

תוצאות אלה עולות בקנה אחד עם התוצאות המקדימות שהראו שהנוזל המצוי בבלוטות מיני הדיונון (לרוב בצבע חום כהה) אינו מכיל צבען כחול, ואם מתקבל גוון זה אין ספק שהוא תוצאה של הוספת הסממנים. נוסף על כך אי אפשר להתעלם מהעובדה שאין לנו ידיעות מהעת העתיקה על השימוש בדיונון לצביעה; פליניוס, שחי בשלהי בית שני, מציין באנציקלופדיה שלו את ההפרשה השחורה של הדיונון, ואף מעיר במפורש: "אך שום צבע לא נעשה מזה"⁶⁰. כל זה כמובן מגביר את הקושי לקבל את הצעתו של האדמו"ר מראדזין, שגם הוא טען בתוקף (לפי הבנתו את הרמב"ם) "כי עיקר הוא הדם" (של החלזון-דג)⁶¹, מה שאינו מתקיים כלל בשיטה שלו.

ארגמון קהה־קוצים

היתרון שבצביעה עם ארגמון קהה־קוצים (ומינים נוספים) היא העובדה שיש בבלוטות שלו צבען כחול אמיתי, שניתן למצות אותו ולצבוע עמו באופן מעשי בשיטות מעבדתיות פשוטות. עד היום קיימת במחקר התחבטות האם שיטת הצביעה בארגמונים המתוארת אצל פליניוס (בהנחה שהיא משקפת את הטכנולוגיה הקדומה) היא של צביעה ישירה או של צביעה ביורה, והאם קיימים הבדלים במיצוי הציבען בין המינים השונים שלהם⁶². בתיאור הצביעה שפליניוס מביא⁶³ חסרים פרטים אחדים ואחרים מעורפלים ונתונים לפרשנות, זאת בנוסף להנחה שכבר אז נהגו בעת ובעונה אחת להשתמש בשיטות צביעה שונות. כך למשל, פליניוס אמנם מתאר תהליך בישול ממושך, אך אינו מזכיר במפורש את תהליך החיזור והוספת החומרים האלקליים, ואינו מוסר פרטים על תנאי האור או על דרגת הטמפרטורה שבהם נעשתה הצביעה ועוד⁶⁴.

60 פליניוס XXXV 43.

61 פתיל תכלת, עמ' קעה: "יכן בסממנים הוכרחתי לדרוש בסממנים הנודעים לי שהיו בימי המציאות התכלת הנזכרים בש"ס, באופן שאוכל להחליט כי כן נצבע אז, ואף שאינו נזכר בש"ס מה הם הסממנים, ומבואר מזה להדיא שאין קפידה בזה איזה סממנים ליקח, כי עיקר הוא הדם, ובאיזה סממנים שיוכל להוציא ממנו צבע התכלת יהיה מה שיהיה שפיר ויכולים לצבוע, וכמו שמבואר מלשון הרמב"ם ז"ל".

62 ראו בהרחבה: C. J. Cooksey, "Tyrian purple: 6,6'-Dibromoindigo and Related Compounds", *Molecules*, 6 (2001), pp. 736-769; D. Cardon, *Natural Dyes: Sources, Tradition and Science*, London 2007, pp. 559-562.

63 פליניוס IX 133-135.

64 W. Born, "Purple in Classical Antiquity", *Ciba Review*, 1/4 (1937), pp. 111-118; J. Doumet, *A Study on the Ancient Purple colour*, Beirut 1980, pp. 37-38; J. Edmonds, Tyrian or Imperial purple dye, *Historic Dye Series No 7*, 2000; Z. C. Koren, "The First Optimal All-Murex All-Natural Purple Dyeing in the Eastern Mediterranean in a

בשל בעייתיות זו החלטנו לבדוק את הצביעה בארגמון קהה קוצים, שעליו הצטבר ניסיון מעשי רב, בשיטות המקובלות בימינו. תהליך של צביעה בארגמונים בשיטות מודרניות מבוסס על תהליך של חיזור וחמצון, המתבצע באמצעות מלחים שונים. בניגוד לשיטות הקדומות מדובר בתהליך מהיר, שמשתמשים בו בחומרים כימיים בעלי פעילות חזקה. כמובן שגם המכשור ותנאי ההפקה שונים⁶⁵.

אנו ערים אפוא לכך שתנאי הצביעה בעבר היו שונים, אך יוצאים מנקודת הנחה שהתהליכים הכימיים הבסיסיים היו דומים. הצביעה שייכת לשיטת צבעי יורה (vat dyes), שאינה דורשת צרבן (Mordant) שיקשור את הצבען לסיב. קיימת חשיבות למינון המדויק של החומרים, ליחס ביניהם ולשמירה על רמת pH תקינה של התמיסה. התוצאות של הצביעה עשויות להשתנות בהתאם להבדלים בחומר הגלם (השוני בתנאי הסביבה בעת הוצאת בלוטות הצבע וריכוז החומר בין הפרטים), תנאי התאורה השונים שבהם נעשתה העבודה (חשיכה, אור רגיל, חשיפה ישירה לקרני השמש), לחשיפה לאוויר או לאדי מים, לטיב הצמר, למשך השריית הצמר בתמיסה ועוד. להלן נפרט את השלבים העיקריים בתהליך צביעה זה.

