישראל. מלבד שייתכן מאוד שקטע זה הוא הוספה יותר מאוחרת.

ד' תקמ"ז; 787 לסה"נ

בוועידה השנייה על ראשי הכנסיות בניקאה שבטורקיה הביאו ראיה לענייניהם ממצות פתיל תכלת שבציצית, וקראו לזה "חוט של פורפורה הייקינטינה". בתגובה שנכתבה על ידי אנשי הקיסר קרל הגדול בגרמניה העירו שפורפורה והיקינטינה הם שני פריטים שונים – זה ארגמן וזה תכלת. אלא שמלכי ביזנטיון הכירו וצבעו בפורפורה, לעומת האירופאים שלא הכירוהו משום מקום.

ד' תקע"ד; 814 לסה"נ

בציור של קרל הגדול קיסר צרפת וגרמניה שמלך גם על איטליה, לבושים הוא ובנו לואי בבגדים כחולים. אבל מדובר בכחול מהצומת. כאן רואים שאף בתקופה מאוחרת זו המלכות (מלבד רומי) החשיבה צבע כחול.

ד' תקצ"ג; 833 לסה"נ

מת החליף אלמאמון שמלך באזור סוריה כ-20 שנה, עליו סיפר אבן סור-שוי (לקמן בשנת תר"ס 900) שהיה אחרון לובשי הפורפורה באזור סוריה (ראה גם להלן ד' תשכ"ג). מזאת נדע שלכל המאוחר בתקופה זו כבר נחרבו בתי הצביעה הממלכתיים בצור.

ד' תרכ"ה; 867 לסה"נ

בחוקי ביסיליקה של הקיסר בזילוס הראשון (ועליהם עבר גם בנו לואי השישי) שהם אוסף מהחוקים הביזנטיים הקודמים, בחוקה 82. 1. 19 חזרו שוב על הגזירה הנזכרת לעיל בשנת קכ"ד (364), אך ללא פירוט גוונים אלא כגזירה כללית על צמר ומשי (הגם שכבר לא השתמשו בצמר, השאירו את הנוסח העתיק).

ד' תרל"ה; 875 לסה"נ

רב עמרם גאון מלך במשך י"ח שנה, ויש אומרים שנפטר בשנה זו. הגם שהמשמעות הברורה העולה מכתבי הגאונים הראשונים היא שאין תכלת, כנ"ל, רב עמרם כותב במפורש "פירוש כשהיה תכלת ביד ישראל..." (הובא בספר העיטור ח"ב עמ' 138 וכן בגאניקה עמ' 330, והתברר שבטעות ייחסו תשובה זו לרב שר שלום גאון בשו"ת שערי תשובה).

שנה זו היא אחרונה ללואיס מלך גרמניה שקיבל משלוח בגדי פורפורה.⁵⁰

ד' תרמ"ו; 886 לסה"נ

הוכתר הקיסר הביזנטי לואי השישי, שהתיר לסחור בשיירי תוצרת הממלכה. לשון החוק: "אינני יודע הסיבה שקיסרים קודמים שהיו מלובשים לגמרי בפורפורה חקקו חוק ששום דבר מהסוג הזה לא יימכר, ואפילו לא התירו לאף אחד למכור או לקנות דברים מהצבע הזה. אמנם, אם אסרו למכור גליל שלם של בד פורפורה זה לא היה נחשב כבלתי סביר, אבל לאסור לזרים כל שיריים או מטלה... הננו גוזרים שמכירת טלאים ושיריים של אריגי פורפורה, אשר נותנים אמצעי התבלטות לנתינינו, לא ייאסר" (חוקי לואי השישי, חוקה 80).

⁵⁰ הארגמן, עמ' 107.

הקלה זו לא הועילה לחידוש התכלת, כי המדובר כאן על ארגמן ועל משי בלבד, וגם לא על תוצרת פרטית אלא על שיירי הבגדים שכבר נצבעו.

ד' תר"ס; 900 לסה"נ

אבן סרו-שוי מסוריה כתב מילון ללשונות. שם כתב שצבע הפורפור כבר אינו מצוי בסוריה, ושהאחרון שלבש באזור זה החליף אלמאמון (הנזכר לעיל ד' תקצ"ג [833]). נראה שהוא לא ידע שתוך זמן קצר יגיע משלוח מלכותי מקונסטנטינופול כדלקמן בקטע הבא, או שכוונתו לתוצרת מקומית בלבד. הוא כתב גם את האגדה הצורית על גילוי הפורפורה במעשה עם הכלב שנזכר לעיל, והוסיף שהמלך ציווה להוסיף תולעת שני ומכך נעשה הארגמן.⁵¹

ד' תרס"א; 901 לסה"נ

מת אבו עביד מושל קנסרין שבצפון סוריה. ידוע שהוא שלח מתנה לחליף העבאסי אלמתעתצ'ד בגדי מלוכה מפורפורה רקומים בחוטי זהב, שאותם קיבל מהקיסר לואי השישי הנ"ל.⁵² נראה שהביזנטים הקפידו שלא ישתמשו הדיוטות בפורפורה אלא רק מלכים.

ד' תרע"ב; 912 לסה"נ

מת לואי השישי הנ"ל, וכן מת אבן ח'רדאד'בה שכתב עליו שהקיסר הרומאי היושב בקונסטנטינופול לובש בגדי פורפורה שהוא סוג משי שיש לו ברק שחרורי (מעין מה שכתב פליניוס על הארגמן הצורי שהוא כהה ונוצץ מן הצד) ו"רק הוא רשאי ללבוש בגדים אלה, ומי שיעז לעשות כמותו מתחייב בנפשו". משמע שלבישת בגדי פורפורה זהו מנהג קבוע שהתייחדו בו קיסרי האימפריה הביזנטית ולא נהג אצל אחרים.⁵³ עוד יש ללמוד מכאן, שבגדים אחרים שהיוו תחליף לפורפורה לא נקראו בשם "בגדי פורפורה".

