

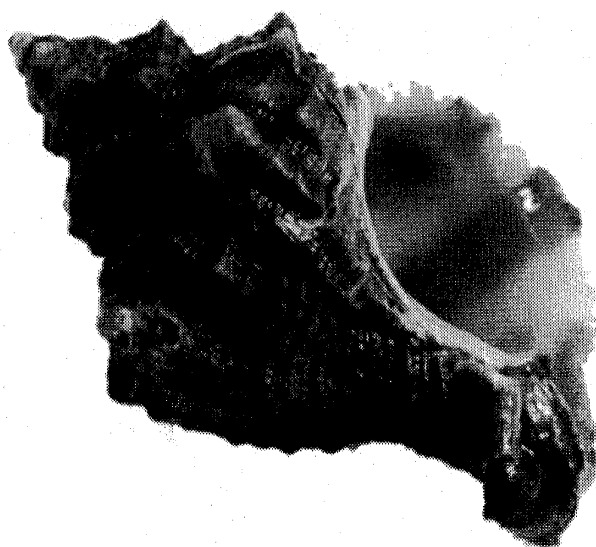
ברוך סטרמן  
עם ג'ודי טאובס-סטרמן

---

# לטעום מהשמים

## מדוע חיפשו היהודים את צבע התכלת

מאנגלית: צור ארליך



**ספרי יהדות** בעריכת עמיחי ברהולץ

**Baruch Sterman**  
With Judy Taubes Sterman  
**The Rarest Blue**

**ברוך סטרמן**  
**לטעום מהשמים**

עורך אחראי: דב איכנולד

עריכה לשונית: מימי ברעם  
עיצוב העטיפה: נחמה שפילמן  
סדר: טפר בע"מ

המערכת עשתה ככל יכולתה על מנת לאתר את בעלי הזכויות של כל החומר (לרבות צילומים) שגלקח ממקורות חיצוניים. אנו מתנצלים על כל השמטה או טעות, ואם יובאו לידיעתנו, נפעל לתקן במהירות הבאות.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני, אופטי, מכני, או אחר - כל חלק שהוא מן החומר שבספר זה. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

All Rights Reserved © 2014  
Miskal - Yedioth Ahronoth Books and Chemed Books | P.O.B. 53494, Tel-Aviv 6153401, Israel  
כל הזכויות בעברית שמורות © 2014 למשכל - הוצאה לאור מיסודן של ידיעות אחרונות וספרי חמד  
ת"ד 53494, תל-אביב 6153401 | E-mail: info@ybook.co.il

דאנאקוד 362-4994 | מסת"ב 978-965-545-818-3 | נדפס בישראל 2014 Printed in Israel

תניא, היה ר' מאיר אומר: מה  
נשתנה תכלת מכל מיני צבעונין?  
מפני שהתכלת דומה לים וים דומה  
לרקיע ורקיע לכסא הכבוד.  
מנחות מג ע"ב

אֶת צֶבַע הַצְּבָעִים צוֹפֶנֶת צִדְפַת צוֹר,  
אֶת תְּכֵלֶת הַתְּכֵלֶה, אֲשֶׁר טָפָה מִמֶּנָּה  
צוֹבְעֵת כְּבִנְס בְּצֶבַע עֵין עֲשָׂתוֹר  
אֶת מָשִׁי הַסְּחָרֶת שְׁמָגִיעַ הָנָה.  
רוברט בראונינג, "פופולריות"





## תוכן

9	פתח דבר: מבוא השמש
15	פרק א את צבע הצבעים
27	פרק ב ימי קדם
43	פרק ג עם סגול
56	פרק ד דור ודורשיה
69	פרק ה רק אלוהים יודע
80	פרק ו הגוון הנעלם של הכחול
92	פרק ז צומח, דומם
107	פרק ח דין דיונון
119	פרק ט כחול אמת
137	פרק י הרכיכה הקשוחה
152	פרק יא משהו תוסס
169	פרק יב רואים כחול
185	פרק יג מרגישים כחול
198	פרק יד קשורים בכחול
209	סוף דבר: משהו חדש, משהו ישן
213	נספח: קפיצה ישירה מהתלמוד
217	שלמי תודה
219	ביבליוגרפיה
261	הערות



## פתח דבר

# מבוא השמש

שמש יוון המשכרת נטתה מערבה, ופירוש הדבר היה שלא נותר לי זמן רב. נהגתי בכביש החוף המוליך מקורינתוס לאתונה במהירות העולה בעשרה קמ"ש ויותר על זו המותרת, והחרדה החלה להזדחל בי. בתוך שעות ספורות היה עלי להיות שוב במלון שלי. כשהשמש תשקע תיכנס השבת, ולמשך יממה לא אוכל לעשות שום מלאכה, במובן הרחב ביותר של המילה מלאכה. לא אוכל, למשל, לנהוג. אם אטעה בחישוב הזמנים אצטרך לחנות לצד הכביש, לנטוש את המכונית וללכת ברגל את הקילומטרים הנותרים.

לא בפעם הראשונה, חשבתי.

בליל אמש טסתי לאתונה בדרכי חזרה לישראל מנסיעה עסקית לגרמניה. עבדתי על רעיון חדש לפיתוח מכשיר לייזר שיוכל להמיר גלי רדיו לקרן אור. החברה שלי רצתה שהמכשיר יהיה קומפקטי, וקיוויתי שעמיתי הגרמני יעזור לי למצוא דרך יעילה לתעל את גלי הרדיו למכשיר, במקום להניח להם להתבזבז כקרינה חסרת תועלת. בעיר הציורית אֶאֶכֶן ירד שלג על פלג קפוא בעודי מהרהר באנרגיית הלייזר. ואילו עכשיו, לבוש חולצת טריקו קצרה, נהגתי לאורך החוף של הים התיכון, עוצר בכפר אחד אחר חברו, ובראשי התגלגלו מחשבות אחרות לגמרי.

אפשר לומר שכבר נואשתי מלמצוא אותו. הבוקר החל בנסיעה

לחנות כלי עבודה קטנה באתונה, כדי לקנות כמה כלים: פטיש, סכין גילוח, צנצנת של שני ליטרים. האיש שמאחורי הדלפק הביט בי בסקרנות. במבטא יווני כבד, שמשך את האנגלית אל קצה גבול האנגליות שלה, הוא שאל: "נָאט יו וֹנט פֹּור? יו פִּיקס?"

"נו, אֵיי דֵיי", השבתי, ומיד הבנתי שהאיש ודאי מדמיין אותי באיזו סצנת התאבדות מבעיתה, מחליף ב-dye ב-die, ומיהרתי לנגוע באזור צבעוני בחולצה שלי. "יו נואו, מֵייק קולור."

הוא הביט בי וראשו מצודד מעט, פניו אומרות בבירור: זרים מוזרים. אף פעם אי-אפשר להבין על מה הם מדברים.

עיינתי במפה עוד לפני צאתי לדרך, והחלטתי לנסוע היישר לקורינתוס, ומשם לחזור לאתונה במסלול מאסף: לעצור בכל כפר וכפר, ולשאול ולדרוש בקרב הדייגים המקומיים. זו לא היתה, כמובן, התוכנית היעילה ביותר שאפשר. חסכוני יותר לעצור בכל כפר בדרך הלוך, מאתונה מערבה; אולי אמצא את מבוקשי באחד הכפרים, ולא אצטרך להגיע עד קורינתוס. אבל שקיעת החמה התנוססה לנגדי כקו סיום מאיים, ונראה לי הגיוני יותר להתחיל מהסוף, ולהתקדם לעבר המלון שלי באתונה ככל שהיום שועט אל קצו.

כביש החוף מקורינתוס לאתונה צר, והרוח מכה בו. מעברו האחד הים, ומעברו האחר הרים. המראה הוא משוש כל תייר. כפרים זעזעריים בזזקים בנוף בלובנם הבוהק: סטיקס, קינֶטה, אַגִּיוֹאִי תאודורי. אבל אני לא באתי ליהנות מהנוף, וגם לא לבקר באתרי התיירות. אפילו לא במקדש אפולו המהמם שבקורינתוס.

הייתי במשימה.

בכל כפר שנכנסתי אליו חיפשתי שוק או מעגן, ושאלתי את המקומיים שאלה זהה בת מילה אחת, כל אוצר המילים היווני שלי בערך: "פֹּורְפִּירוֹס?" רבים מהם הביטו בי בתימהון, אבל מפעם לפעם

באה תגובה מילולית שוטפת, מלווה בהנפת יד ואצבע שכיוונו אותי הלאה, אל הכפר הבא בתור.

כמה פעמים כבר עשיתי את זה? תהיתי ביני לביני כשעצרתי בחזית חנות קטנה בכפר פִּיגְרוֹס. בחוץ ישבה זקנה לבושת שחורים ותפרה כפתור בחולצה. עדיתי את האדיב שבחיוכי וידייתי את המילה היוונית שלי: "פורפירוס?" היא הביטה בי כאילו היא מתקשה לשמוע. שלפתי כרטיס ביקור של החברה וכתבתי על גבו πορφύρος. התואר השלישי שלי בפיזיקה התגלה כבעל שימוש מפתיע. תאמרו אשר תאמרו על פיזיקאים ועל הידע שלהם בהוויות העולם, את האלפא-כיתא היווני הם ודאי יודעים על בוריו, שכן הוא מככב בנוסחאות ובמשוואות רבות.

הקשישה בחנה את האותיות מקרוב, נדה בראשה פעם ועוד פעם, ואז הצביעה בלי אומר באצבע נרעדת. היא, לשם שינוי, לא הפנתה אותי אל הכפר הבא, אלא לשביל המוליך לעבר הים. האם היא הבינה אותי נכון? האם אראה סוף-סוף שכר בעמלי? חייכתי שוב, הפעם חיוך של תודה, ומיהרתי לרדת אל החוף. סירות הדיג הקשורות אל המזח היטלטלו בין הגלים המנצנצים בשמש אחר הצהריים. על דוכנים במזח נערמו לתועפות דגים טריים. על כולם – למעט אחד מהם, שלא דגים היו בו, אלא, לאושרי הגדול, חלזונות.

דרוך כקפיץ הרמתי חילזון אחד וסקרתי את מראהו. הוא היה גדול מאלה שהכרתי, אבל צורתו היתה דומה לשלהם. לאורך צדו הקדמי נמתחה בליטה שסופה בפתח אליפטי רחב, ובצדו האחר יכולתי להבחין בפסים הלבנים והחומים האופייניים. בהתרגשות גוברת הבטתי בחלזונות האחרים. אחדים מהם הגיחו מקונכיותיהם, עיניהם מתנודדות בקצות מחושים ארוכים. קונכיות אחרות היו סתומות, אבל לקרום הקשיח שהחלזונות נאטמו מעבר לו היה המראה המוכר: משטח חום חלק כציפורן. לא היה שום מקום

לספק: זה היה *Murex trunculus*, ארגמון קהה קוצים. זה היה מה שחיפשתי.

למזל שכזה לא פיללתי. הנה הם לפני למאותיהם, תיבת מטמון רוחשת. זקרתי שבע אצבעות, הצבעתי אל החלזונות, ואמרתי לנער שמכר אותם: "קילוס". הוא תקע בי עיניים נדהמות. שבעה קילו פירושם כחמש-מאות חלזונות. כמות המתאימה לנשף גדול. אך אני לא ייעדתי אותם למאכל.

הוא שקל אותם בזריזות, מילא בהם קופסאות אחדות, ועזר לי לשאתם אל החוף. שם, על גבי סלע יציב שעמד על קו המים, ניגשתי למלאכה. כדי להספיק לחזור לחדר המלון שלי במועד, היה עלי להיות מהיר ויעיל.

בזו אחר זו נטלתי את הקונכיות, והענקתי להן טיפול אחיד. את פתחה של כל קונכיה הצמדתי אל משטח הסלע. איתרתי בגב כל קונכיה את הנקודה הנכונה, רחוקה מן הפתח כדי שני שלישים מאורכו המלא של הצדף, ובמכת פטיש איתנה אחת חוררתי אותה. או אז הכנסתי את הזרת שלי אל הפתח ודחפתי את החילזון לעומק הקונכיה, עד שחלק מגופו הרך נדחק החוצה דרך החור שיצרתי. אם הביצוע היה מדויק – וכך אכן היה כמעט בכל החלזונות – בעבעה לה מתוך החור בלוטה צהובה, כשישה מילימטרים אורכה, ורוחבה כרוחב אטריית ספגטי. בעזרת סכין הגילוח, ובלחץ-הנגד של האגודל שלי, הסרתי את הבלוטה ושלשלתי אותה לצנצנת. את הקונכיה המחוררת עם מה שנותר מהחילזון השבתי לים.

עד מהרה נתקבץ סביבי קהל. שני קהלים, ליתר דיוק. בתוך המים נקהלו עשרות דגים כדי לסעוד מִבְּשֵׁר החלזונות החשוף. ואילו על החוף, דייגים וילדים נאספו וצפו בסקרנות במעשיו של הזר. הילדים, שזופים וכהי שיער, צחקו בעליזות בהצביעם אלי, ולחשו "טְרָלוּס" – לא מחמאה גדולה, כפי שהתברר לי לאחר מכן;

טרלוס הוא משוגע, או אם תרצו מטורלל. ודאי נראיתי מגוחך למדי בפצחי צדף אחר צדף ובנתחי חילזון אחר חילזון.

בינתיים שינו הבלוטות הנערמות בצנצנת את צבען, מצהוב לסגול-כחלחל, וכך גם כפות ידי. הסרתי את הבלוטה מאחרון החלזונות, ושפשפתי את ידי במי הים, להסיר מהן את הזוהמה ואת הצחנה. הצבע, ידעתי, לא יסור מהן עוד שבועות ארוכים. נופפתי לשלום לילדים ולדייגים, וחזרתי למכונת. הגעתי למלון לפני שקיעה, ואף הספקתי להתכונן לשבת במקלחת חפוזה. את הצנצנת הנחתי מעבר לשמשת החלון, בתקווה שהאוויר הקריר יעזור לשמור על הטריות.

כשפתחתי את החלון למחרת בבוקר הכה בי הסירחון המעופש, ניחוחם של דגים מרקיבים. ידעתי שגם לאחר המסע המתיש והחיתוך המפרך, המשימה הקשה באמת עדיין לפני: כדי לצלוח את המאבטחים בשדה התעופה ולעלות עם הצנצנת למטוס בשלום, אודקק לעזרה משמים. במוצאי שבת עטפתי את הצנצנת המבאישה בשלל שקיות ניילון, עד שנשאר סביבה רק משב דק של צחנה, וקיוויתי לטוב.

חברי אליהו, יואל וארי חיכו לי בנתב"ג. הם קיבלו את הודעת הדוא"ל שלי על הממצא המרעיש, והיו נרגשים מכדי לחכות עד שאגיע הביתה עם האוצר. הסרתי את העטיפות, והשלושה הביטו ביראת כבוד אל הנוזל הסגול-כחול. זה היה רגע רב הוד; ארבעתנו היינו שותפים למסע בעל חשיבות היסטורית – וארבעתנו ידענו זאת. ידענו גם שמעתה נוכל למצוא חלזונות ארגמון קהה קוצים רבים ככל שנרצה, וכך לייצר את כל הצבע שנצטרך.

סודם של צבעי הקונכיות הימיות אבד לפני 1,300 שנה, ועתה עמדנו לפתור אותו; לשחזר את הכחול המקודש, הנדיר מכולם.





א

## אֶת צֶבַע הַצְּבָעִים

אנו חיים היום בעולם של צבע תוסס ואינסופי. אורות ניאון בוהקים, נורות לד, מרפסות לייזר והזרקת דיו, חומרי צביעה מכל גוון, צבעי איפור ושיער וציפורניים, בדים ססגוניים – עינינו מופגזות בשלל גוונים בכל אשר נפנה. אלא שבעולם העתיק, העושר הרבגוני הזה לא התקיים. לוח הצבעים של האמנים והאומנים הקדומים כלל בעיקר גוני אדמה טבעיים השכיחים בסביבה – ממשפחות החום והבז', האוכרה והשחור. ציורי המערות הפרהיסטוריים עשויים כולם בגוונים אלה, שכן יוצריהם השתמשו באבנים ובמינרלים שהיו בהישג ידם.

כמובן, גם עולם הצומח שימש בימי קדם מקור צבע. מקדמת דנא גילה האדם שבאמצעות הרתחה אפשר להפיק צבענים, בעיקר ממשפחת הצהוב והחום, מסוגים רבים של פרחים, עלים, שורשים, קליפות עצים ואפילו קליפות של ירקות. אלא שכל אותם נגזרי אבנים וצמחים שאומנים השתמשו בהם לצביעת מגוון חומרים, יותר משהיו צבעים היו בעצם כתמים. הם לא נקשרו לטקסטיל לצמיתות, כדרך צבעים של ממש. וכתנאים מסוימים, כגון גשם כבד, כתמים נמחים. בדים ובגדים צבעוניים היו נדירים בימים

ההם, ובני האדם כיסו את גופם בעיקר בגוני הבז', החום והשחום המרופט של הכבשים והעזים שאת צמרן הם גזזו ואת עורן עיבדו והשחימו לעשות להם מלבושים. כשיעקב אבינו נתן לבנו המועדף יוסף את כתונת הפסים המפורסמת, שיש הסבורים שהיתה צבעונית, קנאתם של אחיו בערה בהם להשחית עד שהתנכלו לו להורגו.

חומרי צביעה שאינם נמחים, אינם דוהים ואינם נשטפים היו יקרים. אחד הראשונים שבהם הגיע מממלכת החרקים, כאשר נתגלה שאפשר לייצר צבע שני שאינו דוהה על ידי ייבוש וריסוק של כנימות-מגן ממין *Kermes ilicis*, חרקים זעירים החיים על עצי אלון באגן הים התיכון.

בקשת הצבעים של העת העתיקה משלו גוונים עמומים; צבעים עשירים כגון סגול וכחול, שאינם שכיחים בטבע, היו מחוץ להישג ידם של הצבעים הקדומים. כלומר, כך היה עד שנתגלתה צדפה מסוימת, שבתנאים מסוימים אפשר להפיק ממנה את הגוונים המסעירים הללו – בדמות צבע עמיד באיכות עילאית. ככל הנראה, תגלית זו אירעה כמה וכמה פעמים, בזמנים ובמקומות רחוקים זה מזה, באופן בלתי-תלוי. השלכותיה היו מרחיקות לכת והשפעותיה מגוונות. היא הותירה חותם בחיי החברה, הפוליטיקה והדת, בכלכלה, במדע ובהגות. מרגע שצבעי הכחול והסגול פרצו אל הזירה, העולם לא היה עוד כפי שהיה קודם לכן. מבחר חדש של צבעים יפהפיים היה מעתה זמין לכל עין, והביקוש להם גאָה. במשך כמעט אלפיים שנה, לאורך חופי הים התיכון מתוניסיה מזרחה, צדפות הצבע היו מן הנחשקות שבסחורות העולם העתיק – ומהיקרות שבהן.

ככל שהתפתחה תעשיית הצבע הושקעו מאמצים ומשאבים רבים בשכלול טכניקות הצביעה העמלניות. סדנאות הצביעה פרחו. הסחר

המשגשג התפשט לכל עבר, ושלשל עושר חסר תקדים לכיסיהם של העוסקים במלאכה לכל אורכה של שרשרת הייצור וההפצה. מאבקי השליטה על תעשיית הצבע הגיעו לעתים לכדי מלחמות, וחוקים קפדניים תוקנו כדי להסדיר את ייצור הצבעים ואת השימוש בהם. אלה שהחזיקו בסודות הנוגעים לתהליכי הייצור המדויקים – מאמנות לכידת החלזונות עד שיטות יעילות לצביעת בדים – נצרו את הידע האזוטרי כבבת עינם.

אך לא לעולם חוסן. הענף הכלכלי הפורח נגרע בסביבות שנת 650 לספירה, בעקבות כיבוש ארצות הים התיכון בידי הערבים. פה ושם עוד התקיימו איים של ייצור צבע – אך עם כיבוש קונסטנטינופול בידי האימפריה העות'מאנית ב-1453, ונפילת האימפריה הביזנטית, נעלמו עקבותיה האחרונות של המלאכה. הידע המתקדם, הסודי, שבעת העתיקה לא היה ערוך לחשיבותו, ירד לטמיון.

יותר מאלף שנה נשארו רזי הצביעה חבויים מהעולם כולו – עד שאירע מקרה סמוך לחופי ספרד. זואולוג צעיר עמד בסירתו בים התיכון, והתבונן בסקרנות במעשיו של דייג. הלה ערך מופע ראווה של ממש. הוא פיצח לרווחה קונכייה של חילזון רגיל למראה, ומעך את תוכנה הלחלוחי אל חולצתו. בבגד פשו פסים צהבהבים – אך לנגד עיניו הצופיות של הזואולוג, הצהוב השתנה אט-אט. תחילה נעשה ירוק, ואז, בהדרגה, ובאורח פלא, לבשו הפסים גוון סגול בוהק ויפהפה – סגול שכמוהו לא ראתה עין למן ימי קדם.

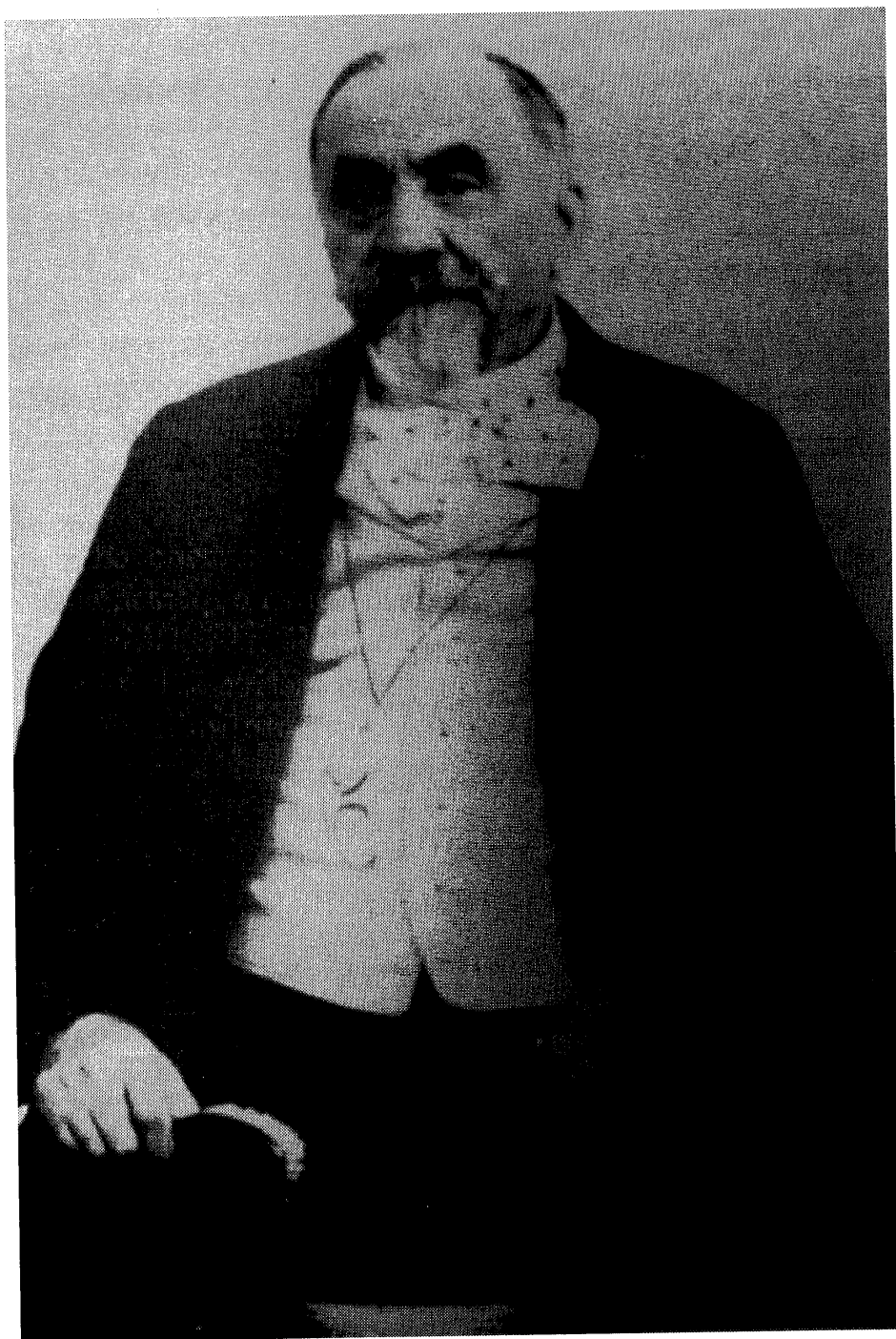
השנה היתה 1858, הזואולוג היה צרפתי ושמו אנרי דה לָקֶז-דִּיתִייה, והוא הפליג אז ממינורקה שבאיים הבלאריים הספרדיים כדי לחקור את היצורים החיים בים התיכון. מאז הוא נחשב למגלה-מחדש של הצביעה בעזרת צדפות. מראה הדייג הצובע את חולצתו העלה בזיכרוננו תיאורים שקרא בכתבי אָריסטו ופְּלִינְיוֹס הזקן. הוא שיער שהקונכייה שהדייג פיצח היא מאותו סוג ששימש

לצביעה בעת העתיקה. מאז הקדיש שנים ארוכות לחקר החלזונות הללו ולניסויים בצבעים שהם מפיקים. כהוקרה על תרומתו הפקיד בידיו מוזיאון הטבע הלאומי של צרפת את הקתדרה לחקר רכיכות, תולעים וזואופיטים; ולבסוף הוא נתמנה לפרופסור באוניברסיטת פריז.

לקוֹדִיתִייה גילה שבעת העתיקה שימשו לצביעה שלושה מיני חלזונות, השייכים כולם לאותה משפחה של רכיכות: ארגמון קהה קוצים (*Murex trunculus*), ארגמון חד קוצים (*Murex brandaris*) וארגמונית אדומת פה (*Thais haemastoma*). שלושת היצורים הקטנים הללו חיים לאורך חופי הים התיכון, ולכל אחד מהם יש במערכת העיכול בלוטה קטנטנה, המפרישה את החומר ההופך לצבע. משלוש הרכיכות הללו אפשר להפיק קשת רחבה של צבעים, שבעת העתיקה זכו לשם הכולל "פורפיר" – מעין "סגול" של זמננו.

מונח זה תיאר את כל מנעד הצבעים שבין כחול לאדום – הרחב הרבה יותר מאותו טווח שאנו קוראים לו סגול כיום. "בעת העתיקה, פורפיר היה מושג כרומטי נזיל," כתב פיליפ בול במחקרו על תולדות הצביעה. "הפורפיר העתיק נע בטווח שבין כחלחל לאדום עמוק. הגוון נקבע על פי דרך הכנתו של הצבע ואופן התפסותו בבד."<sup>1</sup> בצדה האדום יותר של הקשת נמצא הסגול הפניקי המפורסם, זה המכונה עד היום בשם ארגמן, ואילו בקוטב הכחול שלה נמצא הכחול המקראי – התכלת.<sup>2</sup>

כל חילזון מספק רק טיפות אחדות מן ההפרשה יקרת המציאות; כדי להפיק די חומר לצביעת קילוגרם אחד של צמר, יש צורך ב-20 אלף חלזונות.<sup>3</sup> מלאכת מיצוי ההפרשה מן הבלוטה אורכת זמן רב, שיטות הצביעה מורכבות להפליא, ולא פעם מזומנות לצובע הפתעות. אין תמה אפוא שמחירם של צבעי התכלת והארגמן



אנרי דה לקז-דיתייה (1821–1901).

Laboratoire Arago | Wikimedia Commons

המסחררים הללו היה מסחרר אף הוא. תיעוד קדום מלמד שבתקופה מסוימת שוויו של צמר צבוע בצבע שהופק מחילזון היה גדול פי עשרים משוויו של זהב באותו משקל. מטבע הדברים, צבעים אלו נעשו סמל מעמד, אות לעושר וליוקרה, והם קישטו את גלימותיהם של קיסרים, מלכים, נסיכים ובני אצולה.

על דניאל, הנביא היהודי ויועץ החצר הבבלית, מספר המקרא כי לאחר שפענח את הכתובת המסתורית שכתבה יד נעלמה על הקיר מינה אותו המלך בלשאצר לשלישי במעלה במדרג השלטוני, נתן לו שרשרת זהב, והלביש אותו בארגמן (דניאל ה', כט). כשאלכסנדר הגדול כבש את בירת האימפריה הפרסית, שושן, בשנת 331 לפני הספירה, הוא מצא בחדרי אוצרותיה גלימות ארגמן שאוחסנו שם למשך כמאתיים שנה ועדיין בהקו כחדשות. הוא התפעל כל כך מהצבע המרהיב, שהוא ושרי צבאו החלו ללבוש גלימות ארגמן. באותה שושן, שנים רבות קודם לכן, יצא מרדכי היהודי "מִלְּפָנֵי הַמֶּלֶךְ בְּלִבוֹשׁ מַלְכוּת וְחוֹר וְעֹטָרַת זָהָב גְּדוֹלָה וְתִכְרִיךְ בּוֹץ וְאַרְגָּמָן" – כמסופר במגילת אסתר (ח', טו). בספר מרקוס בברית החדשה מסופר שלפני צליבתו של ישו הגחיכו אותו הרומאים, כשהלבישוהו בגדי ארגמן, עיטרו את ראשו בזר קוצים, וקראו לפניו "מלך היהודים".

כאשר ביקש ויליאם שייקספיר, במחזהו "אנטוניוס וקליאופטרה", לתאר את הפאר וההדר במזרח, הוא כתב בשפתו המרוממת על קליאופטרה השטה בנהר סידנוס בספינה מנקרת עיניים, סיפונה רקוע זהב ומשוטיה יצוקים מכסף, וכדי להשלים את הרושם: "כָּל מִפְרָשֶׁיהָ אֲרָגְמָן, בְּשׁוּמִים, עַד הָרוּחוֹת בְּאַהֲבָה חָלוּ." <sup>4</sup> ברומא העתיקה חלו הגבלות חמורות על השימוש בצבע הארגמן. סנאטורים ובעלי תפקידים בכירים אחרים בשירות המדינה הורשו ללבוש טוגות עם פסי ארגמן, אבל רק לקיסרים הותר ללבוש טוגה שכולה ארגמן. הביטוי "ללבוש את הארגמן" משמעו להימשח לקיסר.

כל תרבות שבאה במגע עם צבעי החלזונות נשבתה מיד בקסמם, בהכירה ביופיים, בערכם, ביוקרתם – ולעתים, כגון אצל הקיסרים הביזנטים, גם ביראת הכבוד שהם נוסכים. אלא שלדידם של בני ישראל, לצבעים אלה נאצלה קדושה לא בשל צו מלכותי, אלא משום שאלוהים בכבודו ובעצמו ציווה להשתמש בהם בעבודתו. הן התכלת הן הארגמן היו מרכיב חשוב במדי השרד של הכוהנים בשמשם בעבודת הקודש, והוסיפו למקדש יופי. אך לצד הופעתם של צבעים אלה בפרשיות המשכן והכהונה, מייעדת להם התורה תפקיד גם בחיי החול של היחיד. בספר במדבר מצווה כל אחד מבני ישראל לשים פתיל תכלת בארבע כנפות בגדו, כתזכורת יומיומית למחויבותו לשמירת המצוות. וכך, בעוד בעולם הרומי השימוש בצבעים מיוחדים נעשה בהדרגה לאמצעי הדרה, שהבחין בין המוני העם לבין האליטה – הנה בתרבות היהודית, פתיל התכלת מאגד אנשים יחדיו ומבטא שוויון חברתי. התכלת נועדה גם לעורר רגש דתי עז. היא הזכירה לרואיה את הים שאין לו סוף, את הרקיע שאין לו גבול, ומתוך כך – את אלוהי העולם, האל המוחלט, היחיד, שלגדולתו אין חקר.

הארכיאולוגים לא מצאו שום מלבוש עתיק שפתיל תכלת מחובר אל פינותיו; קישוטים עדינים מסוג זה אינם עמידים בשיני הזמן. אולם מקורות כתובים רבים מוכיחים שמצוות ציצית נשמרה בישראל הקדומה בהיקף נרחב. התלמוד, למשל, מספק עדות בהירה לכך שיהודים התמצאו בפרטי הפרטים של דיג החלזונות ושל הצביעה בעזרתם. במאה השביעית לספירה, כשתעשיית הצביעה החלה לשקוע, התכלת כלתה מן השוק, וקיום מצוות התכלת בציצית הידלדל עד שפסק לגמרי. היהודים הוסיפו ללבוש בגד בעל ארבע כנפות ולקשור אליו גדילי צמר, אך גדילים אלה היו עתה לבנים. במאה השמינית קונן מדרש תנחומא (שלח, טו), "ועכשיו אין לנו אלא לבן, שהתכלת נגנז." ב-1858, כאשר ערך



לקז-דיתייה את תצפיותיו החשובות, התכלת והארגמן היו זה עידן ועידנים מחוץ לאופק של החיים היהודיים, ומקורם וטכניקות הייצור שלהם היו נתונים בעומק תהום הנשייה.

אלא שתגליתו של לקז-דיתייה, מרתקת ככל שהיתה, לא הובילה לשום תוצאות מעשיות. היא הדהדה בעיקר בחלל מגדל השן האקדמי. שיטות הצביעה בצבע מחלזונות לא קמו לתחייה, לא בצורתן הקדומה וגם לא במתכונת משופרת ומודרנית. לאמתו של דבר, ההפך הוא אשר קרה. תעלוליה של ההיסטוריה גרמו לכך שדווקא באותה תקופה עצמה, כל צורות הצביעה הטבעית נעשו מיותרות ובלתי-מעשיות. הפקת צבענים מבעלי חיים, כגון רכיכות וחרקים, ומצמחים כגון ניל (אינדיגו) ואיסטיס, התיישנה באחת הודות לעבודתו של כימאי חלוץ שערך את ניסוייו הראשונים שנה אחת בלבד לפני תגליתו של לקז-דיתייה.

הקולג' המלכותי לכימיה של לונדון קיבל את ויליאם הנרי פרקין כסטודנט מן המניין כשהיה בן חמש-עשרה. שלוש שנים לאחר מכן, ב-1856, ערך ניסויים במצוות מורו, אוגוסט וילהלם פון-הופמן, ששיער כי אפשר להפיק כינין באופן מלאכותי. במעבדה הפשוטה שהתקין בביתו ניסה פרקין דרכים שונות לשימוש בנגזרות של זפת פחם כדי להגיע לתוצאה המאוהה.

הכינין, המופק מקליפת עץ הצ'ינצ'ונה שמולדתו בהרי האַנדים בפרו, היה בימים ההם התרופה היעילה היחידה למלריה. גם בימינו מפילה המחלה הנוראה כמיליון חללים מדי שנה, ומיליונים נוספים לוקים בה. באותן שנים היא עשתה שְׁמות באפריקה, וזאת דווקא כאשר מעצמות אירופה החלו לחקור את היבשת השחורה ולנצל את משאביה. השתוללות המלריה הפכה את אפריקה ל"בית הקברות של האדם הלבן", והמחקר בדבר אפשרות לסנתז כינין עורר אפוא תקוות גדולות ורחופות.

פרקין לא הצליח לייצר כינין מלאכותי. רק שנים רבות אחר כך, בעיצומה של מלחמת העולם השנייה, הגיעו להישג הזה שני כימאים אמריקנים, בוב וודוורד וויליאם דורנג. אבל ניסוייו של פרקין הפיקו דבר מה אחר: תערובת חומה כהה שהניבה את צבע האנילין הראשון, צבע סגלגל בהיר. הוא היה נעים למראה, וחשוב מכך, צבע שאינו דוהה – ומשום כך נחשק. כשהופיע לראשונה, הוא אף זכה לכינוי "ארגמן צור". פרקין עשה הון מהתגלית. בתוך זמן קצר פותחו שלל צבעים סינתטיים חדשים, וירשו את מקומם של הצבעים הטבעיים המסורתיים.

ובכל זאת, העניין באמנות הנשכחת של הצביעה בצבעי צדפות לא נכחד לגמרי. הוא חי בלבו הלוהט של איש אחד, שחלם לגלות שוב את סוד השיטות העתיקות ולהחיותן. גרשון חנוך ליינר, רב בעיירה פולנית ושמה ראדזין, כ-150 קילומטר מדרום-מזרח לוורשה, היה מנהיגה הכריזמטי של חסידות חשובה – חסידות ראדזין. אלא שהאדמו"ר מראדזין לא היה אדמו"ר ככל האדמו"רים. עם היותו גדול בתורה ובקיא בחדריה הרבים, הוא התמצא בהנדסה, למד כמה שפות, ולימד את עצמו כימיה די הצורך כדי לקבל הסמכה כרוקח. במהלך לימודיו הוא נתפס לרעיון ייחודי.

פרשיית "ציצית" בספר במדבר נאמרת בתפילת שחרית ובתפילת ערבית, במסגרת קריאת "שמע". בהתאם למנהג המקובל, היה הרב ליינר נושק לציציות טליתו שלוש פעמים באומרו פרשייה זו – בכל פעם שנזכרת בה המילה "ציצית". אך שלא כמקובל, לרב ליינר הנשיקות הללו הכאיבו. כאב לו לראות את לובן פתילי הציצית בעוד פיו מדובב את הפסוקים הקובעים מפורשות שהפתיל צריך להיות פתיל תכלת. איך ייתכן שזה למעלה מאלף שנה היהודים אינם מקיימים כראוי מצווה מן התורה?

לא היה קושי, כמובן, לצבוע את הפתילים בכחול. הבעיה היתה

שעל פי המסורת, המתועדת בתלמוד, צבע התכלת הכשר למצווה הוא אך ורק כזה המופק מיצור ימי מסוים – שזהותו ותהליך הפקת הצבע שהוא מייצר כבר אינם ידועים. האם יוכל לחשוף את הידע האבוד הזה, ולחדש את קיום המצווה?

הרב ליינר החליט, מתוך אמונה עזה ועצימת עיניים מפני המכשולים, להקדיש את חייו למציאת מקורה של התכלת הקדומה ולהחייאת קיום מצוות הציצית כהלכתה. חמוש בהיכרות אנציקלופדית עם המידע המעורפל, המבלבל, הסותר לפעמים, הפזור בספרות התלמוד על אודות היצור הימי ועם רוב הידע המדעי וההיסטורי הרלבנטי, עזב האדמו"ר את חסידיו יום אחד בשנת 1887 ויצא לשליחותו הרון קישוטית.

היעד היה ה"סֵטְצִיֹנָה צואולוגיקה", התחנה הזואולוגית, בנאפולי שבאיטליה: מרכז חדש, שזה עתה נבנה, לחקר הביולוגיה הימית – ובו ה"אקוואריו די נאפולי", גן החיות הימי הראשון שנפתח אי-פעם לציבור הרחב. היכן אם לא שם יוכל למצוא את החיה המסתורית שהתכלת המקראית הופקה ממנה? ככל הנראה, הוא לא שמע על תגליתו של לקז-דיתייה, אך גם אילו הכירה לא היה סבור שיש בה כדי לפתור את חידת התכלת. הצבעים שהכימאים הפיקו מחילזון הארגמון בעקבות מחקריו של לקז-דיתייה היו כולם בטווח שבין סגול ארגמני לסגול כחלחל, בעוד המסורת היהודית קובעת בתוקף שצבע התכלת הוא כצבע השמים, צבע המעלה על הדעת את היושב במרומים.

באיטליה מצא הרב ליינר את מבוקשו – או לפחות כך האמין. זה לא היה חילזון, כי אם יצור מוזר ומתיז דיו ממחלקת הראש-רגלאים (*Cephalopoda*). בשובו לראדזין הקים שם בית חרושת לייצור המוני של פתילי תכלת. כעבור שנה, יותר מעשרת אלפים חסידים כבר ענדו בגאווה על טליתותיהם את פתיל תכלת הדיונן.

אך להיסטוריה תעלולים משלה, והם אינם מרפים מסיפורנו. בתחילת המאה העשרים הוגשה עבודת דוקטורט בתחום חדשני, שהמחבר כינה פורפירולוגיה עברית: חקר התכלת והארגמן במקרא. המחבר היה, כמוהו כרב ליינר, תלמיד חכם מבריק שידיו רב לו בתורה ובמדע. שמו היה אייזיק הרצוג – לימים הרב הראשי לישראל. בעבודתו הוא הוכיח שלא ייתכן שהדיונן שמצא האדמו"ר מראדזין היה מקורה של התכלת המקראית – שכן הדיו שיצור זה מפיק אינה ממלאת שום תפקיד מהותי בייצור הצבע הכחול. לאמתו של דבר, התברר שהצבע הראדזיני כלל לא היה אורגני, אלא הכיל חומר סינתטי.

איך קרה שהאדמו"ר הדגול הלך שולל? האם הונה אותו איזה כימאי ציניקן שהוא שאל בעצתו? ומה עם צדפות הארגמן עצמן? האם הן עונות לתיאור המסורתי של יצורי הפלא שהניכו אי-אז את הכחול המקודש? האם אפשר ליישב בין דברי חז"ל שצבע התכלת הוא צבע השמים – לבין גוני הסגול שהתקבלו פעם אחר פעם מבלוטת הארגמן?

הדת לא היתה בשום אופן המניע היחיד למחקר המודרני של עולם הצביעה בצדפות. יצורי הים הקטנים הללו והצבעים המרהיבים שהם הפיקו משכו מגוון רחב של סקרנים, ולהם תחומי עניין שונים ומשונים ושלל מטרות. היו ביניהם כמובן היסטוריונים וארכיאולוגים, ביולוגים וכימאים – אבל גם מומחים למאגיה ולכשפנות, חוקרי מטבעות, חובבי אומנויות עתיקות, ומשוגעים לדבר האורגים את בגדיהם בעצמם וצובעים אותם בצבעים שהופקו מחלזונות.

לאורך המאה ומחצית המאה שחלפו למן מחקריהם של לקז-דיטייה והרב ליינר ועד היום, הוסיפו אנשי המדע לחקור את התחום מכל זווית אפשרית, והעלו קשת של שאלות. מדוע מופיע על מטבע צורי עתיק ציור הכולל כלב וקונכיית ארגמן? איזה תפקיד נועד לשתן

מעופש בתהליך הצביעה? מדוע מימן משרד ההגנה הבריטי פרויקט מחקר בתחום הצביעה בארגמון? כיצד "חולבים" כפריים מקסיקנים חילזון, ואיך יכולה השיטה הזו לפתור בעיות סביבתיות הכרוכות בשימוש הסיטוני בארגמון? האם לסגולתם הצבעונית של החלזונות הללו יש קשר להיותם קניבלים ודו-מיניים?

מחקרים, ניסויים, רוב עמל ולא מעט מזל סיפקו עד כה תשובות לשאלות רבות, והותירו שאלות אחרות ללא מענה. אבל כדי להסיר את צעיפי המסתורין מעל הצבעים החידתיים הללו, עלינו לשוב אל נקודת ההתחלה, ולחזור אל התגלית הראשונית של האפשרות לצבוע בד בעזרת חלזונות ימיים.

## ב

# ימי קדם



בימינו, הדרך הנוחה ביותר להרקליון, בירת כרתים, היא דרך האוויר. אפשר להגיע אליה גם דרך הים; עולים על מעבורת לילית באתונה, ומגיעים להרקליון כעבור תשע שעות – או משלמים יותר, עולים על ספינה מהירה ומגיעים בתוך שש שעות. אנחנו הגענו לשם בסירה, בהפלגה בת שעתיים בלבד, שיצאה מהאי הסמוך תרה שבאיי סנטורייני: שארית מהתפרצות געשית שאירעה בסביבות שנת 1600 לפני הספירה. אנחנו – כלומר משלחת שביקשה להתוודע לשרידיה של הציוויליזציה שגילתה ראשונה את האמנות המופלאה של הצביעה בעזרת צדפות.

קילומטרים ספורים דרומית להרקליון נמצאות הריסות ארמון קנוסוס, מערכת מבנים מרשימה שנבנתה לפני כארבעת אלפים שנה. על פי המיתולוגיה היוונית שימש הארמון את המלך הגדול מינוס. על שמו קרויה הציוויליזציה הקדומה הזאת "התרבות המינואית" – מונח שטבע ארתור אַוֶּנס, הארכיאולוג הבריטי שחפר את קנוסוס בתחילת המאה העשרים.

המיתוס היווני מספר שאל הים פוסידון נתן למינוס בחסדו פר צחור, ומינוס אסיר התודה נָדר שיקריב את הפר לעוֹלָה. אלא שחמדנותו של

מינוס גברה על אדיקותו, והוא נמלך והחליט לשמור את הפר לעצמו ולהקריב פר אחר במקומו. כעונש על כך גרם פוסידון הזועם לפְּסִיפָּאָה, אשתו של מינוס, להתאהב בפר אהבה נואשת. מהזיווג בין פְּסִיפָּאָה והפר נולד יצור מפלצתי, חלקו אדם וחלקו פר. שמו של היצור, מינוטָאור (פר מינוס), מלמד על מוצאו המשונה. עד מהרה התברר שמזונה של המפלצת הוא בשר אדם, ומינוס המבועת ציווה על האדריכל והממציא דֶדְלוֹס לבנות מבוכ סבוך כדי שאפשר יהיה לכלוא בו את הפר. יש סוברים שהמבוכ, הלבירינת, הוא ארמון מינוס עצמו, פקעת מבלבלת של אולמות ופרוזדורים.

גם בחורבנו האתר העצום מרשים עד מאוד. הוא משמש עדות אילמת להישגיו הטכנולוגיים המתקדמים של העם המינואי. למען האמת, אין זה ארמון. זהו מרכז מנהלי, דתי ומקצועי המשתרע על פני כ-24 דונם ובו כ-1,300 חדרים הסובבים כיכר מרכזית. האוויר זורם בו בחופשיות בזכות פירי אוורור, ואור היום שוטף את חלליו בזכות תכנון מוצלח של גרמי מדרגות רב-מפלסיים. מים הגיעו אליו ממעיינות סמוכים בצינורות חרס על גבי אַמות מקושטות, מערכת ניקוז מסועפת מנעה ממי הגשמים העזים היורדים על הגבעות להציף את המתחם, ומערכת ביוֹב פנימית כללה, בין היתר, את הדוגמה הקדומה ביותר הידועה לנו לאסלה עם מכל הדחה: מושב מעל תעלת ביוֹב, שנשטף ידנית במים מכר. תמשיחים יפהפיים עיטרו את הכתלים, וכדי אחסון ענקיים, שהשתמרו עד היום, הכילו יין, תבואה ושמן זית. לצד משכנות מלכות, מקדשים ומחסנים, היו בארמון גם בתי מלאכה רבים, שאומנים מיומנים יישמו ועידנו בהם את כישוריהם.

בארמון אחר, לא הרחק משם, ושמו פֵּייסְטוֹס, התגלתה דיסקית פייסטוס המפורסמת, המאירה פֶּן נוסף של התרבות המינואית המפותחת. על טס חרס עגול זה, 15 סנטימטר קוטרו, חרותים משני

הצדדים סמלים ציוריים בתבנית ספירלית. הניסיונות לפענח את הסמלים נכשלו עד כה, ופענוח אינו נראה באופק, משום שדגימת הטקסט שהדיסקית מספקת קטנה מדי. מדובר ב-45 סמלים שונים, החוזרים לעתים על עצמם כפי שאותיות חוזרות בטקסט אלפביתי; בסך הכול, 241 תווים טבועים בדיסקית. כל "אות" מ-45 ה"אותיות" זהה לחלוטין בכל הופעותיה, ועל כן ברור שהן לא נחרתו ביד, אלא בעזרת תבנית. החוקרים משערים שהסימנים הוטבעו בחמר הרך קודם שנשרף. הדיסקית מוכיחה שהמינואים גילו את טכנולוגיית הדפוס, או ליתר דיוק ההטבעה בעזרת תבנית ניידת – והקדימו את יוהאן גוטנברג ביותר מ-3,000 שנה.<sup>5</sup>

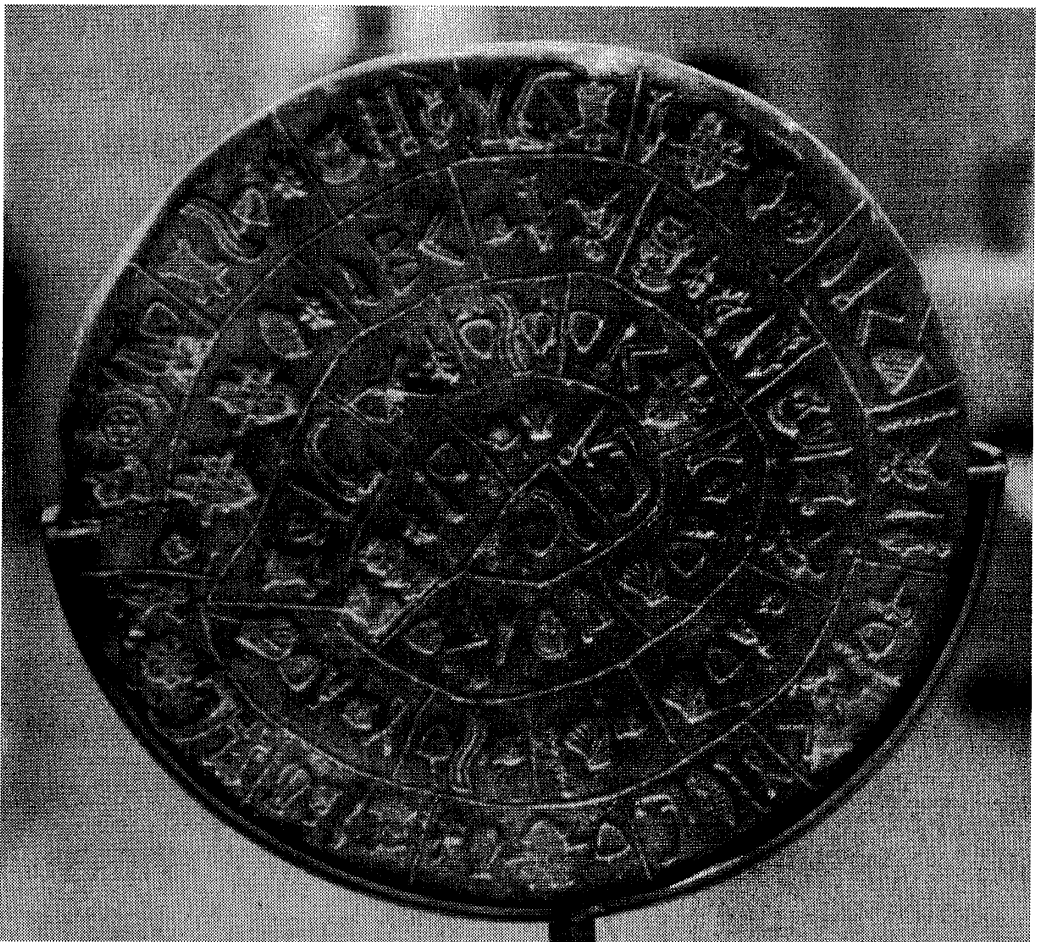
התרבות המינואית הגיעה לשיאה לקראת המאה ה-17 לפני הספירה. בחפירות באתר אקרוטירי שבאי סנטוריני – אותו אי שממנו יצאנו לכרתים – נמצאו שרידים מהציוויליזציה המינואית בדמות כתובות בכתב הליניארי א', שטרם פוענח, ובדמות חפצים וציורי קיר הדומים לאלו שנתגלו בקנוסוס. סביב המאה ה-13 לפני הספירה שקעה הציוויליזציה המינואית – אולי בגלל ההתפרצות הגעשית הגדולה בסנטוריני והצונאמי שבא בעקבותיה, ואולי בשל פלישתם של היוונים המיקנים.