מניסויים שערכנו לא מצאנו שיש לסיד תפקיד משמעותי בתהליך הצביעה עצמו, אלא רק בניקוי סיבי הצמר ובהלבנתם. יחד עם זאת, עדיין איננו שוללים לחלוטין שבתעשיית הצביעה הקדומה היה לסיד תפקיד כחומר מחזר. רמזים לכך נמצאו במצבעות העתיקות שנמצאו בתל דור. החופרים דיווחו על מציאת כמות גדולה של שרידי צבע ארגמן (ובסמוך קונכיות ארגמונים כתושות) מעורבבים במשקעי סיד ואפר. לדעתם היה לסיד תפקיד חשוב במיצוי הצבע מהחלזונות⁶⁶. ואכן שימוש בסיד לצביעת 'ארגמן אמיתי' נזכר במרשמי צביעה קדומים ממצרים⁶⁷.

להמסת הצבע השתמשנו באפר צמחי 'אהלא' שונים, שהוכיחו את עצמם כחומרים יעילים כחלופה לסודה קאוסטית שבשימוש המודרני. החומר הבסיסי שנמצא בהם חיוני לתהליך החיזור שדורש תמיסה בסיסית (עוד ראו להלן). כחומר מזרז חיזור ניתן להשתמש בדבש דבורים או מתיקת פירות⁶⁸. כחומר המוריד את רמת הבסיסיות (חלופה למלח לימון) נמצא יעיל חומץ יין מרוכז ביותר, שנזכר במקורות

Millennium and a Half", *Dyes in History and Archaeology* 20, London 2005, pp. 136-149.

O. Elsner & E. Spanier, "The Past, Present and Future of Tekhelet", in: *The Royal Purple and the Biblical Blue*, Argaman and Tekhelet (E. Spanier ed.), Jerusalem 1987, p. 175.

E. Stern and I. Sharon, "Tel Dor, 1986", *IEJ*, 37 (1987), p. 208; Y. Shalev and J. L. Nitschke, "Phoenician Purple at Dor", *Near Eastern Archaeology*, 74 (2011), pp. 136-137.

ראו למשל בפפירוס סטוקהולם, עמ' 997, מס' 136.

D. Cardon, *Natural Dyes: Sources, Tradition and Science*, London 2007, pp. 347-348.

הקדומים כחומר הסותר את הנתר הבסיסי⁶⁹. חומץ היין נזכר במפורש בספרות חז"ל בשימוש לצביעה⁷⁰. חלופה טבעית יעילה נוספת היא ציפת הפרי הפנימית (אנדוקרפ) החמוצה של אתרוג⁷¹ (או לימון). לכאורה השלב האחרון צריך להיות מתאים לדברי הרמב"ם המזכיר את ה"קימוניא". אולם קשה להניח שמדובר ב"קלי", כלומר במלח המופק מצמחי המליחה שהם בדרגת בסיסיות גבוהה (11-12 pH), בעוד שבשלב האחרון צריך גורם חומצי חזק. לכן נראה שהרמב"ם התכוון לטין הקימולי הנזכר כאמור במקורות הקלאסיים מאזור יוון (או חלופות שהרמב"ם הזכיר מספרד). לפי חוקרים אחדים מדובר בקרקע וולקנית מאוד חומצית המצויה באי קימולוס⁷², ואולם כבר ציינו לעיל שקרקעות בשם זה הובאו גם ממקומות אחרים. קיימת אפוא אפשרות שמדובר במין קרקע חמוצה ביותר (4-2 pH), שקיימת באזורים ספציפיים באיי יוון ובאזורים נוספים באירופה⁷³. ביאור תפקידה של ה"קימוניא" לפי הרמב"ם נשאר פתוח לפרשנות.

מכל מקום, השימושי בצמחי ה"אהלה" שמזכיר הרמב"ם בהחלט מספק את החלופה הטבעית למלחים שבהם משתמשים כיום בצביעה המודרנית, וקרוב לוודאי שהם היו בשימוש דומה בשיטות הצביעה הקדומות. בסוף תהליך הצביעה מוציאים את הצמר מהתמיסה, וחושפים אותו לאוויר.

בשיטת הצביעה המקובלת כיום, החשיפה לתנאי תאורה רגילים במעבדה מביאה לרוב לגיון סגול, ובחשיפה לקרני השמש מתקבל גוון כחול-תכלת. בשימוש בצמחי האשלג מקבלים תוצאות דומות, ואולם באחדים מהם, כמו פרקן עשבוני ומיני אהל, מקבלים גוון סגול נוטה לכחול גם ללא חשיפה לקרני השמש. תוצאות אלה עולות בקנה אחת עם האפשרות שלפחות בחלק משיטות ההפקה הקדומות קיבלו גוון כחול בתהליך של תסיסה ובישול ממושך בכלי מתכת או כלי חרס אטומים, כפי שעולה מהמקורות ההיסטוריים ומן הממצא הארכיאולוגי⁷⁴. להלן נביא בטבלה (מס' 2) את הפעולות העיקריות לצורך קבלת צביעה בחומרים מודרניים וטבעיים.