⁵¹ נשמע מדבריו שהפורפורה צובעת תכלת בלבד. אמנם המציאות אינה כן ויש בה אדמימות.

ככל הנראה נשכחה אז מלאכת הצביעה, אבל ייתכן שכוונתו על חיזוק האדום.

⁵² הארגמן, עמ' 107.

⁵³ הארגמן, עמ' 105.

ד' תש"ב; 942 לסה"נ

נפטר רב סעדיה גאון. הקיסר הביזנטי אז היה קונסטנטינוס השביעי (החל משנת תרע"ב [912] במות לואי השישי ועד תשי"ט [959]). הוא היה להוט על גלימות הפורפורה, ולכן נקרא שמו פורפירוגניטוס, וכן יורש העצר שנולד בחייו נקרא בשם פורפירוגניטוס, ומאז נכנס הביטוי לנסיך "נולד לארגמן".⁵⁴

ד' תשכ"ג; 963 לסה"נ

מת בר בהלול שכתב מילון סורי-ערבי. כך כתב בערך ארגונא: "ארגונא – אלפרפיר. גריגוריוס [מ-חבר מילון סורי שחי באסיה הקטנה בסוף תקופת אמוראי א"י שפירש את המונח אלפרפיר – פורפורה]: במשמע אחד מכוסה בצבע [כלומר על שם צביעה יפה מרוכזת], ולפי בר סרו-שוי [הוזכר לעיל בשנת תר"ס 900] זה צבע השמים, צבע כירי [ככל הנראה שם צמח] והוא חזק יותר מגוון 'כרום ימא' [תרגום אבן תרשיש] ולמים דומה. ובמשמע אחר בתורה: תכלת וארגונא".⁵⁵

ד' תשפ"ה; 1025 לסה"נ

הקיסר הביזנטי בזיליוס השני (תשל"ו-תשפ"ה [976-1025]) לובש פורפורה, ומסופר עליו שהעדיף ללבוש גלימת ארגמן בגוון קודר מאשר בגוון מבריק.⁵⁶

ד' תשצ"ז; 1037 לסה"נ

פטירת רב האי גאון. סוף תקופת הגאונים. להבדיל, מת אבן סינא – רופא ומדען מפורסם מארץ פרס, המזכיר בספרו הרפואי את הארגמן מהחלזון.⁵⁷

⁵⁴ הארגמן, עמ' 102.

⁵⁵ לפירוש דבריו עיין במאמר המורחב.

⁵⁶ הארגמן, עמ' 107.

⁵⁷ כתב פרופ' עמר (הארגמן, עמ' 137): "דומה שבתקופתו של אלכירוני כבר הייתה הפרדה ברורה בין 'ארגון' מחלזון ובין 'ארג'ואן' כשם כללי לצבע אדום או לצמח מסוים. בן תקופתו, אבן סינא (980-1037) מזכיר בחיבורו הרפואי 'עמר' [1109] חוטים הצבועים ב'ארג'ואן אלבחר' (=הארגמן הימי) כידועים בסגולת הריפוי שלהם בטיפול במחלות גרון ובטיפול בהכשות נחשים. אין ספק שבביטוי 'ארגמן ימי' הוא ביקש להדגיש שמדובר בארגמן מחלזון שבימיו כבר לא היה שכיח בשימוש במזרח לעומת סתם 'ארגמן' שבתקופתו הוא כינוי לצבע אדום. למעשה, במקום אחר [עמ' 531] חוזר אבן סינא על מרשם זה כשהפעם הוא מביאו בשם גלינוס (מאה שניה לסה"נ) בשם 'ארג'ואן' ללא שם תואר, שכן בימיו של הרופא היווני סתם 'ארג'ואן' היה שם ספציפי לארגמן מחלזון".

תקופת הראשונים

ד' תת"ח; 1048 לסה"נ

מת אלבירוני, בעל מילון מדויק בערבית, שכתב: "והארגמן הוא מלבושם של קיסרי אלרום [ורומא] ובחלוף הזמן לבושו נאסר על המון העם, וסופר שהוא דם של חלזון שהכירוהו אנשי העיר צור מחוטמו של כלב..."⁵⁸.

ד' תת"ס; 1100 לסה"נ (ערוב ימיהם של הרי"ף ורש"י)

הקיסר הביזנטי אלכסיוס קומנוס שלח תשלום של מאה בגדי פורפורה למלך גרמניה.⁵⁹ כאמור, המלכות הביזנטית הקפידה לשלוח רק למלכים (וכן הוא לעיל בשנת תר"ס 900).

זהו האזכור האחרון שיש בידינו על בגדי פורפורה בכלל.⁶⁰ מסתבר שהביזנטים ההמשיכו לצבוע עוד כמאה שנים עד נפילתם.

ד' תתקס"ד; 1204 (שנה לפני פטירת הרמב"ם)

במהלך מסע הצלב הרביעי נכבשה קונסטנטינופול בירת הביזנטיים והוקם בה שלטון לטיני. לא ידוע אם הופסקה הצביעה או שהמשיכו לצבוע באיי הים האגאי באזורים שבשליטתם.⁶¹

בתקופה זו כתב הראב"ה את ספריו, וכך כתב (ברכות סי' כה): "ר"א אומר בין תכלת לכרתן, וקבלתי שמין צבע [י"ג: צמר] יש שנקרא כרתן, ודומה לתכלת וכן עיקר, דגר' בירושלמי בין תכלת לכרתן – בין פורפירון ובין פריסניון".⁶²

⁵⁸ הארגמן, עמ' 137.