לנוכח היצירתיות, המקוריות והקדמה הטכנולוגית של המינואים, אין זה מפתיע שהם גם היו הראשונים לגלות את התהליך המורכב והעמלני של צביעת צמר בהפרשות של חלזונות ים; התהליך שהפיק את הסחורה הלוהטת ביותר, או לפחות הססגונית ביותר, בעולם העתיק.

הממצאים הארכיאולוגיים והאפיגרפיים מלמדים שכבר ב-1750 לפני הספירה ייצרו המינואים בכרתים צבע מחלזונות ים. לא מכבר חשף הארכיאולוג רוברט שטיגליץ ערמות גדולות של קונכיות ארגמון שלמות ושבורות לאורך חופי הים האגאי ובקנוסוס עצמה. כאשר



ארכיאולוגים מגלים ערמות קטנות של קונכיות, ההנחה היא שהן קשורות לא לצביעה אלא לשביעה, שכן החלזונות הללו אכילים, ועד היום הם חלק מהתפריט בכפרי חוף ים תיכוניים רבים. אולם כאשר מתגלות כמויות משמעותיות יותר, כפי שאירע בכרתים, ההסבר ההגיוני ביותר הוא שהצדפות שימשו לצביעה.



דיסקית פייסטוס, האלף השני לפני הספירה.

Wikimedia Commons

נוסף על כך, בלוח שנמצא בקנוסוס ועליו כתובת בענייני הקצאת בד, מופיעות המילים פופוריו וונקטרו. המילה השנייה פירושה "מלכותי", והראשונה קשורה בארגמן, אם כי לא ברור אם הכתובת מתייחסת לחייטים או לצובעים. זהו התיעוד הכתוב הקדום ביותר לצביעה

בחלזונות ים, והוא מעיד על המעמד הנישא שתעשייה זו הגיעה אליו כבר אז.

גם האמנות המינואית משקפת את התפשטות השימוש בצבעי הארגמן. שטיגליץ מתאר פסלון של כוהנת מינואית הלובשת גלימה עם עיטורי ארגמן, מסביבות שנת 1600 לפני הספירה, וסרקופג, צעיר ממנה בכ-150 שנה, שעליו מצוירים גברים ונשים שכבגדיהם פסי ארגמן. כל העדויות שבידינו מלמדות שהצביעה בתכלת ובארגמן החלה בתקופת הברונזה התיכונה, באווירה החדשנית והיזמית של התרבות המינואית בכרתים.<sup>6</sup>



והנה נמצא למינואים מתחרה בלתי-צפוי על הבכורה. יש טוענים שאי סמוך לחופי קטאר שבמפרץ הפרסי הוא אתר ההפקה הקדום ביותר של צבעי צדפות. העיר אל-חור שוכנת בחופה המזרחי של קטאר, כחמישים קילומטר מצפון לבירה א-דוחה. השם אל-חור פירושו "המפרץ", או "הים בעל שלוש הדפנות" – ואכן, המפרץ שהעיר שוכנת לחופו, מן הגדולים שבמפרצי קטאר, הוא מפרץ סגור, כמעט לגונה, בעל מוצא צר אל המפרץ הפרסי, והוא מן הגדולים שבמפרצי קטאר. בצדו המזרחי נמצא אי בעל צורת דג, שבינו לבין היבשה מפריד שטח מוצף של מנגרובים. זהו האי אל-חור, ובשמו הערבי ג'זירת בן-ע'נים; הוא מכונה עתה "אי הארגמן". כיום הוא מחובר ליבשה בשביל עפר המוגבה מעל פני הים הרדוד. במשך שלוש שנים, בין 1980 ל-1982, הארכיאולוג כריסטופר אידנס חקר את האי – במסגרת פעילותה בת שש השנים של המשלחת הארכיאולוגית הצרפתית לקטאר, בראשות ז'אק טיסייה.

באתר בצדו הדרומי של האי חשף אידנס חמישה מבנים המקיפים

אח מרכזית, שבה מצא חרסים, אבני צור, אבני טחינה קטנות וטבעת נחושת יחידה. היה שם גם תל אשפה. בשכבות העליונות שלו היו שאריות של כבשים, עזים, ציפורים, דגים, סרטנים, כמה דיונונים, וצדפות אחדות. אך בשכבות התחתונות, ובייחוד בזו הקדומה מכולן, המתינה לו הפתעה: הן היו עשויות כמעט אך ורק שברי צדפות ממין מסוים ממשפחת הארגמונים: ארגמנית הזיזים, *Thais savignyi*. אידנס אמד את מספר הצדפות בכשלושה מיליונים.

התוצאות בבדיקות האיזוטופיות של גיל הצדפות לא היו חד-משמעיות. התיארוך המוקדם ביותר ממקם את הצדפות הללו לפני ימי התרבות המינואית, ומציב את תושביו הקדומים של אל-חור כראשונים הידועים לנו שצבעו בדים בעזרת חלזונות הארגמון. אלא שתיארוך אמין יותר, זה שנעשה על פי החרסים, מצביע על תקופה מאוחרת הרבה יותר, התקופה הכשדית שבסוף האלף השני לפני הספירה. אידנס סבור, בסיכומו של דבר, שטכנולוגיית הצביעה הגיעה אל המפרץ הפרסי בסביבות המאה ה-13 לפני הספירה מאגן הים התיכון, שם היתה ידועה מזה זמן. על כל פנים, הממצא באי הארגמן הוא הדוגמה הראשונה, ועד כה היחידה, לצביעה בעזרת צדפות במפרץ הפרסי.

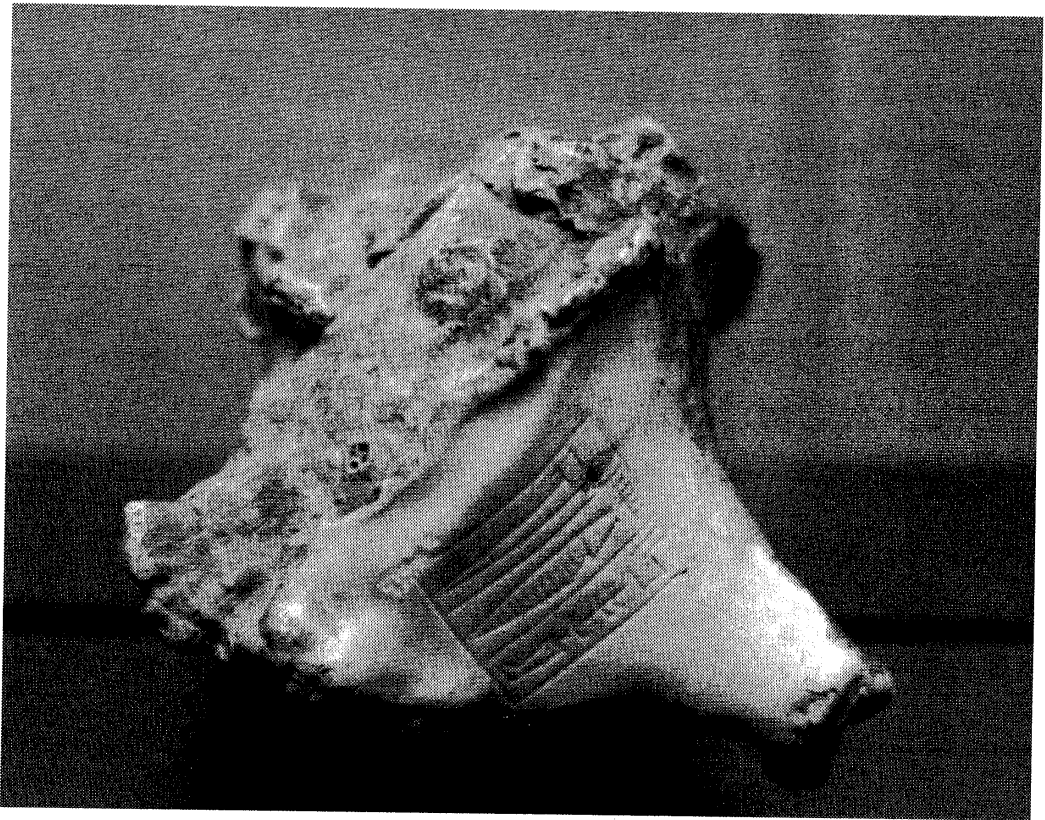
הכשדים הגיעו מן ההרים שבצפון איראן, כבשו בסערה את בבל בסביבות שנת 1570 לפני הספירה, והצעידו את מֶסּוּפּוֹטָמְיָה כולה לעידן של סחר מפותח ושגשוג. הם השיגו חוזים מדיניים עם אשור בצפון, מצרים בדרום וממלכת החתים במערב, ומוטת השפעתם נפרסה עד לחופי הים התיכון.<sup>7</sup> כפי הנראה, הכשדים למדו בעת ההיא את אמנות הצביעה בצדפות מהצבעים הים-תיכוניים והביאו אותה אל האי אל-בחור. האריגים הצבועים ארגמן או שָׁנִי שימשו אולי לתפירת בגדים לאצולה המקומית או לבעלי שררה כשדים, אך אין לדעת אם הם נותרו בגדר תוצר מקומי או נעשו ענף ייצוא חשוב. הממלכה

הכשדית בבבל נפלה בידי העילמים במאה ה-12 לפני הספירה. בדברנו על הארגמון במזרח הקדום, ראוי שנזכיר ממצא ארכיאולוגי נוסף, מתקופה המוקדמת ב-500 שנה מהתיארוך המוקדם ביותר של שרידי צדפות אל-חור – קל וחומר קדום בהרבה מהתרבות המינואית. סרגון הגדול, שעל פי אי-אילו מקורות היה בנם הבלתי-חוקי של כוהנת וגנן, שימש שר המשקים של מלך קיש, רצח אותו וירש את כיסאו. הוא ייסד את שושלת המלוכה האכדית, אחת מבתי המלוכה המצליחים ביותר בעולם העתיק, והקים אימפריה שהשתרעה מאיראן של ימינו במזרח עד לים התיכון במערב, ומטורקיה בת זמננו בצפון עד קצהו הדרומי של חצי האי ערב בפאתי דרום. יש מן החוקרים הקושרים את סרגון עם דמותו של הגיבור המקראי נמרוד, "גִּבְרַ צִיד לְפָנַי ה'" (בראשית י, ט). חמישים ושש שנים מלך סרגון, וכאשר מת ירש אותו בנו רימוש. אלא שבמות סרגון פרצו מרידות ברחבי האימפריה, ורימוש כילה את כל תשע שנות מלכותו במלחמות לשמירה על שלמותה.

לאחר יותר מארבעת אלפים שנה רכש מוזיאון הלובר בפריז קונכיית ארגמון שניזוקה בחלקה, ועליה כתובת אכדית: רימוש מלך קיש. גילוי הקונכייה הבודדת הזו, שמן הסתם ניתנה כמתנה לשליט, איננו מוכיח כמובן שום דבר לגבי צביעה בעזרת חלזונות בימים ההם, וודאי שאינו מלמד על קיומה של תעשייה של ממש. יתרה מכך, הקונכייה, שמקורה במפרץ הפרסי ולא בים התיכון, היא של ארגמון מסעף, *Chicoreus ramosus*. זהו מין נדיר, גדול ויפהפה של ארגמון שאורך קונכייתו כ-30 סנטימטר: חילזון היאה למלך – אך לא לצֶבֶע. קונכיות, כגון צדפותיהם המבהיקות של חלזונות הים, שימשו מקדמת דנא אמצעי תשלום, קישוטים ותכשיטים, ונראה שמי שהעניק למלך רימוש את הקונכייה המרשימה של ארגמון המסעף חלק לו בכך כבוד מיוחד. תהיה זו גוזמה יומרנית לטעון שמתנה

מלכותית זו מלמדת באיזו דרך נעלמה על מודעות של האכדים לשימוש האפשרי בצדפות הללו; אולם חיבור קדמוני זה בין ארגמון ומלוכה כמו מבשר שביום מן הימים יסמלו צבעי החלזונות את מעמדם הגבוה של השליטים.<sup>8</sup>

...



קונכיית ארגמון עם החריטה "רימוש מלך קיש", המתוארכת לסוף המאה השלישית לפני הספירה.

Marie-Lan Nguyen | Wikimedia Commons

רק לעתים נדירות, אם בכלל, זוהרים וסוערים חיו של ארכיאולוג בשר ודם כחיו של עמיתו הבדיוני אינדיאנה ג'ונס, גיבור סרטיו של סטיבן ספילברג. התגליות החשובות ביותר נופלות לידי של

הארכיאולוג רק לאחר תקופה ארוכה של עבודה משמימה ומייגעת, ותקופה ארוכה אף יותר של מחקר ולימוד.

כזה היה גם גורלה של משלחת ארכיאולוגים גרמנים שחפרה בארמון של מלכות קטנה הקדומה. התל, המוכר כיום כתל אל-משריפה, נמצא כ-15 קילומטר צפונית לחומס שבסוריה, בעמק הנהר אורונטס. העיר שכנה על גבי רמה טבעית, ושרידים מביצוריה העצומים, כ-17 מטרים גובהם, עודם קיימים. הארמון המפואר נבנה בסביבות שנת 1600 לפני הספירה, ונחרב כאשר האימפריה החתית, שמרכזה באסיה הקטנה (טורקיה האסייתית בת זמננו), הגיעה לשיא כוחה וכבשה את אזור סוריה ב-1340 לפני הספירה. ארכיאולוגים אחרים כבר חפרו באתה הזה קודם לכן, אבל ב-2004 גילתה המשלחת הגרמנית חלל קבורה תת-קרקעי חצוב בסלע שתחת המבנה המרכזי. חלל חתום ונשכח זה היה מוגן לחלוטין ממגעם של איתני הטבע, ולפיכך החפצים שנשארו בו השתמרו במידה יוצאת דופן.

החופרים דלו מחלל הקבורה יותר מאלפיים חפצים – ביניהם תכשיטים, כלי חרס ופסלים – וכן עצמות של בני אדם וחיות. אבל התגלית לא הסתכמה בכך. בסריקה הקפדנית שערכו באולם התת-קרקעי, הבחינו הארכיאולוגים בגרגירים צבעוניים שהיו מונחים על רצפתו. הם שלחו את הגרגירים המסתוריים לבדיקה כימית, ושם התברר שכתמי הצבע כללו צבען שמקורו בחלזונות הארגמון. חברי המשלחת חזרו אל רצפת חלל הקבורה, וסיננו בידיהם בדקדקנות את כל העפר שהיה בה, בחיפוש אחר שרידי אריגים. כך ליקטו אלפי פיסות זערוריות של בד, רובן בעלות ממדים מילימטריים. רק פיסות מעטות היו צבועות. פיסות אלו, שאולי הן שרידים מתכריכי קבורה עתיקים, הן הדוגמאות הקדומות ביותר שיש בידינו לאריגים שנצבעו בעזרת חלזונות ימיים.

האזכורים הקדומים ביותר של בדים בצבעי תכלת וארגמן מופיעים בקשר לחתונה מלכותית עתיקה. חתונתם של תְּדוּכִיפָּה בת תוֹשֶׁרֶתָה מלך מיתני ומלך מצרים פרעה אמנחותפ השלישי התקיימה בשעה טובה ומוצלחת בסביבות המאה ה-14 לפני הספירה. לנישואים אלה, שמן הסתם לא פחות משכיטאו ברית בין איש ואישה ביטאו ברית בין ממלכות, הגיעה הכלה למצרים מארץ אבותיה השוכנת בצפון סוריה ודרום טורקיה של ימינו, ובידה נדוניה הולמת. פרטיה ידועים לנו משום שהם תועדו בכתב יתדות על גבי לוחות חמר. לוחות אלה, ועוד כ-350 לוחות חמר אחרים של מכתבים קדומים, שכבו אלפי שנים תחת תל עמארנה שבמצרים, באמצע הדרך בין לוקסור למֶמְפִּיס, עד שבשנת 1887 נתגלו בזכות פלאחית מצרית שאספה שם עפר לדישון חלקתה. במכתב המתאר את נדוניית תדוכיפה נמנית "סִבְתָּ סָא תְּכֻלַּת", שמלה או אבנט של תכלת. גם "אַרְגָּמָן" מופיע שם.<sup>9</sup> הכוונה היא לתכלת המקראית ולארגמן הצורי. ניכר שבימים ההם התכלת והארגמן היו מוכרים ומוערכים, ונחשבו מתנות ראויות לפרעונים ולמלכים.

כאשר קיבלו עליהם בני ישראל את אמונת הייחוד, הם נטלו את מה שנחשב בעולם של זמנם יוקרתי ומלכותי, והקדישו אותו לעבודת האל. במקרא מוזכרים התכלת והארגמן לראשונה בספר שמות פרק כה, ברשימת החומרים שנדרשו להקמת המשכן שנודד עם בני ישראל במדבר. ברשימה נכללים חומרי גלם ומוצרים יקרים נוספים כגון זהב, כסף, נחושת, סִמִּי קטורת, אבני חן ועורות תחשים. דפנות המשכן, שהיה מפורק ומורכב מחדש בכל מסע מתחנה לתחנה במדבר, היו יריעות צמר עזים ויריעות שש צבועות "תְּכֻלַּת וְאַרְגָּמָן וְתִלְעַת שָׁנִי" (שמות כו, א), שנתלו על קרשי עץ ארוכים בעזרת בריחים ואדנים מכסף ומזהב. חוטי היריעות נשזרו, מעשה חושב, בדמות כרובים שמימיים.

תולעת השני המקראית היא הצבען האדום המופק מייבוש חרקים מסוימים ומערכתם. פרוכת שזורה באותה שלישיית צבעים – תכלת, ארגמן ותולעת שני – חילקה את המשכן לשניים. מצדה האחד של הפרוכת נמצאו אותם כלי זהב, כגון מזבח הקטורת ומנורת המאור, שהיו בשימוש יומיומי. הצד האחר היה קודש הקודשים, ועמד בו כלי אחד בלבד: ארון העדות. בארון, הקדוש מכל כלי המשכן, היו שני לוחות הברית שמשה הוריד מהר סיני, ועליהם עשרת הדיברות. בכל מסע ממסעי בני ישראל במדבר, כשהמשכן היה מפורק והלויים הובילו את חלקיו, היה הארון נעטף ביריעה שכולה תכלת ונישא על כתפיהם אל היעד הבא.

בצבעים יקרים אלה נצבעו גם בגדיו של הכהן הגדול – במשכן, ולאחר מכן במקדש. מעיל האפוד שלבש היה כולו תכלת, "כָּלִיל תְּכֵלֶת" (שמות כח, לא). תחתיו לבש מכנסיים וכותונת לבנים. אותו ניגוד בוהק של כחול ולבן השתקף בציצית שכל בני ישראל נצטוו לשים על בגדם, כאמור בספר במדבר:

וַיֹּאמֶר ה' אֶל מֹשֶׁה לֵּאמֹר: דַּבֵּר אֶל בְּנֵי יִשְׂרָאֵל וְאָמַרְתָּ אֲלֵהֶם וַעֲשׂוּ לָהֶם צִיצִית עַל פְּנֵפֵי בְּגָדֵיהֶם לְדֹרֹתָם; וְנָתַנּוּ עַל צִיצִית הַכֶּנֶף פֶּתִיל תְּכֵלֶת. וְהָיָה לָכֶם לְצִיצִית; וּרְאִיתֶם אוֹתוֹ וּזְכַרְתֶּם אֶת כָּל מִצְוֹת ה' וַעֲשִׂיתֶם אֹתָם, וְלֹא תִתְּרוּ אַחֲרַי לְבַבְכֶּם וְאַחֲרַי עֵינֵיכֶם אֲשֶׁר אַתֶּם זֹנִים אַחֲרֵיהֶם. לְמַעַן תִּזְכְּרוּ וַעֲשִׂיתֶם אֶת כָּל מִצְוֹתַי, וְהִיִּיתֶם קְדוֹשִׁים לֵאלֹהֵיכֶם. (במדבר טו, לז-מ)

פתיל התכלת הניתן על ציצית כנף הבגד משמש תזכורת קבועה ללכת בדרך הישר. כדברי הפתגם הקונפוציאני העתיק, "השומע שוכח, הרואה זוכר."<sup>10</sup>

קו המכפלת הוא מוקד התעסקות שכיח של מעצבי אופנה. מדי



עונה הם מכיילים בקפדנות את האורך העדכני, על פי איזו נוסחה סודית שרק הם מבינים. בימי קדם זכה אותו קו בהתעניינות לא פחותה, וזאת לא בשל אורכו המשתנה של הבגד, אלא, אם לצטט את החוקר ג'ייקוב מילגרום, משום ששולי בגדו של אדם היו הסתעפות של "אישיותו וסמכותו".<sup>11</sup> כשהמלך-לעתיד דוד, בבורחו מפני המלך שאול, הצליח לכרות בחשאי את כנף מעילו של האחרון, ראה בכך המלך, ובצדק, קריאת תיגר על מנהיגותו: "וַעֲתָה הִנֵּה יָדַעְתִּי כִּי מֶלֶךְ תִּמְלֹךְ וְקָמָה בְּיָדְךָ מַמְלַכֶּת יִשְׂרָאֵל", בכה שאול באוזני דוד (שמואל א' כד, כ).

באֶפֶד הקדומה היו מכשפים מדקלמים לחש קסם מעל כנף בגדו הכרות של אדם במסגרת טקס "כריתת הכנף" שנועד לגרש שדים. בעל יכול היה לגרש את אשתו על ידי חיתוך שולי שמלתה. נביאי מארי במסופוטמיה היו חותמים את מכתביהם למלך בהרבקת קווצה משער ראשם ופיסה משולי בגדם, ובזאת מבטאים את ערבותם למהימנות הכתוב. גרילי קישוט המשתלשלים משולי הבגד היו אביזר שכיח, והטבעתם בידי בעליהם בחמר הלח של מסמכים משפטיים דינה היה כדין חתימה.

גם כיום, מי שנקרא לעלות לתורה בבית הכנסת מצמיד את ציצית טליתו לגוויל, ואז מקרבה לפיו ומנשקה – אות לנאמנותו לתורה. תפיסת שולי הבגד כגילום של האישיות ניכרת עד היום במנהג הרווח בקרב יהודי הולנד, לרקום רקמה אישית ייחודית בפינת הטלית לקראת לבישתה הראשונה סמוך לנישואים.

התכלת היא צבע המשכן. היא היתה הצבע השולט ביריעותיו, באריגיו ובכיסויי משכיותיו, כמו גם בבגדי הכוהנים שעבדו בו. אבל במקום לנצלה, כמקובל, להרחקת המוני העם מהחברה הגבוהה, התורה מכתירה בעזרתה את הקהילה כולה כשכבת אצולה דתית. בשוורו מעט מן הקודש, את פתיל התכלת, בבגדי היומיום שלו, כל

אדם בישראל נעשה במידת מה לכוהן. "וְאַתֶּם תִּהְיוּ לִי מִמְלַכֶּת  
כֹּהֲנִים וְגוֹי קָדוֹשׁ", מצווה התורה (שמות יט, ו). הציצית היא, כדברי  
מילגרום, "התגלמות הפעולה הדמוקרטית של היהדות, הנעשית לא  
על ידי שיטוח אלא על ידי עילוי: כל ישראל מצטרפים יחדיו להיות  
ממלכת כוהנים".<sup>12</sup>



התכלת מופיעה גם בספרי הנביאים והכתובים, ותמיד מייצגת  
מעמד מלכותי, יוקרה ועושר. כך במקרהו של מרדכי היהודי בחצר  
מלך פרס, וכך במקרהו של דניאל בחצר מלך בבל. הנביא יחזקאל,  
למשל, מתאר את הופעתם המרשימה של אנשי הממשל האשורים,  
"**לְבָשֵׁי תְכֵלֶת, פָּחוֹת וְסָגְנִים, בַּחֹרֵי חֹמֶר כָּלָם, פָּרָשִׁים רַכְבֵּי סוּסִים**"  
(יחזקאל כג, ו).

בספר שופטים מסופר כיצד דבורה הנביאה הצעידה את בני  
ישראל לניצחון על משעבדיהם הכנענים. בקטע נוגע ללב בשירת  
דבורה מתוארת אמו של סיסרא, שר צבא יבין שדבורה וברק הכניעו  
ויעל הרגה, יושבת בחלון עם שְׁרוּתֶיהָ ומחכה לבנה המבושש לבוא,  
מייבבת ומשתוממת מה מעכב בעדו. בשורת מותו ותבוסת צבאו  
טרם הגיעה אליה, והיא משכנעת את עצמה בעזרת הגבירות  
שאיתה כי הוא מתמהמה מפני שהוא עסוק בחלוקת שלל המלחמה.  
ובראש השלל הזה ניצבת הסחורה המבוקשת שהקנתה לאזור ההוא  
את תהילתו, שלל הצבעים; ביטוי שהתאזרח מאז בלשוננו, אך  
מקורו כאן, בשדה הקרב של הקישון ובזירה כלכלית שבה צבע  
וכסף הם כמעט היינו הק: "**שָׁלַל צִבְעִים לְסִיסְרָא, שָׁלַל צִבְעִים**  
**רִקְמָה, צִבְע רִקְמָתִים לְצֹאֲרֵי שָׁלַל**" (שופטים ה, ל).

ביזת אריגים צבועים יקרים מתוצרת האויב היתה אפוא, כפי

שמשתמע מפסוק זה בשירת דבורה, מרכיב מרכזי במאבקי השליטה באזור. ייתכן שהשגת שליטה על תעשייה חשובה ורווחית זו היתה מטרתו הבלתי-מוצהרת של הצבא הכנעני. ספר שופטים מדגיש את חלקם של שבטי הצפון, זבולון ונפתלי, במלחמה נגד צבא סיסרא (שופטים ד, ו; ד, י; ה, יח). כאשר בירך משה רבנו את שבטי ישראל, באחרית ימיו, חתם את ברכתו לשבטי יששכר וזבולון במילים "כִּי שָׁפַע יָמִים יִינָקוּ וְשָׁפוּנִי טְמוּנֵי חוֹל" (דברים לג, יט). על פי פרשנות חז"ל, הברכה הספונה בחול והמוטמנת בו היא החילזון – ובשם "חילזון" הם מכנים את מקורם הימי של צבעי התכלת והארגמן.<sup>13</sup> המילה חילזון נגזרה מהמילה היוונית הליקס (ἑλῖξ), שפירושה ספירלה, ובלשון חז"ל חילזון הוא דווקא חילזון בעל קונכייה ספירלית, שבלול. לפי התלמוד, החילזון הימי הוא המקור הכשר היחיד לצבע התכלת הנדרש לצורכי מצווה.<sup>14</sup>

בתקופה ההיא, תקופת הברונזה המאוחרת (1550 עד 1200 לפני הספירה), התכלת והארגמן צצו בשלל אירועים ברחבי המזרח התיכון. כזה הוא למשל סיפורה של מזימה פוליטית מרתקת ומסתורית, שמגולל לוח אבן גדול שנתגלה בשנות השמונים של המאה העשרים בערמת פסולת במקדש עתיק. לוח זה ידוע בשם איגרת מִנְפֶּה-תְּרַחְנָתָה. מלך וילושה, ממלכה בחוף המערבי של אסיה הקטנה, היה מהאישים הידועים לשמצה בעולם העתיק. שמו היה פִּיאֶמְרָדוּ, ובין החוקרים יש המזהים אותו עם דמות מוכרת הרבה יותר לבני תרבות המערב: פְּרִיאָמוֹס מלך טרויה. שני שכניו של פיאמרדו ממזרח, מנפה-תִּרְחָנְתָה מלך ארץ נהר שֶׁחָהּ ומוֹאֲתָלִי השני מלך החתים, שלחו צוותים של "אנשי סְרִיפּוּטוּ" לאי לִזְפָּה (ובשמו כיום לֶסְבּוֹס), שהיה נתון לשלטונו של פיאמרדו. אף שלא היה במעשה זה משום התגרות, פיאמרדו חטף את שני הצוותים. כידוע, התפוח נפל לא רחוק מהעץ, לפחות על פי המיתולוגיה: פאריס, בנו של פריאמוס, ביצע לימים את

החטיפה המפורסמת בכל הזמנים, חטיפת הלנה אשתו היפה של מנלאוס, וירה בכך את יריית הפתיחה של מלחמת טרויה.

אבל מי היו אותם אנשי סריפוטו? ומה הם חיפשו בלסבוס? דברי החטופים חסרי המזל מופיעים באיגרת הנזכרת. "נושאי מנחה אנחנו, ומעבר לים באנו. הנח לנו להעלות את מנחתנו, הפצירו השליחים בפיאמרדו. המילה החתית המציינת כאן מנחה היא "אַרְפָּמֶן". החתיתולוג פרופ' איתמר זינגר מאוניברסיטת תל אביב סבור שמילה זו זהה ל"ארגמן" העברי והאכדי, ומשער, על סמך זאת, שאנשי הסריפוטו היה צבעי ארגמן. אולי הגיעו ללסבוס לצורך עשיית מלאכתם. אם נכון הדבר, לפנינו צבעים נודדים, שנסעו בין מקומות האיסוף של הרכיכות והשתמשו בהן על המקום – בתקופה שתעשיית הצביעה טרם התקיימה במתקנים קבועים. בעולם העתיק, אומנים שנדרו בין ארמונות מלוכה ונתנו שם את שירותיהם היו חזון נפרץ.

לסבוס היה גם אי-הבית של אלה מוכרת, וייתכן שהנציגים האומללים מממלכות המזרח באו לשם בשליחות פוליטית-דתית: להעתיר על האלה מלסבוס-לפזה שְלָמוֹת ארגמן, דרך מקובלת בימים ההם להגדיל אלילים ולהאדירם. הנביא ירמיהו, למשל, לעג לעובדי האלילים הסוגדים לפסילי עץ ומתכת מעשה ידי אדם, "תִּכְלֹת וְאַרְגָּמָן לְבוּשָׁם מַעֲשֵׂה חֲכָמִים כָּלָם" (ירמיה י, ט). תהיה מטרת שליחותם אשר תהיה, צבעי הארגמן ההם היו אנשים חשובים שבאו בחסות מלכיהם, ומעשהו של פיאמרדו היה אפוא התגרות מעליבה.

מנימת האיגרת ומתוכנה מסיק פרופ' זינגר כי "נציגים של המלך החתי עקבו מקרוב אחר תנועותיהם של האומנים-הנוסעים ופיקחו על רווחיהם הנאים".<sup>15</sup> הלחץ והדיפלומטיה עשו את שלהם ופיאמרדו שחרר לבסוף את הצבעים, אך בין המדינות הוסיף לשרור מתח שהתגלגל למלחמה ולמלחמת-נגד – עד שלבסוף בזזו החתים את טרויה.



בני ישראל והכנענים נלחמו אלו באלו שנים רבות, עד שהתקרבו אלו לאלו וחיו בשלום יחסי בארץ ישראל, ארץ כנען. מקור השם כנען אינו ידוע, אולם ישנה תיאוריה הקושרת אותו – גם אותו – לצביעה בחלזונות ים. על פי כמה חוקרים, הוראתה המקורית של המילה היתה "ארגמן", והמילה ציינה תחילה את הצבע ובהמשך את העם; אך באותה מידה ייתכן שהמונח נקשר תחילה לעם ורק אחר כך לצבע שעם זה ייצר.<sup>16</sup> הכנענים, סוחרים ממולחים, סחרו בכל דבר, מתבלינים עד אריגים צבועים, ובסופו של דבר המילה "כנעני" עצמה ציינה "סוחר".

במזמור "אשת חיל" שבספר משלי, שיר תהילה לאישה המושלמת, מסופר עליה בין היתר: "סָדִין עֲשֵׂתָה וְתַמְכֹּר וַחֲגֹר נָתַנָּה לַכְּנַעֲנִי" (משלי לא, כד). המילה "כנעני" כאן מוכנה "סוחר", כפי שאפשר גם להבין מההקשר ומהתקבולת. פסוקיו האחרונים של ספר זכריה הם נבואה שעל פיה באחרית הימים, לאחר מלחמת עולם קשה, יעלו לבית ה' בהר הבית הנותרים מכל הגויים. בשל ריבוי המקריבים ישתמשו לשם עבודת הקודש בכל הסירים בירושלים וביהודה, ולכן, כך אומר הפסוק האחרון בספר, "וְלֹא יִהְיֶה כְנַעֲנִי עוֹד בְּבֵית ה' צָבָאוֹת בַּיּוֹם הַהוּא" (זכריה יד, כא) – כלומר לא יהיה צורך בסוחרים.

בדורות הראשונים לשכת בני ישראל בארץ ישראל, הכנענים התגוררו בעיקר במישורים ובעמקים, ובני ישראל בהרים. כשגויי הים – כנראה הפלשתים – כבשו את חופי הארץ, הם דחקו את הכנענים צפונה, לאזורים שהם כיום לבנון וסוריה. בימי דוד המלך הם כבר היו כוח מוביל בתרבות ובסחר של הים התיכון. בתנ"ך הם מכוונים מעתה צורים וצידונים, ובתולדות העולם הם מוכרים כפניקים.<sup>17</sup>

ג

## עם סגול



בנקודה מסוימת במאה השנייה לספירה, ואולי קודם ואולי אחר כך, ישב דיוניסיוס פּרִיגֶטֶס, סופר יווני שאולי בא מאלכסנדריה ואולי לא, וכתב שיר ארוך בסגנון האפוס ההומרי. זוהי העובדה היחידה הידועה לגביו ואינה מוטלת בספק. השיר, "תיאור העולם הנושב" שמו, מערב בין עובדות ובריות גיאוגרפיות, והוא שמר על פופולריות במשך מאות שנים. הנה מה שהוא מספר על הפניקים:

שם, על ימה של צידון, מתהלכים הפניקים,

כפי שפנו את עצמם...

המה היו ראשוני הגדולים במיסדיו, תבל.

הם שהקימו כרפים ובנו ממלכות רבות תקף,

הם שפלטו נתיבים חדשים בימים.

עוד בימים ראשונים, עת ילדי האדם לא ידעו

אנה יפנו וילכו, הם הקצו לכל בן

נתח קטן מן הארץ ושפע ימים שישוט בם

עד שיגיע כל שבט לארץ נכר,

בַּהּ הָאֱקָלִים הוּא אַחֵר וְאַחֶרֶת הַקֶּרֶקַע.  
כָּכָה נולָדָה הַשּׁוֹנוֹת הַגְּדוֹלָה, הַמְרַגֶּשֶׁת  
בֵּין הַגּוֹיִים שֶׁנִּתְקַוּוּ זֶה מִזֶּה בְּמֶרְקַק.

דיוניסיוס כיוון לאמת בדבר או שניים. הפניקים אכן היו עם קדום שייסד ערי מדינה, אף כי אחרים עשו זאת לפניו. הם אכן היו יורדי ים נועזים ובעלי יוזמה, שהסחר הבינלאומי הענף שניהלו הוביל אותם להקים מושבות הרחק מאדמת מולדתם. הם עשו עסקים עם כל מי שרק באו איתו במגע, בין היתר היוונים והמצרים, ומכרו וקנו כל דבר, מיין וזכוכית עד כלבי ציד ודגים מלוחים.

הם היו גם הראשונים שעשו שימוש נרחב בכתב אלפביתי, ומערכת הכתב שלהם היא אמן של רוב מערכות הכתב האלפביתיות בנות זמננו, ביניהן האלפבית הערבי, העברי, היווני, הלטיני, ואולי אפילו ההודי. מערכות הכתב שקדמו לאלפבית הפניקי היו סבוכות וקשות ללמידה, ולכן רק אליטות מצומצמות שלטו בהן. כתב ההירוגליפים המצרי, לדוגמה, הוא מערכת מורכבת להפליא של פיקטוגרמות – סימני כתב תמונתיים – המייצגות מושגים או צלילים. הכתיבה במצרים היתה נחלתו הבלעדית של מעמד הסופרים, שרבים מבניו היו כוהנים. השליטה בטכנולוגיה חיונית זו אפשרה למעמדות העליונים לשמר את שליטתם בחברה.

האלפבית הפניקי חולל מהפכה בעולם הכתב, בהשתמשו בסימן גרפי אחד בלבד לייצוג צליל אחד בלבד. אמנם חסרו בו סימנים לייצוג תנועות, להבדיל מעיצורים. אותיות המייצגות תנועה היו תרומה מאוחרת של היוונים. פשטותו של הכתב האלפביתי עשתה לו כנפיים, ונתיבי הסחר הארוכים של הפניקים עשו לו מפרשים והביאוהו אל מעבר לים. ידיעת הכתיבה ופשטותה הקלו מאוד על ניהול החשבונות. רוב הכתבים העתיקים בכתב היתדות ובכתב

ההירוגליפים הם תעודות מנהליות בדבר בעלות, אספקה או מסים. פישוט סימני הכתיבה הקנה אפוא יתרון כלכלי ברור לכל חברה שאימצה אותו – ולחברה של סוחרים על אחת כמה וכמה. לאורך קווי הסחר שהפניקים מתחו על פני הים התיכון, הם נתקלו כנראה באתרי הצביעה של המינואים. בתושייתם האופיינית הם השתלטו עד מהרה על טכניקות הצביעה והקימו רשת של מְצַפֵּעות לאורך חופי הים התיכון, עד שאריגים צבועי תכלת וארגמן נעשו ליהלום שבכתר המסחר הפניקי.



מטבע צורי המתאר את כלבו של מלקרת מגלה את הארגמון. המאה השלישית לספירה  
באדיבות בית קדמן למטבעות, מוזיאון  
ארץ ישראל, תל אביב.

שלהם. מבלי משים נשך הכלב קונכייה שהתגלגלה על החול, וכשהרים את ראשו הסתמן על זרוביתו כתם סגול בוהק. טירוס הפצירה במלקרת שיכין לה גלימה צבועה בגוון נפלא זה שטרם נראה כמוהו. הזדמנות זו לשמח את אהובתו הרנינה את לבו של האל, והוא ניגש למלאכה בלי שהות והחל לאסוף קונכיות כדי להפיק את הצבע שזה עתה נתגלה. טירוס, או טייר, הוא שמה של

זהו התיאור היבש של העובדות, אך האגדות, בדרכן הרומנטית, מציעות סחורה עסיסית יותר. היוונים והרומים, שסיפרו את הסיפור לימים, זיהו את האל הפניקי מְלִקְרַת (מילולית: מלך הקרת, מלך העיר), אלילה של העיר צור, עם הֶרְקֵלֶס או עם הרקולס. מְלִקְרַת התהלך לו יום אחד על חוף הים עם אחת מאהובותיו הרבות, הנימפה היפה טירוס, ולפניהם קיפץ כלב הרועים



צור בלשונות אירופה, ואף שהוא נגזר בבירור מהשם הפניקי "צור" ומאבן הצור, הסיפור מייחס את שמה הזה של העיר לנימפה עוטת הארגמן. כך או כך, ארגמן צור היה מהאריגים המבוקשים ביותר בעולם העתיק.<sup>18</sup>

הפניקים הקימו מושבות לאורך חופי הים התיכון כדי לכרות בדיל ומשאבי טבע אחרים, וגם כדי ללקט ארגמונים ולייצר צמר צבוע. מושבות אלו צמחו והיו לנמלי סחר, שאוניות יצאו מהם לסיציליה ולמלטה, לתוניסיה ולספרד, ועל פי הגיאוגרף היווני סטראבון אפילו לבריטניה. מעריצים מופלגים של הפניקים טוענים שהללו היו הראשונים מבני העולם הישן שהפליגו עד אמריקה. יש המדברים בפניקים נכבדות גדולות אף יותר ומזכירים את שמה של אוסטרליה. אבל גם על הממעיטים מוסכמת העובדה שכמה מהנמלים העיקריים במערב ים התיכון היו בתחילתם מאחזי סחר פניקיים: טריפולי, גנואה, פלרמו, אלג'יר, איביזה, קרטחנה, מלגה, גיברלטר, קדיס וטנג'יר.



אות תנית

Juan Antonio Ruiz Rivas |  
Wikimedia Commons

אולם המושבה הפניקית הגדולה ביותר היתה קרתגו שבצפון אפריקה, במקום שהוא כיום פרוור של תוניס בירת תוניסיה. קרתגו נוסדה במאה התשיעית לפני הספירה, וכוכבה דרך לימים אף איימה על מעמדה של הרפובליקה הרומית בים התיכון. המאבק על העליונות האזורית הגיע לשלב ההכרעה במאה השנייה לפני הספירה, כאשר שרשרת המלחמות הפוניות (כינוי למלחמות בין רומא לקרתגו שנגזר משמם הרומי של הפניקים, פונים) נגמרה בניצחון הרומאים. המנצחים החריבו את

הפניקים, פונים) נגמרה בניצחון הרומאים. המנצחים החריבו את

קרתגו וחוקקו חוקים שאסרו על שיקומה. אולם בימי יוליוס קיסר, ימי עיצובה של האימפריה הרומית, החלה רומא לבנות עיר חדשה על חורבות קרתגו, וזו צמחה ושבה להיות מרכז סחר חשוב.

קורותיה של קרתגו חושפות צד אפל יותר ומוכר פחות של התרבות והדת הפניקיות. ההיסטוריון היווני דיודורוס סיקולוס מספר כי כחלק מפולחן האלה תנית, עמד בעיר קרתגו "צלם ארד של קרונוס המושיט את זרועותיו אל עבר הקרקע ומפנה את כפות ידיו כלפי מעלה". על גבי פסל זה היה כוהן מניח ילד קטן, "וכל ילד שהיה מונח שם התגלגל למטה ונפל לתוך בור פעור מלא אש".<sup>19</sup> נראה שגם בערים פניקיות אחרות הוקרבו ילדים – אם כי חלק מהחוקרים שוללים זאת, ודוחים את הפרשנות המסורתית לסמל המכונה אות תנית: ציור שנמצא בערים פניקיות רבות, של דמות שרגליה כשוקי משולש דקים, ראשה עגול וידיה מושטות אל על, המרמזת אולי לצורה מסוימת זו של קורבן אדם.

המשורר דיוניסיוס פריגטס שגה באמירתו שהפניקים קראו לעצמם "פניקים". מעולם לא התקיימה אומה שנקראה "פניקים". כמו בעולם ההלניסטי הסמוך, גם הציוויליזציה הכנענית-פניקית התגבשה סביב ערי מדינה עצמאיות, שתכופות היו בעלות ברית אך לעתים היו מסוכסכות. בני תרבות זו ראו את עצמם צורים או צידונים, ולא בניה של קבוצה לאומית גדולה יותר. הצורים שייסדו את קרתגו נתנו לה את שמה – קָרְתַּת חֲדָשָׁת, כלומר עיר חדשה – מפני שבעיניהם זו היתה עיר חדשה של צור. השם פניקיה הוא יווני, והוא ציין תחילה את התכלת והארגמן ואת האזור שהתקיימה בו תעשיית הצביעה בחלזונות ים, שכן הללו היו מזוהים באותה עת, בעולם כולו, עם הפניקים.

על מקור השם פניקיה נשתברו קולמוסים רבים, ותשובה מוחלטת עדיין אין. מקובל לומר שהיא נגזרה מהמילה פויניקס (φοῖνιξ),

שפירושה "ארגמן צורי", אשר בתורה נגזרה מהמילה פוינוס (φοινός) שפירושה "אדום כדם". אולם יש מן הבלשנים הגורסים שפויניקס הוא גלגול של מילה מן הלשונות השמיות שהיו בפי הכנענים והישראלים, שאומנות הצביעה נלמדה מהם.

פואה בעברית, פוות באוגריתית, היא צבען אדום המופק משורשיה של פואת הצבעים, צמח מטפס בעל פרחים אדומים. יששכר, בנו של יעקב ואבי שבט יששכר, קרא לשני בניו תולע ופואה (או פּוּה; ראו בראשית מו, יג ודברי הימים א' ז, א) – כשמות שני מקורות של צבע אדום, תולעת השני ופואה. יש המשערים ששני בתי-אב אלה בשבט יששכר עסקו בצביעה. תולע בן פואה הוא גם שמו של אחד השופטים שהנהיגו את בני ישראל בתקופת השופטים – והוא היה בן שבט יששכר (שופטים י, א).

עוד הוצע שהמילה פואה קרובה למילה פּרפור (ובערבית פּרפּרה), שעניינה בעבוע ורתיחה. זוהי אֲנוֹמָטוֹפִיָא, מילה שצלילה הוא חיקוי של משמעותה – וכמוה, אגב, גם המילה בעבוע וקרובתה האנגלית bubble, ואף המילה האנגלית הדומה לה בצליל purple, ארגמן. על פי קו המחשבה הזה, ממילים שצינו את הבעבוע והפרפור המאפיינים את תהליך הכנת הצבע נגזרו מילים המציינות את התהליך כולו, ומהן, בשלב הבא, נגזרו מילים המציינות את הצבעים עצמם, צבעי התכלת והארגמן המופקים מחלזונות.

כך או כך, הצורים והצידונים, הלוא הם הפניקים, יצרו שותפויות מדיניות קרובות עם שכניהם מדרום, ממלכות ישראל לגלגוליהן. חירם מלך צור שלח לדוד המלך חומרי גלם ופועלים לבניית ארמונו. לאחר זמן פנה אל חירם שלמה, בנו של דוד, שיעזור לו במפעלו הגדול, בניין בית המקדש. שלמה לא חסך מאמץ לפאר את הבית, והרחיק אל מעבר לים כדי להשיג את חומרי הגלם המעולים ביותר ואת מיטב האומנים ובעלי מלאכת המחשבת. המלך חירם

שלח לירושלים את ארזי הלבנון המהוללים, ואיתם מיטב המומחים בצביעה ובאריגה של תכלת וארגמן: "וְעַתָּה שְׁלַחְתִּי אִישׁ חָכָם יוֹדֵעַ בֵּינָה לַחוּרָם אָבִי, בֶּן אִשָּׁה מִן בָּנוֹת דָּן וְאָבִיו אִישׁ צָרִי יוֹדֵעַ לַעֲשׂוֹת בְּזָהָב וּבַכֶּסֶף בְּנַחֲשֶׁת בְּבָרָזַל בְּאַבְנִים וּבַעֲצִים בְּאַרְגָּמָן בְּתַכְלֶת וּבְבוּץ וּבְפָרָמִיל..." (דברי הימים ב' ב, יב-יג)

הברית בין צור וישראל היתה איתנה וארוכת ימים. כזכור, אחאב מלך ישראל אף נשא לאישה נסיכה צידונית, איזבל, ויחד הם היו לזוג המלכותי הידוע לשמצה יותר מכל מלכי ישראל, מלך ומלכה שנאבקו בקנאות להשלטת פולחן הבעל, אלוהי הצידונים. איזבל, שהתהדרה מן הסתם בבגדי ארגמן מארץ מולדתה, היתה לאם-טיפוס של אישה מופקרת, פתיינית והרסנית, סכנה לכל גבר בסביבה, פאם-פאטאל מקראית.