- 69 כדברי הפסוק: "מַעֲדָה־בְּגָד בְּיוֹם קָרָה חֲמֹץ עַל־נֶתֶר" (משלי כה, כ).
- 70 ראו דברי התוספתא: "הנותן צמר לצבע גוי לצבוע לו, אינו חושש צבעו בחומץ של יין נסך" (תוספתא, דמאי ה, טו; עבודה זרה ז, יא), אם כי לא ברור האם המדובר בחומר לצריבה, או כסממן צביעה בעצמו, או כמו במקרה דנן להורדת רמת החומציות. בפפירוס סטוקהולם נזכר השימוש בחומץ בשלבי צביעה שונים, למשל: לשטיפת צמר (מס' 119), כחומר מקבע בתחילת התהליך (מס' 93, 135) ובסופו (מס' 125) וכן כחומר ממסיס (מס' 91, 115, 126, 134-135).
- 71 שימוש בעלים של אתרוג נזכרים בפפירוס סטוקהולם, מס' 142.
- 72 C. Daubeny, A Description of Active and Extinct Volcanos, of Earthquakes with supplement, London 1826, p. 235. לפי אחת הבדיקות מדובר בקרקע חרסיתית המכילה 63% סיליקה, 23% אלומינה 12% מים 1.5% תחמוצת ברזל.
- 73 תודתי לד"ר פנחס פיין מהמחלקה למדעי הקרקע במכון וולקני, ולד"ר כריסטוס טסדילאס מהמכון למיפוי קרקעות ביוון על מידע זה.
- 74 השו: ר"ע הופמן, "זיהוי התכלת: ממצאים חדשים", בד"ד, 27 (תשע"ג), עמ' 28.

טבלה מס' 2: צביעה בחלזון ארגמון קהה קוצים

| שלבי הצביעה | חומרים מודרניים | חומרים טבעיים |
|---|-------------------------------|---|
| הכנת חומר הצביעה | בלוטות מיובשות שנכתשו לאבק | בלוטות חיות |
| הכנסת הצבע לכלי והוספת מים רותחים | + | + |
| הוספה של חומר בסיסי חזק המסייע להמסת הצבע שאינו מסיס במים (2-3 דקות) | סודת קאוסטית או סודיום קרבונט | מלחי "נתר" שונים שבהם נכלל סודיום קרבונט. כמו כן צמחי 'אשלג', כגון אהל מצוי, פרקן עשבוני, ויפרוק המדבר, שעברו תהליך שריפה (400 מעלות) |
| הוספת חומר שמחזר את התמיסה | נתרן דיתיוניט | כנראה שנעשה באמצעות החיידקים שמפרקים את בשרו של החלזון, ושימוש בדבש לזירוז התהליך |
| הוספת חומר חומצי להורדת רמת הבסיסיות של התמיסה על מנת שהצבע והצמר לא יינזקו | מלח לימון או אמוניום גופרתי | חומץ יין בריכוז 25%, או ציפת פרי פנימית של אתרוג או עלי אתרוג |
| טבילת הצמר בתמיסה למשך של כ-15 דקות לפחות (מומלץ עד שעה) | + | + |
| הוצאת הצמר מהתמיסה וחשיפתו לחמצן שבאוויר | + | + |

מרשם הצביעה של קלא-אילן

לאחר שבתחילת המאמר הוכחנו שבידי הרמב"ם לא הייתה מסורת או ידיעה ברורה לגבי זיהוי חלזון-הדג של התכלת, שוב מתעוררת השאלה לאיזה סממן בדיוק התכוון הרמב"ם כאשר הביא את מרשם הצביעה בהלכות ציצית. ברצוננו להעלות השערה שהרמב"ם הביא למעשה את מרשם הצביעה של הזיוף הקלאסי של התכלת מחלזון-הדג, כלומר של צבע תכלת מ"קלא-אילן"⁷⁵ שהיה מוכר בימינו, ובחברות מסורתיות ידוע עד ימינו אלה. על פי מסורת הזיהוי של הגאונים שכמעט כל החוקרים אימצוה, מדובר בצבע המופק מהצמחים איסטיס הצבעים (*Isatis tinctoria*), ניל הצבעים (*Indigofera tinctoria*)⁷⁶ או ניל מכסיף (*Indigofera articulate*) שגדל עד היום באזור בקעת ים המלח כפליט תרבות. צמחים אלה גדלו בארץ

75 בבלי, בבא מציעא סא ע"ב: "אמר הקב"ה: אני הוא שהבחנתי במצרים בין טפה של בכור לטפה שאינה של בכור, אני הוא שעתיד ליפרע... ממי שתולה קלא אילן בבגדו ואומר תכלת הוא".

76 L. Ginzberg, Geonica, New York 1909, II, p. 333; הערוך, ערך קלא אילן, והשוו דברי הרדב"א, ב, תשובה תרפה.