⁵⁹ הארגמן, עמ' 107.

⁶⁰ אמנם כתב הרב הרצוג (הובא בספר התכלת, עמ' 370): "הנוסע הידוע רבי בנימין מטודלה (1160-1173), מזכיר את תעשיית הפורפורה על חופה של צור. משמע שתעשייה זו חזרה ונוסדה אחרי הכיבוש הערבי..." אך התברר שהוא שגה בזה. רבי בנימין מתאר שם את העיר צור בתעשיית הזכוכית, ועוד תיאורים. ולא מוזכר הפורפורה ולא איזה אזכור בקשר לצביעה במקום זה בשום גרסה בספרו. אלא שכתב דבר אחר, שבירושלים המלך נתן ליהודים בלבד לצבוע – מה שכמובן אינו שייך לנידון.

⁶¹ הארגמן, עמ' 107.

⁶² "פריסניון" – זו הגרסה המדויקת בכת"י, ותרגומו: בגד ירוק ככרת.

ובן תקופתו הרמב"ן כתב בביאורו לתורה (שמות כח, ב): "והתכלת גם היום לא ירים איש את ידו ללבוש חוץ ממלך גוים". יש שלמדו בדבריו שכוונתו לגזירת הפופורה, אבל ייתכן שכוונתו לגזירה זמנית שגזרו בזמנו על לבישת אינדיגו.

ה' כ'; 1260 לסה"נ

הביזנטים חזרו לעיר הרשעה קונסטנטינופול, אבל היו ממלכה שפלה וענייה ולא ידוע אם היה ביכולתם לחדש את צביעת הפורפורה.⁶³

ה' נ"א; 1291 לסה"נ

הערבים כובשים את ארץ ישראל מידי הצלבנים. במדריך לסוחרים המשקף את כל הסחורות באגן הים התיכון עד סוף שלטון הצלבנים – לא מוזכרת הפורפורה.⁶⁴ דבר זה מתאים לכל המקורות המלמדים שתעשיית הפורפורה השתכחה, וספק אם בקונסטנטינופול המשיכו לייצר אותה לצורך המלכות.

ה' רי"ג; 1453 לסה"נ

המלכות הביזנטית כלתה מן העולם ב"ב בסיון (29 במאי).⁶⁵ בפילת העיר קונסטנטינופול לידי המלכות העותומנית נהרג הקיסר קונסטנטינוס ה-11. האימפריה העותומנית אימצה את הגוון הירוק-והטורקזי כדרכם של הישמעאלים, בניגוד לרומאים שחיבבו דווקא את הגוונים האדומים. ואז **בוודאות הופסקה צביעת הפורפורה** אפילו בחלק זה של העולם זה.⁶⁶

⁶³ שם.

⁶⁴ שם.

⁶⁵ התכלת, עמ' 371.

⁶⁶ וכל זאת אם נאמר שעדיין צבעו, אך הדעת נותנת שצביעה זו הופסקה הרבה קודם לכן, משום שהאזכור האחרון של הפורפורה כדבר שימושי הוא בשנת ד' תת"ס 1100. כך שלמעלה מ-250 שנה אין לנו ידיעה על הפורפורה. אמנם יש מי שכתב שהאפיוורים לבשו פורפורה עד בערך שנת ר"כ (1460), משום שהניח על פי השערה שהביזנטים המשיכו לייצר פורפורה עד נפילתם הסופית בשנת ה' רי"ג (1453), אבל כאמור אין שום אזכור לכך, ומלבוש ראשי הטומאה אין הוכחה לדבר, משום שאין ידיעה מתי הפסיקו עם הפורפורה והחלו עם החיקוי (שהרי זה לבושם עד הדורות האחרונים).

תקופת האחרונים

ה' של"ב-של"ג; 1573-1574 לסה"נ

פטירתם של הרדב"ז והאר"י.

בשו"ת רדב"ז נכתב (ח"ב תרפ"ה): "ואפשר שעד היום הוא מצוי, אלא שאין מכירין אותו, או שאין יודעין לצודו, גם כי אינם צריכים לו שצבע הדומה לתכלת מצוי הרבה, דהיינו איסטס הנקרא בערבי ניל, וצובעין אותו באופן אומנות שאינו עובר אפילו ע"י גיהוץ".

ור' חיים ויטאל כתב בשם האריז"ל בספר למודי האצילות: "ודע כשנהרג אדם מישראל ע"י אמות העולם אע"פ שאינו צדיק, כיון שקבל עונשו בזה שנהרג בלא משפט, מיד בא אורפניא"ל ולוקח נשמתו. ותכף מעורר יוחציפרי"ן לקראתו ולוקח הנשמה מיד אורפניא"ל, ומכניסו בפתח שהוא ממנה עליו וחוקק נשמתו. ומה שארע בה בפורפירא דמלכא שהיא מצד דרום, ופורפירא הוא שם אלהי"ם במלוי ההי"ן, כי זה נקרא **פורפירא דמלכא ונקרא בגד תכלת**. ואח"כ מבהיק יותר ונקרא נור [אולי צ"ל: נר] דלוק, ולע"ל יתלבש הקב"ה לבוש אדם זה וינקם דם עבדיו השפוך וזמ"ש 'מדוע אדם ללבושך'".

ה' שע"ב; 1612 לסה"נ

נפטר רבי אברהם הרופא ממנטובה שבאיטליה, מחבר הספר שלטי הגבורים (שבו מוזכרים הרבה פעמים כתבי פליניוס הרומי). וכך כתב בספרו (פרק עט): "המילה הזאת בלאט"ה יש לה שתי משמעויות... ובלשון יוון רוצה לומר רמש הים הנקרא פורפורה והוא החלזון שצובעים בו התכלת".