מאות שנים לאחר מכן, באחת מנבואות החורבן שלו המוסבות אל העמים, הפליג הנביא יחזקאל בתיאור תפארתם של הצורים. הללו הצטיירו בפיו כגדולי יורדי הים וכאדוני הסחר הבינלאומי באריגים. "שֵׁשׁ בְּרֻקְמָה מִמִּצְרַיִם הָיָה מִפְּרָשָׁךְ לִהְיוֹת לָךְ לָנֶס, תְּכֵלֶת וְאַרְגָּמָן מֵאִי אֱלִישָׁה הָיָה מִכֶּסֶף" (יחזקאל כז, ז). הוא מונה מבחר מרשים של סחורות שהצורים הפניקים הוליכו; למשל "תְּרָשִׁישׁ סִחְרָתָךְ, מֶרֶב כָּל הַזֶּן בְּכֶסֶף בְּרָזַל בְּרִיל וְעוֹפֶרֶת נָתַנוּ עֲזוֹבוֹנֶיךָ. יוֹן, תָּבַל וּמֶשֶׁךְ הֵמָּה רַכְלֶיךָ, בְּנִפְשׁ אָדָם וְכָלִי נַחֲשֶׁת נָתַנוּ מִעֲרִבְךָ. מִבֵּית תוֹגְרָמָה סוֹסִים וּפָרָשִׁים וּפָרָדִים נָתַנוּ עֲזוֹבוֹנֶיךָ. בְּנֵי דָדָן רַכְלֶיךָ, אֵיִים רַבִּים, סִחְרָת יָדְךָ קָרְנוֹת שֶׁן וְהוֹכְנִים [וְהַכְּנִים] הַשִּׁיבּוֹ אֲשַׁכְּרֶךָ. אָדָם סִחְרָתָךְ מֶרֶב מַעֲשֶׂיךָ, בְּנִפְךָ אַרְגָּמָן וְרֻקְמָה וּבוּץ וְרֹאמֶת וְכֶדְכֵד נָתַנוּ בְּעֲזוֹבוֹנֶיךָ" (שם יב-טז). הרשימה הארוכה נמשכת לכל אורך הפרק, ובין הסחורות חיטה, דבש, שמן, צורי, יין, צמר צֶחָר (לבן), ברזל עֲשׂוֹת (ממורט), קידה וקנה (צמחי בושם), בגדי רכיבה, כרים, אילים, עתודים, בשמים, אבנים יקרות, זהב, בדים מובחרים, גלימות רקומות ועשויות תכלת, ושטיחים ססגוניים.

על הישגים אלה ממש הוא הצליף בהם בשבט לשונו, שכן בעיניו צור חטאה בחטא הגאווה והתאוה: "גָּבַהּ לִבָּהּ בִּיפִיָּהּ שַׁחַת חֲכָמָהּ עַל יַפְעָתָהּ", מייסר הנביא את מלך צור, ומתאר לפרטים את מפלתה שתהיה מידה כנגד מידה: "עַל אֶרֶץ הַשְּׁלֶכְתִּיהָ, לִפְנֵי מְלָכִים נִתְתִּיהָ לְרֹאשׁוֹ בָּהּ" (יחזקאל כח, יז).

אלא שעל העברים ועל שכניהם הפניקים גם יחד קם איום משותף, ממחוזות בלתי-צפויים. עד אז, לאורך מאות שנים, מאזן הכוחות במזרח הקדום התנודד בין אשור בצפון ומצרים בדרום. אך כיוון הרוח השתנה לפתע, וסערה עלתה מן המזרח.



נבופלאסר מלך בבל מרד באשור בשנת 612 לפני הספירה, והחריב את נינווה בירת אשור. כמה חודשים לפני מותו שלח את בנו נבוכדנאצר למערכה בבירתה החדשה של אשור, כרכמיש, ומערכה זו עתידה היתה להיזכר כאחד הקרבות החשובים בעת העתיקה כולה. הבבלים, הכוח העולה, החליטו להפוך את מאזן הכוחות האזורי על פניו אחת ולתמיד. בכרכמיש שעל גדתו המערבית של נהר פרת, על גבול סוריה-טורקיה של ימינו, נערכו בקיץ 605 צבאות המעצמות לקרב ששינה את מהלך ההיסטוריה. מלך אשור, אשור-אובליט השני, הזעיק לעזרתו את פרעה נכה השני, מלך מצרים. יאשיה מלך יהודה בחר לעמוד לצד הבבלים – ובכך המיט על עצמו אסון.

כדי לעצור את צבאות פרעה נכה בדרכם לכרכמיש, או לפחות לעכב אותם, תקף אותם יאשיה במגידו. לקרב שהתחולל במגידו בין יהודה ומצרים היו תוצאות איומות, ובכלל זה מותו של יאשיה עצמו. תבוסה זו תרמה לימים לאוצר המילים של התרבות האירופית את המונח "ארמגדון", שיבוש של "הר מגידו". ובכל זאת, קרב מגידו

השיג את מטרתו האסטרטגית: צבא מצרים התעכב שם, והחמיץ את קרב כרכמיש. נבוכדנאצר הצליח ללכוד את כרכמיש, ובזאת קבע את קצה של האימפריה האשורית. עתה נפנה נבוכדנאצר להיפרע מפרעה. הוא הביס אותו. מצרים היתה מעתה למעצמה מדרג שני, ובבל – למעצמת-על יחידה במזרח הקדום.

ושוב הימרה ממלכת יהודה על הסוס הלא נכון. יורשיו של יאשיה, ולצדם הפניקים מצור ושכנים נוספים, מרדו בשותפה עד לא מכבר, ממלכת בבל החזקה. בשנת 597 לפני הספירה הגלה נבוכדנאצר לבבל את יהויכין מלך יהודה ואת האליטה המקומית, ואחת-עשרה שנים לאחר מכן החריב את ירושלים, שרף את המקדש, ואת תושבי יהודה עינה, הרג או הגלה. אוצרותיה של ירושלים ועושרן של צור וצידון נפלו לידי נבוכדנאצר ועשו את דרכם לגנזכי משכיותיו: "וְכָל כְּלֵי בֵּית הָאֱלֹהִים הַגְּדֹלִים וְהַקְּטָנִים וְאִצְרוֹת בֵּית ה' וְאִצְרוֹת הַמֶּלֶךְ וְשָׂרָיו הַכֹּל הָבִיא בָבֶל" (דברי הימים ב' לו, יח). בגדי התכלת והארגמן היו לו הפָּרֶס הגדול, כפי שמעידות התעודות הבבליות: "גלימות צבועות, כלי פשתן, כלי תכלת וארגמן" – פֶּת סֶבֶת תַּפְלַת סֶבֶת אֲרָגְמָן – "עצי אושו, עצי אוקרינו, כל דבר ערך מאוצר המלכות."<sup>20</sup>

ביזת האריגים צבועי חלזונות הארגמן נסעה כאלף קילומטרים מזרחה, מחופי הים התיכון אל בבל. אך עוד נכונו לה מסעות ארוכים עשרת מונים, אל פאתיה האחרים של יבשת אסיה העצומה.

• • •

"חוקים הכתובים בספר... דומים לקורי עכביש, שכמו הללו יעצרו את החלשים והקטנים, שייאחזו בהם, אבל התקיפים והעשירים ינתקום."<sup>21</sup> הפילוסוף הסקיתי אֲנֶכְרִסִּיס אמר דברים אלה למחוקק האתונאי סולון לפני 2,500 שנה, וסופרים והוגים דגולים, מג'ונתן

סוויפט עד פרידריך ניטשה, לא נלאו מלצטטם שוב ושוב. הגיאוגרף סטראבון, ובעקבותיו חוקר הטבע פליניוס הזקן, ייחסו לאנכרסיס את המצאת העוגן בעל שני הקרסים, והאגדה אף מייחסת לו את המצאת האובניים.<sup>22</sup> אלא שאנכרסיס, חדשני ומשפיע ככל שיהיה, איננו בדיוק דמות המייצגת את התרבות הסקיתית. הפילוסופיה לא עמדה במרכז הווייתה, אם לנקוט לשון המעטה מנומסת. האמת היא שכאשר שב אנכרסיס מלימודיו באתונה, אחיו רצח אותו – ודווקא מעשה זה הולם יותר את הידוע לנו על הסקיתים.

מוצאם של הסקיתים לוט בערפל האגדות. ככל הידוע, בסביבות המאה השמינית לפני הספירה הם היגרו מצפון איראן אל האזור שמצפון לים השחור. האשורים כינו אותם "איספוזאי", ובמקרא הם קרויים "אשכנז". הם כרתו ברית עם בבל, והצטרפו לנבופלאסר ולנבוכדנאצר במלחמתם באשור. בשיאם, הגיע שטח שליטתם עד פולין של זמננו בצפון-מערב, ועד עיבוריה של סין בת זמננו במזרח. רוב הדברים הידועים לנו על הסקיתים ועל תרבותם הגיעו אלינו מההיסטוריון היווני הרודוטוס: מקור שמהימנותו מפוקפקת לפעמים, אך סיפורים טובים בפיו תמיד. הוא מספר שהסקיתים חיו חיי נוודים והיו סייסים מעולים, וזוקף לזכותם את אילוף הסוסים ואת הפיכתם לכלי מלחמה. בשירתו של הומרוס הם מכונים "חולבי הסוסות",<sup>23</sup> והרודוטוס מתאר את לבושם: טוניקות ומכנסיים מרופדים ששוליהם תחובים במגפיים.

לבנות שנולדו להם היו הסקיתים צורבים את צדו הימני של החזה, כדי שלא יתפתחו שם לימים מצבורי שומן שיחלישו את שרירי הבת ויפריעו לה להשתמש בחרב; כך, לפחות, מספרת האגדה. הסקיתים האמינו בשוויון בין המינים. נשותיהם, מקועקעות לעיפה ממש כמו הגברים, השתתפו בלחימה. בדמיון היווני התערבבה דמותן של הלוחמות הסקיתיות עם המיתוס על האמזונות,

גזע הנשים הלוחמות; על פי כמה מכותבי המיתוסים, האמזונות היו בנות סקיתיה.

תנאי לנישואיה של נערה סקיתית היה שתהרוג קודם שלושה אויבים בקרב – ואפשר לנחש שהדבר חולל סצנת רווקים מסובכת למדי בערבות אסיה המרכזית. לא היו אוֹכָפִים בסקיתיה, והפרשים והפֶּרְשֹׁת הסתפקו במרדעות, אוֹכָפִי בד. כלוחמי גרילה מיומנים הם השתמשו בראשי חץ דוקרניים או מורעלים, וכישורי הלחימה המבעיתים שלהם תרמו לאמונה שהם היו אבותיהם של ההוננים. "הִנֵּה כַּעֲנָנִים יַעֲלֶה וְכִסּוּפָה מִרְכְּבוֹתָיו, קָלוּ מִנְּשָׁרִים סוּסָיו. אוֹי לָנוּ כִּי שָׁדְדָנוּ!" – כך ניבא ירמיה (ד, יג), ויש אומרים שתיאר את הסקיתים. מלכי הסקיתים היו נחנטים טרם קבורתם. הגברים היו עוברים על פני הגופה, ואיש-איש נדרש לכרות פיסה מאוזנו שלו ולהחדיר חץ דרך ידו השמאלית. אחרי ההלוויה היו מיטהרים על ידי כניסה לְיֹוֶרְטָה שְׁעָלִי קנבים הונחו בה על גחלים. הם היו שואפים את העשן, פולחן שבוודאי סייע להם להסיח את דעתם מהכאב שהסבו להם פצעייהם. אבל המחווה הטקסית לא נגמרה בכך. ביום השנה הראשון למות המלך היו חונקים למוות חמישים מטובי עבדיו וחמישים מהיפים שבסוסיו, וחונטים את כולם. שוחה מעגלית עצומה היתה נחפרת סביב תל קבורתו של המלך, וחמישים צמדים חנוטים של סוס ורוכבו הועמדו בו לנצח בתנוחה קפואה של דהרה.<sup>24</sup>

תלי הקבורה של הסקיתים נקראו קורגנים. הידוע מכל הקורגנים שנחפרו בעת החדשה נמצא בעמק פֶּזִירִיק. הארכיאולוג הרוסי סרגיי רודנקו, המוכר כאבי הארכיאולוגיה הרוסית החדשה, חשף חמישה קורגנים גדולים, ועוד כמה קטנים יותר, בהרי אלטאי שבסיביר – בין נובוסיבירסק מצפון ומפגש הגבולות קזחסטן–סין–רוסיה–מונגוליה מדרום. חפירות פזיריק זרו אור גדול על התרבות הסקיתית, וחשפו



לראשונה, בין היתר, יכולת אמנותית מרשימה בתחום הצורפות בזהב. אולם ערך רב אף יותר טמון בממצאי פזיריק בשל מצב השתמרותם. באזור שורר כפור צד, ורק בקיץ מפשירה שכבת הקרקע העליונה. תוכן הקברים הסקיתיים נשאר קפוא במשך כל הזמן, גם בקיץ, מפני שהקוברים הערימו עליהם תל עפר גבוה. כשרודנקו חשף את השרידים הקדומים, הוא מצא אותם במצב כמעט מושלם: קפואים ונתונים במעטפת אטומה.

בין ממצאי פזיריק, המצויים כיום במוזיאון הארמיטז' בסנט פטרבורג, מומיה שלמה של ראש שבט, שעורו המקועקע עוד נראה לעין. נוסף על הכרכרות, כלי הנגינה, תכשיטי הזהב, עיטורי הנשים והסוסים, המראות, כלי העבודה והמכשירים, וכמובן כלי הנשק, מצא רודנקו אריגים שהקדומים בהם – ובתוכם שטיחי הרצפה העתיקים ביותר הידועים לנו – הם מן המאה החמישית לפני הספירה.

ממצא חשוב אף יותר היה מֶרדעת עשויה צמר לבד, ששטחה 235 על 60 סנטימטר. היא ארוגה בדגם מורכב, המשלב רכיבים עיצוביים האופייניים למזרח התיכון. למשל, בכמה מקומות מחליפה את אריגת השתי-וערב הרגילה אריגת שתי בלבד, שחוטיה מתלכדים בעזרת לולאות זהב האופייניות לאומנות האשורית והבבלית.<sup>25</sup> חלקה המרכזי של המרדעת מעוצב כשורות לא סדירות של מרובעים דקורטיביים, על רקע סגול עשיר. סביב לחלק המרכזי יש מסגרת עבה, המורכבת מדמויות מעודנות של מלכים ומלכות, עטורי כתרים ועוטי גלימות הדורות, על רקע תכול. ריבועי זהב קטנים משובצים לאורך השוליים, וחמישה גדילי ארגמן משתלשלים מפיסות עץ המחוברות לשוליים התחתונים. באנליזה כימית נמצא שהצמר הצבוע ארגמן ותכלת במרדעת נצבע בתערובת של שלושה רכיבים כימיים (במינונים שונים בארגמן ובתכלת): אינדיגו, מונו-ברומו-אינדיגו ודי-ברומו-אינדיגו. הימצאותן של תרכובות אינדיגו וברום היא הוכחה שאינה משתמעת

לשתי פנים לכך שמקור הצבע בחלזונות הארגמון, כיוון שהם המקור האחד והיחיד בטבע לתרכובות אלו.

כיצד הגיע צמר צבוע-ארגמון מחופי הים התיכון אל בבל הרחוקה מהם אלף מילין, נשזר במארגי בדיה, ומשם עשה את דרכו צפונה אל הררי אסיה המרכזית? נתיבי הסחר העתיקים חיברו בין צור לבין בבל, ובין בבל לערי הסקיתים בצפון. על פי האגדה היהודית, לאחר שנבוכדנאצר בזז את המקדש והגלה את תושבי יהודה, הוא הותיר את לוכדי החלזונות ואת צובעי התכלת בבתיהם, כדי שיוסיפו ויעסקו במלאכתם וישלשלו את הרווחים לקופתו של מלך בבל. הסדר זה אופייני למנהגם של כובשים במזרח הקדום בתעשיות ארגמן ותכלת מקומיות. תעשיות אלו היו מרכיב מרכזי בשלל המלחמות; כל מנצח נטל לידיו את קרן השפע הצבעונית.

הנה לנו אפוא מסלול אפשרי של חוט צמר צבוע מאריג בעל דגם התכלת והארגמן הקדום ביותר שהגיע לידינו, המרדעת מפזיריק. חיילי הצבא הבבלי הכובש נשאו איתם לארצם מארצות הים התיכון שלל חוטי צמר צבוע. משם הם עשו את דרכם צפונה, לידיו של המנהיג הסקיתי שאת הקורגן שלו חפר לימים סרגיי רודנקו. מי יודע, אולי היו אלו פיסות צבועות תכלת מביזת בית המקדש שהגיעו אל אוצרות השליט הבבלי ומהן התגלגלו אל הסקיתים. שני אלפי שנים ומחצית האלף עברו על החוטים הללו, וצבעיהם החיים נותרו רוטטים ורעננים – אות ומופת ליציבותם של התכלת והארגמן סרבני הדהייה.

## ד

# דור ודורשיה



בלב כבד הוא נתן את הפקודה: "השליכו לים את כל התותחים, הרובים ועודפי התחמושת." בליל 21 במאי 1799 נאלץ הגנרל נפוליון בונפרטה לנטוש את הארטיילריה היקרה שלו, שכן האוניות שזימן לצורך פינוי בוששו לבוא. הסוסים והקרונוט שנועדו להובלת תחמושת גויסו לפינוי הפצועים. המתים והגוססים שכבו בכל פינה, כתב הדיפלומט הצרפתי לואי דה-פוריין בזיכרונותיו. "מימיננו השתרע הים; משמאלנו ומאחורינו הישימון שיצרנו; ולפנינו – הסבל והמחסור שציפו לנו. כזה היה מצבנו האמתי."<sup>26</sup>

בעומדו במים הרדודים, צופה באנשיו המעמיסים תותחים על רפסודות מאולתרות ומגלגלים אותם למים העמוקים, דעתו של נפוליון לא היתה כנראה נתונה לקונכיות הקטנות שלרגליו. אולם תפקידן ההיסטורי של הקונכיות הללו, בחוף הזה, היה חשוב מהתפקיד שמילאו כוחותיו הנסוגים של הגנרל הקורסיקני מהרפובליקה הצרפתית. החוף שכוסה אותו לילה בדם ובאבק שרפה נקרא אז חוף טנטורה, אך זה יותר משלושת אלפים שנה שהוא ידוע כחוף דור.

התחנה הקודמת במסעו הימי של נפוליון היתה מצרים. הוא כבש אותה במסגרת מאבקו עם האימפריה הבריטית על ההגמוניה

העולמית. יעדו האסטרטגי היה ניתוק קווי האספקה הבריטיים להודו. לאחר שספג תבוסות מכאיבות מידי אדמירל גלסון והצי הבריטי, הוא שם פעמיו לארץ הקודש – בתקווה לתפוס שטחים ונמלים בחוף המזרחי של הים התיכון, וכך לסכל מתקפה בריטית יבשתית אפשרית לכיבושה המחודש של מצרים.

המבצע התגלה כאסון שממדיו מבהילים. נפוליון פנה תחילה לעכו. הוא ניסה לכבוש את המצודה שבעיר העתיקה, ונכשל. בעת הנסיגה קיווה להשתמש בדור, כארבעים קילומטר דרומה משם, כנמל פינוי. אלא שאדמירל-משנה ז'אן-בטיסט פרה, שהבחין בשתי ספינות בריטיות בקרבת מקום, חזר עם אוניותיו היישר לאירופה, במקום להיפגש עם נפוליון בדור כמתוכנן. נפוליון הדרים עוד על החוף, עם החולים והפצועים, והגיע לנמל יפו, מקום שם עגנו אוניות צרפתיות אחרות.

רוב הרובים והתותחים שהושלכו בלילה ההוא, ואפילו כמה אוניות, שקועים עדיין בימה של דור, מספרים בדממה את סיפור המנוסה. אחרים נשלו מן הים, והם מוצגים במוזיאון "המזגה" שבתחום קיבוץ נחשולים הסמוך לחוף. מבנה המוזיאון, בית לשרידים משלושת אלפי שנות קורותיה של דור, אכן שימש מפעל זגגות בשלהי המאה ה-19, כמעט מאה שנה לאחר נסיגתו של נפוליון – אם כי לזמן קצר בלבד.

הברון אדמונד דה-רוטשילד, פטרונן של רבות ממושבות העלייה הראשונה, שאף ליצור בהן מקורות הכנסה, וב-1885 הקים יקב בזכרון יעקב הסמוכה. את בקבוקי הזכוכית, חשב, אפשר יהיה לייצר מהחול בחוף הסמוך. הוא גייס למלאכה מהנדס כימיה צעיר שלמד אז בפריז, הלוא הוא מאיר דיזנגוף, ושלח אותו להקים בחוף דור מזגגה – מפעל לייצור זכוכית. החול בדור התגלה, לביש המזל, ככזה שאי-אפשר להתיכו כראוי לזכוכית. לאחר ניסיונות אחדים

לייבא חול מאיטליה ולייצר את הבקבוקים במזגגה בדור, קץ רוטשילד בהפסדים הכספיים וסגר את המפעל. ממזגגתו של דיונגוף נותר רק הבניין המיוחד ששכנה בו, מבנה גדול שכתליו עשויים לבני כורכר עבות וגגו עשוי שלושה גמלונים גדולים ואדומי רעפים. בימי זוהרו הראשונים של המבנה מילאו את חללו מערבלים וכבשנים; כיום אלה הם חללי תצוגה, שכמה מהם מוקדשים למיזם תעשייתי קדום בהרבה ומצליח שבעתיים: תעשיית הצביעה בעזרת חלזונות ים, שבזכותה יצא שמה של דור לתהילה בימי הפניקים.

היוצא מדלתות העץ הגדולות של המזגגה יבחין מיד בצוק של תל דור המזדקר מעל לים. כאן פרוחה העיר הפניקית. הסלע באזור, המייחד את חופי השרון וצפון הארץ, הוא כורכר: סוג מיוחד של אבן פריכה ונוחה לחציבה ולעיבוד, הנוצרת מהתלכדות גרגירי החול בעזרת חומר גירי. חמישה רכסי כורכר מקבילים לקו החוף בארץ, שניים מהם שקועים בים ושלושה חשופים במלואם או בחלקם. על אחד מהם נמצא התל הרב-שכבתי של דור. רכסי הכורכר הם עקבות למיקומים שונים של קו החוף לאורך ההיסטוריה הגיאולוגית.<sup>27</sup> במהלך אלפי שנים פיסלו גלי הים בכורכר שבחוף דור שיני סלע חדות, מערות ומנהרות שהמים נרחקים אליהן ונדרחסים החוצה בסילון דמוי גיזור. פעילות הים יצרה עוד תופעה גיאולוגית מסקרנת: הים שבקרבת החוף זרוע איים קטנטנים המוקפים מדפי סלע נמוכים. התצורה הזו מזכירה במראה כובע דרוזי גבוה ורחב שוליים הקרוי טנטורה – והיא שהעניקה לאזור את שמו בפי הכפריים המקומיים.

מדרום לתל מנוקד הים בשרשרת של אינים היוצרת שובר גלים טבעי שבינו לבין החוף לגונות קטנות ומובלעות של מים רדודים. באיים הזעזעריים הללו יש בורות, חלקם טבעיים וחלקם חצובים, המלאים מי ים – ובהתאדות המים, בטרם באו חדשים, מצטבר בהם

מלח. ואכן, דור היתה יצרנית של מצרך יסוד חשוב בעולם הקדום: מלח.\* במיקרו-היסטוריה הפופולרית שלו "מלח" מעלה מארק קורלנסקי את ההשערה, שהרומאים החלו לראשונה להתעניין בצבע הארגמן של הפניקים כאשר הם השתלטו על הסחר העולמי בדגים מלוחים. הרוח והמים הנוגסים בכורכר יצרו בכמה מקומות חריצים חדשים. במקומות אחרים, הקרקע משובצת כיסים גדולים של צדפים, שהתקבצו לשם בכוחם של זרמים שכבר אינם. האי הגדול ביותר נקרא שחפית, על שם השחפים המקננים בו. בינו לבין התל משתרעת לגונה תת-ימית קסומה, ששימשה נמלה הדרומי של העיר דור.

דור שבחוף הכרמל הדרומי היתה מהנמלים החשובים ביותר בארץ ישראל. הלגונות והמפרצונים שלה סיפקו מעגן ומזח טבעיים, והמיקום על היבשה היה מושלם: על 'דרך הים', נתיב התחבורה והמסחר העיקרי באזור, שחיבר בין מצרים לסוריה ולמסופוטמיה. דור שוכנת במקום שבו פנתה דרך הים מזרחה, בנחל תות, לעבר עמק יזרעאל, כדי לעקוף את הכרמל ואת ראש הנקרה. זה כמאה שנה נערכות בדור חפירות ארכיאולוגיות, אך עיקרן נעשה בין 1980 ל-2000 בידי צוות בראשות אפרים שטרן. בחפירות נחשפה ההיסטוריה העשירה של העיר שישבו בה בזה אחר זה כנענים, גויי הים, בני ישראל, פניקים, אשורים, יוונים, רומאים, ביזנטים וצלבנים. דור – ובכתיב השכיח במקרא דָּאָר – נזכרת בספר יהושע ובספר מלכים כעיר-נפה: בספר יהושע כעיר מלוכה כנענית (יא, ב; יז, יא) ובספר מלכים א' כעיר-נפה ששלמה המלך העמיד עליה כמושל את חתנו, בן אבינדב (ד, יא). במסעות הכיבוש של המאות השביעית והשישית לפני הספירה, מסע סנחריב מלך אשור ומסע נבוכדנאצר

\* חזותם של הבורות באיי דור היא לעתים מוליכת שולל. באחד מטיולינו שם, בני שהיה אז בן ארבע נכנס לבור עמוק שנראה כבריכה רדודה, ואלמלא נמשה היה טובע.

מלך בבל, ספג האזור הרס רב, אך בשני המקרים העיר עצמה נותרה ברובה על כנה. כשנרד מרכז הכובד המדיני מאשור ובבל לפרס ויוון הוסיפה דור לשמש מרכז כלכלי ותרבותי, אך מעת לעת פקדו אותה קרבות והיא באה במצור, כיאה לעיר נמל בעלת חשיבות אסטרטגית. האתונאים כבשו אותה מצידון הפניקית, שקיימה ברית עם הפרסים, והיא היתה למאחז המרוחק ביותר של הצי שלהם.<sup>28</sup>

ובכל זאת, דור ידעה ימים ארוכים של שלווה ושגשוג. כך היה לאורך התקופה הפרסית, וגם אחר כך, אל תוך התקופה ההלניסטית, כאשר השילוב בין המסורות הפניקיות לחידושים ההלניסטיים יצר בה עושר תרבותי. כמו תושביה של כל עיר נמל הומייה סביב הים התיכון, גם תושבי דור עסקו בבניית אוניות ובדיג, בסחר ובמכר; אולם דור התייחדה מאחיותיה בכולטותו של ענף כלכלי אחד: הייצור והמכר של צמר צבוע בעזרת חלזונות ים.

הממצאים הארכיאולוגיים שנתגלו בדור מעידים כי פעלו שם מתקנים נרחבים ומשוכללים לאיסוף כמות גדולה של חלזונות הארגמון, לשימורם ולייצור צבע בקנה מידה תעשייתי. בירכתי התל, בצדו המערבי, נמצאו מתחת לפני הים בריכות רבועות חצובות, שכפי הנראה שימשו כמעין מכלאות לאחסון ארגמונים חיים עד שהעובדים יתפנו לחליבתם. ריבוי קונכיות הארגמון השבורות שנמצאו באתר מלמד על היקפו הגדול של המיזם. תושבי דור אף שיבצו את הקונכיות הללו בקירות וברצפות של בתיהם, אולי לצורך בידוד ואולי פשוט לקישוט.

הממצא החשוב ביותר הנוגע לתעשיית הצבע בדור נתגלה בפינה הדרום-מערבית של התל, לנוכח פני הנמל הדרומי, באזור שפונה בחפירות אזור D. סמוך לארמון הפרסי, שהוא למען האמת חווילה מהתקופה ההלניסטית, הם חשפו שני בורות, כמטר עומקו של כל

אחד וכמטר קוטר, מקושרים ביניהם בתעלה מעשה ידי אדם שנחפרה בתקופה הנזכרת. בהיחשפם נמצאו בבורות שרידים מצבע הארגמן העתיק. אחד מהם היה מלא כולו בקונכיות ארגמן שבורות. "הבור היה גדול מספיק כדי להיכנס אליו, וכמובן כך עשיתי," זוכר ישראל הירשברג, הצלם הרשמי של משלחת החפירה. "אפילו לאחר שרוקנו אותו, הקירות נותרו משובצים בשברי קונכיות, ובקלות זיהיתי שאלה ארגמונים."<sup>29</sup> בבור השני נמצא גוש גדול של צבע קרוש, שהתייבש והתקשה במשך אלפי השנים שעברו מאז הוכן. השרידים בדור הם מתקני הצביעה במצב ההשתמרות הטוב ביותר שנמצאו. אין שום ספק שהיה שם מפעל צבע מסוג כלשהו, אך החוקרים עדיין חלוקים ביניהם באשר למהותם ולתפקידם המדויקים של הבורות.



מתקן צביעה בתל דור, התקופה ההלניסטית.  
צילום: ישראל הירשברג

הבור עם הקונכיות המרוסקות מדופן באבן. בבור השני, לעומת זאת, לא נמצא שום ציפוי המונע חלחול מים. כשביקרתי לראשונה במקום, העליתי את ההשערה שהפועלים היו אוספים את הארגמונים,



מפצחים את הקונכיות, ומשליכים את תוכנן לבור הראשון, המדופן. החלזונות החשופים היו נרקבים שם במשך ימים ארוכים, ואולי אף היו מחממים אותם בעזרת צינורות שהוליכו קיטור או מים חמים, כמתועד ברשימותיהם של חוקר הטבע הגדול פליניוס הזקן ושל מחברים קדומים נוספים. משהצטבר נוזל הצבע, היו מזרימים אותו בתעלה אל הבור השני, ושם הצבעים היו צובעים את הצמר.

אלא שהארכיאולוג אילן שרון מהאוניברסיטה העברית, שעמד אז בראש משלחת החפירה, הפריך את התיאוריה שלי. "הבור השני", הזכיר, "אינו מטויח, ומשום כך לא היה אפשר להחזיק בו את נוזל הצבע ולצבוע צמר." ההסבר הרווח עתה בקרב החוקרים הוא שאל הבור הראשון הושלכו הקונכיות המנופצות, והבור השני נועד לקלוט עודפי נוזלים. הצביעה עצמה נעשתה במקום אחר, סמוך לשם. ייתכן שהבור נטול הקירוי נועד להחזקת כד חרס גדול, שהצביעה נעשתה בתוכו; ואולי נצבע במתקנים הללו צמר בשיטה שונה מזו שפליניוס תיאר. במקום לטבול את הצמר במכל גדול ובו תמיסת צבע נוזלית, ייתכן שהצבעים שפכו את תמיסת הצבע על הצמר. היו ממלאים את הבור השני בצמר, שופכים עליו את ההפרשה החלזונית שהותססה בבור הראשון, ומוסיפים מים – וכך שוב ושוב, עד שהצמר לבש את הצבע המבוקש.<sup>30</sup>

כך או כך, שאלת תפקידם המדויק של הבורות נותרת פתוחה לספקולציות, ושאלות רבות טרם זכו למענה. שני הבורות לבדם, אין בהם כדי להכיל תנועה רבה של ייצור וגם לא צמר בכמויות סיטוניות. לעומת זאת, גודלן הרב של מכלאות הארגמון הרבועות לאורך החוף, מתחת לפני המים, ואף עצם קיומן של מכלאות אלו, מלמדים על טיפול בכמויות עצומות של קונכיות. היכן הם, אם כן, מצבורי הענק של הקונכיות המפוצחות שאמורים להיערם לאורך השנים? היכן התקיים עיקר התהליך התעשייתי של הצביעה? כדי

לקבל תמונה בהירה יותר של תעשיית הצביעה בדור פניתי לאחד מאנשי המפתח המעורבים בחפירה ובחקירה של האתר.

• • •

בעיני התכלת הצלולות שלו, בזקנו הכסוף הקצוץ ובשיזופו הבריא, קורט רווה הוא התגלמות מושלמת של דימוי המלח הוותיק. ואכן, רווה בילה את רוב ימי חייו בים, אך לא על גבי ספינה. הוא מבכר לתור אחר חורבות ואוצרות אבודים בקרקע הים, לחשוף את הסודות השכורים שמתחת למשפּרים. הוא נולד בעיר הנמל דן הַלְדֵר (שְׁעָרֵי שְׂאוֹל, למעוניינים בתרגום) הבנויה על אצבע שהולנד שולחת בצפון-מערבה אל הים הצפוני, וגדל להיות יוֹטֵר, כפי שמכונה שם אדם המשוטט בחוף ומחפש מציאות. הוא למד בבית הספר לקציני ים בעירו, שירת בצי ההולנדי באמזונס ובאיים הקריביים ובשאר מקומות, ולבסוף התגלגל לקיבוץ נחשולים שליד תל דור. כאן המשיך רווה לעשות מה שאהב יותר מכול: לצלול.

עד מהרה גילה שארץ ישראל נתברכה במטמונים לא רק ביבשה, אלא גם בים. הוא ביסס את מעמדו כארכיאולוג ימי בכיר, חיבר ספרים ומאמרים והפיק סרטי תעודה עם "נשיונל ג'יאוגרפיק". רווה עבד ביותר מארבעים אתרים תת-ימיים חשובים ברחבי העולם, אבל במוקד מחקריו ופעילותו עומד מקום אחד שהוא קורא לו הבית: חוף דור. הוא הקים וניהל את מוזיאון המזגה ואת המרכז לארכיאולוגיה תת-ימית דור.

רווה סבור אף הוא כי לא ייתכן ששני הבורות הקדומים בדור היו המתקן היחיד ששימש לתעשיית הצביעה רחבת ההיקף, שמכלאות הארגמון הגדולות מעידות על קיומה. הוא מעריך שהצביעה בכמויות מסחריות נעשתה באתר אחר, צפונה מעט מן התל, מעבר

למפרץ שתושבי האזור מכנים היום "מפרץ האהבה"; שם מצאו הארכיאולוגים שרידים של אגנים רדודים שנחצבו בסלע, ואמת מים שהוליכה אליהם מים נקיים. לא נמצאו שם שום שרידי צבע, אך ייתכן שהיו כאלה ומי הים סחפו אותם לאורך המאות – ושמערכת זו של בריכות מקושרות שימשה לייצור המוני של צמר צבוע.

לרווח יש הסבר גם למיעוט שרידי הקונכיות. עד לשנות הארבעים, תלי ענק של קונכיות שבורות גדשו את "מפרץ האהבה", שרידים ממאות שנים של צביעה. אולם ב-1948 קם קיבוץ נחשולים. ראשוני הקיבוץ אספו את הצדפות השבורות, טחנו אותן והוסיפו את האבקה לתערובת המזון של התרנגולות, כדי לשפר את איכות קליפות הביצים שלהן – על חשבוננו של שריד ארכיאולוגי רב-ערך. אפשרות נוספת היא שכבר בעת העתיקה נעשה שימוש בקונכיות הריקות: הן נשרפו לשם הפקת סיד חי. הקונכיות מורכבות כמעט אך ורק מסידן פחמתי, ואילו הכורכר שבאזור דור הוא מקור עלוב למדי לסיד הנדרש לייצור מלט וגבס. אפשר שמקור הסיד שנמצא בשאריות הצבע במתקנים שבאזור D הוא לא אחר ממחזור של הארגמונים עצמם.

להערכתו של רווח, שני הבורות שבתל שימשו מעין מִצְבָּעַת בוטיק. ואכן, כל האזור הצופה אל הנמל הדרומי נראה כאזור ששימש לתעשייה קלה. "האזור נראה פנינה נדל"נית, עם נוף מרהיב לים ובריזה ימית קרירה," אמר רווח. "למה שירצו למקם שם את אזור התעשייה ולבנות בתי מגורים באזור פנימי יותר, אם אפשר לעשות ההפך?" בסיוור שלו באתר עם חבר, אופה במקצועו, קיבל רווח תשובה לתייתו. האופה סיפר לו שרוב ענפי התעשייה הקדומים השתמשו בכבשנים ובתנורים, והללו נצרכו לרוחות עזות ועקשניות שישמרו על האש המבוערת בהם – כגון הרוחות הבאות מן הים.

כך או כך, אין זה המקרה היחיד שהשערותיו של רווה נשענות על חוכמת חיים שמעבר לחוכמת הספרים ולידע האקדמי. אחד מממצאיו הבולטים הוא סירה מן המאה הראשונה לספירה שהיתה שקועה בכנרת, והתפרסמה לאחר גילויה בכינוי "סירת ישו". משיית כלי השיט מהמצולות, הובלתו לחוף ושימורו העמידו בפני החוקרים שורה של בעיות ואתגרים. בשלב מסוים גילו שמימיה של הבריכה במוזיאון בגינוסר, שהסירה נשמרה בה, רוחשים תולעים האוכלות את העץ שהסירה עשויה ממנו. מומחים מכל העולם ניסו בקדחתנות למצוא כימיקלים שיהרגו את התולעים בלי להזיק לעץ העדין, אך איש מהם לא הצליח למצוא פתרון מלא. דייג ערבי זקן שפנה לרווה הוא שהציל את המצב. הוא הגיע למוזיאון בגינוסר עם שני דליים ובהם דגי זהב. הדגים אכלו את התולעים עד האחרונה שבהן, והותירו את העץ ללא פגע.

באותו בוקר חורפי שאשתי ואני ישבנו בביתו של קורט רווה, בקיבוץ נחשולים מול הים, ולגמנו קפה, הצליפו השמים האפורים בחול את רוחותיהם, וגלי הים האפור התנפצו אל החוף. החורף פותח לארכיאולוגיה הימית "חלון הזרמנות". הסערות מעבירות את החול שבקרקעית הים ממקום למקום, ובשוב הים מזעפו צוללים האמודאים לראות מה חשפה הסערה. הם מסמנים כל מקום שנראה מבטיח, וחוזרים לשם, למחקר ראשוני, כשמזג האוויר אביבי ומאיר פנים. הם בוחרים שניים או שלושה תאי שטח לחפירה פרטנית, וזו נעשית בשלהי הקיץ, בעונה הרגועה ביותר של הים.

הארכיאולוגיה הימית דורשת מן העוסקים בה תושייה ויצירתיות, ומעמידה בפניהם, אפילו בעונה הנכונה ובמזג האוויר המושלם, אתגרים לוגיסטיים מכל הסוגים. הפתרון המאפשר כתיבה מתחת למים, למשל, הוא עפרונות ולוחות "מילאר" מצופים. בלונים קשורים בחוט הם דרך נוחה לסימון ממצא חשוב; אני עצמי נקטתי

שיטה זו כדי לסמן את המלכודות עם הפיתיונות שהצבנו כדי למשוך ארגמונים. שפופרת ובה בועת אוויר יכולה למלא את תפקידו של פלס. צינורות יניקה בוואקום, מעין שואבי אבק תת-ימיים, משמשים לשאיבת חול, שהארכיאולוגים מסננים אחר כך באופן ידני בתקווה למצוא פריטים קטנים כגון מטבעות ותכשיטים. רווה הראה לנו ממצא שהתגלה בדרך זו בבטן אונייה עתיקה שטבעה בחוף דור: אגוז אלסר בן אלפיים שנה, טרי למראה כאילו נקטף אתמול מהעץ. החול הדק שבחוף הדרום-מזרחי של הים התיכון מבודד היטב את החפצים השוקעים בתוכו, ומספק להם תנאי שימור יוצאים מגדר הרגיל.

הצוללים בסביבות דור, אפילו אלה מהם הצוללים בעזרת שנורקל, נתקלים לא פעם בעוגנים עטויי זיפרגליים (סרטנים זעירים) הזרויים על קרקע הים. בנמל הדרומי לבדו נחשפו יותר מ-450 עוגנים. לא כל עוגן מלמד בהכרח על ספינה שנטרפה. רבי-חובלים שוחרי רווח היו מחליטים לעתים שמוטב להם להניח לעוגן הכבד לטבוע בים וכך להקל על משקלה של הספינה ולאפשר לה לשאת עוד סחורה. בנמל היעד, ידעו, יוכלו לקנות עוגן חדש.

אולם ברור שספינות רבות לא הגיעו לחוף מבטחים. זה אלפי שנים שכלי שיט מפליגים לאורך החוף המזרחי של הים התיכון – הנתיב הראשי להעברת מטענים יקרים בין נמלי אפריקה, הלבנט ואסיה הקטנה. אפילו אם רק פעם אחת בשנה קרה שספינה נפלה טרף לרוחות המערביות העזות ולסערות וטבעה, הספינות הטבועות הללו מצטרפות לאורך השנים לחשבון גדול של אלפי ספינות. עד כה גילו הארכיאולוגים ספינות מעטות מאוד, ופירוש הדבר הוא שרבות אחרות עוד מחכות להתגלות ולחשוף את צפונותיהן.

בשלב מסוים בשיחתנו, רווה נטל חבילה קטנה. משהסיר את בד הפלנל שעטף את תוכנה, נגלה לעינינו פסלון עץ מגולף לתפארת

של אישה, כשלושים סנטימטר גובהו. "זוהי", אמר, "האלה תנית. מצאתי מאות פסלונים כאלה בספינה טבועה, כמה קילומטרים צפונה מפה. רובם היו קטנים, בסביבות חמישה סנטימטרים, אבל היו כמה שהגיעו כמעט לגובה שלי." הצלמיות, שגולפו בקרתגו לפני 2,700 שנה, עשו את דרכן לשווקי צור, אך לא הגיעו ליעדן.

רווה חפר בעשרות אתרים תת-ימיים ברחבי העולם, הכשיר סטודנטים לאין ספור, ותרם הרבה לקידום מדע הארכיאולוגיה הימית – אבל הוא עדיין חולם לחלץ מפיה המוגף של ההיסטוריה סוד גדול אחד הטמון בחוף דור.

"גם בדרך הדרך, עיר נעורי, נפוליון ביקר פעם. משחר ילדותי דמותו מרתקת אותי. האמת היא שאני חבר באגודה החשאית על שם בונפרטה", הוא לאט באוזנינו ושלף מדליה להוכחה. "קראתי בעיון את הזיכרונות שלו, בייחוד את הפרקים המספרים על שהותו בדור."

בידי בונפרטה היו באותו לילה הרה גורל ב-1799 שני תותחים מיוחדים מאוד. שני כלי המצור הללו, הגדולים בעולם בעת ההיא, נוצקו מארד של רובי שלל, ועוטרו בסצנות מניצחונות צרפתיים נודעים לתהילה. גאוותה של צרפת היתה על התותחים הללו. הם המחישו את המיתוס של חוסנה המוחלט, וכפי שכתב עוזרו של נפוליון, לואי דה-בּוֹרְיֵין, "אירופה רעדה מפניהם."<sup>31</sup> כשנפוליון השליך לימה של דור את כלי הארטילריה הכבדים שלו, ובתוכם שני תותחים אלה, הדבר הפיל את רוחו – ואת רוח צבאו כולו. כשהגיעה לצרפת הידיעה על נטישת תותחי הדגל, היא התפרשה בדרך אחת: צרפת נחלה מפלה במלחמה בארץ ישראל.

על פי רווה, אנשיו של נפוליון העמיסו את התותחים על רפסודות מאולתרות וסוסים גררו אותן אל הים, אלא שהרפסודות נשברו תחת משקלם הכבד של כלי הירי, והסוסים בוססו בחולות

הטובעניים עד שנשטפו וטבעו.<sup>32</sup> עם הזמן הכניעו שטף הגלים ותנודות החול גם את תותחי הארד האדירים וקברו אותם תחתם. "החיילים נראו כמי ששכחו את סבלותיהם שלהם ושקעו באבל על אובדן קני הברונזה שלהם," מספר בוריין.<sup>33</sup>

"אני יודע שהתותחים הללו נמצאים היכן-שהוא כאן, קבורים מתחת לחולות שאני הולך עליהם כל יום," אמר רווה ושקע במחשבות. "אולי יום אחד עוד אמצא אותם."

## ה

# רק אלוהים יודע



"גָּדוֹל יְהוָה כְּבוֹד הַבַּיִת הַזֶּה הָאֲחֵרוֹן מִן הָרָאשׁוֹן," נִיבָא הַנְּבִיא חֲגִי (ב, ט) בִּימֵי שִׁיבַת צִיּוֹן, לִקְרֹאת בְּנֵי־בֵית הַמִּקְדָּשׁ הַשֵּׁנִי – אֵךְ מֵאוֹת שָׁנִים חֲלָפוּ עַד שֶׁנִּבְנוּ אֶת הַתְּגִשְׁמָה. עַד יְמֵי הוֹרְדוֹס, בַּעֲשׂוֹרִים אַחֲרֵיכֵן שֶׁלִּפְנֵי הַסְּפִירָה, הָיָה בֵּית הַמִּקְדָּשׁ הַשֵּׁנִי קָטָן וְצָנוּעַ בַּהֲשׂוּאָה לְבֵית הַמִּקְדָּשׁ הָרָאשׁוֹן, זֶה שֶׁבָּנָה שְׁלֹמֹה הַמֶּלֶךְ בְּמֵאָה הָעֶשְׂרִית לִפְנֵי הַסְּפִירָה, וְשַׁעֲמַד עַל מְכוֹנוֹ כְּאַרְבַּע־מֵאוֹת שָׁנָה.

הַחֲלָטָתוֹ שֶׁל הַמֶּלֶךְ הוֹרְדוֹס לְחַדֵּשׁ אֶת הַמִּקְדָּשׁ, לִפְאֹרוֹ וּלְהַרְחִיבוֹ, נִבְעָה מֵרְצוֹנוֹ לְהַאֲדִיר אֶת שְׁמוֹ וּלְהִתְחַבֵּב עַל הַהִנָּהֲגָה הַדִּתִּית בַּת הַזֶּמֶן שֶׁהִסְתִּיגָה מִמֶּנּוּ. עַל הַתּוֹכְנִיּוֹת שֶׁקִּדְּמוּ אֶת הַמִּשְׁכָּלִים וּמוֹמָחִים זֵרִים, אֵךְ בְּמִלְאֶכֶת הַבְּנִיָּיָה עֲצָמָה שִׁילֵב הוֹרְדוֹס אֶת כּוֹהֲנֵי הַמִּקְדָּשׁ. שָׁמְעוּ שֶׁל מִקְדָּשׁ הוֹרְדוֹס בִּירוּשָׁלַיִם, פֶּלֶא אֲדִרִּיכָלִי שֶׁל הוֹד וְהוֹדָר, יֵצֵא לְמִרְחֹק. אֵךְ לְמִרְבֵּה הַצֶּעֶר הַבֵּית לֹא הֵאֲרִיךְ יָמָיו. פָּחוֹת מֵמֵאָה שָׁנָה אַחֲרֵי שֶׁנִּבְנָה, בְּשָׁנָה 70 לַסְּפִירָה, חָרַב בְּיַד צִבְא רֹמָא בְּפִיקוּדוֹ שֶׁל טִיטוּס, בְּנוֹ שֶׁל אֶסְפָּסִיאנוֹס קִיסָר, שֶׁדִּיכָא אֶת הַמֶּרֶד הַגָּדוֹל.

חֲמוּרֵי הַבְּנִיָּין שֶׁשִּׁימְשׁוּ אֶת בְּנֵי־הוֹרְדוֹס הָיוּ הַמְּשׁוּבָּחִים וְהַיִּקָּרִים בְּיוֹתֵר. בֵּין הֵיטֵר, יִיבָא הוֹרְדוֹס שִׁישׁ לִבָּן שֶׁבֶּהֱקָא בְּאוֹר הַשֶּׁמֶשׁ. מִתַּחַם הַמִּקְדָּשׁ הָיָה מְחֻלָּק לְאַזְוָרִים בְּעֲלֵי דְרָגוֹת שׁוֹנוֹת שֶׁל



קדושה, ובהתאם לכך – דרגות שונות של הקפדה על טהרתם של הבאים בהם. לַפְּנִים מִן הַהִיכָל נמצא המקום הקדוש מכולם: קודש הקודשים. הוא עמד באותו מקום שעמד בו קודש הקודשים בבית המקדש הראשון, במקום שנמצאת בו היום כיפת הסלע. בקודש הקודשים שבמקדש שלמה נמצא חפץ אחד בלבד, ארון הברית, ובו שני לוחות הברית. הארון אבד כאשר החריבו הבבלים את בית המקדש הראשון, ולפיכך קודש הקודשים בבית המקדש השני היה ריק. את מקום ארון הברית סימנה במה מוגבהת. רק אחת לשנה נכנס אדם לקודש הקודשים: הכוהן הגדול, לבדו, ביום הכיפורים. לשם כך היה עליו לעשות הכנות רבות, להיטהר וללבוש בגדי קודש מיוחדים. אלה היו בגדי פשתן לבנים פשוטים – להבדיל מַמְדֵי הַכֹּהֵנָה שלבש כל ימות השנה וגם בחלקים אחרים של יום הכיפורים, בגדי פאר שהיו עשויים בעיקרם תכלת.

השטח המוגבה והמיושר של ההר, קרוב ל-150 דונם, נוצר בעזרת קיר תמך שהקיף אותו; קיר מסיבי, שגובהו עד עשרים מטר מעל לפני האדמה ויסודותיו טמונים מטרים מתחתיה. בנייתו היתה מבצע הנדסי חסר תקדים בארץ ישראל. הקיר היה עשוי ברובו אבני גזית עצומות, עשרות טונות ואף מאות טונות משקלן, שנחצבו באזור. חלקים גדולים ממנו עדיין עומדים, בפרט בדרום ובמערב; קטע מקיר התמך המערבי מוכר לכול בשם "הכותל המערבי", ובו שופכים נפשם בתפילה יהודים מכל העולם.

לרוחב הכותל הדרומי, שנחפר בשנות השישים והשבעים, נמצא גרם מדרגות גדולות, עשוי מדרגה רחבה ומדרגה צרה לסירוגין, שתוכנן בבירור כדי ליצור הילוך מכובד וכבד ראש. סמוך לשם, מעבר לפינה הדרום-מערבית של ההר, מזדקרת מן הכותל בליטה הידועה בשם קשת רובינסון, על שם חוקר המקרא האמריקני הדגול אדוארד רובינסון שהוביל משלחת מחקר לארץ הקודש ב-1838.

במסעה זה גילתה המשלחת מחדש גם את מצדה, אף היא ממיזמי הבנייה האדירים של הורדוס. קשת רובינסון היתה בזמנה אחד מגשרי האבן הגבוהים בעולם כולו. היא היתה הבסיס לחלקו העליון של מחלף-מדרגות, שעלה מהעיר ישירות אל מפלס המקדש בהר הבית. הרחובות שהובילו אליה המו המון אדם: באי המקדש, בדרכם להתפלל ולהקריב קורבנות, וסוחרים זריזים המציעים את מרכולתם לעוברים ולשבים.