ה' שע"ו; 1616 לסה"נ

פאביוס קולומנה האיטלקי מוציא מאמר-חיבור כדי לחשוף את הפורפורה העתיקה, וצייר עליו ארגמון קהה-קוצים, וכתב שאינו יודע כיצד לשחזר את צביעת הארגמן-הפורפורה, ומבקש עזרה מהדוכס או ממי שיוכל להביא לו אריג עתיק של פורפורה כדי לדעת לאיזה גוון עליו לשאוף להגיע, ונשאר הדבר בגדר תעלומה (ייתכן שהשלטי הגיבורים שמע ממנו על השערתו למרות שהוא דיבר רק על הארגמן).

ה' שצ"ז; 1637 לסה"נ

החוקר האנגלי טומס גייג' מצביע על כך שהגם שבכל העולם הישן נעלמה הצביעה בפורפורה לחלוטין, בחופי אמריקה צבעו האינדיאנים בחלזון פורפורה ממין אחר (עוד קודם גילוי המקום על ידי קולומבוס).⁶⁷

ה' תט"ו; 1656 לסה"נ

הודפס ספר מוסף הערוך [על הערוך] לרבי בנימין מוספיא, ושם כתב בערך פרפירא: "פי' בלשון יוון ורומי בגד תכלת".

ה' תכ"ג; 1663 לסה"נ

שאל בוכרט מוציא ספר על בעלי החיים שבתנ"ך. שם הוא כותב שהארגמן והתכלת נעשו מחלזונות הים, על פי פליניוס שכתב שמחלזונות הפורפורה צבעו אריגי פורפורה ואריגי קונכיליא, והוכיח מדבריו שקונכיליא היא תכלת (כתב הרב הרצוג שהוא ראשון החוקרים שהתייחס למקורו של צבע התכלת, אבל לא הכיר בעצמו את החלזון).

ה' תל"ח; 1675 לסה"נ

החיות יאיר כתב (בחידושים סי' יח ס"ק ב): "כתבתי דם חלזון שבו צובעין תכלת אינו בלו"א [כחול] רק צבע פורפר [סגול] שנעשה מצבע דג שנקרא הדג פורפר".

ה' תמ"ה; 1685 לסה"נ

החוקר הבריטי ויליאם קול, מפרסם שהוא מצא חלזון שיכול לצבוע צבע ארגמן (לא תכלת) ומתאר כיצד ניתן לצבוע בו. מדובר על 'פורפורה לפילוס' שאינו נמצא באזור צור אבל הוא מאותה משפחה.⁶⁸

⁶⁷ הרב הרצוג, התכלת, עמ' 417.

⁶⁸ ישנם עוד מינים ספורים ממשפחת הפורפורה באזורים אחרים. כולם בעלי קונכיה קשה ומארכת כספירלה ובכולם אותם חומרים, ויש הבדלים באחוזי הכחול והאדום. ואפילו באותו מין יש הבדלים ממקום למקום. על כל פנים, מדבריו אנו שומעים שלא היה ידוע בזמנו על שום חלזון שצובע.

ה' תס"ד; 1704 לסה"נ

התגלה הצבע הכימי כחול-פרוסי ע"י היינריך דיסבאך מגרמניה, והשתמשו בזה לצבע הכחול שבמדי הצבא הפרוסי. הם השתמשו בדם של שור.

ה' תקכ"ח; 1768 לסה"נ

הרב יעקב עמדין (הריעב"ץ) כתב בספרו מטפחת ספרים (פרק ד): "כתבו גם סופרי אומות העולם, כותבי ישובי המדינות והנמצא בה לצורך העולם, וזכרו שלא נמצא במקום אחר הדג שצובעין בדמו תכלת, כי אם בין שני מקומות הללו... ויושבי צור וצידון היו צדין אותו ועושים בו סחורה".
ככל הנראה לא ראה את סופרי אומות העולם בשלמותם, שכן כמה מהם כתבו במפורש שחלזונות אלו היו במקומות נוספים.

ה' תקמ"א; 1781 לסה"נ

המדקדק ר' שלמה בן יואל מדובנא מתייחס לארגמן (בביאור לשמות כה, ד): "הוא בא מדם חומט הנקרא בשם מיוחד לו (פורפור מושל), היקר והמשובח ממנו הובא מצור (טירוס), והיה הארגמן הצורי יקר הערך כל כך, עד שלא הרשו הרומיים להתלבש בו, כי אם למלכי הארץ ושרי המדינות, והדבר ידוע ומפורסם בכל ספרי דברי הימים, ובזמנינו נאבד החומט ההוא".

ה' תקפ"ט; 1829 לסה"נ

הפילולוג הגרמני גזיניוס מוציא בלייפציג את הלקסיקון הארוך שלו, בו נכתב שהארגמן של תורה הופק מחלזון הפורפורה המוזכר בספרים העתיקים, והתכלת הופקה מחלזונות הליקס ינטינה, והניח שזהו החלזון שפליניוס קורא לו בשם "בוקינוס" השונה משאר הפורפורות (את דבריו הביא התפארת ישראל, להלן).
אלא שבדברי פליניוס נכתב שמבוקינוס לא כדאי לצבוע לבדו משום שדוהה, ושהוסיפו אותו לפורפורות ולצבע הארגמן (ולא לתכלת). וכבר העיר עליו הרב הרצוג שהוא טעה כמה טעויות.⁶⁹
מלבד זאת, לפי הידיעות כיום בוקינוס אינו ינטינה אלא ארגמנית אדומת-פה.

⁶⁹ התכלת, עמ' 419.

ה' תקצ"ג; 1833 לסה"נ

הכימאי האיטלקי ביזיו מוונציה הציע שמארגמן חד-קוצים הפיקו צבע אדום ומארגמן קהה-קוצים הפיקו צבע כחול אינדיגו.⁷⁰ בתקופתו לא היו לכך פרסום והתעניינות כפי שהיה בדור הבא ע"י לאקאז דותיה.

ה' תר"ד; 1844 לסה"נ

ר' ישראל ליפשיץ, בעל תפארת ישראל, סיים לכתוב את הקונטרס קופת הרוכלים לסדר מועד ובו קונטרס 'כללי בגדי קודש של כהונה'. שם הביא את דברי גזיניוס הנ"ל שמת שנתיים קודם. התפארת ישראל הסכים לדבריו שהארגמן שנעשה מהפורפורה, ולא הסכים שהתכלת ההיא בצבע סגול. ומסקנתו שהוא מחלזון אחר.

ה' תר"ה; 1845 לסה"נ

נפטר הרב יוסף שוורץ, מחבר ספר תבואות הארץ, שנדפס לראשונה בשנה זו. שם כתב (עמ' רלה): "חיפה... ובלשון העמים נקראת בימי קדם פארפירעאן מלשון "פורפור", שהוא צבע ארגמן, על שם שרץ המים שנמצא שם בימים, אשר מדמו צבעו ארגמן 'פורפור שנעקע'".

ה' תרט"ז; 1856 לסה"נ

הכימאי הבריטי ר' פרקין ממציא את הסינתזה, ופותח את התקופה המודרנית בצביעה. מאז מתווספים אלפי צבעים חדישים לכתריסר הצבעים ששימשו במשך כל הדורות. הצביעה הופכת לדבר זול של כל ההמון, כולל צבע הארגמן. אך את הצבע הכחול הצליחו לייצר רק בשנת תרנ"ז (1897).⁷¹

⁷⁰ הארגמן, עמ' 121.

⁷¹ התכלת, עמ' 253, בשם אנציקלופדיה העברית (ערך: צבע וצביעה).

המחקר והגילוי בעת החדשה

התעוררות החוקרים לחקר הפורפורה

ה' תרי"ח; 1858 לסה"נ

הזואולוג הצרפתי לאקאז דותיה מפליג בספינה, הנווט צבע את חולצתו באחד מימיני הפורפורה (מסופר שזה היה ארגמנית אדומת-פה). לאקאז מתעורר לחקור את הארגמונים, ומעניין את שאר החוקרים בבירור הפורפורה העתיקה.

ה' תרי"ט; 1857 לסה"נ

לאקאז מפרסם מחקר מקיף, ומצביע על שלושה מיני פורפורה שהיו בשימוש בעולם העתיק: ארגמון חד-קוצים ארגמון קהה-קוצים וארגמנית אדומת-פה. אינו מתייחס לצבע התכלת.

ה' תרכ"ד; 1864 לסה"נ

החוקר טריסטראם מבקר באזור צור, ומפרסם בספרו 'מסע בארץ ישראל' שראה את הקונכיות הרבות שנשארו מהצביעה העתיקה. בשנים הבאות כתבו כמה נוסעים על הקונכיות הרבות שנמצאים באזור צור וצידון.⁷² בשנים הבאות מתגלים שוב ושוב מצבורי קונכיות משומשות בעשרות מקומות, וכן ממצאים חשובים נוספים משרידי התעשייה הקדומה.

ה' תרמ"ז; 1887 לסה"נ

האדמו"ר מראדזין, הרב גרשון חנוך העניך ליינר – הראשון בעולם התורני שפעל לחידוש התכלת – סבר שגילה את התכלת והוא הדיונון. למעשה, כיום הדבר מבורר בוודאות שאינו חלזון התכלת: מלבד כל הידיעות מכל ספרי הגוים והממצאים הארכיאולוגיים והמיקום הגיאוגרפי – הוברר שדמו מתפרק לחלוטין על ידי חום עצום ונהפך לחנקן ופחמן ומתחבר שוב על ידי אבקת ברזל, אשלגן וחומצות נוספות (כפי הנתב לעיל [תס"ד; 1704], הפרוסים עשו זאת מדם שור,

⁷² בשנים תרל"ד ותרמ"ד ועוד. וראה רשימה מפורטת בספר התכלת, עמ' 264, ובספר הארגמן, עמ' 61.

שכן בתרכובת כימית זו אפשר להגיע לאותה תוצאה על ידי חלבון של כל בעל חיים).⁷³

ה' תרנ"ז; 1897 לסה"נ

החוקר הגרמני אוג'ין סאפר ממציא לראשונה צבע כחול סינטטי ותיכף החל בייצור המוני.

ה' תרנ"ח; 1898 לסה"נ

החוקר אלכסנדר דדינדר כותב ארבעה כרכים על הפורפורה, הארגמן והתכלת, ובו הוא מסכם את המידע עד ימיו. בעיקר את ויליאם קול ולאקאז דותיה הנ"ל. מסקנתו היא שהארגמן האדום הופק מארגמן חד-קוצים ומארגמונית אדומת-פה, ושהתכלת הופקה מארגמן קהה-קוצים. דעתו שגוון התכלת היא סגול נוטה לכחול (אמנם לפי המחקר בימינו בבדיקת האריגים העתיקים ובבדיקות, ארגמן קהה-קוצים שימש גם כן לצבע הארגמן – בתערובת עם חלזונות אחרים).