מעט צפונה משם נמצאת קשת וילסון, הקרויה על שם החוקר הבריטי צ'רלס וילסון שגילה אותה ב-1864. היא היתה אחת מכמה קשתות שנשאו על גבן גשר שחיבר את העיר העליונה, הרובע היהודי של היום, אל המקדש. משערים שהגשר יועד לכוהנים שהתגוררו בעיר העליונה ובהר ציון והגיעו דרכו למשמרתם במקדש. מרחק פסיעות ספורות ממקום מוצאה של דרך קדומה זו, נמצאת היום דלת ועליה שלט צנוע: מכון המקדש. מחורבן הבית ועד היום, זה אלפיים שנה כמעט, נכללת בתפילות הקבע התפילה לביאת המשיח ולבניין המקדש "במהרה בימינו". צוות מכון המקדש דואג שהגאולה לא תתפוס את עם ישראל לא מוכן. אנשי המכון חוקרים את ההיבטים ההיסטוריים, הארכיאולוגיים והפולחניים של התקווה הזו, ומכינים את הציוד הדרוש לעבודת המקדש.

הטקסים והפולחנים הכלולים בעבודת המקדש מגוונים – וכמוהם גם הכלים, המכשירים ושאר האביזרים הנדרשים להם. אומנים מומחים תכננו ויצרו במלאכת מחשבת את כיור הנחושת העצום שרחצו בו ידיים, את בזיכי הכסף לניסוך היין, את היעים להקטרת הקטורת, ואת הנבלים, הכינורות והחצוצרות שילוו את שירת הלויים דבר יום ביומו. המכון מציג לראווה, בין היתר, גם את מנורת הזהב הגדולה בעלת שבעת הקנים, מנורת המקדש הגבוהה מקומת אדם, ואת שולחן הזהב שלחם הפנים הונח עליו.

נוסף על כלי המתכת הרבים, ייצרו אומני מכון המקדש מחדש גם את בגדי הקודש של הכוהן הגדול ושל הכוהנים ההדיוטות. הבגדים עשויים חומרי גלם יקרים מאין כמוהם, ובכלל זה זהב, משי ופשתן עדינים, וצמר צבוע תכלת, ארגמן, ושני המופק בימינו מתולעי אלון הגדלות בטורקיה. למעילו של הכוהן הגדול, הצבוע כולו תכלת, ואשר נלבש מעל מכנסיים וכותונת של פשתן, הוסיפו האורגים גדילים שנשזרו בהם שבעים ושניים קישוטים דמויי פעמונים ורימונים, לסירוגין. בימים שהבית היה קיים, דנדוני הפעמונים הללו ליוו את הכוהן באשר יפנה וכישרו על בואו.

גם מדיהם הפשוטים יותר של הכוהנים ההדיוטות, שהיו עשויים בעיקר אריג פשתן לבן, כללו פריט שנעשה מצמר שכולו תכלת: אבנט באורך כ-16 מטרים שנכרך סביב המותניים. מכון המקדש ייצר 120 מערכות מלאות של מדי הכהונה, התלויות בארונותיהם של כוהנים מסביב לעולם. חלומם הוא שיום יבוא והם ילבשו את המדים הללו לעבודתם בבית המקדש שייבנה.

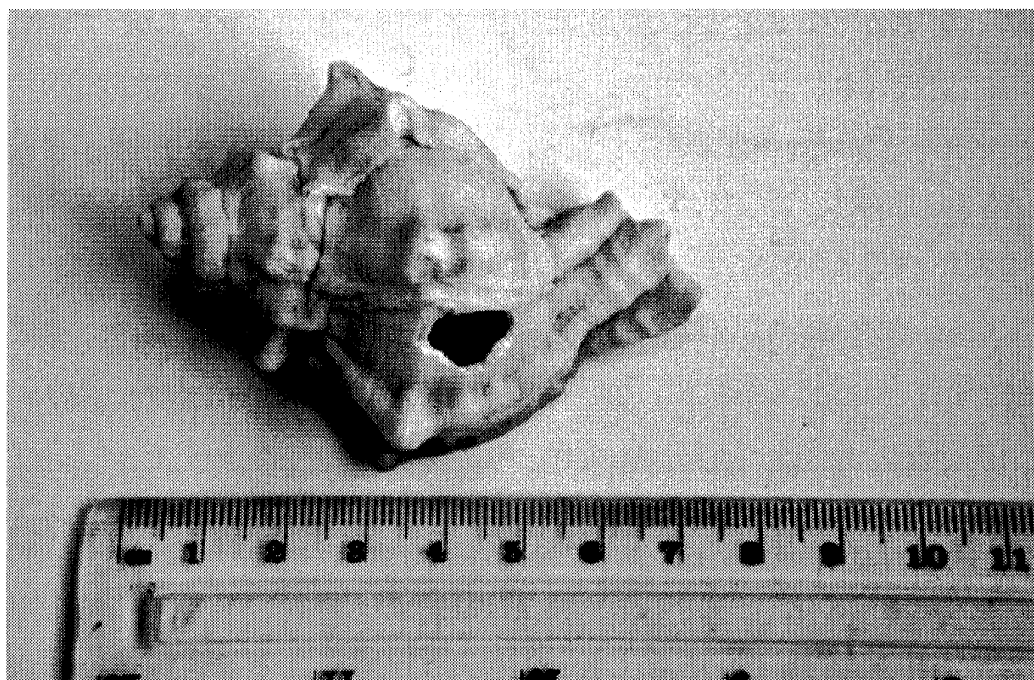


ובשעה שאלה חולמים על העתיד, אחרים עוד מנסים להבין את העבר. כאשר הזמין אותי הארכיאולוג שמעון גיבסון לדון בתגליתו החדשה, הוא הצית את סקרנותי. גיבסון ניהל אז חפירה חשובה בהר ציון, השלוחה המערבית של ירושלים בימי בית שני, ורצה לשמוע את חוות דעתי על דבר מה שמצא. הכתובת שנתן לי התגלתה כבניין צנוע בשכונה ירושלמית שקטה. אבל כשפתחתי את הדלת, הבנתי מיד שאינני נמצא בדירה רגילה.

כל הקירות, מרצפה עד תקרה, היו מכוסים מדפים שכרעו תחת משקלם של אינספור שקים גדושים חרסים שבורים ושאר שברים

ופיסות. זה היה אולם האחסון של ממצאי החפירה בהר ציון, וחוקרים מיינו בו בקפדנות את כל העצמים, קטן כגדול, בידיעה שגם מן הרסיסים הסתמיים למראה עשויים חכמי הארכיאולוגיה לחלץ יום אחד מידע יקר ערך.

גיבסון שלף תיק אחד מהמצבור הבלתי-נדלה ורוקן את תוכנו על שולחן המטבח. לא פיסות חרס נשרו מהתיק הזה, כי אם קונכיות שזיהיתי מיד כקונכיות ארגמון קהה קוצים. הוא סיפר לי שכמה עשרות קונכיות כאלו נחשפו בחפירה, פזורות ברחבי האתר, ושהן מתוארכות למאה הראשונה לספירה, כאשר מקדש הורדוס עמד על מכונו. הר ציון, הזכיר, אינו רחוק מהמקדש, וכנראה נבנה בו שיכון לכוהנים ולבני משפחותיהם. תימוכין להשערה זו קיבל גיבסון ממקווה טהרה שנחשף במקום, ומגביע אבן יפהפה שנחרתו בו עשר שורות כתב בלתי-מפוענחות – כנראה טקסט של טקס טהרה.



קונכיית ארגמון (המאה הראשונה לספירה) שנמצאה בהר ציון.  
צילום: א' ויסברג

לאיזו מטרה, שאל אותי הארכיאולוג, עשויות היו הקונכיות הללו לשמש? ואיך הגיעו להרי ירושלים, עשרות רבות של קילומטרים ממקום מחייתן בים התיכון? לתפעול המקדש נדרשו כמויות עצומות של הצבע המופק מהארגמונים, לייצור תכלת לבגדיהם של כל הכוהנים וליריעות וליתר האריגים הדקורטיביים שנתלו במקדש. האם הכוהנים עצמם הביאו את החלזונות מן החוף, הקשה גיבסון, כדי לייצר את הצבע דווקא בירושלים? איזה היגיון יש בכך?

אכן, קשה להאמין שכך היה. אפשר להפיק צבע רק מחלזונות חיים. אין זה פשוט לשמור בחיים כמות כה עצומה של חלזונות ים במסע הארוך שנדרש בימים ההם מהים אל מרומי הרי יהודה. יתרה מזאת, הקונכיות שגיבסון הראה לי היו שלמות. כדי לסחוט את הפרשת הצבע מהבלוטה של החלזונות מוכרחים לשבור את הקונכייה. ולבסוף, חומר הצבע הטרי מפיץ סירחון כמעט בלתי-נסבל, ולכן מקובל היה לקיים את תהליך הצביעה הרחק ממרכזי הערים. לא ולא: ירושלים לא היתה אתר מתקבל על הדעת להפקת צבע. היו עושים זאת קרוב לים, מקום שם אפשר לאחסן את החלזונות החיים עד לעת הצורך; מקום שם רכיבים חיוניים, כגון מלח, נמצאים בשפע; מקום שם איש לבד מן הצבעים לא יצטרך לסבול את הצחנה. לגיבסון היתה מחשבה חדשה. אולי הקונכיות שימשו למטרה שגרתית יותר: פרסום. כיוון שבית המקדש היה צרכן גדול של תכלת, סביר להניח שהיה כוהן, או כוהנים, שתפקידם היה לארגן את רכישת הצמר הצבוע. הם היו נוסעים אל החוף ומביאים איתם את החומר יקר הערך לעיבוד ולאריגה בירושלים או סמוך לה, לקראת התאמתם הסופית של הבגדים והאריגים לצורכי המקדש. בהיותם המובילים הראשיים של התכלת, הם ודאי גם היו ספקי פתילי התכלת לכלל ציבור הגברים לובשי הציצית. אולי, כשם שנעל תלויה מעל הדלת מסמלת חנות של סנדלר וצורת כעך

מכריזה על מאפייה, צדפת ארגמון מחוץ לדלת הודיעה לקהל כי "כאן מוכרים תכלת".

הסכמתי עם הנחת היסוד של גיבסון, אך הצעתי לו גרסה שונה מעט של ההשערה. הכוהנים שהובילו תכלת לצורכי המקדש אכן סיפקו פתילי תכלת לאוכלוסייה הכללית, אבל הקונכיות שימשו אותם לא כסמל שיווקי אלא כתעודת כשרות. ההשוואה הנכונה איננה לשלט על פתח חנותו של בעל מלאכה, אלא לתעודת אותנטיות, המאשרת ללקוח שהוא מקבל את המוצר המקורי. ללקוחות הקדמונים אכן היתה סיבה טובה לחשוד שמרמים אותם, ולבקש הוכחה שהתכלת שהם קונים באה, כנדרש, מחילזון הארגמון. בימים ההם, ממש כבימינו, היה סחר בתשמישי קדושה מזויפים – במקרה זה, צבע מזויף שסוחרים חסרי מצפון ניסו למכור כאילו היה תכלת אותנטית. לקוחות זהירים רצו לדעת שאינם משלמים טבין ותקילין על פתילי תכלת מפוברקת. וכזו היתה גם היתה, ונודעה בשם "קלא אילן".

"אמר הקב"ה, אני הוא שהבחנתי במצרים בין טיפה של בכור לטיפה שאינה של בכור – אני הוא שעתיד ליפרע ממי שתולה מעותיו בנכרי ומלווה אותם לישראל בריבית, וממי שטומן משקלותיו במלח, וממי שתולה קלא אילן בבגדו ואומר תכלת הוא."<sup>34</sup> התלמוד משתמש באיום המבהיל הזה כדי להרתיע את הקמעונאים הולכי העקלקלות שמכרו את התכלת המזויפת. חכמינו גינו כמובן כל התנהגות נכלולית, אך תרמית מסוימת זו זכתה לגינוי מיוחד שכן היא גורמת לקורבנותיה לעבור על שתי מצוות מן התורה.

הראשונה, האמורה בספר במדבר, היא כמובן מצוות הציצית, פתיל התכלת שבני ישראל נדרשים לשים על כנפי בגדיהם. השנייה היא איסור שעטנז: "לֹא תִלְבַּשׁ שְׁעֵטָנִיז צִמָּר וּפְשָׁתִים יַחְדָּו" (דברים כב, יא). לאיסור זה יש חריג אחד: פתילי התכלת של הציצית. את

גדילי הצמר הצבועים הללו מותר לקשור גם לבגד פשתן, וזה אכן היה הנוהג הרווח. ההלכה חדה וברורה: רק תכלת שהופקה מחילזון ימי כשרה לציצית, והצמר היחיד שמותר ללבוש עם פשתן הוא פתילי התכלת של הציצית.

קדושתו של פתיל התכלת שנעשה מחילזון אינה רק עניין של הלכה יבשה. "ר' מאיר אומר: 'וראיתם אותם' לא נאמר, אלא 'וראיתם אתו'; מגיד הכתוב שכל המקיים מצות ציצית מעלים עליו כאילו הקביל פני שכינה, שהתכלת דומה לים וים דומה לרקיע ורקיע דומה לכיסא הכבוד" (ספרי, פרשת שלח, סח [על במדבר טו, לט]). נראה שדברי המדרש רומזים מדוע תכלת מחילזון ים כשרה לציצית ותכלת מקלא אילן פסולה, אף שהצבע זהה ומזכיר את תכול השמים: רק תכלת החילזון באה מן הים. מקורו של הצבע, מתברר, הוא בעל ערך סמלי לא פחות ממראהו.

קלא אילן היה צבע אינדיגו צמחי, שדמה מכל בחינה היצונית לתכלת הארגמון. משום כך, חז"ל לא יכלו להתעלם מקיומו. הפקתו היתה זולה יותר, והפיתוי לסוחרים היה גדול. אין כמובן שום רע בעצם מכירת צבע אינדיגו צמחי, או במכירת בגדים שנצבעו בו, אך האמוראים עמדו על מלוא החומרה הדתית שבמכירת פתילי האינדיגו כפתילי תכלת לציצית. "תכלת אין לה בדיקה ואין נקחית אלא מן המומחה", שנו רבותינו (תלמוד בבלי, מנחות מב ע"ב), ותיקנו שיש להוביל את פתילי התכלת כשהם חתומים בשתי חותמות (תלמוד בבלי, עבודה זרה לט ע"א). וכדי לרפות את ידי הרמאים, הם השיתו עליהם כאמור קללה משמים.

האינדיגו הגיע לאזור הים התיכון מסין ומהודו, ושמו במערב נגזר משמו ההודי. הוא מופק מצמח ממשפחת הקטניות, ניל הצבעים (*Indigofera tinctoria*). תצורה אחרת שלו, איסטיס (*woad*), היא זן מתורבת של המין *Isatis tinctoria*, המניב כמות ועומה שבעתיים של

צבע – אך כמוהו כבן דודו האסייתי זהה לגמרי בצבעו לתכלת. אלא שלדת, ואפילו לאופנה, חוקים משלהן. הצבע הזה למראית עין לא נהנה מהיוקרה ומהקדושה שהתכלת המופקת מחילזון הארגמון זכתה להן. כמו חז"ל, להבדיל, גם האליטה הרומית עיקמה את אפה לנוכח הצבע הפשוט. מחירו של אריג שנצבע בתכלת-חילזון היה גבוה עשרות מונים ממחיר אריג כחול שנצבע בצבע הצמחי. יתרה מכך: כאשר הסדירו הקיסרים הרומים את ייצור צבעי החלזונות והגבילו את השימוש בהם, הם לא טרחו לתקן שום תקנה מגבילה לגבי האינדיגו.



"לן", האות הסינית המציינת כחול/אינדיגו.

Photo by Elwyn | 123rf.com

מקור המונח קלא אילן לוט בערפל, והסברים שונים הוצעו לו. בסנסקריט, המילה קלא פירושה תכול, אבל גם כחול כהה ושחור. המילה אילן היא המילה העברית המוכרת לנו, והיא נועדה לציין, בפי קדמונינו שהצמידו למילה קלא, שאותו צבע תכול מקורו בצמח, באילן. הצעה אחרת קושרת את המונח במילה הסנסקריטית נִילָם – הלוא הוא הניל, שמו של צמח האינדיגו בערבית וגם בעברית. הרב

יצחק הרצוג, בחיבורו החשוב על התכלת, משער שמקור המונח במילה המציינת את הצבע הזה בלשון הסינית: לָן. הסימן הגרפי המבטא מילה זו בסינית מורכב משלושה ציורים: עין, אדם, וכלי מלא מים. חוקרת האינדיגו החשובה ג'סטא זנדברג, שחיברה ספרים אחרים בנושא, מציינת שהמונח הסיני הקדום היה קָלָן (k'lan), המזכיר אף יותר את "קלא אילן", אך ככל הנראה זהו צירוף מקרים. קביעתם הנזכרת של חז"ל כי "תכלת אין לה בדיקה"<sup>35</sup> משמעה,



שכאשר הצמר כבר צבוע, אין שום דרך להבחין בין מקור וזיוף. ובכל זאת, בין חכמי התלמוד היו שטענו שאפשר לעשות זאת בעזרת שיטות כימיות בנות הזמן. אחד מהם רקח מרקחת ובה אלוס (אבן מלח מורכבת מגופרת אשלגן וגופרת אלומיניום; חומר זה שימש בימי קדם לעצירת דימומים), מוהל של גרגרנית יוונית, הלוא היא החילבה, ושתן ששהה ארבעים יום. בנוזל הזה הוא השרה את הגדילים הכחולים למשך לילה. אם הצבע דהה במהלך הלילה, זו היתה עדות לכך שהוא מזויף. אך ההרפתקה הכימית לא נגמרה בנקודה זו, שכן גם תכלת אמתית דוהה בתערובת הקאוסטית הזו. נדרש מבחן שני. הגדיל הדהוי הוכנס לבצק לחם שעורים ונאפה איתו. האפייה היתה מחזירה לגדיל הצבוע תכלת חלזונית, ורק לו, את צבעו הכחול.<sup>36</sup>

השימוש הזדוני בצמח האינדיגו כתכלת מזויפת היה כמובן מעשה מכוער ומגונה, אולם כיום אנו מפיקים ממנו תועלת מחקרית רבה. היות שעד כה לא נתגלו מעולם בחפירות ארכיאולוגיות פתילי תכלת שהיהודים הקדמונים שמו בציציותיהם, וגם שום פריט מבגדי הכוהנים לא הגיע לידינו, אין לנו שום עדות ישירה, חזותית, על הגוון המדויק של התכלת המקראית. פרשני התלמוד בני תקופת הראשונים ניסו למלא את הפער, והעלו הצעות סותרות הנעות בין ירוק-כרתי, כצבע הכרשה, לבין סגול. רק בזכות הידיעה שצבע התכלת זהה לחלוטין בגונו לצבע האינדיגו, עד שהעין אינה יכולה להבחין ביניהם, אפשר לקבוע שצבעה של התכלת הוא תכול, כצבע השמים.<sup>37</sup>

לצרכני התכלת הקדמונים, זהות הצבע היתה כמובן למוקש. מטבע הדברים, הנבונים שבהם דרשו מהסוחרים הוכחה למקוריות הצבע. הסוחרים-כוהנים שביקשו למכור פתילי תכלת לשימוש שבקדושה נהגו, אולי, להוכיח שהתכלת היא תכלת אמתית, חלזונית,

על ידי הצגתן של קונכיות הארגמון קהה הקוצים בחנויותיהם  
שבשיכון הכוהנים בהר ציון. כמה מקונכיות אלו, שהתפזרו לכל עבר  
בעת ההרס שהתחולל במקום עם כישלון המרד הגדול וחורבן הבית,  
שכבו כאלפיים שנה מתחת לעפר. עד שבא שמעון גיבסון וחשף  
אותן.

## הגוון הנעלם של הכחול

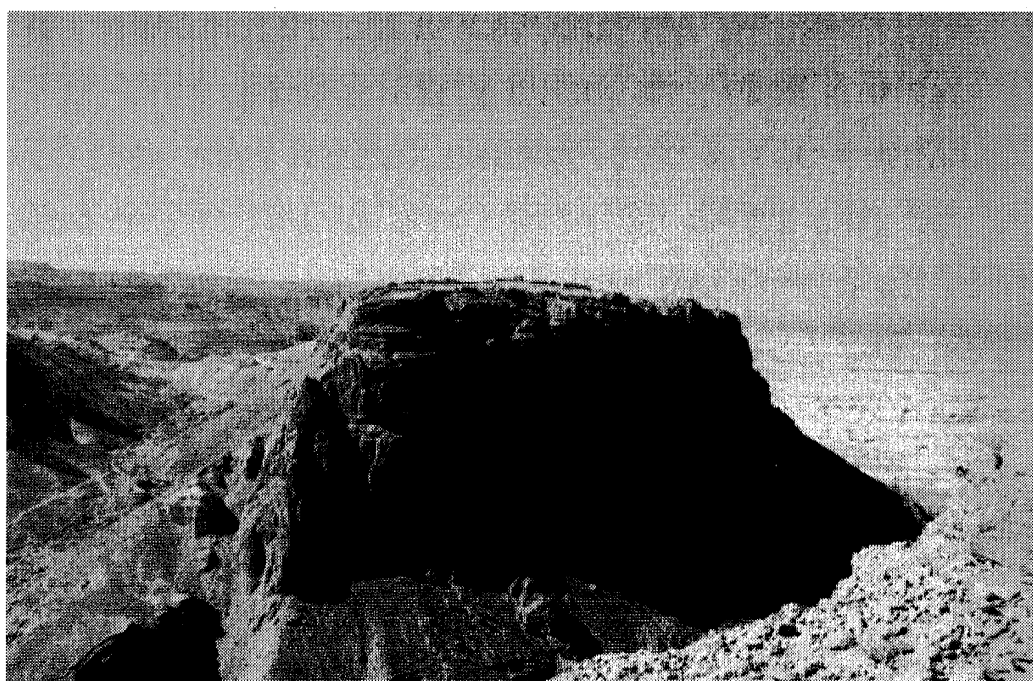


רב-אלוף יגאל ידין, מצביא מלחמת העצמאות והרמטכ"ל השני של צה"ל, סיים ב-1952 עשרים שנות קריירה צבאית בעודו בן 35, כיתת חרבו לאת, או לפחות רובהו למעדר - והיה לארכיאולוג המפורסם ביותר בישראל. בשנות השישים ניהל הפירות מקיפות במצדה שבמדבר יהודה.

החפצים, העצמות והמבנים שנחשפו במצדה מספרים את סיפור תולדותיו של מקום מפלט ומקדש לנידונים, לנרדפים ולפרנואידים. בין האחרונים בולט בונהו הגדול של המקום, המלך הורדוס, שעשה לו למנהג למצוא את האתרים המבודדים ביותר בארץ ישראל ולבנות בהם את ארמונותיו. מצדה היתה אחד מהישגיו האדריכליים המרשימים ביותר: מערכת מפנקת של מבני פאר בסגנון רומי באמצע שום מקום, על ראשו השטוח של הר חשוף, מבוותר וכמעט בלתי-נגיש נוכח פני ים המלח. שביל הנחש הצר והעקלקל המתחתר אל מרומי הצוק היה הדרך היחידה להגיע אליו. אולי רק שם, במבצר המרוחק והבלתי נגיש, יכול היה המלך החשדן להרגיש בטוח.

שנים לאחר מכן, בימי המרד הגדול ברומאים, היתה מצדה מעוזם האחרון של המורדים הנסוגים. שלוש שנים לאחר שטיטוס החרב

את המקדש הצליחו שרידי המורדים היהודים שהתבצרו במצדה לעמוד בפני מצור רומאי, עד שהלגיון הרומאי העשירי בפיקודו של לוקיוס פֶּלְבְּיוּס סִילְבָּה עָרַם אֶל צֶלַע הַצּוּק, לגובה 150 מטרים, סוללת עפר ענקית. על פי ההיסטוריון יוספוס פֶּלְבְּיוּס, 960 מגני מצדה בחרו להתאבד כדי לא ליפול בשבי. החיזיון הטראומטי הזה נטבע מאז בנפש היהודית הקולקטיבית.



מצדה

© leospek | Shutterstock.com

לאזור הגיעו גם אנשיו של בר כוכבא, שמרדו בקיסר הרומי אֶדְרִיאנוּס כשישים שנה לאחר מכן בגלל רדיפות דתיות. הם מצאו מקלט בכמה מקומות במדבר יהודה בואכה ים המלח, וביניהם שתי מערות בנחל חֶבֶר שליד עֵין-גִּדִי. ידין חפר גם במערות הללו. אחת מהן נודעה בשם "מערת האיגרות", על שם המכתבים מימי המרד שמצאו בה החופרים – ביניהם מכתבים בעצם כתב ידו של בר כוכבא. השנייה נקראה "מערת האימה", על שם השלדים והגולגלות של הלוחמים שנמצאו בה.

מן העפר ומן האבן דלה ידין שרידים חשובים רבים, שעקבות חייהם ומותם של המורדים טבועים בהם. בזכות היובש של אוויר המדבר, ובשל בידורו של המקום שהותיר אותו בלתי-נגוע אלפי שנים, הממצאים השתמרו היטב. בין היתר נמצא במערת האיגרות צרור של צמר צבוע סגול, שעורר סקרנות רבה. "גיזת הצמר נתגלתה בנאד האיגרות כשהיא עטופה בפיסת טלית בעלת פסים... לתגלית זו נודעת חשיבות מרובה", כתב ידין.<sup>38</sup>

ידין שיער שהצמר היה צבוע בארגמן צורי, ושלה אותו לאנליזה אצל כימאי-הצבע והממציא האמריקני סידני אדלשטיין שזיהה את הצבע כתערובת אינדיגו כחול ותולעת שני אדומה. כיוון שבין כל שאר אריגי הצמר שנמצאו במצדה לא היה סימן לתולעת שני, וכיוון שאגודת הצמר היתה צרורה ונעטפה בנפרד, ידין הסיק שהצמר נועד לשוירת פתילי ציצית.

שתי הנחות עמדו בבסיס המסקנה הזו. ראשית, כפי שאדלשטיין הוכיח, הצמר היה צבוע לא בתכלת מקורית אלא בקלא אילן, הצבע שהופק מצמח האינדיגו. ידין מציין כי "כפי שניתן ללמוד מן המקורות, היה השימוש בתחליפים לתכלת דבר רגיל מאוד, אך עיקר העוון היה במי שהשתמש בהם בזדון."<sup>39</sup> ההנחה השנייה המובלעת במסקנתו היתה משותפת לכל החוקרים החילונים בשנות השישים: הללו טענו שצבעה האמתי של התכלת היה, במושגי זמננו, גוון מסוים של סגול ולא כחול.

מחקרים שנערכו בהמשך הובילו את קהיליית הארכיאולוגים וההיסטוריונים, רובה ככולה, להסתייג מהצעתו של ידין שצרור הצמר מנחל חבר נועד לציצית. רב-אלוף ידין עצמו ביצע נסיגה חפוזה והסביר שהתיאוריה שלו היתה רק הצעת אגב. אלא שתגליות מקריות, ואפילו טעויות מסוג זה של ידין, מחוללות לעתים דברים בלתי-צפויים. ידין טעה לגבי הציצית, אך טעותו עוררה עניין –

במקרה שלנו, את עניינו של סידני אדלשטיין – ומחקריו של אדלשטיין הובילו לפריצת דרך מכרעת בידיעותינו על הצביעה באמצעות חלזונות.

כמו הפיסות והרסיסים מהחפירה בהר ציון, גם אינספור הפריטים שנמצאו במצדה נאספו, קוטלגו ואוחסנו בידי הארכיאולוגים לצורכי מחקר עתידי. השלל העשיר נעלם במגירות ובמדפים של מרתף מוזיאון רוקפלר בירושלים. אלא שכמעט מחצית המאה לאחר החפירה של ידן, פיסה זעירה אחת של לבוש מהאתר העתיק הגיעה סוף-סוף אל מתחת לעדשתו של כימאי. זה קרה במעבדתו של פרופ' צבי קורן מבית הספר הגבוה להנדסה ועיצוב שנקר, בשנת 2011. קורן מסר כי אנליזה כימית שערך לפיסה קטנה של אריג ממצדה העלתה, במידה רבה של ודאות, שרקמה כחולה כהה שנשזרה בפיסה זו צבועה בצבע מחילזון הארגמן קהה הקוצים. הבגד מתוארך לימי הורדוס, ואולי ריפד פעם את כתפיו של איזה אציל בחצר המלכותית במצדה. יגאל ידן, שנפטר ב-1984, לא זכה להתבשר כי בסופו של דבר, בדרך עקיפין, הוא גילה אריג תכלת מקורי.



פס התכלת שנמצא בבגד ההרודיאני הוא שריד ממגמה מסוימת. בחברה היוונית והרומית, צמר צבוע ארגמן היה סמל מעמד, ומעמד פירושו היה כוח. כשהביס אלכסנדר הגדול את המלך דריווש השלישי ונכנס כמנצח לשושן בירת פרס, הוא מצא שם כחמישים וחמש ליטראות של צמר שנצבע ארגמן 180 שנה קודם לכן, והבוהק המרהיב שלו עוד עמד בעינו. אנשיו של הכובש המוקדוני הגדול מצאו בקבר כורש, ליד ארונו של המלך הפרסי המנוח, ספה על רגלי זהב, "עטוית כיסוי מעשה אורג בבלי עם שטיחוני ארגמן... גם

יריעות בצבעי יקִינתון\* וארגמן וצבעים אחרים היו מונחות עליו.<sup>40</sup> בעיני אלכסנדר, התכלת והארגמן סימלו את העולם הנוצני והאקזוטי שהוא כבש; ולצערם של רבים מחייליו, הוא החל לאמץ, ואף למסד, את מנהגיה של האימפריה הפרסית שנפלה לידיהם, ביניהם ההרגל המזרחי לכרוע ולהשתחוות בפני שליט, ולבישת בגדים מהודרים בצבעי מלכות.

אולי הבגדים עושים את האדם ואולי לא, אבל ברומא העתיקה הותאם הבגד העליון של הגברים, הטוֹגָה, למעמדו ולדרגתו של הלוֹבֵש אותה. הטוֹגָה ויריליס היתה עשויה אריג בז' פשוט, ולבשו אותה אזרחים מן השורה: גברים שנולדו בני חורין ושהגיעו לפרקם. מועמדים למשרה ציבורית לבשו טוגה שהולבנה בגיר, טוגה קנרִידה, כלומר טוגת התם, כדי להפגין את טהרת מניעיהם; והנה לנו סוד הקֶשֶׁר שקושרת האנגלית, וכמוה לשונות נוספות, בין המילה candid, תם, לבין המילה candidate, מועמד. היו עוד כמה וכמה סוגים של טוגות, אך המכובדת והנעלה מכולן, הטוגה פִּיקָטָה, נשמרה למצביאים שחזרו מנצחים משדה הקרב, והיתה עשויה כולה ארגמן עם רקמה נדיבה של חוטי זהב. "היא גורמת לכל מלבוש להיראות בהיר יותר," כותב פליניוס הזקן, "וחולקת עם הזהב את תהילת הניצחון. מסיבות אלו עלינו למחול על התשוקה המטורפת לארגמן."<sup>41</sup> עד ימי יוליוס קיסר, מלכי רומא לבשו גלימות כלילות ארגמן מסוג טוגה טָרַאפָה או טוגה פּוּרפּוּרה; אך יוליוס, שביקש להבליט את הישגיו הצבאיים, הפך את הטוגה פיקטה של המצביאים ללבושו הרשמי שלו עצמו, והקיסרים הבאים הלכו בעקבותיו. לעומת זאת, כמה וכמה מלכים ושאר אישים היסטוריים ששמם נקשר בצבע הארגמן היו מוותרים על התענוג בשמחה. על פי חשד

\* במונח "יקִינתון" ציינו הקדמונים את הצבע שאנו קוראים לו כחול. בתרגום השבעים לתנ"ך מתורגמת המילה "תכלת" כ"יקִינתון" (iakintos).

מקובל, אנשי שם כנבוכדנאצר מלך בבל, מרי מלכת סקוטלנד, וינסנט ואן-גוך וג'ורג' השלישי מלך אנגליה סבלו ממחלה תורשתית הידועה בשם פורפיריה. שמה זה ניתן לה על שום צבע הארגמן, הפורפיר, של הצואה והשתן של החולה. היא נגרמת בשל שיבוש בייצור ההם, אחד מרכיבי כדוריות הדם החיוני לתפקודן הבריא. לעתים גורמת המחלה גם לפגיעה במערכת העצבים, והחולה נתון להתקפים, להזיות ולהפרעות נפשיות אחרות. לדעת רבים, הדמנציה שג'ורג' השלישי סבל ממנה, אשר זכתה לשם "שיגעונו של המלך ג'ורג'", נבעה ממחלה זו ולא מצער על אובדן המושבות באמריקה.

בין חוקרי הפולקלור ואגדות העם, היו שהציעו כי מקור האמונה בערפדים הוא במקרים של פורפיריה. בהרצאה בפני החברה האמריקנית לקידום המדע, ב-1985, העלה הביוכימאי דייוויד דולפין השערה מצמררת: "הערפדים שותי הדם היו למעשה קורבנות של פורפיריה שניסו לשכך את תסמיני מחלתם האיומה." חולים השלימו את מולקולות ההם שחסרו בגופם על ידי מציצת דמם של בני אדם אחרים ועיכולו. דולפין מצא תימוכין להשערותו בעובדה שפורפיריה עשויה לגרום לרגישות קשה של העור לאור: הדבר מסביר מדוע, על פי האמונה, ערפדים נמנעים מאור היום ופועלים בחסות החשכה. פורפיריה עלולה לגרום גם להידוק החניכיים, ועל ידי כך להבלטת השיניים כך שייראו כניבי חיה. ומה נודע לשמצה כמחריף את התסמינים? שום, כמובן!

על כל פנים, התנהגותו הסמכותנית של יוליוס קיסר, זו ששכנעה לימים את ברוטוס ואת יתר הסנאטורים הקושרים להתנקש בחייו, באה לידי ביטוי גם כאשר הטיל מגבלות על השימוש בבגדי ארגמן. אמת, גם קודם לכן, ברחבי המזרח הקדום, השימוש בצבעים מחלזונות ים היה מוגבל; אבל מחירם מרקיע השחקים הוא שגרם לכך, לא צווים מלכותיים. "השימוש בצבע הארגמן לא נאסר על



אנשים פרטיים, לא אצל הפרסים ולמעשה לא בשום חברה עתיקה אחרת. נעשה בו שימוש נרחב כצבע כוהני ופולחני, אך גם כאמצעי להפגנת עושר של אנשים פרטיים.<sup>42</sup>

סובלנות זו החלה להתערער ביוון, וביתר שאת ברומא של יוליוס קיסר. על פי הביוגרף הרומי סוֹטוֹניוס, קיסר הרשה ללבוש גלימות ארגמן רק ל"בעלי מעמד וגיל מסוימים, ורק בימים קבועים". גם בן-אחיינו של קיסר ויורשו, הקיסר אוגוסטוס, דגל בהגבלת עטיית הארגמן, ו"ציווה כי איש לא ילבש בגד פורפיר, לבד מסנאטורים המכהנים כשופטים".<sup>43</sup> אחרון הקיסרים בשושלת היוליו-קלאודית, נירון, אף הרחיק לכת וארגן מבצע עוקץ כדי ללכוד את מפירי החוקים הללו. "בעקבות האיסור שהטיל על שימוש בצבעי ארגמן צורי ואחלמה, שלח בחשאי אדם שימכור אונקיות אחדות של צבע ביום השוק, ואז סגר את חנויותיהם של כל הסוחרים" והחרים את רכושם.<sup>44</sup> חורבן בית המקדש השני סתם את הגולל על ייצור בגדי התכלת לכוהנים. אולם היהודים בארץ ישראל וברחבי האימפריה הרומית הצעירה הוסיפו לשמור את מצוות ציצית לדקדוקיה ולשים בטליתם פתיל תכלת. איננו יודעים כיצד השפיעו החוקים נגד מכירת הארגמן, הפורפיר, על האפשרות לקיים את המצווה. המונח ארגמן ציין בעת העתיקה טווח רחב של גוונים, אבל התכלת, שבימים ההם כבר היה לה האינדיגו למתחרה, חמקה אולי מהאיסורים הנוקשים שהיו מנת חלקו של הארגמן. ייתכן – אך ייתכן גם שלא. יש יסוד להניח שחברי הסנהדרין, בית הדין הגבוה של היהודים, לבשו גלימות עם פס תכלת, דומות לגלימות פס הארגמן של הסנאטורים הרומים; ואם כך הוא, לא ייפלא אם גם על גלימות אלו חלו האיסורים שהושתו על גלימות הארגמן.<sup>45</sup>

בימי הקיסר קונסטנטינוס, שבשנת 313 לספירה הכריז ב"צו מילאנו" על סובלנות דתית ברחבי האימפריה, ובימי שלטונו הארוכים של בנו,

קונסטנטינוס השני, אכיפת החוקים נגד לבישת ארגמן היתה רופפת. ובכל זאת, בתלמוד מסופר בלשון חידות על זוג נוסעים שבא מ"רקת", היא טבריה, וניסה להבריא תכלת ליהודי בבל, "ותפשו נָשֶׁר".<sup>46</sup> הנשר הוא סמלה המסורתי של רומא, אך הוא עשוי גם לציין את הצבא הפרסי, ועל כן קשה לדעת אל נכון אם הרומאים אסרו על ייצוא הצמר הצבוע, או שהפרסים הם שאסרו על הייבוא שלו. בכל מקרה, אספקת תכלת נעשתה עסק מסוכן, ומטבע רומי יפהפה מהמאה השלישית, המציג את הנשר הרומי המלכותי כשבין רגליו חילזון הארגמן, מלמד משהו על התפקיד החשוב שהצביעה באמצעות חלזונות ים הוסיפה למלא באזור בשלהי ימיה של האימפריה.



מטבע צורי מן המאה השלישית.  
ארי גרינספן, tekhelet.com

לקונסטנטינוס, שהעביר את בירת האימפריה הרומית לביזנטיון וקראה קונסטנטינופול על שמו, היה בית חרושת לארגמן משלו, בעיר צור.<sup>47</sup> העיר היתה לבירת האימפריה הרומית המזרחית, האימפריה הביזנטית, וקיסריה של זו אהבו את הארגמן עד כדי הערצה. החיבור בין ארגמן למלכות הגיע שם לשיאו ההיסטורי, וגלימות הארגמן

המעוטרת ברוב פאר נחשבו קדושות. מסמכי מדינה רשמיים נכתבו על גווילים סגולים, ודיו סגולה מיוחדת שימשה לחתימות מלכותיות. כתגמול על שירות נאמן לממלכה היו נותנים לעובדי מדינה את הפריבילגיה "להעריץ את הסגול המקודש", כלומר להופיע בחצר המלך ולחלוק כבוד לקיסר. קיסרית שילדה יורש חוקי היתה עושה זאת בחדר שקושט במיוחד בשיש סגול, והמונח פֹּרְפִּירוֹגֶנְטוּס (πορφυρογέννητος), "נולד לסגול", היה לתואר כבוד שהוענק לילד עם לידתו שם.

תחת שרביטו של הקיסר תיאודוסיוס השני נערך הקודקס תאודוסיאנוס, קובץ מסודר ומפושט של החוקים והתקנות שנתקבלו מאז התנצרות האימפריה בתחילת המאה הרביעית. עשרים ושניים מלומדים טרחו על הקובץ במשך תשע שנים, והוא הוגש לאישור בתי הסנאט ברומא ובקונסטנטינופול ב-25 בדצמבר 438. על פי הקודקס, לא רק שלבישת בגדי ארגמן אסורה, אלא שייצור החומר, ואפילו החזקתו, מהווים גם הם עבירה פלילית:

על כל בני האדם, יהיו אשר יהיו מינם, דרגתם, כישוריהם, מקצועם ומשפחתם, אסורה הבעלות על סוג זה של חומר, המיועד רק לקיסר ולמשק ביתו... הגברים נדרשים להוציא מבתיהם ולמסור את כל הטוניקות והגלימות שחלק זה או אחר שלהן צבוע בדמו של חילזון הים הארגמני... פריטי לבוש שכולם ארגמן צריכים להימסר לאוצר... אין כל הצדקה לתלונות על ההפסד הכספי הכרוך בכך; אדרבה, די להם לעבריינים שאינם נענשים על הפרת החוק... אין כל הצדקה לדרישת פיצוי; די להם לעבריינים שחייהם ניתנו להם לשלל. אך להווי ידוע כי מי שמוסיף ומסתיר בגדים כאלו בביתו, בניגוד לחוק החדש, מסתכן ועלול להיות מואשם בפשע הדומה בדרגתו לבגידה חמורה.<sup>48</sup>

לבלרי הקיסרים שפכו נהרות דיו – סגולה או לא סגולה – על הארגמן הצורי; אך מה בדבר התכלת? טיטוס החריב את בית המקדש בשנת 70 לספירה, מאות ספורות לפני תיאודוסיוס; האם הגדילים התכולים יקרי הערך נעלמו בינתיים? לא, הם לא נעלמו.

תשעים שנה לאחר קודקס תיאודוסיאנוס, בשנת 529, פרסם הקיסר

הביזנטי הגדול יוסטיניאנוס הראשון את קודקס יוסטיניאנוס שבתוך קורפוס המשפט האזרחי. זהו כינוס, עיבוד ושכתוב של המשפט הרומאי כולו, והוא עיצב את המשפט האירופי והשפיע עליו מאות רבות של שנים.

ספר 4.40 של הקודקס מתחיל כך:

### דברים אסורים למכירה, ואנשים שאסור להם למכור או לקנות

לשום אזרח פרטי אין זכות לצבוע בדים בארגמן או למכור אותם, לא משי ולא צמר, בצבעים הנקראים *blatta*, *oxyblatta* ו-*hyacinthina*. המוכר צמר צבוע בצבעים אלה, ידע שהוא מסתכן באובדן רכושו וחיייו.

פסקה זו מספקת לנו שתי פיסות מידע חשובות. הראשונה: לבגדי ארגמן היתה גם בימים המאוחרים ההם חשיבות כה רבה, שהקיסרות העמידה אותם בראש רשימת הסחורות המוגבלות – רשימה שכללה כשישים ושישה פריטים. השנייה, המעניינת אותנו במיוחד: אזכורו של צבע היקינתון, הכחול. כזכור, אנשי אלכסנדר הגדול מצאו בקברו של כורש מלך פרס "יריעות בצבעי יקינתון". מלשון החוק היוסטיניאני עולה אפוא כי מבחינה משפטית התכלת נכללה בארגמן, ולכן נראה שכל החוקים והצווים על דבר הארגמן, מיוליוס קיסר ועד יוסטיניאנוס, לאורך למעלה מחמש מאות שנה, חלו גם על התכלת.

מכאן שלאורך כל השנים הללו, קיום מצוות ציצית באימפריה הרומית היה כמעט בלתי-אפשרי. לבישת בגדי תכלת, ואף עצם החזקתם, היו עבירה חמורה עד כדי סכנת חיים; אפילו אם החוק לא אסר על ענידת פתיל התכלת, ההגבלות שהטילה המלכות על ייצור

החומר גרמו לו בוודאי להתייקר במידה שהוציאה אותו מהישג ידה של הקהילה המרוששת.

חז"ל היו מודעים לקושי הבלתי-נסבל שהציבה המציאות בפני קיום המצווה ככתבה וכלשונה. הם לא ויתרו על המצווה, אבל הציעו מילים של נחמה לאלה שלא עלה בידם לקיימה. "תניא היה רבי מאיר אומר: גדול עונשו של לבן יותר מעונשו של תכלת" (תלמוד בבלי, מנחות מג ע"ב) – כלומר, גדול עונשו של מי שאינו לובש ציצית אפילו עם פתיל לבן, מעונשו של מי שאינו לובש ציצית עם פתיל תכלת. הצמר הלבן זמין לכול, ואין סיבה שלא ללבוש אותו, אך התכלת היא כבר משהו אחר, והקב"ה ודאי יתחשב בנסיבות המציאות המקלות כשיפסוק את עונשו של מי שלא שם את גדילי צבע-השמים על כנף בגדו.

כלב החכמים פיעמה האמונה שיום יבוא וענני מלכות הרשעה יסורו מעל שמי התכלת, וייצור הצבע הנדיר יותר יחודש. על כן הותירו את מסורת התכלת חיה, אם לא בסדנאות הייצור לפחות בבית המדרש, והוסיפו להנחיל את סודותיה מדור לדור. אחת השיחות האחרונות של האמורא הבבלי הדגול אביי, שאף תועדו בתלמוד הבבלי (מנחות מב ע"ב), היתה עם נוסע שבא זה מקרוב מארץ ישראל, שמואל בר יהודה. "הא תכילתא", שאל אותו אביי, "היכי צבעיתו לה?" – תכלת זו, היאך אתם צובעים בה?

אך המאמצים לשמר את הידע ולנצור את פרטי הליך הייצור עלו בתוהו. האזכור האחרון שלו בספרות חז"ל הוא אמירה לקונית מן המאה החמישית על "מר ממשכי", חכם ממקום ושמו משכי, שהצליח להשיג תכלת (תלמוד בבלי, מנחות מג ע"א). הספרות הבתר-תלמודית המוקדמת, מן המאה השמינית, מאשרת שהצביעה בתכלת עברה מן העולם: "ועכשיו אין לנו אלא לבן, שהתכלת נגנז" (תנחומא שלח, טו). נראה שמסורת ענידת פתיל התכלת, וכמוה גם הידע כיצד היו מייצרים את התכלת ואפילו מה היה מקורה הטבעי, נשתכחו מעם

ישראל במהלך המאה השביעית.<sup>49</sup> בארץ ישראל עצמה, הקץ על תעשיית התכלת בא ככל הנראה במחצית הראשונה של מאה זו. אלה היו שנים הרות אסון ליהודים בארץ ישראל. בשנת 614 כבש המצביא הפרסי הססאני שהרבז את ירושלים מידי הביזנטים, והסיר את הציון שעל פי אמונת הנוצרים היה שרידיו של הצלב שישו נצלב עליו. הקיסר הביזנטי הרקליוס הצליח בשנת 629 לכבוש את העיר מחדש ולשקם את הצלב, אך עד מהרה, בשנת 638, כבש ממנו את העיר הח'ליף המוסלמי עומאר. בתוך עשרים שנה נכבשו ארץ ישראל וירושלים לא פחות משש פעמים. כשצבאות ערב שטפו את הארץ, הם הכריתו את כל סממני השלטון הרומיים-ביזנטיים, ובכלל זה את מפעלי הצבע, שכן הם היו נכס מלכותי. הרס סדנאות הצבע והכחדת הקהילה היהודית בארץ קטעו באבחה חדה את שלשלת המסירה של סוד הצביעה ושל זהותו הביולוגית של החילזון. בחלוף הזמן התעבו סביבם ערפילי השכחה.

לשאינם יהודים, אובדן התכלת החלזונית לא היה נורא כל כך, שכן צבע האינדיגו הצמחי, הזול והזמין והזהה במראהו, מילא אותו תפקיד. האינדיגו פתר גם את בעיית היעדרו של הארגמן החלזוני, שכן אפשר היה לערבבו עם צבען אדום כלשהו, אולי תולעת שני, ולקבל את הגוון הסגול המבוקש – כפי שהראה סידני אדלשטיין בגיזת הצמר ממרד בר כוכבא. ארגמן חלזוני אותנטי עדיין בצבץ פה ושם לאורך מאות השנים של המאבק המוסלמי-נוצרי באגן הים התיכון. אך גם לכך הגיע הקץ. בשנת 1453 הביס הסולטן מחמד השני את הקיסר קונסטנטינוס התשיעי וכבש את קונסטנטינופול – ועקבותיה האחרונים של הצביעה בעזרת חלזונות נעלמו. הצבעים והסוחרים הפנו את מרצם אל מחוזות צביעה אחרים, ורזי הארגמונים – זיהוים, לכידתם, מיצוי הפרשתם ואופן הצביעה בעזרתה – גלשו הלאה והלאה אל תהום הנשייה.

## צומח, דומם



לפני שנים רבות ירדה אִם צעירה אל הנהר, להעלות מנחה לרוחות המים. על גבה, עטופה בבד לבן – שכן האדם טרם גילה את סוד הצביעה, וכל הברדים היו לבנים – היתה בְּתָה התינוקת שקועה בשינה עמוקה. בהגיעה לגדת הנהר הניחה האם את הילדה על עריסת עלים והעלתה אש, לבשל מנת אורז למנחתה.

בימים ההם, השמים עוד היו קרובים אל הארץ, וקרובים עוד יותר לנהרות ולאגמים: שם קשה היה לדעת היכן הארץ נגמרת והשמים מתחילים. כה מוקסמת היתה האם מצבעם הכחול הנפלא של השמים שהשתקף במים, שחשה שהיא רעבה לו. בעוד האורז מתבשל לאטו, שברה לה פיסה מן השמים והחלה לאכול. השמים ערבו לחכה עד מאוד, והיא אכלה עוד פיסה ועוד אחת, עד שגברו עליה השובע והכובד ושינה נפלה עליה.

ריחו החרוך של האורז העיר אותה פתאום, ולגודל יגונה גילתה שבשעה שישנה התגלגלה בְּתָה ממצע העלים, ועתה היא מוטלת חנוקה בסבך העשבים הגבוהים. בהרימה את הגוף חסר החיים הבחינה שהילדה נרטבה, ושכתם כחול הופיע על האריג הלבן במקום

שהתינוקת שכבה עליו. האם האומללה התייפחה והתייפחה, עד שנרדמה שוב. שנת חלומות גדולה אפפה אותה.

בחלומה, רוחות המים סיפרו לה שהעלים שהתינוקת ישנה עליהם היו עלי אינדיגו, ושאם רצונה שכחול השמים ירד אל הארץ ויישאר בה עד עולם, כל הדרוש הוא עלי אינדיגו, שתן ואפר. הרוחות ציוו עליה ללמד את נשות הכפר כיצד לצבוע באינדיגו. בתמורה, הוסיפו, יברכו נשות כל הדורות את זכרה, זכר האם הצעירה שהקריבה את בתה והעניקה להם את סוד הורדתו של הכחול אל הארץ.<sup>50</sup>

אגדה ליברית מקסימה זו, כמוה כסיפורים דומים על ראשיתה של הצביעה בחלזונות ים, ממחישה אמונה שאיחדה תרבויות, מקומות וזמנים: האמונה שאריג כחול הוא דבר כה מרהיב, שרק התערבות על-טבעית כלשהי יכולה היתה להנחיל לבני האדם את היכולת ליצור אותו.<sup>51</sup>

לו היתה הצביעה באינדיגו עניין פשוט של ערבוב עלי אינדיגו, שתן ואפר, או לו נדרש לצביעה בעזרת חילזון הארגמון רק מיצוי נוזל מבלוטה של חילזון, ספק אם הצבעים המתקבלים היו זוכים להילת ההערצה שזכו לה. התהליכים המסובכים והממושכים, התמורות הנראות כמעשי כשפים, חילופי הצבע הבלתי-מוסברים מסגול או כחול לצהוב ומצהוב לירוק ומירוק לכחול – הם אלה שהרקייעו את המחירים שהאומנים דרשו ושהבריות היו מוכנות לשלם. הניסיון ליצור צבע כחול מרפיכות חלקלקות או מעלים שעירים של שיחים ירוקים נראה כתביעה לנס, כהתגרות חצופה בחוקי הטבע, כיומרה נואלת לצבוע את הארץ בעין השמים. אבל הניסיון הזה מצליח.

במזרח הקדום, לאורך חופי הים התיכון, מקום שם נולדו הארגמונים ודורות של אומנים ליטשו את מלאכת המחשבת של עיבודם, היתה ההערצה נחלתם של הצבעים שהופקו מחלזונות, ושללהם בלבד.



צבעים אלה היו גאוותו של אגן הים התיכון, והם, ורק הם, נחשבו ראויים לפאר בהם את המלוכה ולסגוד בהם לאלוהים. התלמוד מבטא רוח זו היטב כאשר הוא פוסל את השימוש בקלא אילן, הלוא הוא האינדיגו, ומציע מרשמים, לא תמיד יעילים במיוחד, להבחין בין החיקוי לבין הדבר האמתי. כך, כמו שראינו, חשבו גם ברומא. הצווים הקיסריים נגד שימוש יומיומי בבדים בצבעי תכלת וארגמן לא חלו על צבעים שמקורם באינדיגו – משמע, הללו לא זכו ולו לשמץ של יוקרה. שום קיסר, קיסרית, נסיך או נסיכה שכיבדו את עצמם לא העלו על דעתם לעטות על גופם בדים נחותים כל כך.

במזרח הרחוק ובאפריקה המצב היה שונה. הצביעה בעזרת חלזונות לא היתה מוכרת שם, והאינדיגו נחשב לאציל שבצבעים, למתת האלים שבנדיבותם חננו את האדם ביכולת להוריד לו פיסת שמים. בהודו ובסין העתיקות העריצו הבריות את האינדיגו בשל ערכו האסתטי – או בשל הרווח שהוא הניב לאלה שגידלו אותו וסחרו בו. לימים זינק מעמדו של האינדיגו גם במערב. לאורך מאות שנים הוא נתפס ככחול המהולל החדש, וזכה למעמד שהיה פעם נחלתם הבלעדית של הצבעים ילידי החילזון.



אין זה מפתיע שאגדות כגון זו הליפּרית שסיפרנו לעיל, המציירות את גילוי הצביעה באינדיגו כמתת האלים, סובבות את הגלובוס ומופיעות במגוון צורות בשלל תרבויות. גילוי הראשון של צבע האינדיגו לוט בערפל. איננו יודעים כיצד, מתי והיכן הכול התחיל. סביר להניח שהגילוי היה מקרי ואירע כמה פעמים, בכמה מקומות, באופן בלתי-תלוי. ספק אם אי-פעם נדע מה קדם למה, הצביעה

באינדיגו או הצביעה בחלזונות ימיים; בכל מקרה, באלף השני לפני הספירה שתייהן כבר היו מוכרות. השם אינדיגו עצמו, ששמה האירופי של הודו "אינדיה" מצלצל בו, מרמז שמוצא הטכניקה הזו בתת-היבשת ההודית, ושמשם היא נפוצה על פני כל הארץ, אך אין לדעת אל נכון. במצרים העתיקה נצבעו צמר ופשתן באינדיגו או באיֶסְטִיס – מיובאים או לא. אחד הממצאים המרהיבים בקברו של פרעה תות ענח' אמון (מת בסביבות 1336 לפני הספירה) היה מטפחת ראש צבועה אינדיגו, שאולי הוא חבש בילדותו.

מפורסמים דבריו של יוליוס קיסר על מנהגם של הלוחמים הבריטים הקדומים לצבוע את עורם בכחול: "כל הבריטונים מצטבעים במיץ איסטיס שגונו כחול, המשווה להם מראה מפחיד בשדה הקרב."<sup>52</sup> קיסר דיבר על העם שישב בדרום אנגליה, אך רבים סבורים שהדבר נכון דווקא לפיקטים, עם שהתגורר בסקוטלנד של ימינו. על פי אמונה שאין בידינו די מידע לאמת אותה, הפיקטים – שנקראו כך משום ש-picti בלטינית פירושו "אנשים שנצבעו" – מרחו על עצמם צבע כחול לפני קרבות. מי שצפה בסרט "לב אמיץ", המתרחש בסקוטלנד דורות רבים לאחר שהפיקטים נעלמו, זוכר בוודאי את הלוחמים הצבועים מסצנות הקרב. אם כזה היה גם מנהגם של הפיקטים, יש לשער שהם השתמשו ליצירת האפקט המבהיל בצמח האיסטיס המצוי בארצם.

עדויות מובהקות יותר יש למנהגם של הפיקטים להתקשט בקעקוע כחול. יש מן המומחים הטוענים שאפשר לצבוע קעקוע באיסטיס, אולם אחרים חולקים עליהם. פֶּט פיש, מקעקעת מנוסה הרואה בעצמה צאצאית של הפיקטים, ניסתה ליצור כתובת קעקע בדיו על בסיס איסטיס. היא גילתה, כך כתבה לי, שדיו זה היא "עוצרת דימומים מדהימה. הקעקוע שעשיתי בעזרתה צרב, פשוטו כמשמעו, את שטח העור, וגרם לי לקחת את הבחור האומלל ששימש לי שפן

ניסיונות אל הרופא שלי, שנזף בי קשות על שהשתמשתי בדיו בלתי-הולמת. הקעקוע יצר צלקת, אבל היא הגלידה במהירות רבה, ולא נשאר שום סימן כחול. כל זה גורם לי לחשוב שאולי השתמשו בחומר כדי לאחות פצעי מלחמה."

חוויות דומות לזו של פט פיש עומדות מן הסתם מאחורי האמונה הנפוצה בתרבויות רבות, עתיקות ומודרניות כאחת, בדבר כוחם המרפא של צבעי האינדיגו והאיסטיס. האינדיגו, כך מאמינים, מוריד חום ומחטא, ועל כן משפשפים אותו על הגוף או בולעים אותו. מרשם רפואי הינדי סידהי מציע לערבב אינדיגו ודבש כדי לעזור לשיכוך צהבת ומחלות כבד אחרות. ברפואה הסינית המסורתית האינדיגו ידוע כמנטרל רעלים בדם וכמקל על דלקות, בעוד בדרום אפריקה הוא דווקא מרגיע כאבי שיניים. אפשר לרכוש באינטרנט שמן שיער מקראלה שבהודו, עשוי חלב קוקוס, גרגירי חזרזר ואינדיגופרה טינקטוריה; לגולשים מובטח שהוא מפחית נשירת שיער ועוזר "לגדל שיער ארוך, כהה וזוהר". תכונות החיטוי של חומר האינדיגו הן אולי הסיבה לכך שהצמח מייצר אותו: זהו קוטל חרקים טבעי, או אנטיביוטיקה טבעית, המגן על הצמח מפני מזיקים או מפני שידפון.

הקדמונים לא הבינו, כמובן, את הבסיס הכימי של התהליכים הללו; הם ידעו רק מהן הכמויות הנאותות מכל רכיב ורכיב, ומהו סדר השלבים שאיכשהו מגיע לכדי הפקת צבע נדיר ורב-ערך. בהיעדר הידע המדעי, נקל להבין כיצד צמחו כל האמונות התפלות סביב תהליך הצביעה באינדיגו וסביב הכוחות הטמונים בו. היו, למשל, תרבויות שהאמינו שהצבע מתקלקל אם בשלב מסוים של ייצורו מטלטלת אישה את הכלי שהוא נמצא בו. בתרבויות אחרות הצביעו דווקא על נשים נידות, וסברו שהן עלולות להרוס יכול שלם של שיחי אינדיגו אם יעברו בשדה. באחד מאיי אינדונזיה היו

הצבעים תולים נוצות תרנגולת מעל אתר הצביעה כדי להרחיק רוחות רעות, ובאיים אחרים הקריבו עופות או חזירונים לפני תחילת הצביעה.<sup>53</sup>

מאות רבות של מיני צמחים מייצרים אינדיגו. החשובים בהם הם ניל הצבעים, *Indigofera tinctoria*, ממשפחת הקטניות, המיטיב לגדול באקלים טרופי וסובטרופי, והמכונה בפשטות אינדיגו – ו-*Isatis tinctoria*, הלוא הוא האיֶסְטִיס שהזכרנו לעיל (woad באנגלית, *pastel* בצרפתית), צמח בעל פרחים, קרובם של הכרוב והחֶזֶרֶת, הגדל באזורי אקלים אחרים, ובכלל זה באירופה. רק בשנה הראשונה לגידולם אפשר להפיק מהצמחים צבע; אם מגדלים אותם שנה נוספת, הרי זה לצורך ריבוי זרעים בלבד. בספרה החשוב "אינדיגו" מתארת ג'ני בלפור-פול את התהליך הממושך והמפרך הנדרש להפקת הצבע מהצמח:



ניל הצבעים, *Indigofera tinctoria*.

האתגר האמתי של החקלאים הוא מיצוי הצבע מן העלים... הפקת האינדיגו יכולה להיעשות בשלוש דרכים. ישנה תחילה, השיטה הפשוטה, שבה היו מכניסים עלים טריים היישר לסיר הצבע. בשיטה השנייה, מסת העלים היתה מעובדת ומותססת, אך הצבענים לא היו ממוצים. ובשיטה השלישית, המתוחכמת מכולן, צבעני האינדיגו היה ממוצה במלואו ממסת העלים.<sup>54</sup>

בידי הצבעים היתה אפשרות להניח לעלי האיסטיס להירקב ולתסוס, וליצור מהם כדורים נוחים להובלה. אך צבירי עלווה אלה לא התאימו לייצוא ארוך טווח; הם היו מסורבלים ונטו להעלות עובש. תוצר צמחי הניל, לעומת זאת, היה נוח להובלה בכמויות גדולות. בהודו הקולוניאלית, מטעי אינדיגו לייצוא צבע לאירופה היו מעמודי התווך של הכלכלה. חומר הצבע מוצה בתהליך מסורתי שגבל בטקסיות. ענפי הצמח הושמו במכלי מים והותססו בהם למשך יום וחצי, עד שקצף כחול בעבע אל פני המים. לדבריה של חוקרת הצבע גסטה זנדברג, תזמונו של השלב הבא היה קריטי:

ברגע שהנוזל היה בעל טעם מתוק וצבע כחול כהה, הוא נמזג במהירות ממכל התסיסה למכל שעמד במקום נמוך יותר, שלצדו כבר עמדו נשים וילדות מוכנות עם מוטות במבוק ארוכים בידיהן. כשהמכל התמלא הן החלו לבחוש בנוזל ולהכות בו. בתנועות ריתמיות של הגוף כולו הן הצליפו בנוזל עד שכל פני השטח שלו כוסו בשכבה עבה של קצף, שהיה תחילה כחול אך הלבין והלבין ולבסוף נעלם לגמרי.<sup>55</sup>

המחול המרופש הזה נמשך עוד כמה שעות, עד שנוצרו כתמים של כחול כהה. גושים אלה שקעו לאטם אל הקרקעית, ולבסוף נשלו משם ועוצבו כמעין עוגות. הללו הונחו לייבוש אטי למשך חודשיים או שלושה. בצורה מוצקה זו היה האינדיגו נוח להובלה – וכך אפשר היה לסחור בו בקלות ברחבי העולם.

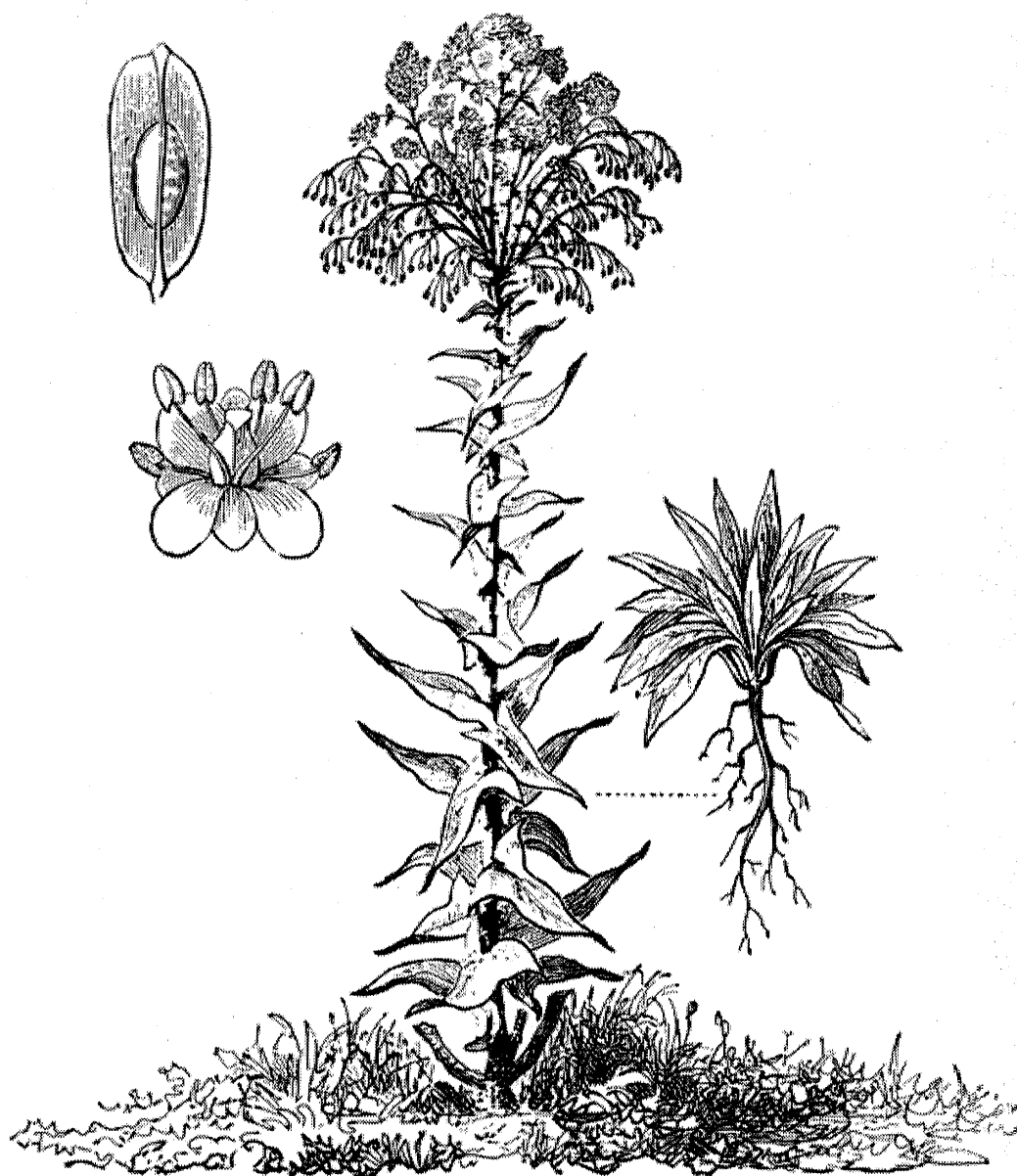
באירופה של ימי הביניים, האינדיגו המיובא, המופק מהניל, היה סחורה יקרת ערך, בעוד תוצר האיסטיס המקומי נחשב נחות ממנו, עלה פחות, והיה נתון לשימוש נרחב, הן כצבען כחול הן כבסיס לצבעים אחרים שכחול מעורב בהם. בשלהי המאה ה-15, כאשר דרכי הים להודו ולסין נפתחו בעקבות מסעו המפורסם של וסקו דה גמה, נעשה האינדיגו לאחת הסחורות העיקריות שיובאו מן המזרח, לצד פריטים אקזוטיים אחרים כגון פלפל שחור, אגוז מוסקט ואופיום.

לאורך שתי המאות הבאות רחשו הימים ספינות של התאגידים בני הזמן, כגון שתי המתחרות הגדולות – חברת הודו המזרחית ההולנדית ומקבילתה הבריטית. הללו הכבירו על שוקי אמסטרדם ולונדון שפע רב, ורווחי ביותר, של אינדיגו. כמובן, היו גם מפסידים: מגדלי האיסטיס המקומיים. הללו יצאו למחות נגד הייבוא המתחרה והנוצץ, שאיים על מקור מחייתם. האינדיגו הנוכרי כונה בשם "צבע השטן", והרשויות החלו להתקין תקנות וחוקים שיגנו על התעשייה המקומית. אָנרי הרביעי, מלך צרפת, קבע בשנת 1609 בחוק דין מוות על כל מי שישתמש ב"סם ההודי המזויף והקטלני". אלא שעם העובדות קשה היה להתווכח: עליונותו של אינדיגו הניל על פני אינדיגו האיסטיס היתה ברורה, ואפילו חוקים מלכותיים לא הצליחו לדכא את השימוש בו. למרות כל הניסיונות לבלום את השיטפון הכחול מן המזרח, גידול האיסטיס באירופה והצביעה בעזרתו גוועו והלכו, והאינדיגו המיובא תפס את מקומו.

מדינות אירופה, שצמחו עתה לכדי מעצמות קולוניאליות, ענו על הביקוש הגובר לאינדיגו בעזרת מושבותיהן בעלות האקלים החם, ופנו לגדל בהן את הצמח רב הערך. דרום קרוליינה, למשל, התגלתה ככר פורה לגידול הניל, והפכה במהירות לספק האינדיגו הגדול ביותר של בריטניה במאה ה-18. האינדיגו נעשה ענף הייצוא השני בחשיבותו באזור; הראשון היה אורז.

זכות הראשונים להכנסת האינדיגו לדרום קרוליינה שמורה לעלמה יוצאת דופן, ששמה היה אילייזה לוקס פינקני. היא נולדה באנטיגואה שבאיי הודו המערבית הבריטיים, התחנכה בלונדון, ובעודה נערה, בשנת 1738, היגרה עם משפחתה לדרום קרוליינה. אביה, שהיה סגן-אלוף בצבא הבריטי, חזר עד מהרה לאנטיגואה, והותיר על שכמה של אילייזה בת השש-עשרה את נטל גידול המשפחה וניהול שלושת מטעיה והעבדים הרבים שתפעלו אותם. השכלתה של אילייזה היתה זו שנערות מסוגה קיבלו בימים ההם: תחומי עניין מכובדים שעוסקים בהם בסלון הבית, כגון צרפתית ומוזיקה; אך באילייזה נבטה אהבה מיוחדת לבוטניקה.

כשאביה שלח זרעי אינדיגו מהאיים הקריביים היא ניסתה אותם בהתלהבות, ואחרי כישלונות אחדים הצליחה לגדלם באקלים החדש. הנערה הנבונה והמעשית חלקה את תגליתה עם חוואים אחרים, ובתוך שנתיים תפח נפח האינדיגו שיוצא מאזור צ'רלסטון פי 25 ויותר – מ-5,000 ליטראות למספר המדהים 130 אלף – והפך בעלי מטעים רבים לעשירים. פינקני המשיכה וניסתה גידולים אחרים, וביניהם תאנים, קנבוס ומשי, והצליחה כל כך עד שהיתה לאישה הראשונה שנכנסה להיכל התהילה העסקי של דרום קרוליינה. כשמתה בשנת 1793, והיא בת שבעים ואחת, הנשיא ג'ורג' וושינגטון היה אחד מנושאי הארון.



איסטיס, *Isatis tinctoria*.

© Hein Nouwens | Shutterstock.com



הפופולריות העצומה של האינדיגו באה לו בזכות הגוון העשיר שלו ועמידותו המרשימה, וסגולות אלו הן פרי תכונותיו הכימיות יוצאות הדופן. הצבעים המבוססים על אינדיגו צמחי ועל חילזון הארגמון מכילים כולם וריאציות שונות של מולקולת האינדיגוטין, ובשל עובדה זו יש להם יתרונות ברורים על פני צבעים טבעיים אחרים. כדי להיתפס באריג, צבעים אחרים נזקקים לעזרתו של מְקַבֵּעַ, חומר מתווך, בדרך כלל ברזל או אלום האשלגן, העוזר לִסְגֹּל את חומר הצבע לסיבי האריג. רק כך מתקבל צבע שאינו דוהה. לעומת זאת, תהליך צביעת בד בארגמון ובאינדיגו מכונה "צביעת יורה" (vat dyeing), שכן תכונותיה של מולקולת האינדיגוטין מייתרות את הצורך בִּמְקַבֵּעַ. ובכל זאת, בצביעת יורה נדרש סיוע כימי אחר. החומר, במצבו הטבעי, אינו מתמוסס במים, ואינו יכול להיתפס באריג. המולקולות חייבות לעבור תהליך כימי הקרוי חיזור (רדוקציה), היפוכו של החמצון, המאפשר להן להתמוסס במים ולהצטרף למערך הסיבי של האריג. בימים עברו השתן עזר לחולל את החיזור. בימינו עושים את המלאכה סוכנים אחרים, כגון נתרן דו-גופרתי. עם החיזור, תמיסת הצבע נראית ירוקה-צהובה. בעת הוצאת החומר ממכל המים וחשיפתו לאוויר הוא מתחמצן שוב, וחוזר לצבעו המקורי. זה הרגע שהאריג הנצבע, שנשלף מהתמיסה, הופך מירוק-צהוב לכחול או ארגמן יפהפיים.

בזכות התהליך הייחודי הזה יכול האינדיגו, להבדיל מרוב חומרי הצבע הטבעיים, לצבוע מגוון רחב של אריגים, ובתוכם כותנה, פשתן ומשי – אם כי חיבורו לצמר הוא החזק מכולם. מהארכיאולוגיה אנו למדים שצבע זה, ממש כמו הצבע המופק מארגמון, שומר על בוהקו מאות שנים.

בצביעה בהיקף קטן, כגון זו שחובבים נלהבים רבים מבצעים בימינו, אפשר להכניס את כל המרכיבים לסיר, ולהניח לכל התגובות

הכימיות להתרחש בו. לעומת זאת, בצביעה בקנה מידה גדול כל שלב ושלב דורש ניטור קפדני. אם העלים אינם מטופלים כראוי, אם התסיסה נמשכת ולו רגע מיותר אחד, אם טמפרטורת הנוזל אינה זו הנדרשת, או אם הצביעה מתחילה בטרם עת – כל שגיאה כזו עלולה להשפיע, בדרך כלל לרעה, על הגוון המתקבל ועל יציבות הצבע. כדי להשיג תוצאות משביעות רצון יש צורך שמומחים יבצעו את התהליך בעצמם, או לפחות יפקחו עליו. לחומציות של הנוזל שבמכל יש חשיבות מכרעת. בהיעדר סולם pH – שהומצא רק ב-1909 – האינטואיציה, יותר ממדידות מדויקות, היא ששמרה פרמטר זה בתוך הטווח הרצוי.

בספר עזר משנת 1806, "המדריך לצובע", תיאר מומחה הצביעה האמריקני אילייג'ה בֶּמִיס שלוש שיטות לבדיקת האלקליות. ראשית, אפשר לשפשף את הנוזל בין האצבעות: תחושה חלקלקה מלמדת על אלקליות גבוהה, ואילו תחושת חספוס מרמזת על נטייה חומצית. שנית, צבעים מומחים יכולים לזהות את ההבדל הדק שבין ריחה של תמיסה אלקלית יותר לריחה של תמיסה אלקלית פחות. ושלישית, אפשר לטבול בחומר פיסה קטנה של בד לניסיון; מידת הברק של הצבע המתקבל משקפת את האלקליות שלו.<sup>56</sup> ג'ון אֶדמוֹנְדס, מומחה בטכניקות צביעה של ימי הביניים, מצטט שיטה נוספת הנזכרת בספרות. הפעם מגויס למשימה חוש רביעי, חוש הטעם: "הלשון תחוש בטעם חריף."<sup>57</sup>

• • •

לבסוף, כשהאינדיגו היה בשיא פריחתו המסחרית, הגיע התחליף המלאכותי. הכימאי היהודי-גרמני אדולף פון-באייר סנתז אינדיגו בשנת 1878, וב-1905 זכה בפרס נובל לכימיה על תגלית חשובה זו

ועל מחקריו פורצי הדרך בצבעים אורגניים. אלא ששיטתו נתגלתה כבלתי-מעשית וכבלתי-רווחית. ב-1880, עוד לפני שחברת BASF\* הגרמנית היתה לענקית התעשייה שהנה כיום, חנכה חברת כימיקלים זו מיזם גדול, בעלות של 18 מיליון מארק-זהב, שנועד למצוא דרך לייצור המוני משתלם של אינדיגו סינתטי. בתום 17 שנות מחקר, בשנת 1897, הגיע המוצר המיוחל אל השוק. להצלחה הובילה, במידה רבה, תאונה.

פריצת הדרך קשורה בשלב מסוים, יקר במיוחד, בתהליך הסינתזה; השלב שבו הנפתלין, חומר המצוי בזפת, מורתח כדי ליצור אנהידריד פתלי (PA). יום אחד, בשעה שמדד את טמפרטורת המכל, שמט הכימאי אויגן זאפר מידו את המדחום. מהמכשיר השבור ניתזה כספית אל תוך התערובת. תוספת זו שיפרה במידה דרמטית את יעילותו של ייצור ה-PA, ועל ידי כך את היעילות התפעולית של התהליך כולו. למדחום השבור היו גם השלכות פוליטיות מרחיקות לכת. האינדיגו הסינתטי החדש של BASF כבש את השוק. התעשייה האירופית נהנתה מעתה משפע צבע זול ואיכותי, ולא נזקקה עוד לאינדיגו הטבעי. בהדרגה חדלו מדינות אירופה לייבא אינדיגו ממושבותיהן.

מקורו העיקרי של האינדיגו באימפריה הבריטית היה מטעים קולוניאליים בהודו, שהוקמו במאה ה-18. בעלי האדמות העשירים, מעמד הזמינדרים, כפו על האריסים לגדל אינדיגו לייצוא במקום יכולים מזינים היכולים לשמש גם אותם, והניצול האכזרי הזה הוליד את מרד בנגל שפרץ ב-1858. עתה, לאחר יותר מיובל שנים, מעמד האצולה הנצלני הזה – בפרט במחוז צ'מפאראן בביהאר שבצפון-מזרח

\* בגרמנית, ראשי תיבות Badische Anilin und Soda Fabrik; באנגלית, ראשי תיבות Baden Aniline and Soda Factory. בשני המקרים, פירוש השם הוא "בית החרושת לאנילין ולסודה בבאדן". האנילין הוא רכיב יסוד באינדיגו, הן הצמחי הן המלאכותי, ובצבעים סינתטיים רבים אחרים.

הודו – ספג הפסדים כבדים בשל התכווצות שוק האינדיגו הטבעי, וגלגל את ההפסדים על החקלאים האריסים. הללו נדחקו לחובות ולעוני. התקוממות חדשה החלה.

המהומות פרצו ב-1914 וב-1916. מהטמה גנדי ביקר בביהאר שנים אחדות לאחר מכן, והתרשם מקרוב ממצוקתם של חקלאי האינדיגו. הללו תבעו מהממשל הקולוניאלי להקל את נטל המסים ולא נענו. כך היתה צ'מפאראן למקום הראשון שגנדי ארגן בו סְטִיאגְרָה, מחאה לא-אלימה בדמות אי-ציות אזרחי המוני. הבריטים הכניסו אותו מיד למעצר, אך שיטת המרי הלא-אלים של גנדי יצאה לדרך, קצרה הישגים, וכידוע הכריעה כעבור שלושה עשורים את הקולוניאליזם הבריטי וסללה את הדרך לעצמאות הודו.

בינתיים, האינדיגו הסינתטי התגלה כרווחי פחות מכפי שקיוותה BASF. מוצר אחר של החברה, האינְדִנְתִּין הכחול, המוכר גם כנייר הפחם הכחול, תפס את מקומו כחומר הצבע הכחול החביב על יצרני הטקסטיל. אך אז, ממש כמו במערבונים שהחלו באותן שנים לרצד על מסכי הכסף, ה"קאובויים" הגיעו להציל את המצב. לוי שטראוס היה סוחר בגדים שהיגר מבוואריה לניו יורק, ומשם, בעקבות גילוי הזהב בצפון קליפורניה, לסן פרנסיסקו. ג'ייקוב דייוויס מהעיר רינו שבנוודה היה שותפו העסקי. יחד הם המציאו מכנסי עבודה עמידים במיוחד, הלוא הם מכנסי הג'ינס. בני הנוער האמריקנים אימצו את המכנסיים המשופשפים בשנות החמישים – בצבע שכולם אוהבים, כחול אינדיגו – והמבוגרים לא חיכו הרבה עד שהלכו בעקבותיהם. מכנסי הג'ינס עשויים דְנִים, סוג של אריג כותנה המתייחד בין היתר בכך שהאינדיגו אינו נתפס בו כפי שהוא נתפס באריגים אחרים כה רבים. הצבע מחוויר עם הזמן, ונותן לג'ינס את המראה המשופשף הידוע, הממשיך עד היום לנוד על גליה העולים והיורדים של האופנה. יותר ממיליארד זוגות של מכנסי ג'ינס מיוצרים מדי שנה

ברחבי העולם, ומבססים את מעמדו של האינדיגו כמלך הצבעים.  
 כל ההתפתחויות הללו, שייעלו בהתמדה את ייצור האינדיגו עד  
 שהעבירוהו מהשדה אל המעבדה, אין להן קשר למצוות ציצית. רק  
 התכלת האותנטית המופקת מהחילזון כשרה להיקשר בכנפי הבגד.  
 מאז אבד סוד הפקת התכלת מהחילזון העדיפו היהודים לשים על  
 בגד ארבע הכנפות פתילים לבנים של צמר לא צבוע – ולא לצבוע  
 את הפתילים בתחליפי התכלת הצמחיים והמלאכותיים, הזהים  
 לחלוטין בצבעם למקור אך נתפסים, מבחינה הלכתית, כזיוף.  
 כך היה מאות על מאות של שנים. עד שהסתמן שינוי.

## ח

# דין דיונון

על החוזה מלונפליין, מגדולי החסידות, סיפרו שהיה רואה מסוף העולם ועד סופו, וגם אל תוך נפשו של הזולת. כששמע החוזה על עילוי צעיר בעל נפש סוערת שלח שליחים למצוא את הנער ולהביאו אליו. אך ראה החוזה את הנער, וכבר אמר לו מה יש בתוך כיסיו. "באתי לכאן ללמוד מחוכמתך, לא לראות נסים ונפלאות," השיב הצעיר מהיר הלשון, שלא היה נרעש ואף לא נרגש.

ההתחלה היתה סימן לבאות. מכאן העילוי, מכאן החוזה, ולא קרב זה אל זה. התלמיד הבין עד מהרה שלא בלונפליין ימצא את אשר ביקשה נפשו: במקום אחר יוכל לעלות גבוה יותר במעלות התורה והיראה. הוא עזב את לונפליין ונסע לפשיסחא, להתאבק בעפר רגליו של צדיק אחר, הלוא הוא "היהודי הקדוש". מחוות נימוס ומוסכמות חברתיות כגון נטילת שלום לפרדה לא היו בראש מעייניו של הנער, והוא נסע בלי לומר דבר לחוזה.

בלכתו בשביל המוביל מבית המדרש והלאה שמע קול. האם היה זה תלמיד אחר שקרא לו? או אולי בת קול משמים? ואולי קול מנבכי נפשו? "כאשר עשית כן ייעשה לך. אתה, מנחם מנדל, הסתלקת בחטף מעם רכך וציערת אותו, וכך יעשה לך יום אחד גדול תלמידך."

תנועת החסידות היתה, בין היתר, תגובת נגד להתבססות מעמדו של לימוד הגמרא וההלכה כפסגה הרוחנית הבלעדית בקרב היהודים. התנועה שייסד רבי ישראל בעל שם טוב במאה ה-18 באוקראינה התפשטה במהירות. בייחוד עשתה נפשות בקרב העניים ואלה שהיו מחוץ למעגלי הלמדנות. דיברה אל לבם הבשורה החדשה, שעל פיה אהבת ה' כנה, הזוכה לביטוי בתפילה עמוקת כוונות ושמחה, בשירה ובריקוד, היא משמעותית לא פחות מהישגיה הלמדניים של אליטת בית המדרש. אלפי חסידים דבקו בצדיקים, ממשיכיו של הבעל שם טוב, אנשים אשר רוח בהם וחוכמה ויראה בלבם, שכוננו שושלות של הנהגה רוחנית – חסידויות משלהם. רבים מהחסידים ראו באדמו"ריהם, ראשי החסידויות, עושי נפלאות שיש להם גישה ישירה אל העולמות העליונים. התואר המסורתי "רב", שדבקה בו קונוטציה של סמכות ומומחיות הלכתית, הוחלף בפיהם בכינוי רבי, או רֶפֶה בהיגוי היידישאי – המעלה על הדעת בעיקר את ההיבט הרוחני והמוסרי.

מנחם מנדל מצא במהירות את מקומו בפשיסחא, ושמו הלך לפניו כגדול המתמידים וגדול העילויים. הוא שתה בצמא ממעיינות חוכמתם של גדולי החסידות, ובהגיע הזמן הקים חצר לעצמו, התיישב בעיירה קוצק ומשך אליה חסידים ותלמידים. עוד בטרם מלאו ארבעים למנחם מנדל, הלוא הוא הרבי מקוצק, יצא למרחוק שמעו של מוחו החד כתער, חריפותו המאכלת, ונוהגו הקשה, התובעני, חסר הסבלנות, עם חסידיו. אחד מהם היה מרדכי יוסף ליינר מהעיר טומשוב. הוא כבר היה רב גדול בפני עצמו עוד כשהצטרף לחסידי הרבי מקוצק.<sup>58</sup>

בתקופה שבין השנים 1826 ו-1839 נעשה הרב ליינר לחסידו הבולט ביותר של רבי מנחם מנדל. "הארי שבחבורה" כינו אותו. אולם הבודלי ההשקפה בינו לבין רבו ייסרו את מצפוננו והסעירו את

נפשו. הרבי מקוצק סבר שהדרך אל הקדושה עוברת בהתבוננות פנימית אכזרית ובביקורת עצמית בלתי-מתפשרת על כל מחשבה ועל כל פעולה. נכון, רק מתי מספר יכולים לעמוד בכך, אבל איכותם של המעטים הללו שקולה כנגד פמותם של התלמידים הרבים שאינם יכולים לעמוד ברוחו הלוהטת של הרבי. גישה אליטיסטית זו נגדה את מזגו של הרב ליינר, ולא הלמה את משנתם של האבות המייסדים של תנועת החסידות כפי שהכירה: הרי מה היתה החסידות בראשיתה אם לא מחאה נגד האליטיזם הרבני שהתמקד אך ורק בד' אמות של הלכה ומצוינות למדנית? ככל שחלפו השנים התרחב פער ההשקפות בין רבי מנחם מנדל לבין חסידו הרב ליינר, עד שלבסוף לא יכול עוד החסיד לעמוד בכך.

לאורך השנים הללו נתקבע בחצר קוצק הנוהג לכבד את הרב ליינר בהקפה השישית, המכובדת במיוחד, בריקודי ליל שמחת תורה. עד שבאה שנה אחת שספר התורה ניתן בידי אחר. זה היה בעיניו אות לכך שהרבי אינו רוצה בו עוד, בחסיד החולק על דרכו; שדעותיו הוציאו אותו אל מחוץ למחנה; שכבר אין לו מקום במעגל הקוצקאי.

העלבון הבוטה כמו הצית רמץ כבוש שהצטבר בלבו של הרב ליינר בשנות ההתרחקות הסמויה. הוא קם, ואחריו קבוצת חסידים שאהדה אותו, ועזב את בית המדרש בלי לחכות לסוף ההקפות. הוא לא חזר למחרת לתפילת שחרית, ולא שב גם בליל השבת שלאחר מכן. כך קמה חסידות ראדזין, והוא היה הרבי הראשון שלה.

צער רב הצטער הרבי מקוצק על הסתלקותו של גדול תלמידיו. היה בה משום ערעור על לב לבה של הקוצקאיות – שכן אם המטרה היא להביא לשלמות את המעטים המובחרים, מי לו מועט ומובחר, מסלֶת ומנפֶה, כרב ליינר עצמו? אם אין ר' מרדכי יוסף ליינר מודה בצדקת דרכו של הרבי, כל המבנה הרוחני שפנה עומד על כרעי תרנגולת.

רבי מנחם מנדל נשבר. הוא קרב אל שולחן סעודת השבת – ומה



שקרה מרגע זה ואילך הוא עניין למחלוקת לוחטת.<sup>59</sup> על פי גרסה אחת, הרבי עשה את הבל-ייעשה: הוא כיבה את נרות השבת, מעשה מובהק של חילול שבת.

"לית דין ולית דין", קרא בחמתו. אין דין ואין דין. דממה נפלה על החרד. דממה נפלה על הרבי. ואז הוא קם מן השולחן, רץ אל חדרו שבעלייה, ושם נשאר, מסרב לצאת, עשרים שנים תמימות, עד לפטירתו.

חסידיו של הרבי מקוצק לא סלחו אף פעם לרב ליינר על בגידתו ברבם, והאיבה עברה גם לדורות הבאים. היתה לכך השפעה עזה על חיי האדמו"רים הבאים בשושלת ראדזין, וביניהם נכדו של הרב מרדכי יוסף, רבי גרשון הניך (חנוך) ליינר.



חותמת האדמו"ר מראדזין.  
ארי גרינספן, tekhelet.com

גרשון הניך נולד ב-1839 והיה ילד מחונן במיוחד. פעם אחת, כשהיה בן ארבע, שיחק בחצר סמוך לחלוננו של סבו, ומהחלון נשמעו דבריו של מלמד-שיעור, שאמר שבקטע מסוים בתורה יש תשעים ושש אותיות. גרשון הניך הקטן העיר מיניה וביה כי ספירה זו נכונה רק אם מונים פעם אחת בלבד כל מילה, גם אלו החוזרות ומופיעות

שוב בקטע. יכולותיו הלמדניות של הילד הרקיעו שחקים. בן שש-עשרה החל בחיבור ספרו "סדרי טהרות", שריכוז את החומר התלמודי הנוגע למסכתות קשות מסדר טהרות במשנה שלא זכו לגמרא משלהן, וערך אותן לכדי מעין מסכת תלמודית שסביבה פירושים פרי עטו בסגנון רש"י ותוספות. עשר שנים שקד על יצירת המופת שלו, והביקורת היחידה שנמתחה עליה היתה שהלומדים אכן עלולים לחשוב שאלו מסכתות גמרא אותנטיות.

אחרי פטירת אביו, רבי יעקב ליינר, הוכתר רבי גרשון הניך כאדמו"ר מראדזין. סגנון מנהיגותו היה הפוך מזה של אביו הזהיר וההולך בתלם. רבי גרשון שפע יוזמות, חידושים ורעיונות רדיקליים. "מדוע אינך יכול להיות דומה יותר לאביך?" שאלו אותו פעם. שעל כך ענה, "מה זאת אומרת? אני דומה לאבי בדיוק. אבי היה בעל מזג הפוך לגמרי מזה של אביו – וכך גם אני, מזגי הפוך ממזג אבי!"

סקרנותו לא ידעה שובעה, וחקרנותו לא ידעה גבולות. הוא השתלט במהירות על האוקיינוס העצום והמורכב של התורה, ורכש מומחיות מיוחדת ברבים מחדריה המוכרים פחות, אך במידה לא פחותה התוודע מקרוב לחוכמות החיצוניות, הידע המדעי והטכנולוגי של זמנו. מחוכמת ההנדסה, למשל, קנה לו האדמו"ר האוטודידקט די צורכו כדי לתכנן טחנת קמח שהפיקה מדי יום ביומו אלפי קילוגרמים של קמח. הוא לימד את עצמו גם רוקחות, וכתב מרשמים שהוכרו בבתי המרקחת הפולניים.



בשנת 1887 הגיע רבי גרשון הניך לידי החלטה דרמטית. אין זה מתקבל על הדעת, חשב, שהיהודים ימשיכו להתעלם ממצוות "עשה" מן התורה. הגיע הזמן ללמוד שוב כיצד לייצר את צבע התכלת ששימש את אבותינו לציצית. פירוש הדבר שיש לזהות את ה"חילזון", אותו יצור מסתורי המוזכר בתלמוד שהתכלת הופקה מגופו. כשנשתכחה אומנות הכנת התכלת מעם יהודי ארץ ישראל, במאה השביעית, נשכח גם הידע על מקורו הימי של הצבע. אמנם פליניוס נקב בשמותיהם של ה-*Purpura*, ה-*Conchylum* וה-*Buccinum*, וציין שיש להם "זרכוביות בעלות בליטות וחריצים", והתלמוד תיאר את

התכלת כ"דומה לים", אך תיאורים כלליים אלה אין בהם כדי לאפשר זיהוי. הידע התיאורטי והמעשי הנדרש לזיהוי בעל החיים הנכון, כמו גם ללכידתו, להפקת הצבע ולביצוע תהליך הצביעה – דעך כולו לכדי זיכרון רחוק, מעורפל ומתעתע. יתרה מכך, בקרב פוסקי ההלכה אין אחדות דעים באשר לקיום קשר בין הארגמן הצורי לבין ה"חילזון" שהפיקו ממנו את התכלת. הדעה הקושרת ביניהם אפילו אינה דעת רוב. רבים האמינו שה"חילזון" לא השתייך כלל לעולם הטבע, אלא היה יצור נסי ייחודי שנברא אך ורק לצורך הפקת התכלת ואך ורק לשימושם של היהודים. היו אפילו מן החכמים שבעזרת פלפול תלמודי יפהפה הוכיחו שהתכלת של בגדי הכוהן הגדול איננה התכלת של הציצית: כל אחת מהן מקורה בבעל חיים אחר – אף כי לשני בעלי החיים הללו קוראים חילזון, ואף כי גוני שתי התכלות זהים זה לזה ולתכלת השמים.

כמה מן ההבראיסטים הנוצרים במאות ה-18 וה-19 קשרו בין ה"חילזון" הנזכר בתלמוד לבין בעלי החיים שאנו קוראים להם היום חלזונות. וילהלם גזניוס, החוקר הגרמני הדגול של המקרא והלשונות השמיות, כתב על *Purpurschnecke*, "תולעת ארגמן" – חילזון המפיק חומר צבע בעל גוון כחול-סגול. הרב ישראל ליפשיץ, בעל הפירוש על המשנה "תפארת ישראל", התעניין אף הוא בנושא. הוא הכיר את הצעתו של גזניוס אך דחה אותה, משום שסבר שצבע התכלת הוא צבע השמים, כולו כחול ואין בו שום מרכיב סגול. הרב ליינר הכיר כנראה אף הוא את הספרות בנושא, אך דעתו היתה כדעת הרב ליפשיץ, שהתכלת צריכה להיות כחולה לגמרי, ולכן לא הביא בחשבון את חילזון הארגמן. שאלת זיהוי התכלת היתה לדידו שאלה פתוחה, והוא גמר בדעתו לחפש בעצמו את פתרונה, כדי להחזיר את עטרת מצוות הציצית ליושנה.

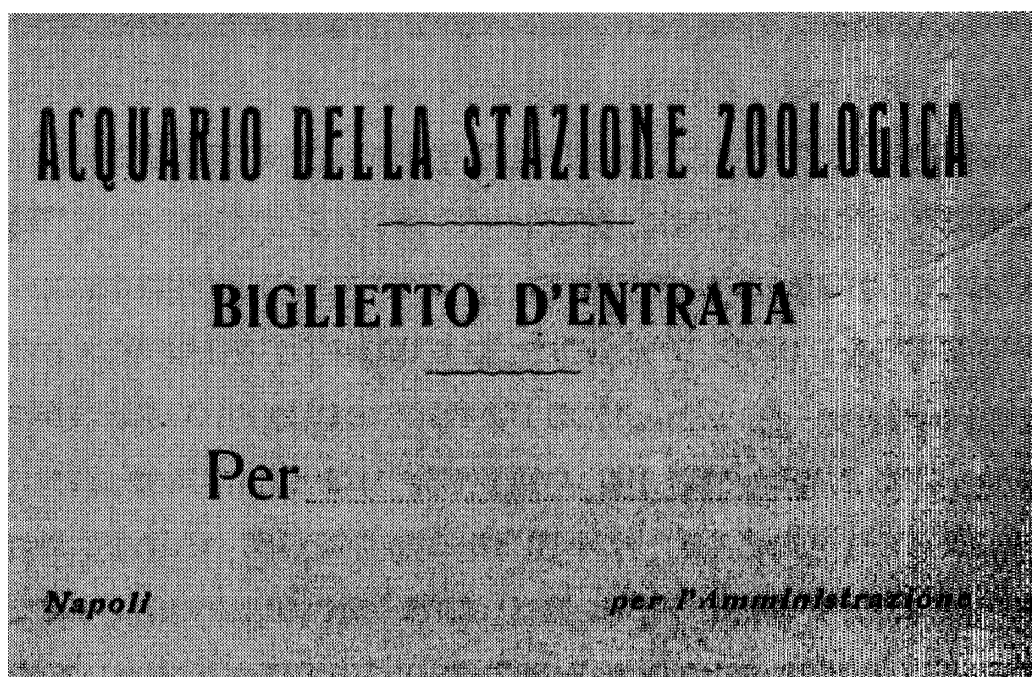
מה פשר ההתעוררות הפתאומית והבהולה הזאת, לגלות את מה

שהיה אבוד מזה מאות שנים? עם התעוררותה של חיבת ציון, ותחילת פעילותם של מבשרי הציונות, באמצע המאה ה-19, החלו הוגי דעות יהודים לתהות איך תיראה המולדת היהודית המתחדשת, ואילו הזדמנויות חדשות היא תציע בתחום שמירת המצוות. מבחינה דתית, שיא השיאים של הגשמת הכמיהה לציון הוא בניין בית המקדש וחידוש העבודה בו; ותנאי חיוני לעבודת המקדש הוא בגדי הכהונה. לבגדים אלה נדרשת תכלת.

הרב ליפשיץ, בן זמנו של הרבי גרשון הניך ומבוגר ממנו, גרס שצבע התכלת הנדרש לקיום מצוות יכול להגיע מכל מקור שהוא, בתנאי שהוא עמיד, אינו דוהה ואינו נשטף. האדמו"ר מראדזין לא קיבל זאת. הוא התעקש וטען שרק צבע שהופק מה"חילזון" יהיה כשר – ובכך הציב, לכאורה, מכשול בלתי-עביר בדרך להגשמת חלום הדורות. עתה, הכול היה תלוי בזיהוי החילזון. לכשיזוהה אפשר יהיה לגשת לגילוייה המחודש של שיטת הצביעה. וכל זה – תנאי מוקדם לבניין בית הבחירה.

האדמו"ר מראדזין, רבי גרשון הניך ליינר, יצא אפוא לדרך, למצוא את מקורו הימי של צבע התכלת. הוא לקח עמו את בנו ועוזר אחד, נפרד לשלום ממשפחתו ומקהל חסידיו ומביתו שבפולין, ונסע דרומה, אל עיר הנמל האיטלקית נאפולי.

שנים ספורות קודם לכן נחנך ה"אֶקוואריו די נאפולי", גן החיות הימי הראשון שנפתח אי-פעם לציבור הרחב. שם, באוסף הגדול ביותר של יצורי הים התיכון שהיה זמין לחוקרים ולמתעניינים, החל הרב ליינר להתחקות אחר ה"חילזון" החמקני. נפעם ומשתאה כתב בסגנון הרבני הישן והנמליץ: "והוא שדרות בניינים חדרים בנויים מזכוכית לבנה, ומי הים תמיד יחלופו חליפות. ובהם כל חיית הים הולכים חופשים ויתראו על ידי כותלי הזכוכית. ושם יתראה כל חיה בכל תהלוכותיה וסדר מאכלה והילוכה וכל פרטי מעשיה."<sup>60</sup>



כרטיס כניסה לאקווריום נאפולי, שלהי המאה ה-19.