ה' תרס"ח; 1908 לסה"נ

הרב יצחק אייזיק הלוי הרצוג (בן 19) הוסמך לרבנות ע"י הרידב"ז ורבי יוסף מסלאנים, ופנה ללמוד ולקבל תארים במקצועות חול (שיש להם קשר לקודש). חכמתו בתורה ושלטתו בשפות רבות ובחכמות כלליות הקנו לו יכולת לחקור ולעמוד בקשרי מכתבים עם אנשי מדע מכמה ארצות. לימים נתמנה הרב הרצוג לרבה של אירלנד (תרפ"ה [1925]), ואחר כך לרבה של ארץ ישראל (תרצ"ז [1936]).

ה' תרס"ט; 1909 לסה"נ

פרופסור פרידלנדר מווינה מגלה ומפרסם את ההרכב הכימי של צבע הפורפורה לאחר סדרת מחקרים. הרב הרצוג נמצא עמו ועם אלכסנדר דדינדר הנ"ל בקשר כמה שנים.

⁷³ חומר זה גרוע ולא עמיד. כיום אלו שצובעים בזה נצרכים להוסיף חומר (ניקל) כדי שלא ירד מהצמר בקלות.

ה' תרע"ג; 1913 לסה"נ

הרב הרצוג מסיים את חיבורו על חלזון התכלת. בשנה זו קיבל נתונים מגדולי החוקרים בזמנו שהפריכו את תכלת ראדזין, ובעניין צבע החלזונות שלחו לו שאי אפשר להפיק מהם צבע כחול טהור אלא רק סגול, וזה מעמיד בסימן שאלה אם הפורפורה היא חלזון התכלת. עוד הוקשה לו בראותו את החלזון (ולא ראהו במקומו בים) שאין "גופו דומה לים", ועוד הוקשה לו מ"עולה אחת לשבעים שנה" (מה שמיושב לפי הרדב"ז), והוא הציע את חלזון הינטינה שלימים התברר שלא ניתן לצבוע בו.

ה' תרצ"ב; 1932 לסה"נ

הרב הרצוג מפרסם סדרת מאמרים בחוברות "ההד" עד שנת תרצ"ה 1935 (נערכו והודפסו מחדש בספר התכלת).

הרב הרצוג נפטר בשנת תשי"ט (1959), בעוד שחידת התכלת לא נפתרה. מאז מחקרו ועד היום נעשו בדיקות דקדניות, וכן התגלו ממצאים רבים (כגון: מציאת אריגים צבועים מתקופות קדומות, גילוי מקורות עתיקים נוספים, וזיהוי חלזון הארגמון בתוניס). כך שהמסקנה הוודאית כיום על הפקת הצביעה העתיקה מארגמון קהה-קוצים מבוססת על ממצאים רבים וחשובים שלא היו בידי הרב הרצוג. גם בתחום המחקר התורני חלה התפתחות: רבים עסקו בסוגיות התכלת והתיישבו היטב הדברים שהרב הרצוג התקשה בהם.

חזרת מצוות התכלת בציצית

ה' תשמ"ה; 1985 לסה"נ

אחרי פניית אנשי התכלת הראדזינאית לחוקרים, התעוררו הללו לעשות ניסיונות בדם חלזונות הפורפורה, והתברר שאופן הצביעה הראויה היא ביורה בתהליך חיזור וחימצון כמו בקלא אילן (לפני כן במעט ניסיונות שנעשו, מיצו את דם החלזון וצבעו בו ישירות).

בחסדי ה' התגלה באופן מפתיע לפרופ' אוטו אלסנר ממכון שנקר, שבחשיפה לשמש בזמן החיזור ניתן להפיק צבע כחול טהור (הוא נעזר במידע שמצא כתוב שאור השמש משפיע על הצבע). כך שאכן הופך גוון כחול מעצם דם החלזון.

ה' תשמ"ח; 1988 לסה"נ

הרב אליהו טבגר צובע ציציות בתכלת. וזו הציצית הראשונה עם פתיל תכלת לאחר כ-1400 שנות הפסקה.

בשנים הבאות חקר חלזון הפורפורה מתפתח מאוד, וכמה תלמידי חכמים וחוקרים תורניים בדקו זמן רב את כל המאפיינים של חלזונות הפורפורה בהתאמתם לדברי חז"ל ולהבדיל לידיעות מדברי הימים.

כמו כן, כמה מומחים כימאים עסקו בחקר חלזון הפורפורה כמקור צבע התכלת. כגון ד"ר יהודה פליקס ז"ל, ויבדל"א ד"ר ישראל הכהן זיידרמן, ד"ר ברוך סטרמן, ועוד רבים.

ה' תשמ"ח; 1988 לסה"נ

יוצא לאור ספר 'התכלת' מאת הרב מנחם בורשטיין (ראש מכון פוע"ה), ובו כלל המחקר המקיף על ענייני התכלת שנודע עד זמן כתיבת הספר.

ה' תשנ"א; 1991 לסה"נ

נוסדה אגודת "פתיל תכלת" לייצור והפצת התכלת, על ידי ד"ר ברוך סטרמן, ד"ר ארי גרינשפן ור' יואל גוברמן ובראשם הרב אליהו טבגר.

ה' תשנ"ב; 1992 לסה"נ

מתחיל ייצור תכלת לציבור ע"י עמותת "פתיל תכלת". הרב טבגר מפרסם מאמר בעניין התכלת בכתב העת "מוריה".

ה' תשנ"ג; 1993 לסה"נ

הרב יצחק שלמה זילברמן (מייסד קהילת אדרת אליהו בירושלים) מברר במשך שנה את ענין התכלת ועומד בקשר עם המומחים, ומסיק שאכן חלזון מורקס טרונקולוס תואם את דברי חז"ל. מטיל תכלת בציציותיו יחד עם קהילתו. תחילת ההתפשטות הציבור של קיום מצות התכלת.