ארי גרינספן, tekhelet.com

חודשים רבים שהה הרב ליינר מול "כותלי הזכוכית" הללו, מתבונן ביצורים השוחים בהם, מנסה למצוא במי מהם מימוש לתיאורים המעורפלים-לעיתים שפוזרו בתלמוד, לפני שנות אלף ומחצית האלף, בדבר טיבו של ה"חילזון". אחדים מתיאורים אלה, הקשים שבכולם, סתרו את עובדות הטבע: "ועולה אחד לשבעים שנה", למשל (תלמוד בבלי, מנחות מד ע"א). הרב ליינר ראה בהם גוזמאות שאין לפרש את משמען כפשוטן. אבל את הרמזים האחרים, המתארים תכונות פיזיולוגיות מתקבלות על הדעת, הוא החשיב גם החשיב. "צא ולמד מן החלזון, שכל זמן שהוא גדל נרתיקו גדל עמו", נאמר במדרש שיר השירים רבה (ד, כג), ומכאן שרק יצור בעל קונכייה או מעטה סחסי יכול להימנות עם המועמדים; ו"החלזון יוצאין מן ראשו פתילים כפופים כמין אונקלאות ויתדות כפופים העשויים בראש שלשלת הכלים לתלותן על הכותל".<sup>61</sup> בסך הכול מנה האדמו"ר מראדזין

עשרה מאפיינים שחייבים להתקיים ב"חילזון", והוא פירט אותם במאמר "שפוני טמוני חול" שחיבר עם שובו לפולין.

מסקנתו של האדמו"ר, בתום שהותו באקווריום של נאפולי, היתה שיש חיה כזאת. הוא זיהה מין מסוים של דיונון שענה לדעתו על הדרישות, והכריז כי היצור המוזר הוא-הוא ה"חילזון" המיוחל.

היצור, דיונון הרוקחים, *Sepia officinalis* בשמו המדעי, אכן מקיים רבות מהתכונות המתוארות בתלמוד. הבולטת מכולן: בעת סכנה הוא מפריש נוזל דמוי דיו, לכלבל את האויב. שמו העברי של היצור מדבר בעד עצמו (נון פירושו דג), וכך גם שמו הגרמני, *der Tintenfisch* – דג הדיו. הצבען שבשלפוחית הדיו של הדיונון שימש דיו-סופרים לאורך מאות שנים, והוא ממלא תפקיד נכבד בתמונותיהם של גדולי הציירים האירופים, בתוכם ליאונרדו דה-וינצ'י ורמברנדט ואן-ריין.

האדמו"ר היה משוכנע שמצא את החילזון, אך עמדה בפניו בעיה גדולה שפתרונה לא נראה באופן: הצבע. הדיו שהיצור מפיק היא בגוון מסוים של חום כהה. בלשונות אירופיות המילה סְפִיָה, המצויה בשמו המדעי של הדיונון, אף משמשת לציון הצבע הזה. התכלת, כזכור, אמורה להיות בצבע השמים. הרב ליינר היה מודע לכך, וככל הנראה התייעץ עם כימאים. לבסוף הצליח להפיק מהפרשת הדיונון דיו כחולה.

הרבי מראדזין גילה את הרז. הוא חזר לעירו כמנצח. בתחילת חורף 1891 כבר עמד שם על מכונו בית חרושת לצבע, שייצר פתילי תכלת על בסיס דיונון. בתוך שנה אחת יוצרו שם פתילים שהספיקו ליותר מעשרת אלפים טליתות וטליתות-קטן, וחסידי ראדזין לבשו אותן בהבלטה.

אלא שלא כולם הסכימו עם הרב ליינר. ההתקפות על הזיהוי שלו לחילזון לא איחרו לבוא, והן באו מכמה כיוונים. באחדות מהן נמסכו מניעים פוליטיים. חסידי קוצק עוד לא שכחו כיצד נטש סבו

של הרב ליינר את רבם והקים חצר משלו; לא שכחו וגם לא סלחו. הם העמידו את התכלת החדשה במוקד מתקפה אכזרית, שלעתים היתה אישית יותר מכפי שהיתה עניינית.

אחרים העלו טיעונים לגופו של עניין. המרכזיים שבהם היו שניים. ראשית, הצבע הכחול של ראדזין דוהה עם הזמן, ושטיפה בעזרת סבון מוחה אותו, בעוד על פי המסורת התכלת היא צבע עמיד; בלשונו של הרמב"ם: "התכלת האמורה בציצית צריך שתהיה צביעתה צביעה ידועה שעומדת ביופייה ולא תשתנה."<sup>62</sup> והבעיה השנייה: התלמוד מדגיש שיש ליטול את הצבע מהחילזון בעודו בחיים, "דכמה דאית ביה נשמה טפי נחא ליה כי היכי דליציל ציבעיה" (ככל שרבה בו החיות, צבעו טוב יותר; תלמוד בבלי, שבת עה ע"א) – ואילו הרב ליינר השתמש בדיונונים מתים.

כדי להגן על עמדתו ולהשיב לביקורת, וגם כדי לספק מידע מפורט יותר על כל ההיבטים של דיני התכלת, כתב הרב ליינר עוד כמה ספרים בנושא. האחרון שבהם הופיע לאחר מותו. האדמו"ר הדגול מראדזין נפטר שנים מעטות לאחר תגליתו המרשימה, והוא אך בן חמישים ושתיים. בחייו הקצרים הספיק להגשים את משאלתו הגדולה, וזכה לראות רבבות יהודים שמים על כנפות בגדיהם את פתילי התכלת, פירות מאמציו.

כס המנהיגות, ואיתו השליחות להגן על זיהוי התכלת הראדזיני, עבר לבנו של רבי גרשון הניך, מרדכי יוסף אלעזר, שליווה את אביו במסעו הגורלי לנאפולי ושהביא לדפוס את ספרו האחרון, והמקיף ביותר, על התכלת. כשהלך לעולמו בשנת 1929 ירש אותו בנו, שמואל שלמה, נצר אחרון לבני שושלת ליינר.

באביב 1941 הוכנסו יהודי ראדזין לגטו, ונראה היה שגורלם נחרץ למוות. האדמו"ר, שנודע בכינוי החיבה ר' שלוימל'ה ראדזינר, הגיע למסקנה שמוטב כי חסידיו יברחו ליערות פולין העצומים ויצטרפו

לפרטיזנים הלוחמים בנאצים. דבר החלטתו הגיע עד מהרה לשלטונות. כשהחלו הנאצים לחפש את הרבי, יעצו לו מקורביו לעזוב את ראדזין ולהתחבא בעיירה הסמוכה ולודוה.

שבועות ארוכים חיפש הגסטאפו את הרבי מראדזין והעלה חרס בידו. בוקר אחד כותר הגטו. הנאצים ירו אש אקראית, והרגו עשרות אנשים. מפקדם הודיע לנציגי היהודים כי אם לא יסגירו מיד את הרבי מראדזין, כל יהודי העיירה ייהרגו. בלי להסס קם יעקב וולף, עוזרו הנאמן של ר' שלוימל'ה, לבש את מעילו של הרבי והסגיר את עצמו לידי הקצין הנאצי, בהציגו עצמו כרבי מראדזין. המפקד ירה בו למוות על המקום, והחיילים נסוגו.

לא עברו ימים ספורים, ולגסטאפו נודעו דבר ההתחזות ודבר בריחתו של הרבי לוולודוה. עתה יצאו החיילים לכתר את גטו ולודוה, בדרישה זהה: "הרבי – או החיים." ר' שלוימל'ה, שלא ידע על מה שהתחולל בראדזין, התעטף בטלית שהוריש לו סבו, הרב גרשון הניך, ויצא אל הנאצים. הם הצעידו אותו לבית הקברות של ולודוה, וכשהגיע לשער דחף אותו קצין אחד פנימה בגסות. ר' שלוימל'ה ראדזינר הסתובב לאחוריו וירק בפניו של הקצין הנאצי. בחמת זעם ירה בו הלה למוות על המקום. ר' שלוימל'ה נפל ארצה. פתילי התכלת הראשונים שצבע סבו באיטליה, כמחצית המאה קודם לכן, האדימו בדמו.<sup>63</sup>



המחלוקת על התכלת של ראדזין הוסיפה לבעור שנים רבות לאחר ימיו של ר' גרשון הניך. ההתנגדות הנחושה לבשה לא פעם אופי תוקפני. שאלות הלכתיות נשלחו לרבנים ולפוסקים ידועים: האם החסידים השמים בבגדם את התכלת החדשה רשאים להיקבר בבית



קברות יהודי, לצד יהודים ששמרו על מסורת הציצית הלבנה?  
המחלוקת קרעה משפחות, וגרמה למריבות ולטינה בקהילות. היא  
חרגה אל מחוץ לפולין, ואפילו אל ירושלים העתיקה הגיעה.  
רב אדוק וסגפן היה בירושלים, ושמו הלל גלבשטיין, שזכה  
שנים רבות קודם לכן ללמוד חודשים אחדים בבית מדרשו של הרבי  
מקוצק, סמוך לפני מותו. הרב גלבשטיין אסר מלחמה על התכלת  
החדשה. הוא יצא חוצץ בקריאה לסלק מתפקידים ציבוריים כל מי  
שענד אותה, ופסל אנשים כאלה לעדות. בצלוח עליו פעם אחת רוח  
הקנאות, משך מכתפיו של אדם נשוא פנים את טליתו שהיו בה  
פתילי תכלת ראדזינית, והעלה אותה באש בחצר בית הכנסת.  
המתנגדים התמידו בביקורתם, אך לא הביקורת וגם לא העוינות  
הרתיעו את חסידי ראדזין. ועדיין, השאלה המהותית נותרה פתוחה:  
האם הצבע הכחול שרבי גרשון הניך גילה וייצר היה תכלת אותנטית?  
האם הדיונון ממין ספֶּיָה אופֶּיִצִּינְלִיס הוא החילזון של חז"ל?  
שוב קם רב גאון ומלומד, אוטוֹדִידקט רב־תחומי, וניסה להכריע  
בסוגיה אחת ולתמיד.

ט

## כחול אמת



סְלוֹנִים שְׁבָרוּסִיה הִלְבְּנָה הִיתָה עֵיִירָה קִטְנָה עִם קָהִילָה יְהוּדִית גְּדוֹלָה. רַבָּה נֹודַע בְּשַׁעֲרֵים כָּל־מִדָּן וְכַפּוֹסֶק דָּגוּל, וְעַל כֵּן נִשְׁלַחוּ אֵלָיו מֵרַחוֹק וּמִקְרֹוב שְׁאֵלוֹת הַלְכָּתִיּוֹת בְּשִׁלָּל נוֹשָׁאִים. אֵךְ אִיגְרָת אַחַת שֶׁקִּיבַל הוֹתִירָה אוֹתוֹ נְבוֹךְ וְסִקְרָן. לֹא הִיתָה בָּהּ שְׁאֵלָה הַלְכָּתִית אוֹ מִשְׁפָּטִית מִהַסּוֹג הָרְגִיל – כִּי אִם מֵאִמֵּר פֶּרֶשְׁנִי מִפּוֹלְפֶּל עַל סוּגִיּוֹת מִכְתָּבֵיו שֶׁלוֹ עֲצָמוּ. וְתִמּוּהַ מִכָּךְ: הַכּוֹתֵב, שֶׁנִּיכָר בּוֹ הֵיטֵב שֶׁהִיָּה בְּעַל מוֹחַ מִבְּרִיק וְיָדַע מִקִּיף בַּחֲדָרִיהַ שֶׁל הַתּוֹרָה וּבַחֲדָרֵי חֲדָרֶיהָ, לֹא הִזְדַּהָה.

הָאִיגְרָת הַגִּיעָה מִלִּידָס שְׁבַצְפּוֹן אֲנַגְלִיָּה, הָרַחוּקָה מִלִּין רַבִּים, וּמִלִּין תּוֹדַעֲתִיִּים רַבִּים עוֹד יוֹתֵר, מִמֶּרְכָּזֵי הַתּוֹרָה וְהַחַיִּים הַיְּהוּדִיִּים שֶׁל מִזְרַח אִירֹופָה. אֵךְ הִיא הִיתָה כְּתוּבָה עִבְרִית רַב־נִית מִסּוֹרֶתִית, הַ"לִּינְגוּאָה-פְּרָאנְקָה" הַיְּהוּדִית שֶׁאִפְשָׁרָה בְּמִשָּׁךְ מֵאוֹת רַבּוֹת שֶׁל שָׁנִים לִיְהוּדִים מֵאַרְבַּע כִּנְפוֹת תָּבֵל לִתְקַשֵּׁר זֶה עִם זֶה בְּעִנְיָיִם דְּתִיִּים וּבְעִנְיָיִם אַחֲרִים. הָרַבִּי מִסְלוֹנִים שָׁמַע אֶת שְׁמַעַם שֶׁל כָּל גְּדוֹלֵי הַתּוֹרָה בִּימֵיו, וְלֹא הִצְלִיחַ לְהַעֲלוֹת בְּדַעְתּוֹ שׁוֹם יְהוּדִי מִלִּידָס הַמְּסוּגָל לִבְטָא לְמַדְנּוֹת תּוֹרֵנִית מִעֲמִיקָה, מִקִּיפָה וּמִקּוֹרִית כְּמוֹ זֶה שֶׁזֶּהָרָה מִן הַנִּיִּיר שֶׁבִידּוֹ. כִּשֶּׁהִצְלִיחַ לִבְסוֹף לַחֲלֹץ מֵהַכּוֹתֵב אֶת זֶהוּתּוֹ,

נדהם: זה היה בחור בשנות העשרה לחייו שמעולם לא למד בישיבה ושענוונותו מנעה בעדו מלחתום בשמו.

יצחק אייזיק הלוי הרצוג נולד בפולין ב-1888, והיגר עם משפחתו לאנגליה כשהיה בן תשע. אביו שימש רב בלירס, ובחר לטפח את השכלתו התורנית של בנו בעצמו, בבית, במקום לשלוח אותו לבית הספר. זמן מה לאחר מכן בחן אותו בבחינות קשות הרידב"ז, הרב יעקב דוד וילובסקי, אחד מגדולי הדור שביקר אז באנגליה – והתרשם שיצחק הצעיר הוא מגדולי בעלי התלמוד בני הזמן בעולם כולו. בטרם מלאו לו עשרים קיבל הרצוג סמיכה רבנית משלושה רבנים גדולים, ביניהם הרידב"ז והרבי מסלונים.<sup>64</sup>

הרב הרצוג הצעיר, עילוי שבעילויים, לא היה עשוי בתבניתם הטיפוסית של גאוני התורה ממזרח אירופה. הללו חששו בדרך כלל מן המודרנה והתרחקו מחוכמות חיצוניות. השכלתו של הרב הרצוג, לעומת זאת, חרגה הרבה מעבר לארבע אמות של תורה והלכה. הוא למד ב"סורבון" בפריז, וקיבל תואר בלשונות המזרח. הוא המשיך לתארים מתקדמים בלימודים קלאסיים ובמתמטיקה באוניברסיטת לונדון, ושם, בהיותו בן עשרים וחמש, זכה גם בתואר דוקטור. תחום המחקר שלו נתכנה בפיו פורפירולוגיה, וכותרת הדיסרטציה היתה "הצביעה בפורפיר בישראל הקדומה".

שלוש שנים לאחר מכן, ב-1916, נתמנה לרב העיר בלפסט. בשנה זו אירע שם מרד הפסחא, אבן דרך במאבקם של האירים הקתולים לעצמאות אירלנד. הוא שימש שם ברבנות שלוש שנים, ואז עבר לדבלין. לבסוף מונה לרבה הראשי של אירלנד, ובתפקיד זה כיהן עד 1937. בשני העשורים שבילה באירלנד ידע האי זעזועים מרחיקי לכת: מלחמת העצמאות האירית, מלחמת האזרחים, ויצירתה של מדינת אירלנד החופשית. הרב הרצוג מצא דמיון בין מאבקה של התנועה הלאומנית האירית לשלטון עצמי ותחייתה של הלשון

הגאלית העתיקה לבין הציונות ותחיית השפה העברית. אהדתו היתה נתונה לתנועה זו במאבקה בבריטים, והוא פיתח ידידות קרובה עם אֶמוֹן דֶּה-וֹאֵלִיֶּרָה, מנהיגה הפוליטי של מפלגת ה"שין פִּיין" הלאומית, ולימים ראש ממשלת אירלנד ונשיאה.<sup>65</sup>

בעידוד דה-וואלירה למד הרב הרצוג את השפה הגאלית עד כדי יכולת דיבור שוטף. שנותיו ברפובליקה האירית הצעירה בתקופה הסוערת ההיא השפיעו על השקפותיו החברתיות. כל ימיו עמד לצדם של החלשים והמוחלשים. בעיתונות האירית פרסם מאמרים שקראו לייזום תוכניות סוציאליות להקלת מצוקתם של תושביה מוכי העוני של דבלין.<sup>66</sup>

אך כמובן, גם ללימוד ולמחקר הוא מצא זמן באירלנד. הוא פרסם מאמרי מחקר במגוון רחב של נושאים, מהלכה עד פילוסופיה ומחשבת ישראל. כשנפטר הרב הראשי לארץ ישראל, הרב אברהם יצחק הכהן קוק, בשנת 1935, הועלה שמו של הרב הרצוג כמועמד לתפקיד. קנאי היישוב הישן התנגדו למינוי של רב ראשי בעל חובה מסוכנת לחוכמות החול, ופשקווילים בעיר הקודש הכריזו כי ירושלים לא תציית ל"רב דוקטור", אך רוב הרבנים הנחשבים אימצו את מועמדותו בכל לבם.<sup>67</sup> הוא נבחר לתפקיד, וכיהן כרב הראשי לארץ ישראל מ-1937 עד הקמת המדינה, ואז כרב הראשי לישראל עד פטירתו ב-1959.

עם פרוץ מלחמת העולם השנייה, התמקד הרב הרצוג במיצוי כוח השפעתו למען הצלת יהודי אירופה. הוא התנגד בעוז לספר הלבן הבריטי שהגביל את העלייה, וטען שזהו גזר דין מוות לרבבות יהודים נרדפים שאינם מוצאים חוף מבטחים. ב-1941 נסע לארצות הברית ונפגש עם הנשיא רוזוולט כדי להפציר בו שארצו תפעל באופן ישיר יותר נגד טבח היהודים. הוא יצא מהפגישה מאוכזב, ובכל זאת הותיר רושם אישי עז על הנשיא רוזוולט. הלה אף התקשר לאחר מכן לרב כדי לנסות לשכנעו לא לחזור לארץ ישראל מפאת הסכנה. כוחות

גרמניה בפיקוד פילדמרשל רומל התקדמו באותה עת בצפון אפריקה, והאפשרות שיבקיעו למצרים ומשם לארץ ישראל נראתה ממשית ומיידית. הרב הרצוג, איש של אמונה חזקה ושכנוע פנימי עמוק, השיב שהוא מוקיר את דאגתו של הנשיא, אך אינו רואה סיבה לדאגה: לא תהיה גלות נוספת, ולכן צבא רומל לא יגיע לארץ ישראל.<sup>68</sup>

מסעם הארוך והמייגע של בני הזוג הרצוג בחזרה לארץ ישראל החל בשיט בין טילי טורפדו ששוגרו מצוללות גרמניות, שעבר איכשהו ללא פגע, ובהפלגה באונייה האזרחית האחרונה שחצתה את האוקיינוס האטלנטי במהלך המלחמה. הם הגיעו ליוהנסבורג שבדרום אפריקה, ומשם יצאו צפונה למסע לאורך היבשת השחורה דרך מוזמביק, ח'רטום, קהיר, תעלת סואץ ואלכסנדריה, בהרפתקה הראויה לשמש תסריט הוליוודי. אחרי המלחמה נסע הרב הרצוג ברחבי אירופה וחיפש יתומים יהודים שהוסתרו במקומות מחבוא שונים וניצלו. לשם כך גייס את עזרתם של מנהיגים בכירים, ביניהם האפיפיור פיוס השנים-עשר, וילהלמינה מלכת הולנד, וראשי הממשלות של בלגיה, צרפת, אירלנד, איטליה ופולין.

גם למאבק להקמת המדינה היה הרב הרצוג שותף. לאחר מכן, ב-1949, נפגש עם נשיא ארצות הברית הארי טרומן, המנהיג הזר הראשון שהכיר במדינת ישראל, להודות לו על תמיכתו. ההיסטוריון דייוויד מק'קלאון, בספרו "טרומן", תיאר את הפגישה כך:

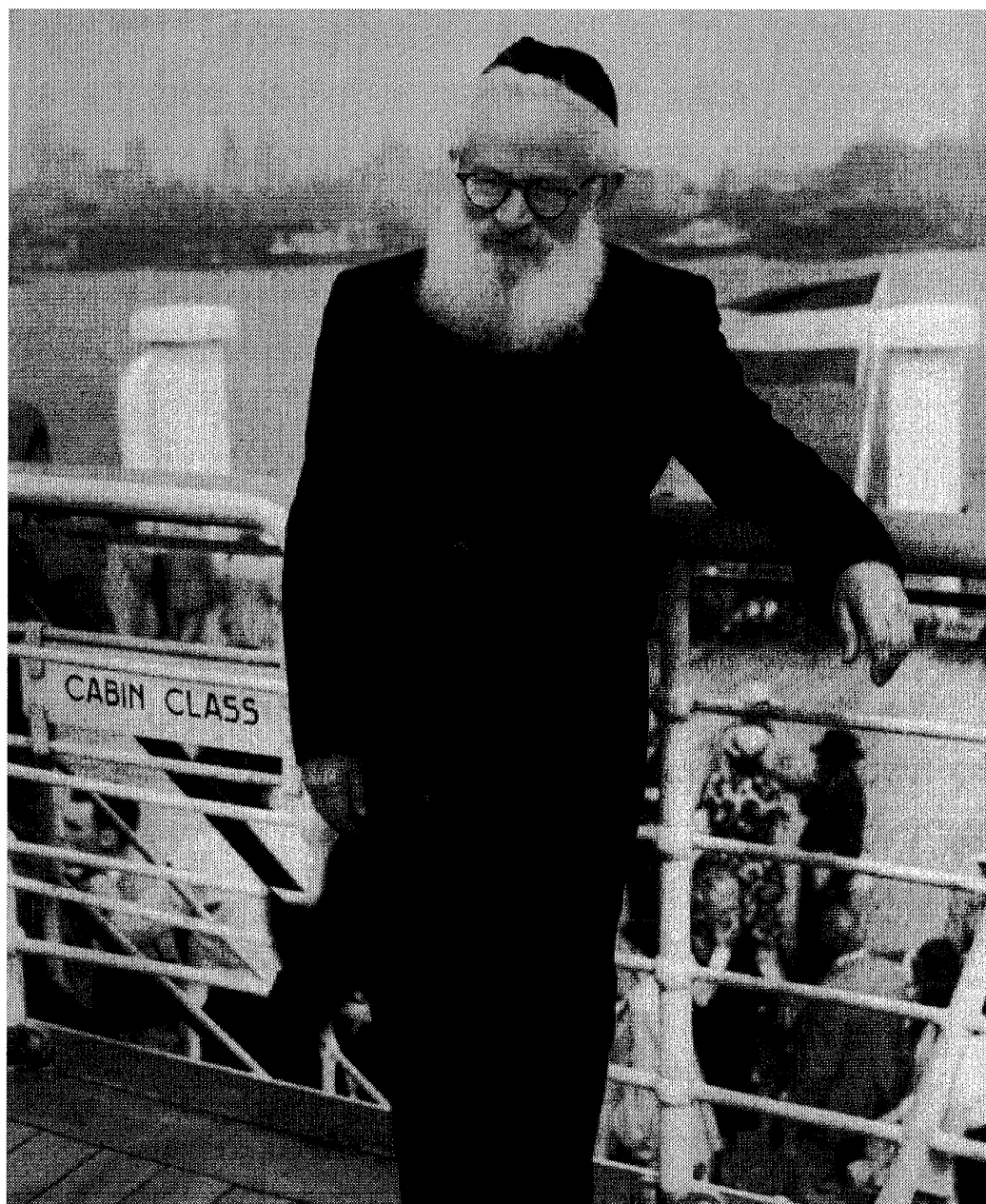
כשהגיע הרב הראשי לישראל, יצחק הלוי הרצוג, לבית הלבן, אמר לטרומן: "אלוהים שם אותך ברחם אמך כדי שתהיה מכשיר ללידתה המחודשת של ישראל, לאחר אלפיים שנות גלות." דייוויד נײלס, יועצו הפוליטי של טרומן נזכר בפגישה: "חשבתי שהוא [הרצוג] מגזים... אבל אז הבטתי בנשיא, ודמעות זלגו על לחיו."<sup>69</sup>

מדינאי לאומי, גדול בתורה, לוחם חברתי: הרב הרצוג היה כל אלה. אך כל ימי חייו, עוד מהיותו סטודנט בלונדון, נמשך לבו לנושא אחד, אותו נושא שהקדיש לו את עבודת הדוקטור שלו. הפורפירולוגיה העברית – מטבע הלשון שטבע לחקר התכלת המקראית – נשארה תמיד על ראש שמחתו. האמת היא שהוא התוודע לכך כבר בבית: צבעי התכלת מראדזין יצרו קשר עם אביו, יואל. הם שלחו לרבה הנערץ של לידס פרטים על תהליך הצביעה שלהם, בתקווה שהוא יסמוך את ידיו על המיזם ויסייע לו.

בעבודת הדוקטור של הרב הרצוג ניכרת שליטתו בשלל תחומי ידע, כגון כימיה, ארכיאולוגיה, פילולוגיה, ספרות יוונית ורומית וים התלמוד והמדרש, ויש בה אזכורים ללשונות שמיות, לסנסקריט ולסינית. בנו, חיים הרצוג, סיפר שידע היטב כתריסר שפות. כאשר ביקר בישראל או נו, ראש ממשלתה הראשון של בורמה (הקרויה היום מֵיאֶנְמָר), נמצאה אישיות רשמית ישראלית אחת ויחידה שידעה לקדם את פני האורח בשפתו שלו: הרב הרצוג. חלק הארי של הדיסרטציה של הרב הרצוג מוקדש לבחינת האפשרות שה"חילזון" התלמודי הוא אכן חילזון ימי. אולם פרק מרתק מוקדש לעבודתו של האדמו"ר מראדזין, שכזכור זיהה את ה"חילזון" המסתורי דווקא עם דיונון הרוקחים.

חקירותיו של הרב הרצוג, ומה שלמד מהמקורות הקלאסיים העוסקים בשיטות הצביעה הקדומות, העלו בבירור כי התיאוריה של הראדזינר שגויה; אבל חשוב היה לו, לפני שיחרוץ דין, למצוא גם ראיות אמפיריות. הוא השיג פתילי תכלת שנצבעו בשיטת ראדזין ושלח אותם לאנליזה אצל הכימאי הגרמני פאול פרידלנדר, שנודע במחקרו על האינדיגו. קודם לכן, בשנת 1909, מיצה פרידלנדר ארגמן צורי טהור מחילזון הארגמון חד הקוצים, ותיאר את מבנה מולקולת הפיגמנט, הצבען, שיש בו. לא היה מתאים למלאכה מפרידלנדר.

תוצאות האנליזה שלו היו מרעישות:



הרב הרצוג בשובו ארצה מהפגישה עם הנשיא טרומן, 1949.

באדיבות [tekhelet.com](http://tekhelet.com)

לדאבוני מנעה ממני עד כה מחלה ממושכת לענות למכתבך המעניין עד מאוד. אשר לתהליך הצביעה של ראדזין, חסר בתיאורו דבר אחד, והוא הדבר העיקרי: חומר הצבע שפתיל הצמר צבוע בו. חומר זה הוא צבע על בסיס זפת מודרנית רגילה לחלוטין. הפרטים בדבר שימוש בדיונן הרוקחים הם מוליכי שולל. מחומר זה אי-אפשר בשום אופן להגיע לידי הצביעה שלפנינו. נוסף על כך, נראה לי בלתי-אפשרי לייצר צבע כחול טהור מהחלזונות מפיקי הארגמן הידועים לי.<sup>70</sup>

התשובה הדהימה את הרב הרצוג. שיפוטו המקצועי של פרידלנדר היה חד-משמעי: לא ייתכן שצבע התכלת שהרב ליינר הכין בקפדנות כה רבה מדיו הדיונן אכן בא מן היצור הימי הזה. ההערה הנוספת של הכימאי הבכיר, על אי-האפשרות של קבלת צבע כחול מחלזונות הארגמן, עתידה היתה אף היא להשפיע רבות על מסקנותיו הסופיות של הרב הרצוג.

אך קודם לכן רצה הרב לקבל חוות דעת שנייה. הוא שלח פתילים למדעני Manufacture des Gobelins, בית החרושת הצרפתי שייצר את שטיחי הגופלן המפורסמים. התשובה היתה דומה במהותה:

לבקשתך בדקתי את דוגמת הכחול ששלחת אלי. אינני מכיר שום צבע כחול טבעי, לבד מן האינדיגו, שאפשר לצבוע בו סיבי טקסטיל באופן שיחזיק מעמד. בכל הקשור לדיונן הספִיָה, הוא מניב צבע חום ולא כחול, מה עוד שצבע חום זה אינו מתקבע בסיבים הנצבעים בו. הכחול בדוגמה ששלחת אלי עונה על כל מאפייניו של הכחול הפרוסי המיוצר בעיבוד מלחי ברזל ואשלגן.<sup>71</sup>



שתי סדרות אלו של בדיקות הוכיחו בבירור שהצבע הראדזיני היה אי-אורגני. הוא היה לאמתו של דבר, כפי שהראו הבדיקות הצרפתיות, צבע סינתטי המוכר בשם כחול פרוסי. אף על פי שגם עיוניו של הרב הרצוג עצמו הראו שה"חילזון" התלמודי הוא, במידה רבה של ודאות, סוג של חילזון ימי ולא דיונון, הוא עמד עתה נבוך. ברור שהאדמו"ר הגדול מראדזין ראה את עבודתו כעבודת קודש ולא העלה בדעתו להציג לחסידיו במתכוון מוצר מלאכותי מזויף. מה אם כן קרה פה? נחוש לגלות את העובדות שלח הרב הרצוג לאומני הצבע בראדזין בקשה לקבל את המרשם המדויק המשמש אותם בייצור הצבע.

הרב גרשון הניך ליינר, האדמו"ר בעל התכלת מראדזין, נפטר עשרים שנה קודם לכן, אך החסידים שמרו בנאמנות על מסורת צביעת התכלת וענידת פתיליה. התשובה שקיבל הרב הרצוג פתחה בהבהרה נמרצת כי צבע התכלת המיוצר בראדזין מקורו אך ורק בדיו הדיונון, מפני שכל שאר הרכיבים המוספים בתהליך הצביעה "משוללי כל צבע, ומראה כולם לבן, ומהם כמראה מים בעלמא" – בעוד "דם החלזון הנמצא בתוך השלחופית מראהו שחור כדיו". את ה"דם" הזה היו שמים ב"יורה עבה מאוד, ומטרפים בה שחיקת ברזל היוצא מתחת המוריגה וגם סם לבן כשל הנקרא Potasz", כלומר אשלג. על להבה גדולה היו מרתיחים את התערובת למשך ארבע-חמש שעות "עד כי התבערה בוערת חוצה ופנימה כאשה של גיהנם" ומתיכה יחדיו את ה"דם", הברזל ושאר הכימיקלים.<sup>72</sup> התוצר הסופי היה הצבע הכחול של ראדזין.

חסידיו הרבי מראדזין ידעו למלא אחר המרשם שלו – אך לא היה להם מושג בכימיה, ולא שמץ של ידע על התהליכים שהתרחשו בקלחתם. בניגוד למה שהם חשבו, הצבע הכחול שנוצר לא היה קשור כלל לדיו שהופקה מהדיונון, אלא אך ורק לשבבי הברזל.

למעשה, מבלי שידעו זאת, הצבע שהצבעים החסידים ייצרו היה כחול פרוסי.<sup>73</sup> כחול ברלין, כפי שנקרא הכחול הפרוסי בראשיתו, היה הפיגמנט הסינתטי הכחול הראשון. היינריך דיסבאך, צייר ויצרן צבעים גרמני, ניסה בשנת 1704 לייצר פיגמנט צבע מלאכותי בגון השני במעבדתו של האלכימאי יוהאן דיפל. הוא השתמש במקרה באשלג מזוהם, ובמקום האדום שציפה לו קיבל, להפתעתו הרבה ולשמחתו שבדיעבד, צבע כחול עמוק ומרהיב.

החומר המזוהם שגרם לתוצאה הממוזלת של דיסבאך היה נוזל שנקרא "שמן החיות של דיפל": שיקוי מבאיש שהאלכימאי המארח שיווק כסם חיים. אבל דיפל לא היה רוכל תרופות-אליל מן המניין. הוא היה תיאולוג, מחבר פורה של כתבי פולמוס דתיים, רופא מצליח ואלכימאי מעשי, וקנה לו שם גם כמי שניתח חיות וערך ניסויים בגוויות כדי לחקור את גלגול הנשמות. את שמן החיות שלו, שזכה להצלחה מסחרית עצומה, רקח מדם, בשר, עצמות ומבחר כימיקלים. הוא אף הציע לבעליה של מצודת פרנקנשטיין, הסמוכה לעיר הגרמנית דרמשטט, לקנות את המרשם הסודי של שיקוי זה בגרסה משופרת תמורת המצודה עצמה – הצעה שבעל המצודה דחה בתבונתו כי רבה. דיפל נולד במצודת פרנקנשטיין, וצירוף המקרים של שם המצודה, ניסוייו של דיפל, וטיול שְׁמֵרִי גודווין, לימים מרי שלי, ערכה לעיירה הסמוכה גֶרְנֶסְהַיִם עורר באופן בלתי-נמנע את ההשערה שהסופרת הידועה בת המאה ה-19, מחברת רומן האימים "פרנקנשטיין", שמעה את שמעו של דיפל. השמועות על דיפל אינן עומדות על קרקע יציבה, וכמוהן גם ההשערות הללו בדבר מקורות ההשראה של מרי שלי – אך בכל מקרה, לתגליתו של דיסבאך היתה השפעה רבתי על אמנות הציור. עד לגילוי הכחול הפרוסי, האפשרויות שעמדו לרשותם של ציירים שנזקקו לצבע כחול היו יקרות או לא מוצלחות. אינדיגו על

קנבס לא שמר על צבעו לאורך זמן, וצבע האולטרה-מָרין, כחול עז שמקורו באבן היקרה-למחצה לַפִּיס לְזוּלִי, היה יקר במידה מופרזת. הכחול הפרוסי, על אטומי הפחמן, החנקן והברזל המרוכבים בו, מכונה בלשון הכימאים ברזל פְּרוֹצִיאָנִיד, ואפשר לייצרו בקלות ובכמויות גדולות. את הפחמן והחנקן תרם בדרך כלל דם שור. הציירים קפצו על המציאה, והחלו להשתמש בצבע החדש סמוך לגילוייו. כבר ב-1709, למשל, השתמש בו פיטר ואן-דר-וֶרף בציורו "קבורת ישו". מאה שנים מאוחר יותר, במרחק מחצית מהיקף העולם, חולל בעזרתו האמן היפני קָצוּשִׁיקָה הוֹקוּסָאי אפקט מרהיב עין בהדפס העץ שלו "הגל הגדול סמוך לקאנאגאוה"<sup>74</sup>.

הכחול הפרוסי משמש אמנם בעיקר כחומר צבע, אך יש לו עוד כמה שימושים מפתיעים. המרכז לבקרת מחלות ומניעתן (CDC), סוכנות של הממשל האמריקני, מספר באתר המרשתת שלו שהכחול הפרוסי נכלל ב"מצבור האסטרטגי הלאומי", שהוא "אוסף מיוחד של תרופות וציוד רפואי שהמרכז לבקרת מחלות ומניעתן שומר לצורך טיפול באנשים במצבי חירום". החומר, כך מסופר שם, מונע מהמעיים לספוג צזיום ותליום רדיואקטיביים, וכך ניצל הגוף מעיכול החומרים המסוכנים הללו ומפריש אותם בצואה (המקבלת, כצפוי, צבע כחול).

הגילוי שהתכלת של ראדזין אינה אלא כחול פרוסי סינתטי גרם לרב הרצוג להסיק באופן סופי שתכלת זו איננה התכלת המקראית והדיונון איננו החילזון החז"לי. אין זה מתקבל על הדעת, טען הרב, שהתלמוד מתעקש כל כך שה"חילזון" הוא המקור הכשר היחיד לתכלת, אם בעל חיים ימי זה ממלא רק תפקיד לא מהותי בייצור הצבע. למה לדרוש דיו של דיונון ולא דם של שור אם שניהם – וכמוהם עוד חומרים לאינספור שגם בהם יש פחמן וחנקן – יוצרים בעזרת שביבי ברזל, תוצאה זוהה?

אירוניה היסטורית גרמה לכך שהרב הרצוג, שהוכיח שהתכלת הראדזינית איננה התכלת המקורית ופסל אותה – הוא גם זה שהציל את סודות הייצור שלה מסכנת שכחה ואִפשר את המשכו. בית החרושת בראדזין, וכמוהו רוב רובה של הקהילה, אבדו בשואה – ואיתם גם הידע היקר והשנוי במחלוקת. כאשר עלו שרידי החסידים ארצה, אחרי המלחמה, ביקשו מהרב הראשי הרצוג את המכתבים שקיבל אביו בזמנו מַצְבְּעֵי ראדזין. הפרטים שנשמרו בהם אפשרו לחסידים להקים מחדש בישראל את בית החרושת הראדזיני לתכלת, והוא פועל עד עצם היום הזה.<sup>75</sup>



בעבודת הדוקטור שלו ביסס הרב הרצוג בשפע ראיות את ההתאמה בין הארגמון קהה הקוצים לבין החילזון שתואר בתלמוד. הוא ידע על המשלחות הארכיאולוגיות הרבות שחפרו במהלך המאה התשע-עשרה בחופי הים התיכון מיפו עד צור, ואשר חשפו מצבורי קונכיות ארגמונים שבורות באתרים שונים. הוא גם ידע שמשלחות אלו גילו תמיד שני תלים נפרדים של קונכיות: אחד של ארגמון חד קוצים וארגמונית אדומת פה, והשני של ארגמון קהה קוצים. הוא קרא את כתבי אריסטו ופליניוס הזקן במקורם היווני והלטיני, וזיהה את הארגמון בתיאורי החלזונות מפיקי הארגמן המצויים שם. הוא התוודע גם לעבודתו של לקז-דיתייה, וידע היטב שהקהילה המדעית הכריזה על התיק כסגור ועל חידת צביעת-החלזונות העתיקה כפתורה: הארגמן הצורי, הסגול-אדום, בא מהארגמון חד הקוצים ומהארגמונית אדומת הפה, ואילו התכלת, ארגמן הנוטה אל הכחול, באה מהארגמון קהה הקוצים.

ובכל זאת היו לרב הרצוג כמה השגות על החוכמה המקובלת הזו,

והוא חשש שיהיה זה מעשה חובבני מצדו אם יאמץ אותה כפי שהיא ויכריז על בסיסה שהארגמון קהה הקוצים הוא החילזון האותנטי. הקושי שניצב בפניו נבע מהתעקשותו לפתור את החידה מהזווית הדתית-הלכתית, ולא רק מזו ההיסטורית והמדעית; היה עליו, משום כך, לעבוד בתוך גבולות המערכת הזו, ולהתחשב במקורותיה ובתקדימיה המצויים בעיקר בתלמוד. אלא שהתיאורים שהתלמוד מספק הם מעורפלים ונוטים להגזמה.

כך, למשל, התקשה הרב הרצוג כבר בתחילת הדרך ליישב עם זיהוי החילזון כארגמון את דברי התלמוד שהחילזון "דומה לים". מה בעצם פירוש הדבר? על איזו תכונה של בעל החיים אמור הדמיון הזה לחול? הרב הרצוג לא החשיב מאפיין זה כמוחלט ובל-יעבור, אך עדיין הותיר אותו על הפרק, משום שהפריטים היחידים של ארגמון שראה היו כאלה שנוקו והוברקו לאחר שנשלו מהים. הללו לא דמו לים בשום אופן; אולם בסביבתם הטבעית דבק בקונכיות מעטה של יצורים וצמחים זעירים ואיתו גם כיסוי ירקרק, המשווה להן מראה זהה לזה של האבנים ושאר העצמים המצויים בקרקעית הים.

קשה מזה אמירתו של התלמוד כי היצור "עולה אחד לשבעים שנה". שום חיה הידועה למדע, גם לא הארגמון, אינה עונה לתיאור זה.<sup>76</sup> הכימאים בני הזמן אף סברו כי הצבע הממוצה מן הארגמון אינו יציב ועמיד. מאוחר יותר הפריך המחקר את הטענה הזו. הוכח כי הצבעים ילידי הארגמון הם מן הצבעים העמידים ביותר הקיימים בטבע, והם לבטח החזקים והיציבים מכל הצבעים הטבעיים שנודעו בעולם העתיק.

אלא שהטיעון המרכזי נגד הארגמון קהה הקוצים נגע לגוון שלו. התכלת צריכה להיות כחולה כשמים. זו מסורת יהודית עתיקת יומין שהרב הרצוג לא יכול היה להפנות לה עורף. הצבע שהופק

מארגמון הקוצים, לעומת זאת, היה כאמור סגול-כחלחל. בזאת היו תמימי דעים כל המלומדים והחוקרים הגדולים, מגנזיוס שכתב על כך במילון העברי שלו בראשית המאה התשע-עשרה ועד פרידלנדר שגילה את מולקולת הארגמן. מסקנתו של הרב הרצוג היתה עגומה. "אם נניח בהחלט כי מראה התכלת לא היה פתוך או שום גוון ויולט, יש בהנחה זו בכדי להזיז ממקומה את האומדנה הנ"ל" כי הארגמן קהה הקוצים הוא ה"חילזון".<sup>77</sup>

אבל גם תימוכין יש בתלמוד לזיהוי החילזון כארגמן. למשל, נאמר בו כי צידי החילזון פועלים "מסולמות של צור ועד חיפה" (תלמוד בבלי, שבת כו ע"א), אזור מובהק של נוכחות ארגמונית. או דוגמה נוספת – "כל זמן שהוא גדל נרתיקו גדל עמו", אומר מדרש שיר השירים רבה (ד, כג) על ה"חילזון", והארגמן בעל הקונכייה עונה היטב לדרישה הזו. הימצאותם של תיאורים התומכים בזיהוי ותיאורים הסותרים אותו, וקיומן של התנגשויות בין מימרות תלמודיות שונות על החילזון, גרמו לרב הרצוג להתלבט. הוא השתעשע במחשבה שאולי ה"חילזון" הוא מין אחר של חילזון ימי. רכיכה יפה ועדינה ושמה סגולית (Janthina) היתה בין המועמדות, אבל שום ארכיאולוג לא מצא מעולם סימן לכך שבני אדם אספו את הרכיכות הללו בעת העתיקה, ושום כימאי לא הצליח אי-פעם להפיק מהן צבע. ההצעה היתה בגדר ספקולציה מעוררת תקוות ותו לא. בעיית זיהוי החילזון הוסיפה להציק לרב הרצוג כל ימי חייו.

חלומו של הרב האדוק והמודרני, החריף והמתוחכם, דמה לזה של הצדיק החסידי רבי גרשון הניך ליינר לפניו: להשיב את האפשרות לקיים את מצוות ציצית. באשר היה איש מדע חד מחשבה, הרב ד"ר הרצוג צפה בעיניים כלות בעדויות הנערמות לטובת הארגמן. המדענים החילונים לא הוטרדו מגון הסיגלית הסגול-כחלחל של הצבע שהתקבל ממנו, אלא פשוט הגדירו את צבע התכלת הקדומה

כצבע הסיגלית. אלא שהרב הרצוג נשאר נאמן למסורת, ולא רק למדע, וההתנגשות בין שתי הנאמנויות הללו לא אפשרה לו לאמץ את פסק הדין שנתנו, פה אחד, ההיסטוריונים, הכימאים והארכיאולוגים. עד אחרון ימיו לא יכול ליישר את ההדורים בין העמדה המדעית החילונית לעמדה המסורתית, ועל כן נשאר מסויג באשר לזהות ה"חילזון". ההדורים הללו היו עתידים להתיישר רק לאחר פטירתו.



חדוות המקרה היא אמן של תגליות והמצאות רבות, בייחוד כאלו הקשורות לצבע. מרחם זה נולד גם הפתרון לחידת צבע התכלת – והתאחה פער הגוונים בין המסורת על צבעו של התכלת לבין הצבע שמפיק הארגמון קהה הקוצים.

סיפורו של יישור ההדורים מתחיל בילד פלא מצ'טאנוגה שבמדינת טנסי בארצות הברית. כאשר ניסוייו של הילד, סידני אדלשטיין, בזיקוקין די-נור תוצרת בית התפוצצו בפרצופו, כמעט פשוטו כמשמעו, ושלחו אותו לבית החולים, אהבתו המלבלבת לכימיה עמדה להיגדע בטרם עת. אולם הוא התגבר על המשבר, ובן שש-עשרה החל את לימודיו באם-איי-טי, המכון הגבוה לטכנולוגיה של מסצ'וסטס, בתחום הכימיה של הטקסטיל. כשהוסמך ב-1932, בעיצומו של השפל הכלכלי הגדול, חזר לצ'טאנוגה לחפש עבודה, ופעל ליישום הידע הכימי שהביא איתו בבתי החרושת המיושנים של "מדינת המתנדבים", כפי שמכונה טנסי. בלילות המשיך במחקריו, ושקד על הרחבת מומחיותו לתחום הכימיה היישומית של הצבעים. במהלך מלחמת העולם השנייה המציא את הקופן, חומר ששיפר להפליא את הפילות ורשתות ההסוואה שהיו בשימוש צבאות בעלות הברית.

החוקר והממציא אדלשטיין היה לתעשיין כאשר הקים את התאגיד הכימי דֶקְסֶטֶר. סקרנותו הרב-תחומית והתעניינותו המיוחדת בתולדות המדע והטכנולוגיה הפכו אותו לבסוף גם לאספן ספרים וכתבי יד. הוא תרם לפרסום מהדורות מדעיות של ספרים חשובים. אחת מהן, שהופיעה באנגלית ב-1969, היתה ההדרת ספרו של ג'ואנוֹנֶטורה רוֹזֵטִי *Plichto de l'arte de tentori* (מדריך לאמנות הצבָעים) – יצירת היסוד של תקופת הרנסנס על אומנות הצביעה, שהודפסה בוונציה ב-1548 והיתה הספר המודפס הראשון בנושא זה. לימים תרם את האוסף העצום לספרייה הלאומית בירושלים.<sup>78</sup>

כאמור בפרק קודם, בשנות השישים פנה הארכיאולוג יגאל ידין לאדלשטיין כדי שיערוך אנליזה לכמה מהאריגים שנמצאו בחפירות מצדה ונחל חֶבֶר, ובתוכן גיזת צמר ארגמני שידין קיווה שהוא צבוע בתכלת המקורית. אדלשטיין מצא שהצמר אינו כזה, אך הממצא עורר את סקרנותו. הוא פיתח עניין מתמשך בצביעה הקדומה בעזרת חלזונות ים, ובייחוד בתכלת היהודית. בביקור הרה תוצאות בישראל הוא ביקש משני אקדמאים עזרה בחקר הנושא. היו אלה אהוד שפניר, ביולוג ימי מאוניברסיטת חיפה, ואוטו אלסנר, כימאי צבע ממכללת שנקר. אלסנר התאים למשימה יותר מחוקרים ישראלים אחרים של צבע ושל טקסטיל, שכן בהיותו כימאי צעיר בפולין, לפני עלייתו ארצה, עסק בצביעה באיסטים, צמח האינדיגו האירופי.

הניחוח המעופש המלווה את הצביעה בחלזונות גרם לאלסנר לערוך את ניסוייו ליד חלון פתוח. כורח נסיבות סתמי זה הוליד תצפית פורצת דרך. אלסנר ליקט את החלזונות, מיצה את הבלוטות, ואסף את נוזל הצבע הסגול כהה. תוך יישום הטכניקות המקובלות בצביעה באיסטים, הוא הוסיף לנוזל הצבע את הכימיקלים הדרושים להופכו לתמיסה. הוא טבל בה את הצמר, שָׁלָה אותו, והתבונן בו מחליף את צבעו הירוק-צהוב הזמני בצבע הסופי והקבוע. כצפוי,



וכפי שאמרו כל המלומדים והכימאים מזה מאה שנה, הצמר לבש גוון סגול.

אבל רק בימים מעוננים.

כשעשה זאת בימים בהירים, כשהשמש זרחה בחלונו הפתוח, הבחין אלסנר בדבר-מה אחר: הארגמון קהה הקוצים הפיק צבע תכול יפהפה, צבעם של השמים המאירים.<sup>79</sup> צבע התכלת הזה התגלה כעמיד ויציב; הוא לא דהה ולא שינה את גונו.

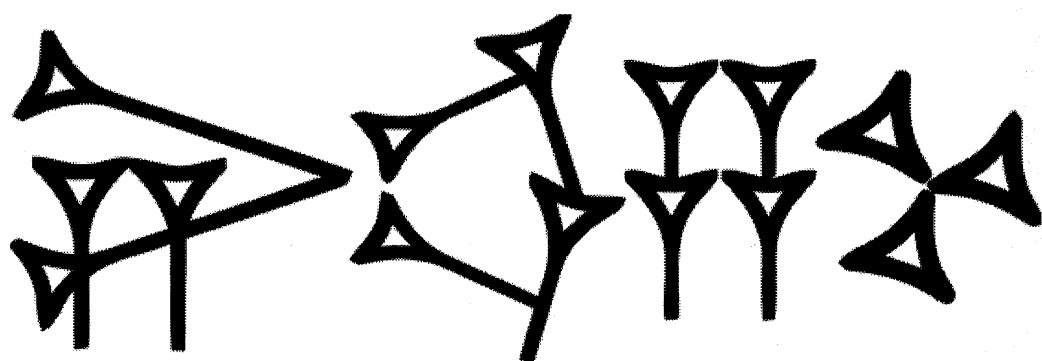
אלסנר חקר את התהליכים הכימיים המתרחשים בתערובת הצבע שקוֹיֵת השמש. הוא מצא שבשעה שמולקולות הצבע נמצאות בתוך התמיסה, הן יציבות פחות מכפי שהן במצבן הטבעי. אנרגיית אולטרה-סגול – וכזו הרי נמצאת בקרני אור השמש – יכולה לשבור כמה מהקשרים המחברים במולקולת הצבען אטומים מסוימים לאחרים. תהליכים פוטוכימיים אלו משנים את הרכיבים הסגולים והאדומים בתמצית הארגמון, ומשאירים בעיקר את האינדיגו, שצבעו, כידוע, הוא כעצם השמים לטוהר.

אוטו אלסנר פתר את החידה.

הצבעים הקדומים, שעשו את מלאכתם תחת שמי ים התיכון ושמשו הבהירה, עמדו ודאי על התפקיד שממלא אור היום בהשגת הגוון הסופי של הצבע.<sup>80</sup> הארגמן הצורי הופק מחלזונות הארגמון חד הקוצים והארגמונית אדומת הפה, שהניבו תערובות צבע סגולות-אדמדמות. מנגד, הפרשת הארגמון קהה הקוצים מכילה מלכתחילה כמות גדולה של אינדיגו ונוטה יותר אל הכחול, וטיהורו מהרכיבים הסגולים והאדומים המעטים על ידי חשיפה לשמש מאפשרת להפיק ממנו צבע כחול לגמרי. הנה כי כן, ממש כפי שמספרת המסורת, התכלת היא צבעו של הרקיע.

בשנים שחלפו מאז התבצרותו של הרב הרצוג באמונה בדבר צבעה התכול של התכלת נגלו לאור השמש עוד ראיות חדשות

התומכות בכך. בידינו, למשל, להקיש על טיבו של הצבע מתולדותיה הבלשניות של המילה המציינת אותו. במסופוטמיה הקדומה, המונח המציין כחול היה *za.gin.na*, ומשמעותו המילולית היתה "צבע הדומה ללפיד לזולי", אבן חן כחולה. באכדית תורגם מונח זה כ-*uqnātu*, ומילה זו אף תיארה, על דרך ההרחבה, את השמים. לימים נוספה למילה אכדית זו מילה נרדפת, *takiltu*, כלומר תְּכִלְתָּ – קרובתה הישירה של "תכלת" העברית. ממסלול התפתחות זה אפשר להבין שצבעי הלפיד לזולי, השמים והתכלת הם היינו הך. ראייה נוספת מספקת המרדעת בת 2,500 השנים מפזיריק, שנתגלתה כזכור בידי סרגיי רודנקו באמצע המאה העשרים. הדגם המופיע בה והארוג חוט צמר מכיל, כפי שסיפרנו, מרכיבים ארגמניים ומרכיבים אחרים תכולים – ואלו אף אלו, כך נמצא, צבועים על בסיס חלזונות הארגמון. זוהי הוכחה נחרצת לכך שהטכנולוגיה הקדומה היתה יכולה להפיק את שני הגוונים המובחנים הללו, ושהקדמונים ראו אותם כשני צבעים נבדלים, שכל אחד מהם הוא סחורה יקרת ערך בזכות עצמה.



המילה כחול בכתב יתדות; מבוטא *uqnātu* או *takiltu*.  
ברוך סטרמן, [tekhelet.com](http://tekhelet.com)

לאורך מאה וחמישים שנה סירבו גדולי תורה שחקרו את הנושא לוותר על העמדה המסורתית שעל פיה צבע התכלת היה צבע השמים

– בניגוד לעמדת האחידה של הארכיאולוגים, הביזכומאים והמומחים להיסטוריה יוונית ורומית. בא אוטו אלסנר והראה שבטכניקה פשוטה, שאין נדרש לה שום דבר שלא היה בעולם העתיק, אפשר להפוך את צבע החילזון מסגול לתכול. מה שגילה אדם אחד בשנה או שנתיים של ניסיונות, לא יכול היה לחמוק לאורך אלפי שנים מעיניהם הסקרניות והחדות של צבעים רבים שזה היה כל עיסוקם.

אמונתו של הרב הרצוג דרבנה כימאים וביולוגים לחתור להבנה מעמיקה יותר של חלזונות הארגמון ושל הצבעים שהם מניבים. כדי להגיע להבנה זו נדרש ידע בביולוגיה של חלזונות, בכימיה של חומרי צבע ובפיזיקה של הצבע. בהתכנסות נדירה ומופלאה של קווים שנראים היו כמקבילים, המדע והדת הגיעו לבסוף לידי מסקנה אחת.

## הרכיכה הקשוחה



בנקיקי הסלע שתחת הגלים אורב הטורף. דרוך וחרישי, חר חושים וקר רוח, הוא צופה. יש לו זמן. עידנים על גבי עידנים של הסתגלות השחיזו את יכולתו לזהות את הטרף, לאפס את הכוונות אל מיקומו המדויק ולהתגנב אליו בלאט. הקורבן השאנן נח על זרי תחושת הביטחון הכוזבת שלו, מדמה להאמין שבזכות ההסוואה, או שאר מיני הגנות, לא יאונה לו רע. אך לטורף יש יכולות שמעבר לדמיונו של הנטרף, והתוצאה ידועה מראש.

ואז – הוא מכה.

בלופתו את טרפו הוא מטפטף חומצה מאכלת על שריון המגן הקשה שלו, מרכך אותו, ממיס אותו. בשיניו השורטות, החדות כתער, הוא מכרסם במעטה המרוכך, עד הגיעו לבסוף אל הבשר הרך והפגיע שמתחתיו. לקורבן שאבדה הגנתו ונבקעו חומותיו לא נותר אלא למסור עצמו לידי המכאיבות והאטיות של מלאך המוות, לטורף המנצח המכלה אותו לאט... כל כך לאט... בקצב של, ובכן, חילזון. לארגמן הזעיר, קרניבור אכזר שכמותו, נדרשות עד שישים שעות לקרוח בצדפתו של הקורבן – הכנות ממושכות למדי לארוחת ערב. מערכת הרפיכות כוללת כרבע מכל האורגניזמים הימיים הידועים,

ומקיפה גם יצורים שוכני יבשה ומים מתוקים. הרכיכות, כשמן, הן רכות, שכן הן חסרות חוליות. אריסטו נתן להן את השם מַלְקִיָּה (μαλάκια), כלומר "הדברים הרכים"; גם שמן המדעי הלטיני, *Mollusca*, שממנו התגלגלה המילה האנגלית לרכיכות, *mollusks*, גזור מהמילה הלטינית *mollis*, רך. מערכת הרכיכות בנויה משבע מחלקות, מהן שלוש חשובות במיוחד: מחלקת הראש-רגלאים, ובה בין היתר תמנונים ודיונונים; מחלקת הצדפות (או הדר־קֶשׁוֹתִיִּים), ובה רכיכות בעלות קונכייה בת שני חלקים; ומחלקת החלזונות, ובה שבלולים וחשופיות. שמה הלועזי של האחרונה הוא מחלקת הגסטרופודים, כלומר הבטן-רגלאים, משום שהיצורים הכלולים בה נראים, במבט לא מעמיק, כאילו הם זוחלים על בטנם. במחלקת החלזונות כ-80 אלף מינים, הרבה יותר מכל מחלקה אחרת במערכת הרכיכות. רק במחלקת החרקים (הנכללת במערכת פרוקי הרגליים) יש מינים רבים יותר.

במחלקת החלזונות נכללת גם משפחת הארגמוניים, *Muricidae* בשמה המדעי, המוכרת גם בשם *murex* או, בשפות מסוימות, בכינוי חלזונות סלעים. נמנים עמה אלף מינים ויותר. הארגמונים חיים בימים סביב העולם, והם חביבים על אספני הצדפים בזכות קונכייתיהם הקוצניות, המקושטות והמצועצעות משהו. הקונכולוגים, אספני הקונכיות והצדפות, הם גזע ייחודי, ממש כמו אספני הבולים והמטבעות המשוגעים לדבר. כדי לרכוש פריט נדיר הם מוכנים לשלם מחירים מטורפים. בחנויות למזכרות אפשר לקנות בפרוטות קונכיות מצודדות אך נפוצות. לא אליהן נשואות עיני הקונכולוג. תמורת פרט מושלם של הקונכייה נדירת המציאות *Chimaeria incomparabilis*, למשל, הוא עשוי להעשיר את המוצא ב-20 אלף דולר.

באוסף קונכיות הארגמון הפרטי שלי שוכנים פרטים שאורכם 30 סנטימטר לצד קונכייה בצבע הפנינה המסתפקת ב-3 מילימטרים; אבל

כל קונכייה היא עולם שלם של יופי ועניין. *Chicoreus torrefactus*, שאפשר לכנותו הארגמון הבוער, מושך את העין בצבעו הכתום הבהיר. סביב פתחו של ה-*Ceratostoma foliatum*, "פי-הקן העלוותי" ככינור באנגלית, יש שרשרת קוצים דקים ועדינים הנראית כצווארון דקיק.

גבשושיותיו המתרחבות של ה-*Homalocantha anatomica pele*, המסתעפות אל הצדדים, משוות לו חזות של אייל בעל קרניים משוגעות מאיזו פנטזיה תת-מימית. המדהים מכולם הוא אולי ה-*Murex pecten*, שזכה ולא לחינם בכינוי "מסרק ונוס". עם קוציו המוארכים הסדורים לאורך שדרה דקה הוא נראה כמסרק המוכן לשימושה של איזו בתולת ים ארוכת שיער.

וכצפוי, ברשותי פרטים רבים של ארגמון קהה קוצים בשלל גדלים מאזורים שונים סביב הים התיכון.

פירוש שמו של היצור הזה באנגלית הוא ארגמון הצבע המפוספס. הגוף הבינלאומי המוסמך בתחום הטקסונומיה של בעלי החיים הימיים, WoRMS (World Register of Marine Species), רשם אותו תחת השם *Hexaplex (trunculariopsis) trunculus*. המילה *Trunculus* פירושה קטום, קהה. כשהזואולוג השוודי קרל לינה (לינאוס), אבי הטקסונומיה המודרנית, נתן לו את השם הזה ב-1758, הוא התכוון כנראה לזנבם הקטום והקהה, אך השם שנתן מתאים גם לתיאור קוצי הקונכייה שלו, הנראים קטנים וקהים בהשוואה לחטוטרות המפוארות והחדות של ארגמונים ממינים אחרים. רכיב זה של השם אומץ כידוע גם בשמו העברי של החילזון, ארגמון קהה קוצים – המנגיד אותו לבן דודו הארגמון חד הקוצים.<sup>81</sup> הרכיב הפותח את השם המדעי, *Hexaplex*, כלומר משושה, מתייחס מן הסתם לששת סיבובי הספירלה של השבלול הבוגר (אם אין סופרים את החוד העליון, המשלים סיבוב שביעי).

המילה *murex* נגזרה מהמילה היוונית מיאקס (μύαξ), שפירושה צדפת מאכל. זהו אחד השמות הוותיקים ביותר שניתנו לסוג כלשהו של צדפות: כבר אריסטו כינה את חלזונות הארגמון *murex*. בלטינית חלה העתקת משמעות, והמילה ציינה דגים בצבע ארגמן. זאת, כנראה, בגלל הבלוטה הייחודית שיש ליצורים בני משפחה זו, שבה נאגרת ההפרשה שבעולם העתיק ייצרו ממנה את צבע הארגמן. עוד מייחדת את החלזונות הללו המשננת (רדולה) שלהם: מערכת של מעין שיניים שורטניות המשמשת אותם, באשר הם בעלי חיים טורפים, להבקעת קונכיות המגן של החיה הנטרפת. מיונה של המשפחה לסוגים ולמינים – שעדיין לא הושלם, והוא נתון לשינויים תכופים – נעשה תכופות על פי הצורה והגודל של המשננת.

חלזונות הארגמון סועדים את בשרם של חלזונות אחרים ושל צדפות, וכדי לעשות זאת נעזרים, כאמור, ביכולות הקידוח של המשננת – וביכולות האיכול של החומצה שהם מפרישים. במקום לחפש מונח מרשים לציון האיבר המפיק את הנשק הבלתי-קונוונציונלי הזה, העדיפו המדענים לקרוא לו פשוט "איבר קידוח משלים", ובראשי תיבות באנגלית: ABO (Accessory Boring Organ). בלוטה קטנה זו נמצאת בדרך כלל ברגלו של החילזון, כפי שמכונה אותה סוליה דביקה שהיצור מתקדם בעזרתה. גודלה של הבלוטה מילימטר או שניים, ובדרך כלל היא דחוקה בעומק הרגל, אך בעת הצורך היא יכולה להישלף. כשהארגמון רוצה לאכול, הוא מטפס על קונכיית הנטרף ומתמרן את ה-ABO אל קרבת נקודת הקידוח המיועדת. הרגל יוצרת סביב ה-ABO, על גבי המטרה, שכבת איטום חסינה למים. אז מתחיל האיבר להפריש קוקטיל של חומצה הידרו-כלורית מתובלת באנזימים המגבירים את החומציות של מי הים הלכודים בתוך שכבת האיטום. התערובת הזו מרככת וממיסה את הסידן הפחמתי שהקונכייה

עשויה ממנו. עתה עובר החילזון להשתמש באמצעי הקידוח המכני שברשותו. הוא שולף את החדק שלו, מעין שפופרת ארוכה שבקצה נמצאת המשננת, ומגרד בעזרתה את השכבה המוחלשת של הקונכייה. את הסידן המגורר הוא מעכל בגופו. וכך, שוב ושוב, לסירוגין: ABO ומשננת, ABO ומשננת, שכבת סידן אחר שכבת סידן. ההספק של קידוח טיפוסי הוא רבע עד חצי מילימטר ביום, ופירוש הדבר שהקידוח כולו, עד שהארגמון מגיע למנה העיקרית, עשוי לארוך שלושה ימים.<sup>82</sup>

ניסויי ביתי להנאתכם, מתוך הספר שאינו קיים "מלקולוגיה  
זה כף":

נסו לגרד או לשרוט קונכייה רגילה בעזרת סכין קהה או  
נייר זכוכית. ככל הנראה, הדבר לא יותיר על הקונכייה ולו  
סימן סמלי.

השרו את הקונכייה הזו בחומץ למשך יומיים-שלושה. נסו  
לשורטה שוב. הקונכייה רכה עכשיו, ולכן תצליחו לשרוט  
אותה לעומק. מידת החומציות של החומץ, ה-pH שלו,  
שווה פחות או יותר לזו של הנוזל החומצי המופרש  
מה-ABO של הארגמון.

בתנאים נורמליים, כשהאוכל בשפע, הארגמונים מעדיפים לטרוף  
יצורים קטנים שקונכיותיהם דקות. אבל כששום טרף הולם אינו  
מזדמן, החלזונות הללו מידרדרים לקניבליות ואוכלים זה את זה.  
המנהג חסר הנימוס עזר לארכיאולוגים להבין את תהליך איסוף  
החלזונות לצביעה בימי קדם. ברבות מהקונכיות שהושלכו באתרי



צביעה קדומים כגון צור ודור יש חורי קידוח, כשני מילימטרים קוטרם, המלמדים כי ארגמון אחר תקף את שוכניהן. על בסיס עובדה זו משערים הארכיאולוגים שהצפעים היו לוכדים כמויות גדולות של ארגמונים ומאחסנים אותם במכלאות תת-ימיות עד שיהיו מוכנים לשימוש. זה היה, למשל, תפקידם של הבורות המרובעים שנתגלו בדור מתחת לפני הים. לחלזונות הכלואים, שלא היו חופשיים לצוד את מזונם הרגיל, לא נותר ברעבונם אלא לטרוף את בני מינם. החורים הם מזכרות שבי בנות אלפיים שנה.



הארגמונים צדים לאט, אוכלים לאט – וגם מעכלים לאט. זהו תהליך ארוך המוביל בין היתר לסדרת תגובות כימיות מורכבות המולידות את נוזל הצבע. אחד מתוצרי הלוואי של העיכול הוא מולקולה הקרויה אינדול, פרי התפרקות חומצת האמינו החיונית טְרִיפְטוֹפֶן.<sup>83</sup> הגוף אינו יכול לייצר טריפטופן בעצמו, ועליו לצרוך אותו ממקור חיצוני. הטריפטופן נמצא בשפע בבשר אדום ובמאכלי ים, ומסייע בייצור המוליך העצבי סֶרוֹטוֹנִין, התורם לתחושת רווחה ואושר, והורמון השינה מֶלָטוֹנִין. עכשיו ודאי מובן לכם פשר המראה המרוצה והרגוע של אי אלו חלזונות.

הצואה שמפרישים בני אדם ובעלי חיים אחרים מכילה ריכוזים צפופים של אינדול, והוא התורם העיקרי לריחה האופייני. אולם, לגודל הפרדוקס, בריכוזים זעומים יש לאינדול ריח יסמין נעים, והוא משמש כיום מרכיב מרכזי בבשמים רבים.

חילזון הארגמון, לעומת זאת, אינו מפריש את האינדול בצואה, אלא מוסיף לו פרום ועל ידי כך מתמיר אותו לחומר הקרוי טירינדוקסיל גופרתי. זהו שלב מכריע בתהליך ייצור חומר הצבע.

השימוש שהחילזון עושה דווקא בברום הוא לפלא בעיני המדענים, משום שלו היו החלזונות משתמשים בכלור במקום בברום היתה מושגת תוצאה זהה – והכלור מצוי במי הים הרבה יותר מברום. אך הארגמונים "מתעקשים" על ברום, ויש להם אפילו אנזים מיוחד, פרומופרוקסידז, העוזר להם למצות ברום מחומרים המצויים בסביבתם. יהיה אשר יהיה היתרון שהארגמון שואב מן השימוש דווקא ביסוד זה, בני האדם מפיקים מההעדפה המוזרה יתרון ברור: בזכות הברום נוצר נוזל הצבע הנחשק.

לברום שימושים רבים אחרים. שמו נגזר מהמילה היוונית ברומוס (βρόμος), מסריח – וכשמו כן הוא. ריחו מזכיר את ריחם של מלביני כביסה, ואדיו עלולים לגרום לגירוי בעיניים ולשיעול אפילו בריכוזים נמוכים. הברום מדכא תגובות בעירה מסוימות, ולכן תרכובות ברום אורגניות משמשות בחיסון חומרים מאש: פלסטיק, מעגלים מודפסים ואף בגדים. יוני הברום מכבים שרפות גם במובן המטפורי: הם משמשים גורם מרגיע במערכת העצבים. במאות ה-19 וה-20 כללו תרופות ההרגעה ברום. עד היום רושמים לפעמים הרופאים אשלגן ברומי לטיפול באפילפסיה.

גם חסרונות יש, כמובן, לשימוש התעשייתי בברום. בין היתר, הוא ממלא תפקיד בהרס שכבת האוזון. המדענים חקרו תופעה זו באזור ים המלח. האוויר שם מכיל את אדי החומר, וכתוצאה מכך התפתח מסדרון אווירי נטול-אוזון קילומטרים ספורים מעל הימה. החור הזה קרוב ונגיש לנו הרבה יותר מהסטרטוספֶּרָה העליונה, שכבת האוזון העיקרית שבה מתפתחים החורים הגדולים והמפורסמים – ועל כן הוא נוח יותר לחקר תופעת החורים באוזון.

את הטירינדוקסיל, החומר יליד האינדול והברום, מאחסן הארגמון בבלוטה התת-זימית (ההיפופֶּרֶנְכִיאלִית) שלו. מולקולת הטירינדוקסיל היא התחנה שלפני-האחרונה בהתפתחות מולקולת הצבען. בשביל

השלב האחרון נדרשים שלושה רכיבים: אנזים ושמו פורפורז, המצוי אף הוא בבלוטה התת-זימית; חמצן; ואור שמש. שני האחרונים מתווספים רק כאשר שובר האדם את הקונכייה ומוציא את תוכנה של הבלוטה לאוויר הפתוח. החומר המטרים, הטירינדוקסיל, מתפרק ויוצר את מולקולות הצבענים. ישנן עד עשר מולקולות שונות כאלו – תלוי במין הארגמון – אך שלוש הן העיקריות: אינדיגו (כחול), מונו-ברומו-אינדיגו (כעין הסיגלית) ודי-ברומו-אינדיגו (ארגמן).<sup>84</sup>

שורה של מקורות עתיקים מלמדת כי הצבעים הקדומים האמינו שיש להשאיר את החלזונות בחיים עד הרגע האחרון שלפני השימוש בהם. זוהי ודאי הסיבה לכך שהחלזונות נשמרו במכלאות הימיות ונשלו מהן רק בהתאם לצורכי הייצור המידיים. אריסטו, המתאר באריכות את תהליך הצביעה בספרו "תולדות בעלי החיים", מציין: "הדייגים מקפידים תמיד לשבור את החיה לחתיכות בעודה בחיים".<sup>85</sup> דומה לכך ההערה בתלמוד הבבלי כי החילזון "כמה דאית ביה נשמה טפי ניחא ליה כי היכי דליציל ציבעיה" (שבת עה, ע"א), כלומר הצבע מעדיף שתישאר בחילזון רוח חיים זמן רב ככל האפשר, כיוון שכך הצבע צלול יותר.

את מה שהקדמונים למדו מן ההתבוננות ומן הניסיון, אנו יכולים להסביר כיום באופן ביוכימי: האנזים פורפורז, החיוני להפיכת החומר המאוחסן בבלוטה לחומר צבע, מתפרק במהירות לאחר שהחילזון מת. מניסיון הצביעה האישי שלי למדתי שאם עוברת חצי שעה, ואפילו פחות, בין מות החילזון לבין מיצוי החומר מן הבלוטה, הצבע המתקבל מאבד מזוהרו ומתקרר בגונו לאפור מתכתי. התזמון הוא קריטי רק בשלב הזה – פתיחת הבלוטה התת-זימית ומיצוי תוכנה. שאר תהליך הצביעה יכול להיעשות במועד מאוחר יותר. אם חומר הצבע נוצר כיאות בחלון הזמן הזה, הוא נשאר יציב להפליא, ויכול לעמוד בעינו שנים ארוכות בלי השגחה מיוחדת.

המקורות הקדומים מספקים עוד מידע חשוב על תהליך הצביעה. הארגמונים מניבים את מרב הצבע באביב, רגע לפני שהם נאספים להטיל את ביציהם הזהובות בצבירים הדומים במראם ליערת דבש.<sup>86</sup> המתאם בין התגברות ייצור חומר הצבע לבין עונת ההטלה הוא קצה חוט לפתרון תעלומה מטרידה: מדוע בכלל מאחסן הארגמון טירינדוקסיל בבלוטה התת-זימית שלו? ולשם מה, בעצם, הוא מייצר את החומר הזה מלכתחילה?

רמז ראשון לקראת פתרון נוגע לקשר בין הזוויג של החילזון, זכר או נקבה, לבין ייצור הצבע. למגינת לבם של אנשי המדע, קשה להבחין בין ארגמונים זכרים ונקבות. לעתים קרובות, אולי בגלל מזהמים המצויים במי הים, מצמיחות נקבות הארגמון איבר מין זכרי דמוי קרס, זהה לזה של החלזונות הזכרים – ועדיין, באורח מוזר, הן נשארות נקבות. התופעה מכונה גם פסוידו-הרמפרודיטיות.

על מכשול זה התגברו קירסטן בנקנדרוף ועמיתיה באוניברסיטת פלינדרס בדרום אוסטרליה. הם פיתחו שיטה לקביעת הזוויג של חלזונות, שאפשר ליישמה רק כשהם מחוץ לקונכייה. הברל'ה מוכרח לצאת החוצה ולחשוף את מבושיו; אבל איך עושים זאת? איך גורמים לחלזונות להתגבר על עכבותיהם ועל צניעותם הטבעית? מתברר שהחלזונות אינם שונים מאוד מבני האדם: תנו להם סמים ואלכוהול, והם יעשו מה שרק תבקשו. הוספה זהירה ומדודה של מגנזיום כלורי או אתנול למי הים במכלי הניסוי חוללה נפלאות. כשהחלזונות היו שתויים מעט ורגועים לגמרי, הצוות של בנקנדרוף גרם להם – ולהן – להגיח משריונם במידה מספקת שתאפשר להציץ באיברי הזכרות שלהם – ושלחן – ולקבוע מי פה גבר אמתי ומי נקבה במסווה.

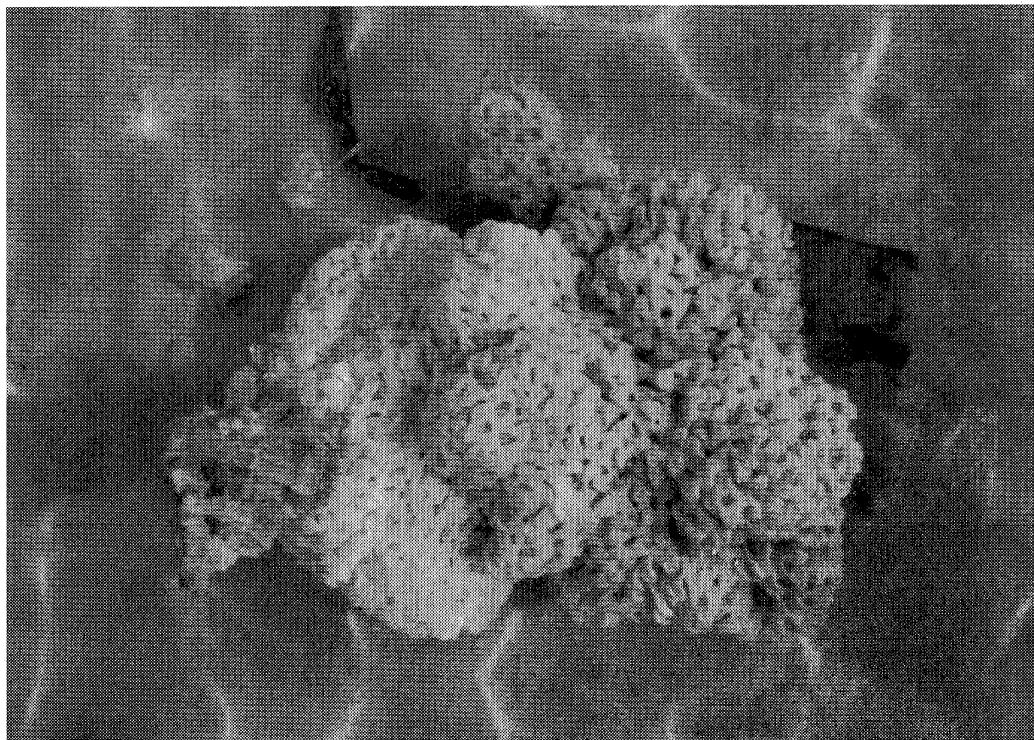
במחקר דקדקני בחלזונות הארגמון ממין *Dicathais orbita* הראו בנקנדרוף ועמיתיה כי הנקבות, אלו המטילות את הביצים, מייצרות

יותר די-ברומו-אינדיגו מהזכרים.<sup>87</sup> עוד הראה הצוות האוסטרלי כי המולקולה המטרימה את מולקולת הצבע, טירינדרין, ורכיב נוסף הקשור לתהליך, טירינדרולנין, נמצאים בשפע במצבורי הביצים של הארגמון, והם רעילים מאוד לבקטריות.

צירוף כל הגילויים הללו יחדיו מאפשר להציע תיאוריה המסבירה מדוע מייצר הארגמון את הטירינדרוקסיל ולמה הוא מאחסן אותו. החלזונות, ובפרט הנקבות שבהם, מייצרים ומאחסנים את המולקולה בבלוטה התת-זימית, הממוקמת בסמיכות לבלוטות הרבייה. בעת ההטלה מועבר הטירינדרין למצבורי הביצים ומספק להן הגנה ביוכימית מפני זיהום.<sup>88</sup> החילזון נהנה אפוא ממוצר המשפר את תהליך הרבייה שלו – והאדם, בלי שיהיה לו שמץ של מושג או עניין באשר לייעודו של החומר, נהנה בזכות זאת לאורך אלפי שנים ממוצר שסיפק לו אפשרות לצבוע את בגדיו בגוני ארגמן ותכלת יפהפיים.

האתנול שהצוות האוסטרלי הוסיף למי הים של החלזונות גרם לתוצאה נוספת: בהגיח החלזונות מקונכיותיהם הם הפרישו ליחה. ליחה זו הכילה מולקולות מטרימות למולקולות ארגמן צורי, וכעת בודקים מדענים את תכונותיהם האנטיביוטיות ונוגדות הסרטן של חומרים אלה ואת שימושיהם האפשריים.<sup>89</sup> החומרים שהארגמון מייצר משמשים זה זמן רב את הרפואה ההומיאופתית לטיפול במגוון רחב של הפרעות ומחלות, מחרדה עד סרטן. בדיקות קפדניות שערכו האוסטרלים הראו כי לתרופה ההומיאופתית מן הארגמון כמעט שאין השפעה הניתנת למדידה על תאים סרטניים, אך מנגד גילו השפעה של ממש לחומרים שמוצו היישר משקיקי הביצים של החלזונות. החומר הרס סוגים רבים של תאים סרטניים, או עיכב את התרבותם. מעודדת במיוחד היתה השפעת החומרים על תאי סרטן קולורקטליים, ובייחוד על קרצינומת המעי הגס

HT29, וכן על לימפומות מסוימות. מולקולות אחרות המצויות אצל החלזונות, ובייחוד אינדירובין, הן כעת מושא למחקר על דבר האפשרות לטפל בעזרתן במחלות שונות וביניהן אלצהיימר.



חילזון ארגמון עם צביר ביצים.

Photo by Pamela Rambo, iLoveShelling.com

רכיכות לסוגיהן נמצאות היום בחזית המחקר הרפואי והפרמקולוגי, הבוחן מגוון שימושים אפשריים של תוצריהן; אך לשיטות שמחקר זה מפתח לשם כך, ולידע שהוא משיג, יש תועלת רבה גם להיסטוריונים ולארכיאולוגים. אנו יודעים היום שההרכב והתמהיל של מולקולות הצבע מושפעים ממין הארגמון, מהזוויג שלו, מאזור המחיה שלו ומעונת השנה. משתנים אלה יוצרים מעין טביעת אצבע או חתימה. אם מצאתם אריג צבוע תכלת, הגדרה מדויקת של רכיבי הצבע עשויה להוביל לזיהוי החילזון שהפיק אותו. אם, למשל, מתגלה בבדיקה של עיטור כחול בפיסה עתיקה של משי מסין כי מקור הצבע הוא אחד

החלזונות שוכני הים התיכון, עשויה להיות לכך משמעות מרחיקת לכת בעיני היסטוריונים ואנתרופולוגים. בדיקות כגון אלו הן תחום התמחותם של אנשי מקצוע מזן נדיר: ארכיאוכימאים.



ארכיאולוגים שואלים בעצתם של היסטוריונים מעשה שגרה. היכן נמצאים אתרים חשובים לחפירה? כיצד מאירים המקורות ההיסטוריים את הממצא באתר? מה ידוע לנו עליו ועל תושביו? ההיסטוריון זקוק לארכיאולוג, והארכיאולוג להיסטוריון – אבל כיום, לא רק אל ההיסטוריון פונה הארכיאולוג להתייעצות. אופקים נוספים פתוחים בפניו. האופק הכימי הוא אחד מהם, והוא מספק לו מידע חיוני הנוגע להשלכות ולמשמעויות של ממצאיו. בעזרת הארכיאוכימאי יכול הארכיאולוג, למשל, לברר את הרכבם המדויק, ואף את גילם המדויק, של כמעט כל חומר וחפץ.

למרות הדיוק הרב הנדרש מהן, צריכות הבדיקות הללו להסתפק בדוגמית זעירה מהממצא הארכיאולוגי, כדי לגרום לו נזק מועט ככל האפשר. כנגד הסתפקות במועט זו, הבדיקות מגלות תיאבון רב למשאבים כספיים, למכשור משוכלל, להליכים מורכבים – ולא פחות מכך לאנשי מקצוע בעלי כישרון רב וניסיון נרחב. לרשות הארכיאוכימאי עומד ארסנל כלים מרשים, אך כאשר מדובר בבדיקת רכיביו הכימיים של צבען עתיק, כלי העבודה המועדף הוא מכשיר מרשים הקרוי HPLC (High-Performance/Pressure Liquid Chromatograph – כרוֹמָטוגרַף נוזל בלחץ גבוה) – ואין מי שמיטיב להשתמש בו מהחוקר הישראלי צבי קורן.

פרופ' קורן הוא מנהל מרכז אדלשטיין למחקר – מכון בבית הספר הגבוה להנדסה ועיצוב שנקר ברמת גן, המתמחה בניתוח

אריגים עתיקים. במעבדתו בשנקר בדק קורן עשרות דוגמיות, של אריגים ושל חפצים אחרים, ממגוון אתרים ארכיאולוגיים. פיסת תכריך מאתר הקבורה המצרי בבני חסן; פקעת צמר ממצדה; שמיכה בת כששת אלפים שנה ממערת הלוחם שבצוקי קרנטל הנשקפים אל יריחו, שהיא כנראה האריג צבוע-החוטים הקדום ביותר הידוע למחקר; כד שהיה שייך לדריווש מלך פרס – כל אלה עברו תחת עיניו ומכשיריו הבוחנים.

כדי לזהות את רכיביו של חומר צביעה עתיק נחוצה ל-HPLC רק דוגמית זעירורית, פיקוגרם אחד בלבד, שהוא מיליונית המיליונית של הגרם – ואפילו כך, אומר קורן, הוא מניב מידע רב יותר מכל כלי אחר. קורן ממס תחילה את הדוגמית המיועדת לאנליזה בנוזל – בנוזל, למשל – ואז מכניס אותה אל המכשיר. הנוזל מועבר דרך חומר נקבובי ולבסוף יוצא מצדו השני של המכשיר. אך בשעה שהוא עובר דרך החומר, הרכיבים הכימיים השונים שלו נדבקים אל קירות מסנן ה-HPLC – כל אחד על פי מידת התאחיזה שלו. הדבר משפיע על הזמן שכל רכיב ורכיב מבלה בתוך המכשיר. מדידת ההפרשים בין זמני היציאה מהמכשיר, המתועדים על גבי גרף בעל ציר זמן, מאפשר לכימאים לקבוע לא רק אילו כימיקלים נמצאים בדוגמית – אלא גם מהם ריכוזיהם היחסיים.

משל מתחום התיירות יעזור להבין את התהליך. שוו בנפשכם חדר תצוגה מוארך במוזיאון, שתמונות רבות תלויות על קירותיו. אחדות מהן מודרניות, ורובן קלאסיות. קבוצה גדולה של תיירים נכנסת לחדר ברגע אחד. אם תמנו אותם בעוברם בדלת היציאה שמנגד, תגלו שהם נוטים לעשות זאת בארבע קבוצות. הקבוצה היוצאת ראשונה היא זו שאין לה שום עניין באמנות. קבוצה שנייה, ובה אלה הנהנים מאמנות מודרנית אך לא מאמנות קלאסית, מתעכבת אל מול יצירותיהם המעטות של קנדינסקי, מונדריאן ובני זמנם התלויות



בחדר, ויוצאת זמן לא רב לאחר קבוצת המשתעממים. שלישית יוצאת הקבוצה הגדולה ביותר, ובה התיירים המחבבים אמנות קלאסית אך לא מודרנית. אחרון עוזב את האולם אותו קומץ אנשים שאוהבים אמנות קלאסית ומודרנית כאחת, ואשר הקפידו להתבונן בכל תמונה ותמונה. כך עובר ה-HPLC. ככל שגדלה זיקתם של הכימיקלים (או התיירים) אל הקירות (או אל מה שתלוי עליהם) כך הם יישארו זמן רב יותר במכשיר (או באולם). כך אפשר לאמוד את שיעוריהם של הרכיבים ואת גודלן של הקבוצות.

בעזרת ה-HPLC יכולים הארכיאוכימאים לקבוע את תמהיל הרכיבים בחומרים השונים שמפיקים חלזונות שונים. יש ארגמונים המייצרים בעיקר מולקולות אינדיגו או את נגזרותיהן הברומיות – ויש ארגמונים שעיקר חומר הצבע שלהם הוא מולקולות אינדירובין לתצורותיהן. כאשר מנתחים המדענים סיבי ארגמן ותכלת עתיקים, הם בודקים לא רק אילו מולקולות ישנן בכל כימיקל-צבע, אלא גם מהם ריכוזיהן – ועל ידי כך בידם לקבוע את טיפוס החילזון שיצר אותו.

כבר הזואולוג הצרפתי אנרי דה לקז-דיתייה, המגלה-מחדש של הצביעה בחלזונות הארגמן, הבחין שהארגמן חד הקוצים והארגמונית אדומת הפה מייצרים צבע סגול הנוטה אל האדום, בעוד הסגול שמייצר הארגמן קהה הקוצים נוטה מעט אל הכחול. קורן פיתח מדרד חד-ערכי הקובע אל נכון איזה מין של חילזון ייצר דוגמית נתונה של צבע. מדרד זה, שקורן מכנה (DMI, di-mono-index מדרד די/מונו), מחשב את היחס בין מולקולות הדי-ברומו-אינדיגו והמונו-ברומו-אינדיגו. לחד הקוצים ולאדומת הפה יש ערכי DMI גבוהים, הנעים בין סביבות ה-30 לבין 90 ומעלה, בעוד קהה הקוצים הוא בעל DMI נמוך – בדרך כלל פחות מ-10. ניתוח הצבען שנמצא בכדו בן ה-2,500 של דריווש מלך פרס העלה DMI של 5.6 –

שיעור נמוך מאוד המלמד שהכד נצבע בעזרת ארגמון קהה קוצים. מסנן ה-HPLC יכול גם לקבוע אם מקורו של צבע אינדיגו מסוים צמחי או חלזוני. אינדיגו שמקורו בארגמון מכיל תמיד עקבות כלשהן של מולקולות עם ברום; לא כן האינדיגו הצמחי. שרידי הברום הללו קלושים מכדי שהעין תבחין בהם או בהשפעתם אך ה-HPLC רגיש דיו לגלותם. כזכור, התלמוד הותיר בידי שמים את האבחנה בין תכלת אמתית, זו שמוצאה בחילזון, לבין זו המזויפת שמקורה בקלא אילן, צמח האינדיגו (בבא מציעא סא ע"ב). והנה נתן המדע המודרני את היכולת הזו בידינו.

יא

## משהו תוסס



היוונים הקדומים האמינו שאתנה, אלת החוכמה, לימדה את בני האדם כישורים שימושיים רבים, ובתוכם הטווייה, האריגה והצביעה, והיתה פטרוניתם של בעלי המלאכות הללו. הטכניקות הכרוכות בצביעת אריגים, למשל, היו כה מורכבות, שאין תמה שהקדמונים האמינו כי ילוד אישה לא יכול היה להמציאן, ושהן מתת שמים.

לכאורה, לא בשמים היא. כוס מיץ ענבים או ספל קפה הנשפכים על בד לבן יצבעו אותו בסגול או בחום, וסינר בד של תינוק יכול בקלות, אחרי כמה ארוחות, להתחרות בציוריו של ג'קסון פולוק. אך כמו שיודעים כל צופי הערוצים המסחריים בטלוויזיה, דטרגנט טוב מסלק גם את הכתמים העיקשים ביותר.

כדי לצבוע באמת, לא להכתים, נדרשת התלכדות של כמה תכונות נדירות. הצבע צריך להיות יפה, בוהק – וגם עמיד: לא כזה שדוהה בשמש עם הזמן, וודאי לא כזה שנשטף במים, אפילו לא עם סבון. אריג צבוע ראוי לשמו צריך לשמור על צבעו לעד. במונחים כימיים פירוש הדבר שמולקולות הצבע מוכרחות שלא להיקשר בקלות למים או לדטרגנטים. אך כאן נעוצה הבעיה. אם מולקולות הצבע הן אדישות במידה כזו שאינן נקשרות לסבון או למים, גם



מצבה של פורפוראריוס

(צבע ארגמן).

באדיבות ארכיון אלינרי, פירנצה

בסיבים הן לא יידבקו, מאותה סיבה. הצבע צריך למצוא תחבולה כימית שתגרום לצבע לחדור לאריג, לדבוק בו, ולהישאר שם בטוב וברע. צבע בן קדם שגילה תחבולה כזו, ודאי לא הזדרז לחלוק את המרשם עם שכניו, ומידה זו או אחרת של תעלומה אפפה את בעלי הסוד.

אמני הצביעה אכן היו אזרחי כבוד בחברה הקדומה. בתלמוד הירושלמי מסופר שהצבעים התהלכו עם פקעת צמר תחובה מאחורי אוזנם, מודיעה לראווה על חברותם בגילדה הנכבדה.<sup>90</sup> הסחר באריגים צבועים מילא תפקיד מרכזי בכלכלת הימים ההם, וערים רבות באגן הים התיכון התנאו בצבעיהן המוחננים. צור, מכורתו של הארגמן הצורי, היא אולי המהוללת מכולן. הרמיונה אשר בקצה חצי האי ארגוליס באי פלופונסוס שביוון היתה

אחד ממרכזי הצביעה הראשונים ביוון, ונודעה בבדי הארגמן שלה שהגיעו אפילו לפרס. האי קיתרה, מקום הולדתה של אפרודיטה על פי האגדה, זכה לשם "אי הארגמן" בזכות הבדים שנצבעו מהחלזונות שניצודו בו. מגדל שעל שפת הכנרת נקראה לעתים "מגדל נוניא", כלומר דגים, אך יש המזהים אותה עם "מגדל צבעיאי", מגדל הצבעים, הנזכרת בתלמוד הירושלמי.

רק אנשי ספרטה, שנודעו באורח חייהם הסגפני, לא הכניסו

לעירם צִבְעִים, משום שסברו שהצביעה נוטלת מהצמר את צבעו הטבעי והראוי. בניב היווני שדובר בספרטה שימשה אותה מילה, דולון, לציון צִבֶּע – ורמאי.<sup>91</sup> למרות ההתנגדות העקרונית, כשהדברים הגיעו לשדה הקרב גילו הספרטנים נכונות לפשרה: הם לבשו מדים אדומים, שהסוו היטב כתמי דם מפצעים.

כמובן, מאחורי אלה שהצביעה הקנתה להם שם טוב ושמן טוב היו אלה שעשו את העבודה השחורה, וזו היתה לגמרי לא נעימה. "ידי הצבע מבאישות כדג רקוב, ועיניו קהות ממאמץ", נאמר בפפירוס מצרי עתיק. בהלכה היהודית, אישה שבעלה נעשה צבע אחרי שנישאה לו רשאית להשתמש בכך כעילה לגירושים. כשנישאה לו, הסירחון המגיע איתו הביתה לא היה חלק מהעסקה.

ובכל זאת, המקצוע הקנה לעתים קרובות מעמד לבעליו; ועבודה בארגמן הקנתה יוקרה של ממש. בתקופה הרומית נקרא אומן הארגמן פורפוראריוס, ומיצובו הגבוה של מקצועו ניכר לא פעם בדברי הספר החרותים על מצבות וסרקופגים עתיקים. רק לפורפוראריוס היו הכישורים, הניסיון והמהימנות הדרושים לעבודה ביקר מכל הצבעים.

תורת הצביעה בחלזונות הארגמן איננה סבוכה במיוחד, אבל כשהדברים מגיעים לידי מעשה צצות בעיות בלתי-מבוטלות. הנוזל חסר הצבע שבבלוטה התת-זימית של החילזון משנה את מראהו זמן קצר לאחר סחיטתו מהבלוטה ויציאתו לאוויר, ונעשה סגול כהה. אם הוא נוגע ביד לאחר סחיטתו, הוא נקשר לאריג וצובע אותו. אך למרבה האירוניה, מרגע שהתמצית החלזונית עצמה נעשית סגולה, היא אינה יכולה עוד להיקשר לאריג. הצביעה מוכרחה אפוא להיעשות בעוד החומר במצבו הראשון, חסר הצבע. זהו חלון הזדמנויות צר מאוד. הצרה היא שכדי לצבוע כמות גדולה של בד נדרש מספר עצום של בלוטות חילזון. לליטרה אחת של צמר, למשל, נדרשים יותר משבעת אלפים חלזונות.

אפשר, לכאורה, לצבוע את הצמר חילזון אחר חילזון, פיסה זערורית אחת אחר חברתה, אך הדבר אינו מעשי, לא היום וגם לא בימי קדם. הקדמונים הקימו תעשיית צבע גדולה, שדרשה, אם לנקוט מונחים מודרניים, ייצור המוני, בקרת איכות והגנה על קניין רוחני. צביעת הצמר חילזון אחר חילזון דורשת כוח אדם עצום. אפילו אם לרשות המצבעות העתיקות עמד כוח אדם כזה, בעיית איכות הצביעה נותרת בעינה. הגוון שנותן חילזון בודד אינו זהה לגוון שנותן משנהו, ובר שייצבע בצורה כזו יהיה בעל גוונים רבים ולא יענה בשום אופן על דרישותיהם של קורבנות האופנה באתונה וברומא.

האמת היא שצביעה עמלנית ואטית, חילזון אחר חילזון, דווקא קיימת פה ושם. דוגמה מפורסמת לכך היא הנוהג המקסיקני העתיק "לחלוב" את הארגמון. צבעי הארגמן בחוף מדינת אואחקה במקסיקו צובעים כך חוטי כותנה ופשתן עד עצם היום הזה. הם לוחצים בעדינות על רגלו של החילזון, וגורמים לו להפריש כמות קטנה של צבע על גבי פקעת חוטים. החילזון, שנאסף מחגווי הסלעים שבמים לאורך החוף, מוחזר לשם, להמשיך לחיות את חייו ולייצר צבע לפעם הבאה. הצבעים המקסיקנים למדו לדעת שחילזון ה-Purpura pansa שלהם מחדש את חומר הצבע שלו לאחר שהוא נחלב – למעט בעונת ההזדווגות שבקיץ. תהליך החידוש אורך כחודש ימים. איסוף מאות החלזונות הנדרשים לצביעה בשיטה זו הוא מלאכה קפדנית שנדרשים לה ימים רבים. נשות אזור קוסטה צ'יקה שבדרום מקסיקו אורגות חצאיות פסים הקרויות פוֹזְהוֹאֶנְקוֹס מחוטים שנצבעו בשיטה המסורתית, ולובשות אותן בהזדמנויות מיוחדות.

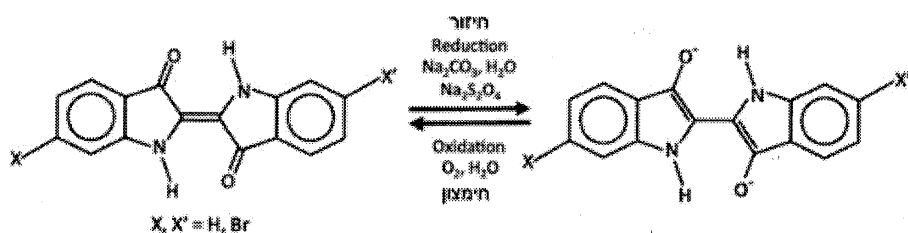
גם ארגמונים אחרים מחדשים את צבעם, ובכל זאת ברור שחליבת חלזונות חיים לא היתה יכולה מעולם לספק צבע ארגמן בכמות ובאיכות שנדרשו בארצות הים התיכון. החליבה ודאי עדיפה

מבחינת שימור המין, אך שיקולים אקולוגיים כגון זה לא עמדו בראש סדר הקדימויות של העולם העתיק.

מן ההכרח, אפוא, לצבור כמות מספקת של צבע חלזוני שאפשר יהיה לצבוע בה את הצמר כולו בפעם אחת. אך כיצד עושים זאת בתוך חלון ההזדמנויות הצר? איך אפשר להספיק, בהרף העין הזה, לשבור אלפי קונכיות, לסחוט את הבלוטות ולצבוע? כאן נכנסה לזירה מומחיותם של הצבעים. הם גילו כמה וכמה מרשמים היכולים להשמיש את נוזל הצבע גם לאחר זמן; להחזיר לנוזל המרופש את נשמתו ולהופכו שוב לחומר צבע שימושי. זהו הישג מדעי בעל חשיבות כלכלית עצומה.

צבעי הארגמן שייכים לקבוצה הקרויה צבעי יורה (vat dyes). במצבם הטבעי, צבעים אלה אינם מתמוססים במים, ולכן קשה לערבב אותם בנוזלים הנספגים בקלות באריגים. כדי שיהיה אפשר לקשור אותם במים, עליהם לעבור תחילה תהליך כימי הידוע בשם חיזור, שהוא היפוכו של החמצון. לאחר שחוזרו והומסו במים יכול האריג לספוג אותם. עתה, לאחר שמולקולות הצבע חדרו כולן לפד, הן חייבות לעבור את התהליך ההפוך, החמצון, המחזיר אותן למצבן הקודם, הבלתי-נקשר. לאריג הן כבר מחוברות, למים לא ייקשרו עוד, וכך הן דבקות באריג לנצח, עמידות בפני שטיפה, מחייה ודהייה, אדישות לשמש ולפגעי מזג האוויר.

לחיזור יש מובנים רבים בכימיה, אך לצורכינו נוכל להסתפק בהגדרתו כצירוף אלקטרון למולקולה, ואת היפוכו, החמצון, כאובדנו של אלקטרון. כשמולקולות האינדיגו או הדי-ברומו-אינדיגו מחוזרות, אטומי החמצן שלהן מקבלים מטען שלילי, כפי שאפשר לראות בתרשים שלפנינו. במצבן המחזור הזה מכונות המולקולות "אינדיגו לבן" או לְאוקו-אינדיגו (מהמילה היוונית לְאוקוס, λευκός, שמוכנה לבן, צח או בהיר), משום שנוזל הצבע נראה אז צהוב או ירוק חיזור.



חיזור וחמצון של מולקולת אינדיגו.