מאז כמה וכמה ת"ח שלמדו סוגיה זו בדקדוק הגיעו למסקנה שונה מדברי הרב הרצוג בעניין, ולדעתם דברי חז"ל והראשונים על התכלת עולים בקנה אחד עם חלזון זה.

במהלך השנים שעברו נכתבו חיבורים ומאמרים רבים לחיוב ולשלילה. נזכיר כמה חיבורים נבחרים: לולאות תכלת, הרב שלמה טייטלבוים (תש"ס); עלון מצות תכלת בימינו, הרב יהושע ינקלביץ והרב צבי הרציג (תשס"ז, ומוסיף והולך בכל שנה); התכלת וחידושה, הרב שמואל אריאל (תשס"ט); חותם של זהב, הרב בנימין זאב הורביץ (תשע"א); כנף איש יהודי, הרב יצחק ברנד (תשע"א); צביעת התכלת וחידושה, הרב ישעיהו הלוי (תשע"ד); נמצאה התכלת, הרב אברהם ראם (תשע"ו); לבוש הארון, הרב מאיר הלמן (תשע"ו). עמותת פתיל תכלת מוציאה מדי שנה קובץ בשם "והיה לכם לציצית", ובשנה העשירית (תשע"ו) יצא קובץ מורחב בשם 'משיכיר' הכולל חלק מהחיבורים הנ"ל.

ה' תש"ס; 2000 לסה"נ

"אדמונדס משחזר את הצביעה הקדומה בחלזונות הפורפורה, ומצליח להשתמש בבקטריות שבבשר צדפות כחומר מחזור. הוא מסביר שכדי שהתוצרת תצא סגולה ולא כחולה צריכים להיזהר זהירות רבה לאטום את היורה בכל זמן החיזור.

ה' תשס"ח; 2008 לסה"נ

מכון המקדש משחזר את בגדי הכהן הגדול. את התכלת צובעים מהפורפורה כראוי, אך את הארגמן הם מפיקים למרבה הפלא מתולעת השני בשינוי מהגוון הרגיל שלה, ורבים מתנגדים לשיטתם.

ה' תשע"ג; 2013 לסה"נ

יוצאת לאור עבודת דוקטורט מקיפה ורחבה של ד"ר נעמה סוקניק, העוסקת במקור הצבע בימים הקדמונים. בעיקר עוסק החיבור בתוצאות הבדיקות מהאריגים הצבועים שנמצאו מהעת העתיקה, שהופקו מחלזונות הפורפורה ומצמחים שונים ועוד.

התארגנה קבוצה בראשות הרב יחזקאל טופורוביץ לייצר תכלת באופן פרטי ונקרא בשם "תכלת לחושבי שמו" או "תכלת חבורה". הייתה בזה הצלחה להתפשטות התכלת בקרב ציבור שמרני המעוניין להכיר בני תורה המתעסקים בתכלת. כמו כן, ההתעסקות הנוספת בצביעה הביאה להתקדמות מחקרית בדרכי הצביעה.

ה' תשע"ד; 2014 לסה"נ

ד"ר שאול קפלן, שבעבר כתב שינטינה הוא חלזון התכלת, חזר בו, ופרסם שאכן לא בזה צבעו את התכלת כי התברר שאין לו צבען (-חומר הנצרך לצביעה שהוא הבסיס לכל סוגי הצבעים) ולכן לא שייך לצבוע בו, כמו שטענו לפניו שנים רבות. פרופ' זהר עמר מפרסם את ספרו 'הארגמן: פורפורה וארג'ואן במקורות ישראל ועוד בירורים בענייני התכלת'. הספר מהווה סיכום עדכני של מחקר הארגמן והתכלת לאור המקורות ההיסטוריים והארכיאולוגים, וכולל מדריך מעשי לאיסוף בלוטות צבע מארגמונים והנחיות לצביעה מעשית.

הספר מציג תוצאות ניסיונות צביעה פורצי דרך בארגמונים על סמך מאות ניסיונות. חומר הגלם למחקר יובא מחו"ל – ממילאנו שבאיטליה בין השנים תשס"ט-תשע"א, ומפלרמו וקטניה שבסיציליה בשנת תשע"ב. במהלך חמש נסיעות פוצחו כ-11.000 קונכיות של ארגמון קהה-קוצים וארגמון חד-קוצים ובכמות קטנה של ארגמונית אדומת-פה, ובוצעו ניסיונות צביעה מוצלחות באופנים שונים ובשילוב חלופות טבעיות.

ה' תשע"ו; 2016 לסה"נ

נוסדה עמותת 'וזכרתם' בירושלים בין החומות ע"י הרב יוסף אליהו שטיינברג, שמטרתה הפצת תכלת בישראל.

ה' תשע"ח; 2018 לסה"נ

נוסד ארגון 'וראיתם' במודיעין עילית ע"י הרב מרדכי צדיק, להפצת תכלת בלימוד ובמעשה.

ה' תשע"ט; 2019 לסה"נ

הרב ישראל אריה לבנון מפרסם תוצאה של צביעת התכלת ע"י סיד (בסיס) ודבש (חיזור).

ד"ר ר' ברוך סטרמן מקבל תוצאות בדיקות הנעשות ביוון על ידי פרופ' יאניס קרפנג'יוטיס, בעניין השפעת ההעמדה של דם החלזון בשמש על התרכובת הכימית. תוצאות נוספות של הליכי צביעה שונים מתקבלות בשנים תשפ"ה-תשפ"ו (2025-2026). בדיקות דומות נעשו בארץ ע"י ד"ר נ' סוקניק.

ה' תשפ"ג 2013 לסה"נ

התגלו בחוף ימה של תוניס (קרתגו העתיקה) חלזונות ארגמון קהה-קוצים, שלאחר כמה ניסיונות צביעה הוברר שברובם המכריע חלזונות אלו צובעים כחול ישירות גם ללא חשיפה לשמש ולאור (ובכך נשללה הטענה שכותבים קדמונים דיברו על גוון סגול ולא על גוון כחול).

כן נמצאה בתוניס כמות עצומה של מצבורי קונכיות ארגמון קהה-קוצים – השנייה בגודלה בעולם אחר צור. והדבר תואם את דברי הרומים שהכירו מקום זה.

ה' תשפ"ו; 2026 לסה"נ

פרופ' זהר עמר מפרסם מחקרים שעשה בשנים תשפ"ד-תשפ"ו. צביעות טבעיות ובחינת עמידותן בבדיקות האמורות בגמרא (מנחות מג ע"א) על פי כמה שיטות ראשונים, ניסויים מגוונים בהשוואת התכלת לקלא אילן ועוד. מחקר זה מוכיח שבדיקת התלמוד להבחנה בין תכלת אמיתית לקלא אילן שייכת רק ע"פ שיטות הצביעה המסורתיות ולא המודרניות.⁷⁴

⁷⁴ גם אני ערכתי בשנה זו ניסויים בגיזות שקיבלתי ממנו והגעתי לתוצאות דומות, על אף שלא תיאמנו את המינון של החומרים. ואלו המסקנות שהעליתי בבדיקותיי:

א. אי אפשר לדעת אם ערכתי את הבדיקות כראוי, כי ייתכנו שינויים במינון ובחוזק החומרים וברמת ערך ההגבה (pH).

ב. היתה הצלחה לפי שיטת הגאונים מגניזת-קהיר (מי תבן עם מי חילבה), שבזה רואים שינוי ניכר שהצבוע בקלא אילן דהה. וכן בניסוי שהנחתי בשמש שלושה חודשים וחצי – אותן דגימות דהו מאוד ונטו להלבין, ולעומתן התכלת מאגמון קהה-קוצים נשאר ביופיו.

ג. קלא אילן בצביעה מודרנית עמיד מאוד (וכן במי רגליים לאחר שלושה חודשים, וכנראה לא היו משתמשים בזה). ההבדלים הניכרים היו בשיטת הצביעה העתיקה: צביעה בסיד וצביעה באפר ע"פ המתואר פליניוס בחימום מתון כשבוע וחצי ע"י הבקטריות שבגוף החלזון ובצמח קלא אילן.

ד. הבדיקה השנייה – אפיה בתוך שאור של שעורים – לא נאמרה בפני עצמה אלא לאחר הבדיקה הראשונה, כמ"ש בגמרא, וגם זה רק במידה שבבדיקה הראשונה התכלת נחלשה – אשתי לגריעותא, שאז היא תשתנה למעליותא – תחזור ליופיה (אבל אם בבדיקה הראשונה לא היה שינוי בצבע, אותו מראה יישאר גם בבדיקה השנייה). נמצא שלא הייתי צריך לבדוק לאחר שהבדיקה הראשונה עברה בהצלחה.

ה. אין הכרח שקלא אילן ישתנה בבדיקה השנייה. וכיון שהוא דהה בבדיקה הראשונה הרי הוא נשאר כמו שהוא וכבר התברר כפסול, וזהו כמו שכתוב ברי"ף שאם לא השתנה למעליותא הרי זה פסול (ולא נאמרו דבריו כשגרת לשון בעלמא – כהבנת שו"ת רדב"ז סי' אלף תכ"א [חלק ה סימן מת] – אלא הלכה למעשה). וכן היא גרסת הגמרא לפי רב שמואל בר חופני גאון בחיבורו שהובא בסוף ספר כליל תכלת (לרב אליהו טבגר). וכן הרב יהושע ינקלביץ' חיזק צד זה. וכן נראה בלשון הגמרא "וסימנך שינוי שקר שינוי אמת", שרק אם יהיה שינוי לטובה יתברר שזהו תכלת באמת (ועיין בהגהות נימוקי הגרי"ב על אתר).

ו. כל סוג צמר שצביעתו הייתה בגוון בהיר ולא חזק, נעשה ירוק בבדיקה שעל פי גניזת-קהיר, וכן שמתי חוט לבן והוא נהפך לצהוב. ולאחר אפייה בשאור של שעורים הצהוב נעלם, והמראה הירוק חוזר לכחול. בזה יובן כיצד הצבע יכול להשתנות לטובה – שהצבוע בקלא אילן מלבד מה שהוא מקבל גוון ירוק הוא גם דוהה, והמראה שנחלש אינו יכול לחזור, אבל התכלת לא איבדה את צבעה אלא נוסף עליה גוון צהוב ששינה אותה לגריעותא, וע"י הבדיקה השנייה בשאור של שעורים היא חוזרת למראה היפה.

* * *

"...וְנִתְּנוּ עַל צִיצֵת הַכֶּנֶף פְּתִיל
תְּכֵלֶת. וְהָיָה לָכֶם לְצִיצֵת וּרְאִיתֶם
אֹתוֹ וַיִּזְכְּרֶתֶם אֶת כָּל מִצְוֹת ה'
וַעֲשִׂיתֶם אֹתָם..."
(במדבר טו, לח-לט)

"וראיתם אותו וזכרתם את כל
מצות ה' – שקולה מצוה זו כנגד
כל המצות כולן.
ותניא אידך: וראיתם אותו
וזכרתם... ועשיתם – ראייה מביאה
לידי זכירה, זכירה מביאה לידי
עשייה. ורשב"י אומר: כל הזריז
במצוה זו – זוכה ומקבל פני
שכינה..."
(מנחות מג ע"ב)

* * *