טבלו פיסת צמר בתערובת הזו, הוציאו אותה וחשפו אותה לחמצן שבאוויר – והיא תאבד אלקטרונים, תתחמצן. הצהוב ישתנה באורח פלא לכחול העמוק, או הסגול, שהיה צבעו של החומר מלכתחילה. בימי הביניים, צבעים ששלטו באומנות החלפת הצבעים הזו נחשבו לעתים קרובות קוסמים או מכשפים, מעוררי כבוד או מעוררי פחד. Der kann Hexen und Blaufärben, "הוא יכול לעשות כשפים ולצבוע בכחול", הוא ניב שנפוץ עדיין בצפון גרמניה, אזור שרחש פעם סדנאות צביעה.<sup>92</sup>

תוספת האלקטרון בעת החיזור מטעינה את המולקולה מטען שלילי, ומאפשרת לה כאמור להתחבר למים. במצב מסיס זה, הצבע יכול להיכנס בקלות למרקם הסיבי הצפוף של האריג. צבעי היורה הקדומים הבחינו כי האריג שצביעתו היא המוצלחת ביותר הוא הצמר. מתברר שהמטען השלילי מקרב את מולקולת הצבע עוד אל הסיבים של הצמר, והדבר מעודד היווצרות קשר כימי חזק במיוחד. חז"ל אף זיהו במפורש את התכלת עם צמר ("תכלת – עמרא"; תלמוד בבלי, יבמות ד ע"ב), וביססו על כך את ההיתר לשים פתילי צמר בבגד פשתן לציצית למרות איסור שעטנז. בכך קבעו את הכלל החשוב "עשה דוחה לא תעשה".

האומנים הקדומים שעבדו עם הנוזל החיזור של הלאוקו-אינדיגו המחוזר הבחינו בוודאי גם בהשפעתה של השמש היס-תיכונית העזה על יצירי כפיהם. התמורות הכימיות שאור השמש גורם אפשרו להם



לכוונן את גוני הגוונים של חומר הצבע – ומתוך כך, גם של האריג הנצבע. מנוזל אחד יכלו להשיג מנעד רחב של גוני אדום, סגול וכחול, מבורדו עד תכול בהיר. כזכור, נוזל הצבע המופק מחילזון הארגמון מורכב מתערובת של מולקולות אינדיגו (כחול), מונו-ברומו-אינדיגו (סיגלית) ודי-ברומו-אינדיגו (סגול אדמדם). כשהמולקולות המכילות ברום מחוזרות, ונמצאות במצב הלאוקו, הן פגיעות לקרינה אולטרה סגולית: קרינה זו, הנמצאת בין היתר באור השמש, שוברת את הקשר שלהן עם הברום. הן מאבדות את אטומי הברום שלהם, ועם החמצון אינן חוזרות להיות מונו-ברומו-אינדיגו ודי-ברומו-אינדיגו כפי שהיו – אלא נעשות פשוט מולקולות אינדיגו. האריג נותר צבוע בכחול.

התהליך המכריע של הדה-ברומינציה באור השמש, היוצר את הצבע הכחול הטהור שלנו, מתרחש כאשר הנוזל עדיין נראה צהוב חיוור. אי אפשר להבחין בו בהתרחשו, אלא רק לאחר שהצמר הוצא מהנוזל והתחמצן במלואו. את השלב הבלתי-נראה הזה, שהקדמונים הכירוהו ואשר נתגלה מחדש בימינו בידי פרופ' אוטו אלסנר, החמיצו החוקרים הקודמים. הרב הרצוג, למשל, שהיה משוכנע שצבעה של התכלת הקדומה היה תכול ושמקורה היה חילזון ימי, לא יכול היה לקבל את זיהוי החילזון כארגמון קהה הקוצים – כיוון שכל שהיה ידוע לו, הארגמון קהה הקוצים ייצר רק צבע סגול.

בימינו אפשר ליצור את תגובת החיזור בקלות, בעזרת סוכן-חיזור חזק כגון נתרן דיתיוניט. בעת העתיקה לא היתה שיטה זו ידועה, וכדי שיתקיים חיזור נדרשו רגישות רבה וזהירות קיצונית. גילוי השיטה הקדומה לחיזור ההפרשה הארגמונית ולהפיכתה לחומר צבע היה אחד ההישגים הטכנולוגיים הגדולים – ועל כן גם השמורים – של העולם העתיק. בספרו "תולדות הטבע" מתאר פליניוס הזקן את תהליך הצביעה:

לאחר מכן העורק בו דנו מוצא, ויש להוסיף לו מלח בשיעור של כסקסטאריוס (סביב 550 מיליטר) על כל מאה ליברה (סביב 33 קילוגרם); שלושה ימים הינם פרק זמן מתאים להשריה, מאחר שברי כי ככל [שהתמצית] טרייה יותר כך חוזקה רב יותר ויש לחממה בקדרה עשויה עופרת ו[תוך הוספת] אמפורה אחת (סביב 26 ליטר) של מים לכל חמישים ליבראות (סביב 16 קילוגרם) של צבע, ולשמור עליה בטמפרטורה אחידה ומתונה תוך שימוש בצינור המובא מכבשן המצוי במרחק-מה משם. פעולה זו תגרום להפרדה הדרגתית של חתיכות הבשר אשר בדרך הטבע דבקו לעורקים, ולאחר כתשעה ימים הקדרה מנוקזת וגזזת צמר אשר נוקתה ונשטפה היטב נטבלת [בצבע] לצורך ניסיון ואילו הנוזל מחומם עד קבלת תוצאה מספקת. צבע אדמדם נחות באיכותו מצבע שחרחר. על מנת לאפשר ספיגה [של הצבע], נותרת גזזת הצמר [בתוך הקדרה] במשך חמש שעות ולאחר שנופצה נטבלת בשנית, עד שתספוג את כל התמצית.<sup>93</sup>

תיאור קצר יותר ומפורט פחות מופיע בתלמוד, בדמות תיעוד של שיחה בין אב"י, האמורא הבבלי בן המאה הרביעית לספירה, לבין רבי שמואל מארץ ישראל:

אמר אב"י לרב שמואל בר רב יהודה, "תכלת זו, היאך צובעים אותה?", אמר לו, "מביאים דם חילזון וסממנים ומשליכים ביוֹרה ומרתיחים אותם. ולוקחים מעט מן הנוזל בתוך (קליפת) ביצה, ומנסים אותו על מוך; ומשליכים את הביצה הזו ושורפים את הצמר" (תלמוד בבלי, מנחות מב ע"א, תרגום לעברית).

על פי שני התיאורים נדרשת בדיקה של הצבע בעת ההכנה כדי לבדוק אם הוא מוכן לשימוש. דורות של לומדי גמרא השתוממו מדוע יש לנסות את הצבע על גבי פיסת בד בעת ההכנה: אם רוצים לדעת מהו הצבע שביוֹרָה, מדוע אין זה מספיק להתבונן בו? התשובה היא כמובן, כפי שאנו יודעים היום, שהתערובת שביוֹרה היא מחוזרת, וצבעה החיוור שונה לחלוטין מהצבע שיהיה לה לאחר החמצון. הדרך היחידה לברר את הגוון שהנוזל שביוֹרה יצבע בו את האריג בסופו של דבר, היא לטבול בו פיסת אריג ולהוציאה ולחשוף אותה לחמצן. קליפת הביצה שהתלמוד מציע ליטול בה מעט מן הנוזל היא הגרסה הקדומה למַצָּקת או מִבְחָנָה.

פליניוס, ובעלי מרשמים עתיקים אחרים, מורים להעמיד את מכל הצבע ימים רבים על להבה נמוכה. חוקרים מודרניים שיערו שמטרת הצעד הזה היא להתסיס את החומר, ועל ידי כך להגיע לחיזורו. לתסיסה גורמים מיקרואורגניזמים כגון שמרים ובקטריות. מרק חמים של חלזונות הוא סביבה מושלמת לשגשוגן של בקטריות. הבקטריות שהתבשלו במכל במשך שבוע-שבועיים מילאו תפקיד זהה לזה שממלאים כיום, בתוך שניות, סוכני החיזור הכימיים.

ועדיין חסרו לביוכימאים המודרניים הפרטים המדויקים של תהליך ההתססה העתיק. לפני שנים מעטות, ב-1987, עדיין תהו החוקרים אוטו אלסנר ואהוד שפנייר אם הצבעים הקדומים "היו מסוגלים לחזר את הצבע ולשמור אותו במצב מחוזר לכל אורך תהליכי ההכנה והצביעה, שנמשכו... ימים רבים".<sup>94</sup> פתרון לא היה גם לתעלומה נוספת הקשורה לכך: איזו בקטריה היתה אחראית לתסיסת צבע החילזון. את החידות הללו פתרו, למרבה האירוניה, לא מדענים ידועי שם במעבדות מאובזרות, אלא כימאי חובב בירכתי מחסן במוזיאון ילדים ליד לונדון.



בתום עשרים וחמש שנות עבודה כמהנדס תעשייתי פרש ג'ון אדמונדס לגמלאות והוא בן שישים ואחת. תשוקתו היתה מאז ומתמיד אל אנגליה של ימי הביניים, ולאורך השנים הוא נעשה מומחה עולמי לג'פרי צ'וסר, וחיבר את ה"תרגום" היחיד של כל כתבי המשורר והסופר בן המאה ה-14 לאנגלית מודרנית.<sup>95</sup> כחבר פעיל ב"אגודה ללבוש וטקסטיל של ימי הביניים", הוא בילה רבים מימי גמלאותו בהתנדבות במוזיאון הפתוח "צ'ילטרן", מקום חביב שהמבקרים בו טועמים מטעמה של אנגליה הביניימית והוויקטוריאנית. בייחוד נכבש אדמונדס לאחת האטרקציות העיקריות של המוזיאון: מוצג המדגים צביעה טבעית באיסטים. המוזיאון נעזר בידע של אדמונדס על החיים בימי הביניים כדי שמוצג זה יהיה אותנטי ככל האפשר. אדמונדס חקר את הנושא, וצבע באיסטים באמצעות התססה טבעית, וכתבה על כך התפרסמה ב-1995 בעיתון הנפוץ דיילי טלגרף. מישו בלונדון קרא את הסיפור ושלח אותו לחברי יואל גופרמן בישראל. יואל יצר קשר עם אדמונדס, ושאל אותו אם תהליך ההתססה הטבעי, שהוא יישם בצביעה באינדיגו על בסיס צמחי, יכול לזרות אור על שיטות צביעה קדומות בצבעים נגזרי חלזונות. השאלה עוררה את סקרנותו של ג'ון, והוא ביקש מיואל לשלוח לו צבע חלזוני, כדי שהוא יוכל לערוך בו ניסויים.

אדמונדס, אוטודידקט כתמיד, קרא את הספרות העתיקה והמודרנית על צביעה בעזרת ארגמונים, והחל לייגע את מוחו בשאלה, כיצד חיזרו הקדמונים את צבען הארגמון כדי להביאו לתצורה הנדרשת להיתפסות באריג? הוא ידע על מפגשו המפורסם של לקז-דיטייה עם הדייג שהכתים את חולצתו בסגול כשמעך עליה את קרביו של החילזון. על יסוד החוויה ההיא שיער הזואולוג

הצרפתי כי הצבעים הקדמונים צבעו בחומר המטרים, זה המצוי בבלוטת החילזון, בעודו במצבו המחזור, על ידי שפיכתו הישירה מהבלוטה אל הצמר.

אבל גם הידע הארכיאולוגי המודרני היה מוכר לאדמונדס, והשיקולים שהזכרנו לעיל שכנעו אותו שהקדמונים לא צבעו את הבדים חילזון אחר חילזון. אדמונדס אף העלה נימוק מעשי נוסף: בעלי תעשיית הצביעה ודאי העדיפו להסתפק במספר עובדים מזערי, כדי לשמור על הסודות המקצועיים ולצמצם את הסיכויים לריגול תעשייתי.

פרט אחד במרשם של פליניוס צד את תשומת לבו של אדמונדס: היחס "אמפורה אחת של מים לכל חמישים ליבראות של צבע". ברור שהמונח "צבע" אינו מתייחס כאן לתמצית חלזונית טהורה, שכן כדי להשיג חמישים ליבראות ממנה נדרשים כ-300 מיליון חלזונות. כפי שפליניוס עצמו מציין בקטע המצוטט, ה"צבע" כלל גם בשר של חלזונות – כנראה בכמות גדולה. אדמונדס משער שהצבעים הקפידו היטב במיצוי הבלוטות של החלזונות הגדולים, אך את הקטנים הם פשוט מעכו וזרקו לקדרה כפי שהם. כך קרה שבשר רב נכנס למכל.

בחיפושו אחר רמזים נוספים אצל פליניוס, התביית אדמונדס על המלח – "בשיעור של כסקסטאריוס על כל מאה ליברה". המלח משפיע לרעה על בקטריות, ולכן אדמונדס שיער שההתססה נעשתה בידי בקטריות חזקות במיוחד, שהמלח אינו מפריע להן. בקטריות אלו יכלו לגדול על מצע בשר החילזון. כדי לבדוק זאת ערך ניסוי בעזרת תמצית הארגמון שיואל שלח לו. אלא שהחומר שיואל שלח היה מיובש וטחון לאבקה, ואדמונדס נזקק לבשר חלזונות טרי. הוא קנה בשוק סמוך צנצנת של צדפות כבושות. צדפות במי מלח, הניח, יתפקדו מבחינת הבקטריה כמו בשר ארגמונים. צנצנת ריבה ריקה

שימשה לו קדרה בזעיר אנפין. תחילה שטף את החומץ משש צדפות, ושם אותן בצנצנת עם אבקת הצבען הארגמוני. הוא הוסיף מים ומלח, ויסת את רמת החומציות של הנוזל באופן שסיגל לו אלקליות מתונה של 9 בסולם pH, שם את הצנצנת באמבט מים, וקבע את הטמפרטורה על 50 מעלות צלזיוס – אותם תנאים שהנהיג בניסוייו בצביעה באי־סטים. תנאי הסביבה נותרו קבועים. במהלך עשרת הימים הבאים הצבע הסגול של התערובת השתנה לא־טו לירוק חיוור. אדמונדס טבל בנוזל המומלח פיסת צמר, והשאיר אותה בתוכו שעות אחדות. כששלה את הצמר וחשף אותו לאוויר, צבעו השתנה מירוק לסגול אדמדם כהה. הנה כי כן, לראשונה זה אלף שנה, נערכה צביעת-יורה בחלזונות ים באמצעים טבעיים טהורים. ג'ון אדמונדס עשה זאת.

אך מה באשר לזיהוי הבקטריה? פגשתי את ג'ון אחרי שנים אחדות. תוך שאנו מהלכים בשבילים זרועי העלווה במוזיאון האהוב שלו, ניהלנו שיחת עומק על מחקריו. "הבקטריה שכיכבה בדרמה," אמר לי, "היא מן הסוג קְלוֹסְטֵרִידיום, המתאפיין בחוזק רב." מלח בכמות שפליניוס ציין לא היה הורג אותה, אבל היה מדכא את גדילתן של בקטריות מסוגים אחרים שהיו עלולות להפריע לתהליך הצביעה. הקלוסטרִידיות, מתברר, הן בריות מפוקפקות הנחלקות לעשרות וריאציות, כל אחת ושמה הלטיני המפוצץ. הן אחראיות, בין היתר, לצורות מסוימות של דלקת במעי הגס ושל נמק, וכן להיווצרות רעלנים עצביים הגורמים לַצִּפְּדָת (טֶטָנוּס) ולנִקְנֶקָת (בוטוליזם). מנגד, אחד המינים, חיידק הנקנקת האנארוֹבִי (*Clostridium botulinum*), עושה לאחרונה קריירה זוהרת בדמות הבוטוקס, הטיפול הפופולרי להעלמת קמטים החוסך לעתים ניתוח פלסטי.

בקטריות הקלוסטרִידיה מאפשרות גם להפיק אצטון, בוטנול ואתנול על ידי התססת עמילן. המין *Clostridium acetobutylicum* מכונה גם "אורגניזם ויצמן", שכן ד"ר חיים ויצמן השתמש בו

כשפיתח את טכניקת ההתססה הנזכרת, וייסד בכך את ההתססה התעשייתית. המצאתו אפשרה לבריטניה לייצר בימי מלחמת העולם הראשונה כמויות גדולות של אצטון ששימשו לייצור קורדיט, חלופה חיונית לאבק השרפה הישן. תרומתו זו של המנהיג הציוני ויצמן למאמץ המלחמה הבריטי, והקשר הממושך שלו עם שר החוץ הבריטי ארתור בלפור, סללו את הדרך להצהרת בלפור, ההכרזה הבריטית בדבר תמיכה בהקמת מולדת יהודית בארץ ישראל שכבשו. לאחר שנים, כידוע, ויצמן כיהן כנשיאה הראשון של מדינת ישראל.

ניסוייו של ג'ון אדמונדס בתסיסה הבקטריאלית היו פרי סקרנות אינטלקטואלית גרידא, אך הם הגיעו לידיעתם של אנשים מעשיים יותר ומלחמתיים יותר. "העבודה שאני עושה כאן ממומנת בחלקה בידי משרד ההגנה הבריטי," סיפר לי. כשאנשי המשרד שמעו שמחקריו נוגעים לקלוסטרידיום הם רצו להתוודע לכל מסקנותיו, כדי לבחון אם יש להם השלכות הקשורות ללוחמה ביולוגית. ג'ון הלך לעולמו זמן לא רב לאחר מכן, בגיל צעיר יחסית. הקהילה המדעית איבדה איש רנסנס במלוא מובניה של המילה.



אדמונדס מילא אחר הנחיותיו של פליניוס מתוך שאיפה לנאמנות היסטורית. גם אותי ריתק תמיד התיעוד ההיסטורי והמדעי בדבר הצביעה בארגמון, אך כבר מתחילת הדרך עיקר מעייני היה מעשי במהותו. רציתי ליצור פתילי צמר צבועים כחול בצבע שהופק מחלזונות ארגמון קהה קוצים. יחד עם כמה חברים שהיו שותפים להתלהבותי הקמתי לבסוף ארגון שמטרתו ייצור תכלת.

לכידת החלזונות בים התיכון איננה משימה קלה כפי שהיא נשמעת. מתחת לפני המים קשה להבחין בין החלזונות עצמם לבין

האכנים המוריקות והמסוקסות שהם חיים ביניהן. טחב ואצות מכסים את אלו ואת אלו, והעין שאינה מיומנת לא תבחין ביניהם. עם השנים צברנו מומחיות באיתור היצורים הקטנים, ושעה אחת מספיקה לנו לאיסוף כמה מאות מהם. כשאנו שבים לחוף אנו שוברים את הקונכיות בעזרת פטיש, ממצים את הבלוטות הצהבהבות הקטנות בעזרת סכין יפנית, ומשליכים אותן לצנצנת. עם החשיפה לאוויר ולאור השמש, החומר המרופש לובש במהירות גוון סגול כהה.

בתחילת דרכנו, השלבים הבאים של התהליך היו מתרחשים בדרך כלל בבית שלי. עם הזמן צברתי מידה של מומחיות, והמיזם שלנו החל לצמוח – ואז, לרווחתה של רעייתי, עברנו למפעל קטן מחוץ לבית. הייתי חוזר הביתה מיום בחוף עם צנצנת של בלוטות חילזון, ממהר אל המרפסת שלנו הצופה אל הרי ירושלים, ומתחיל. לניחוח השום החריף המעורב בצחנת דגים באושים שעלה מהצנצנות הללו התרגלתי עם הזמן, אך לא כן בני משפחתי. בתקופות היריון היו בחילות פוקדות את אשתי בשוכי הביתה עם אוצרותי הסגולים. גברים אחרים היו אולי רואים בכך סיבה לדאגה.

במיקסר חשמלי ידני הייתי מערבב את הבלוטות עד שנעשו מרקם אחיד, ואז מורח את הבוצה הארגמנית על גבי מגש. או אז הייתי מניח את המגש על גבי פֶּלֶטת חימום חשמלית של שבת, ומכסה אותו ברשת של חלונות כדי להגן עליו מפני חרקים מעופפים. המשחה היתה מתייבשת על גבי הפלטה במשך כמה ימים, עד שנעשתה למשטח נוקשה. בשלב הבא הייתי שובר את המשטח לפיסות קטנות וטוחן אותן במטחנת קפה, עד שהיתה בידי אבקה סגולה דקה. את האבקה הזו, היציבה להפליא, אבקת "צבע אינסטנט" אם תרצו, אפשר לאחסן בלי קירור במשך שנים. מ-500 חלזונות, שמשקלם כעשרה קילוגרמים, אפשר להפיק כ-30 גרם של אבקה סגולה, המספיקים לצביעת כ-150 גרם צמר.



השלב הבא הוא הכנת תמיסת הצבע. אנו שמים כפית אבקה בבזיך מלא מים חמים, ומוסיפים סודה קאוסטית. הסודה הקאוסטית, או נתרן הידרוקסידי, או בשמה המיושן נְתָר מאֶפֶל, היא חומר בסיס חזק מאוד שמשתמשים בו למשל לפתיחת צינורות ביוב סתומים. היא עושה זאת על ידי המסת החלבונים, השומנים ויתר החומרים האורגניים הסותמים בדרך כלל את הביוב. בבזיך שלנו היא ממלאת תפקיד דומה. האבקה הסגולה, שיוצרה כזכור על ידי טחינת הבלוטות החלזוניות המיובשות, איננה אבקת צבע טהור; היא מכילה גם שרידים טחונים של בשר, שומן ועוד שאריות מהחילזון. הסודה הקאוסטית ממסה את הרכיבים הבלתי-רצויים הללו, אך אינה משפיעה כלל על מולקולות הצבע הגמישות והאדישות. נוסף על תפקיד זה, הסודה הקאוסטית יוצרת את הסביבה האלקלית (הבסיסית) הנחוצה לתהליך החיזור.

אחרי כמה דקות אנו מוסיפים עוד קצת מים חמים, ואיתם את סוכן החיזור – נתרן דיתיוניט. החיזור משנה את צבע התמיסה לצהוב – אותו צבע האופייני למצב הלאוקו, שבו חומר הצבע מתמוסס כולו במים. אנו מעבירים את התערובת לבזיך אחר דרך מסננת עשויה פלדת אל-חלד, וכך מסירים ממנה את המשקע, את שאריות הקונכייה ולכלוך נוסף. נותר נוזל צלול. נוזל זה, התוצר הסופי של עמלנו, מוצא אל אור השמש. אנו מניחים לאור האולטרה-סגול שבקרניה לעשות את מלאכת הדה-ברומינציה במשך כשעה; כזכור, איננו מעוניינים בצבע ארגמן, אלא בתכלת, ועל כן רצוננו שהתערובת תכיל מולקולות אינדיגו נטולות ברום רבות ככל האפשר. עכשיו הצבע מוכן ומזומן.

אם נכניס צמר עדין אל הסביבה האלקלית שיוצרת הסודה הקאוסטית, הצמר יינזק ויהפוך לְלֶבֶד. לכן אנו מוסיפים קודם לתמיסה חומצה חלשה, אמוניום סולפיט, וכך מאזנים את ה-pH של

התערובת לכדי 8. עכשיו אפשר לטבול את הצמר בבזיך בבטחה. אנו מכניסים אותו ומנענעים אותו בעדינות כדי להבטיח שהנוזל יחדור לכל פינותיו ויצבע אותו באופן אחיד.

בתום השריה בת כחצי שעה מוצא הצמר מהכלי לאוויר. צבע הלאוקו מתחמצן לאטו, והתמורה הפלאית מתחילה. ההתבוננות בצבע המתפשט בצמר והופך בהדרגה את הצהוב-ירקרק לצבע הרקיע היא חוויה מהפנטת גם היום, עשרים שנה לאחר שהקסימה אותי לראשונה. במפעלנו הצלחנו לכוון גרסה מודרנית של תהליך צביעה עתיק היוצר את פתיל התכלת האמור בתורה.

כדי ליצור את הציצית יש לטוות את הצמר הצבוע לפתילים. את זאת אנו עושים בכישור מיושן. הוא מייצר חוטים דקים שכל שמונה מהם שזורים זה בזה ונקשרים יחדיו בקצה. את המיתר הזה, בעל שמונת חוטי התכלת, אנו מלפפים כמה פעמים סביב כלי עץ פשוט וידני, דמוי H, המכונה כראוי לו ניד-נודי, ואשר משמש ליצירת פקעות חוטים באורך קבוע מראש. הניד-נודי עם החוט המהודק סביבו מוכנס לאמבטיית אדים, המייצבת את הצמר ומונעת מהחוטים להיפרם. וכאן נתקלנו בתעלומה שהכימאים לא הצליחו לפתור עד כה.

על פי הידע הקיים, הדרך היחידה להפוך צבע שהופק מארגמון לבעל גוון כחול טהור היא לחשוף אותו לאור השמש בעודו נתון בתמיסה, כלומר בתצורת הלאוקו. כפי שהזכרנו זה עתה, הקרניים האולטרה-סגולות מסירות מהמולקולות את אטומי הברום והופכות אותן למולקולות אינדיגו. בחמצון לובש החומר את צבעו הסופי, הכחול במקרה שלנו והסגול בדרך כלל, ומעתה הוא לא ישתנה. כאשר צבענו בצבעי הארגמון קהה הקוצים בלי אור שמש קיבלנו, כצפוי, צבע כעין הסיגלית. והנה נתגלתה לנו דרך להפוך את הסגול הזה לכחול לאחר החמצון: למרבה הפלא, כשהחוטים

הסגולים מוכנסים לאמבטיית האדים החמים, הם מאבדים את הגוון הסגול ונעשים כחולים.

זה קורה כמעט תמיד, אבל השינוי אינו עקבי במאת האחוזים. כדי להבטיח שהחוטים יהיו כחולים לגמרי, בלי שום רמז ושריד לסגול, איננו יכולים לסמוך על הקיטור, ואנו מקפידים תמיד לחשוף את נוזל הלאוקו לשמש. התנהגותו של הצמר הצבוע בקיטור, והמשתנים המשפיעים עליה – לדוגמה, משך הזמן שעבר מהצביעה עד החשיפה לקיטור – הם נושא מסקרן לעבודת דוקטורט בכימיה, שיש לקוות שתיעשה ביום מן הימים.

עכשיו, על כל פנים, בין אם בזכות אור השמש ובין אם גם בזכות האדים, פתילי התכלת מוכנים.

יב

## רואים כחול

כדור הארץ הוא כוכב הלכת הכחול. התצלומים המרהיבים שלו מן החלל ממחישים את צדקת הכינוי הזה. אך אנו, החיים על פניו, רואים את הדברים אחרת. אם נתבונן אל סביבתנו הארצית נמצא מעט מאוד כחול. הנוף הטבעי שלנו מורכב מגוני אדמה וסלע הנעים בין הבו' לבין החום והאדמדם, ומגוונים אותם כתמי הירק של הצמחייה. לבד מהרקיע, ולבד מגופי המים, שהכחול שלהם אינו טהור ואחיד כל הזמן, הכחול נעדר מהביוספֶּרה שלנו. ישנם כמובן אי-אלה פרחים כחולים וציפורים כחולות, פה ושם צפרדעים ופרפרים, עיניים ואבני חן – אבל בדרך כלל הכחול שסביבנו הוא צבע מלאכותי.

נראה כאילו הטבע קָשֶׁר קָשֶׁר ליצור עולם עם כמות מזערית של כחול. האם זהו קוריוז אקראי, שאין לו סיבה מיוחדת? האמת היא שחוקי הפיזיקה מציבים מגבלות על יצירת כחול, חוקים קשיחים ובל יעברו. הם מותירים רק חמש דרכים טבעיות להתחוללות הצבע הזה, ומתוכן רק אחת יכולה לשמש בסיס לתהליכים הביולוגיים המובילים להיווצרות מולקולות של חומר צבע כחול.<sup>6</sup> ארבע הדרכים הראשונות מפיקות את הכחול של השמים, של נוצות

ציפורים מסוימות, של הים ושל כמה אבני חן. האחרונה אחראית כמעט לכל הצבע שבעולמנו, מִירקות הדשא וצוהב הבננה עד אודם הפרחים וחומיותם של סלעים. אבל כחול אין היא יכולה להפיק. החוקים הנצחיים מגבילים את טווח הצבעים האפשרי ומשאירים את הכחול בחוץ – למעט יוצא דופן אחד, מולקולה ייחודית, שרצה גורלה והיא יכולה גם להיקשר לצמר. כדי להבין מהו הכחול במציאות ובתפיסת המציאות, ומדוע מצליחה מולקולת האינדיגו נגד כל הסיכויים להתקיים כחומר צבע עמיד וקבוע, נדרשת היכרות, ולו כללית, עם כמה מושגים פיזיקליים, ביולוגיים ונירוביולוגיים.\*

מאז ימי אריסטו מקובלת היתה המחשבה שהצבע הוא תכונה מהותית של העצמים, ועד היום רבים מאמינים בכך. אנו חושבים שהשפתון אדום מפני שהוא עשוי מחומר אדום. במציאות, לעומת זאת, הצבע הוא פועל יוצא של האור, וקסם ביתי פשוט יכול להמחיש זאת: האירו באור כחול עצם "אדום", והוא ייראה שחור. האירו באור צהוב חפץ "כחול", והוא ייראה ירוק. מפתה לומר שהאור הצהוב והכחול רק מעוות את הצבעים האמתיים של העצמים, אבל, כפי שרמזנו בעזרת המירכאות, הצבעים הללו אינם "אמתיים" בשום אופן. הצבעים שאנו רואים הם אור רגיל המוחזר מהעצמים אל עינינו. כיוון שהאור הרגיל הוא האור שאנו רואים בו את כל העולם שסביבנו, אנו סבורים שהוא משקף את העצמים כפי שהם. אך לא תמיד כך הוא.

את הבנתנו המודרנית על מהותם של האור והצבע אנו חבים לגאון האנגלי רב-הפנים בן המאה ה-17, אייזיק ניוטון. בשנת 1665–1666 התפרצה באנגליה, בפעם האחרונה בהיסטוריה, מגפה גדולה של דבר בובוני. כצעד מנע נשלחו הביתה כל הסטודנטים באוניברסיטת קיימברידג', ובתוכם ניוטון הצעיר, עד סוף שנת הלימודים. בשנה ההיא כתב המשורר ג'ון דריידן את יצירתו *Annus Mirabilis*, "שנת

\* זה כואב פחות, ומעניין יותר, מכפי שזה נשמע.

הפלאות", לציון שני אסונות שאנגליה חוותה והצליחה לצאת מהם, המגפה הגדולה והשרפה הגדולה בלונדון (שיש אומרים שעזרה לשים קץ למגפה). בדיעבד התגלתה השנה כשנת פלאות מבחינה נוספת: שנה של פוריות פלאית בחייו ובעבודתו של ניוטון. הוא בילה את חופשתו הכפויה בפיתוח רעיונות שעתידיים היו לעמוד בבסיס הישגיו המזהירים: גילוי הכבידה וחוקי התנועה, החשבון הדיפרנציאלי וחוקי האופטיקה. המשורר אלכסנדר פופ, בן תחילת המאה ה-18, תיאר את משמעותו ההיסטורית של ניוטון בצמד שורות מפורסם, שנועד להיחרת על מצבתו של המדען הדגול:

הַטֵּבֵּעַ וְחֻקָּיו שָׁכְנוּ בַּחֲשֹׁךְ וּבַקֹּד;

וַיֵּאמֶר אֱלֹהִים "יְהִי נְיוֹטוֹן!" – וַיְהִי אֹר.

באחד הניסויים הידועים שלו הוא השתמש במנסרות (פריזמות). הוא כיוון אלומה צרה של אור שמש לצדה האחד של מנסרה בחדר חשוך, וראה את כל צבעי הקשת מוקרנים על הקיר שמעברה האחר. גם לפני ניוטון ראו אנשים את צבעי הקשת במנסרות, אבל הם האמינו שצבעים אלה נמצאים בתוך המנסרות עצמן, כפי שאכן הן נראות כשהן מוארות באור רגיל ולא ממוקד. ניוטון הראה שהצבע אינו תכונה של הפריזמה, אלא של האור עצמו, ושאור השמש, הלוא הוא האור הלבן, כולל בעצם את כל צבעי הקשת. בזכוכית העבה של המנסרה נשברים רכיביו של האור הלבן שבאלומה הצרה בזוויות שונות – כל צבע בזווית מעט אחרת. כיוונו של האור האדום משתנה במידה הזעומה ביותר, ושל הסגול במידה הרבה ביותר. ניוטון הראה שאפשר למדוד ולכמת את תכונותיהם של האור והצבע על בסיס מה שהוא כינה "השתברות" – כלומר, באיזו מידה מטה הפריזמה כל צבע.

בשלב הבא, הוסיף ניוטון לניסוי מנסרה שנייה. האור שהתפזר

למרכיביו הצבעוניים במנסרה הראשונה חזר והתכנס בשנייה, והיה שוב לאור לבן. ניסויים נוספים העלו שעל ידי סינון בררני של אור בצבעים מסוימים וצירופם מחדש אפשר ליצור לא רק לבן, אלא גם שלל צבעים. על במות מופעים הנהנות ממשחקי תאורה אפשר לראות כיצד התלכדות מעגלי אור אדום, כחול וירוק יוצרת מעגל אור לבן. חפיפה בין אלומות אור אדום וירוק נתפסת במוחנו כאור צהוב שאין להבחין בינו לבין אור צהוב פשוט, למרות השוני המבני בין שני הצהובים הללו.

הרעיון של "גלגל הצבעים", הפריסה של שבעת צבעי הקשת על פני מעגל, גם הוא של ניוטון. כשאור לבן מסונן ואחד הצבעים הכלולים בו מוסר ממנו, המוח שלנו תופס את התערובת הנותרת כצבע המשלים לצבע החסר – הצבע הממוקם מולו על גלגל הצבעים. במילים אחרות, אם סילקתם מהאור הלבן את הרכיב הכחול, הוא ייראה לכם אדום-כתום. מה שאנו רואים כירוק הוא אור לבן שחסרים ממנו רכיביו האדומים והכחולים. באופן כללי, ככל שחסרות מן האור הלבן גזרות רחבות יותר של מעגל הצבעים (כלומר קטעים גדולים יותר של הספקטרום, קשת הצבעים), כך נותר גוון חד יותר. הסרת חלק קטן מהאזור האדום-כתום יוצרת כחול עמום, בעוד סילוקם של כל רכיבי האור הלבן שאינם כחול ייצור לנגד עינינו את הכחול המהמם והצלול הנמצא בנוצות הטווס ובאבן הלפיס לזולי. צבעים וציירים משתמשים לעתים בצמד המונחים "רווי" ו"ספקטרום" כדי לציין את שני סוגי הגוון הללו. אדום ספקטרום הוא צבע שרק הכחול הוסר ממנו, וניגודו הוא אדום רווי, שרק אדום מצוי בו.

צבעים טהורים, רוויים, אפשר למדוד על פי מדד כמותי הקרוי אורך הגל. אור השמש הוא אנרגיה הבוקעת מהשמש כקרינה אלקטרומגנטית, והוא מגיע לאטמוספירה של כדור הארץ בגלים

רחבים. אנו מתארים את הגלים במונחים של אורך, ואורך הגל הוא המרחק בין שיא (או שפל) אחד לזה הבא אחריו. קצב התנודות של הגלים, או אם תרצו תדירות הגליות שלהם, נמצא כמתאם עם רמת האנרגיה שלהם. ממש כמו שבגלי הים תנודה אטית פירושן מרחק רב בין שיאו של גל אחד לשיא הגל הבא, ומתוך כך גם אנרגיה נמוכה, ואילו תנודות מהירות בתדירות גבוהה יותר פירושה מרחק קטן יותר בין הגלים ואנרגיות גבוהות יותר. הספקטרום האלקטרומגנטי מכיל "אור" מכל הסוגים: מגלי רדיו שתדירותם נמוכה ואורך הגל שלהם הוא מאות קילומטרים, עד קרני הגמא עתירות האנרגיה שאורך הגל שלהן קטן מגודלו של אטום. רוב רובו של הספקטרום הזה אינו נראה. רק נתח קטן ממנו נגלה לעינינו בדמות צבעי הקשת, מהאדום עד לסגול.

טווח האור הנראה, על כל גווניו וצירופי הצבעים שלו, מורכב מאורכי הגל שבין 400 ל-700 ננומטר, פחות או יותר (הננומטר הוא מיליונית המילימטר). באזור האדום של הספקטרום נמצאים הגלים הארוכים, בעלי האנרגיה הנמוכה. אלה הארוכים מהם כבר נמצאים מעבר לתחום הנראה: הם גלי האינפרה-אדום. ככל שצבעי הקשת נעים מהאדום לעבר הכתום, אל הצהוב, והלאה משם אל הירוק, אורכי הגל קטנים; והם ממשיכים לקטון, ולהיות בעלי אנרגיה רבה יותר, ככל שמעמיקים להיכנס אל האזור הכחול והסגול. אנרגיות גבוהות מכך, קרי אורכי גל קטנים יותר, נמצאות, שוב, בתחום בלתי-נראה; הפעם זהו האולטרה-סגול. צבע השמים הכחולים הבהירים הוא ביטוי לאורכי גל שבין 474 ו-476 ננומטר.

גלי האור הם השלב הראשון של תהליך התפיסה הוויזואלית. הבאה בתור היא העין. בעבר חשבו שהעין שולחת קרניים או אלומות-עין, וכך היא רואה. האמת היא כמעט ההפך מכך. כשעינינו פקוחות, הן חשופות לזרם של מראות עשויי אור, הלוא הוא האור



הקורן והמוחזר בלי הרף מסביבתנו הצבעונית. זרם זה של אנרגיה נכנס לעיניים ונתקל ברשתית, אזור בעין המרוצף בצפיפות בתאים רגישים לאור הקרויים קולטני אור (פוטורֶפֶטוֹרִים). הם מתחלקים לשני סוגים: קנים ומדוכים. בכל עין יש בין 100 מיליון ל-120 מיליון קנים, שרגישותם הקיצונית לאור מאפשרת לנו לראות בלילה – ו-4 עד 6 מיליוני מדוכים, שבעזרתם אנו מבחינים בצבעים. המדוכים, מצדם, נחלקים לשלוש קבוצות, על פי אורכי הגל שהם רגישים להם. מדוכי L, קיצור של long, רגישים במיוחד לאדום, מדוכי M, medium, מצטיינים בקליטת הצבעים שבאמצע הקשת ובפרט ירוק, ומדוכי S, כלומר small, מפליאים לעשות עם הקצרים שבגלי האור הנראה, ובפרט אלו הכחולים. האמת היא שכל המדוכים הם בעלי רגישות כזו או אחרת לכל אורכי הגל של האור הנראה, אבל כל סוג "מתמחה" באזור מסוים, או בצבע מסוים. ביחד, הם מאפשרים לנו לראות את כל קשת הצבעים ולהבחין בגוונים השונים.<sup>98</sup>

בין כל היונקים, רק האדם וכמה מינים קרובים לו של קופים וקופי אדם נהנים ממערכת ראייה טרי-כרומטית זו, שבלעדיה חלק מהגוונים נראים זהים. חלק מהחרקים נהנים אף הם משלושה סוגי מדוכים. כאלו הן למשל דבורי הדבש, היכולות להבחין לא רק בכחול ובירוק אלא אפילו באולטרה-סגול שכני האדם אינם רואים כלל. לציפורים רבות יש ארבעה סוגי מדוכים, שאחד מהם רגיש לאור אולטרה-סגול. לרוב היונקים יש רק שני סוגי מדוכים, כנראה משום שהם צדים בלילה, בזמן שראיית הצבע חשובה פחות מראיית לילה יעילה. לטורפי לילה מסוימים שאינם יונקים, כגון ינשופים ועטלפים, אין מדוכים כלל, אלא רק קנים.<sup>99</sup>

כל גלי האור מכל הצבעים הנכנסים אל העין מגרים את תאי המדוך, והללו בתורם מניעים לפעולה תאים אחרים השולחים

אותות חשמליים בעצב הראייה אל המוח. זו מערכת בעלת מורכבות אדירה. היא מכוילת עד דק כדי לספק במהירות הפזק תמונה בעלת הפרדת צבע עדינה להפליא. אנו מניעים את עינינו כל הזמן והמראות שאנו קולטים משתנים בלי הרף, וכל העת הזאת מיליונים על מיליונים של תאים קולטני אור עושים את מלאכתם השוטפת בשיתוף פעולה וביעילות מדהימה. הפעילות העצבית של המוח, המאפיינים הביולוגיים של העין, התכונות הפיזיקליות של גלי האור – כל אלה מצטרפים יחד ומאפשרים לנו לתת פשר ויזואלי לעולם שאנו חיים בו.



הראשונה והנפוצה מבין הדרכים הפיזיקליות המובילות ליצירת הכחול היא זו הנותנת לרקיע את תפארת צבע התכלת שלו. לאורך אלפי שנים ניסו פילוסופים ואמנים, מאריסטו עד לאונרדו דה-וינצ'י, לענות על השאלה, מדוע כחולים הם השמים? לבסוף, בשלהי המאה ה-19, מצא את התשובה הפיזיקאי הבריטי ג'ון ויליאם סטראט, הקרוי גם הברון השלישי של ריילי. ריילי, כפי שמקובל לכנותו, היה מדען פורה במיוחד, שתתם תרומה מכרעת בתחומי המכניקה הסטטיסטית, מכניקת הנוזלים, האקוסטיקה והאופטיקה, וקיבל פרס נובל בפיזיקה על חלקו בגילוי היסוד ארגון. בשנת 1871 התחתן עם אוולין בלפור, אחותו של ארתור בלפור הזכור לטוב.

כשאור השמש פוגע במולקולות אוויר ובחלקיקי אבק באטמוספירה, הוא גורם להם לרטיטות חשמליות, והופך אותם למעין אנטנות זעירות המפזרות את האור בכל הכיוונים. התהליך מוכר כיום בשם פיזור ריילי. משוואותיו של ריילי הראו שגלי אור קצרים מתפזרים כך לכיוונים רבים, ובעוצמה רבה יותר – וכך קורה שהאור הכחול מתפזר

במידה רבה פי עשרה מהאור האדום. כשאנו מסתכלים בשמי הצהריים הבהירים, אנו רואים את האור הכחול הכלול באור השמש, שבאדיבות פיזור ריילי מוחזר אל עינינו בהמוניו מן האטמוספירה. האור האדום מתפזר ביעילות רק בזווית הקרובה ל-180 מעלות, ולכן בשקיעה ובזריחה, כשהשמש נמצאת לנגדנו, אנו יכולים להתפעל למראהו. תהליך פיזור דומה אחראי לתכול שבעיני תינוקות. הפיזור מסביר גם מדוע העננים לבנים. חלקיקים גדולים המצויים באוויר, כגון רסיסי המים שבענן, מפזרים את האור המגיע אליהם אך אינם מגלים העדפה לאורך גל מסוים. משום כך, כל אורכי הגלים שבספקטרום מתפזרים בענן יחדיו, ואנו רואים את הענן כצירוף כל הצבעים כולם – כלומר כלבן.



המסלול השני להופעת צבע כחול בטבע קשור לתכונה של גלים הידועה בשם התאבכות. כאשר זורקים שתי אבנים למים, האדוות מתרחכות סביבן במעגלים קונצנטריים (כלומר שונים בגודלם אך בעלי מרכז משותף) – עד שקווי החזית שלהן נושקים זה לזה והן מתמזגות יחדיו תוך שהן יוצרות תבניות שונות. המפגש הזה הוא התאבכות, וההתאבכות יכולה להיות בונה – או הורסת. כאשר שני הגלים נפגשים באותה פאזה, כלומר שיא אל שיא ושפל אל שפל, התוצר המשותף הוא גל מוגדל. זו התאבכות בונה. לעומת זאת, כאשר אין סינכרוניות, הגלים שהתאבכו מבטלים זה את זה, וההתאבכות היא התאבכות הורסת. כאשר אור מוחזר מתבניות מובנות וסדירות מאוד, עשוי להיות יתרון לצבעים מסוימים, בשל היווצרות התאבכות בונה באורכי הגל שלהם ולא באחרים. צבעו הזוהר של פרפר המורפו הכחול, והכחול המבריק של אי אילו פרחים, הם דוגמאות יפהפיות לתצורה מבנית זו

של הצבע. לעתים הצבע תלוי בזווית ההחזרה שלו, וצירוף של זוויות החזרה שונות יוצר חזיונות שונים ומשונים של מראה הקשת. על גבי תקליטורים, למשל, נראה רצף מסודר של צבעי קשת, שמקורו בחריצים הזעירים בעלי הדגם הסדיר. דגמים עקלתוניים של צבעי קשת נראים בבועות סבון או בכתמי דלק, שהאור המוחזר מפני השטח החיצוניים והפנימיים שלהם יוצר אפקטים של התאבכות. זוויות ההחזרה המשתנות של האור יוצרות גם את הברק המתכתי של כנפי החיפושית ואת ססגוניות נוצותיו של הטווס.



משחק הגומלין שבין החומר, האור והמוח, מסובך ככל שיהיה, הוא התגלמות הפשטות לעומת המורכבויות שפיזיקת הקוונטים המודרנית הכניסה לתחום. כשניוטון פיצל לראשונה אור לצבעים המרכיבים אותו, הוא האמין שהאור עשוי מ"גופיפים", או, במינוח מודרני, חלקיקים. אלא שבראשית המאה ה-19 קם גאון בריטי אחר, תומס יאנג, והראה באותות ובמופתים שהאור מתנהג כגל.

יאנג שלט בתריסר שפות לפחות, ביניהן עברית, ערבית, פרסית וטורקית, ועסק בפענוח ההירוגליפים באבן רוֹזֶטָה עוד לפני שעשה זאת שמפוליון. בניסוי הסדק הכפול המפורסם שלו, הוא האיר לעבר מרקע דרך מסך אטום ובו שני חריצים שעמד מולו. המרקע הואר בדגם של פסים. משמעות הדברים היתה ברורה: רק התאבכות יכולה היתה ליצור דגם כזה. פסי האור והצל העידו כאלף עדים כי האור עבר בחרכים, לא בקו ישר ואחיד, כמו שהיו עושים חלקיקים, אלא במתכונת גלית, במעין אדוות שהתיישרו זו עם זו במקומות מסוימים, מה שיצר פסי אור, והתנגשו בנקודות לא תואמות במקרים אחרים, שהובילו להתאבכות הורסת ולפסי צל.

למרות יוקרתו העצומה של ניוטון, הניסוי האלגנטי של יאנג עיצב את השקפתם של המדענים על מהות האור לאורך כל המאה ה-19. אלא שבשנת 1905, אף היא שנת פלאות בעולם המדע, קם איינשטיין והפך את פניה של הפיזיקה בארבעה מאמרים, ביניהם מאמר על האפקט הפוטואלקטרי. הוא הראה שהאור מתנהג לא רק כגל, אלא גם כחלקיקים. מושג חדש בא לעולם: דואליות גל-חלקיק. הרעיון היה מבלבל. הפיזיקאי הגרמני מקס פלאנק תיאר את יחידת האור כחפיסה גלית. איינשטיין כינה אותה קוונטום אור. כיום אנו קוראים לה פוטון.

מושגים דוגמת דואליות גל-חלקית אינם עולים בקנה אחד עם דרך החשיבה הרגילה שלנו, וגם לא עם ניסיון החיים שלנו; אך בעולמה המוזר של פיזיקת הקוונטים, מקום שם משוואות מסתוריות פותרות בעיות מטילות אימה הקשורות לתופעות שאינן ניתנות לצפייה, הדבר אפשרי גם אפשרי. ניסוי הסדק הכפול של יאנג הוכיח שהאור מתנהג כגל, והאפקט הפוטואלקטרי של איינשטיין הוכיח שהאור מתנהג כחלקיק. וכבר אמר ריצ'רד פיינמן, מגדולי מעצביה של תורת הקוונטים של האור, לא בלי קורט של אירוניה, "אני יכול לומר בוודאות שאיש אינו מבין את תורת הקוונטים." ובכל זאת, גם בלי להבינה, פיזיקאים משתמשים בהצלחה במושגיה ובנוסחאותיה כדי להסביר מגוון רחב של תופעות, ואף כדי לשפר באופן מוחשי לגמרי את חיי היומיום שלנו.

תורת הקוונטים מסבירה גם את נדירותו היחסית של הצבע הכחול בסביבתנו הטבעית. כזכור, ניוטון הראה שהסרת צבעים מסוימים מספקטרום האור הנראה גורמת לתפיסת האור הנותר כבעל צבעים אחרים. סילוק האדום מהאור הלבן גורם לו להיראות כחול; סילוק הכחול נותן אדום; סילוקם של שניהם יוצר ירוק. כאשר סינון אור זה נעשה על ידי מולקולות, התהליך קרוי בליעה. זהו המקור העיקרי לכל יצירת הצבע. כשפוטון פוגע במולקולה, היא יכולה לבלוע את האנרגיה

שלו. לכל מולקולה יש סדרה ייחודית של אורכי גל שהיא בולעת.<sup>100</sup> הכחול נדיר כל כך משום שרק חומרים מעטים בולעים אור בצבעים הנגדיים לכחול – האדום ודומיו. בלי בליעת האדום, האור שיוחזר מהחומר לא יהיה כחול. צבע השמים הכחול, תופעה אנומלית למדי, הוא כאמור תוצאה של פיזור האור הכחול, לא של בליעת אור אדום. הנה לנו אפוא דרכו השלישית של הטבע ליצור כחול. הכחול של הים נוצר בדרך זו; הוא איננו, כפי שהבריות נוטות לחשוב, השתקפות צבעם הכחול של השמים. המים, מסיבות מורכבות המובנות רק בחלקן, בולעים דווקא את האור האדום, אם כי במידה מועטה מאוד, ולכן הם נראים כחולים. הבליעה כה חלשה, שרק מים בנפח גדול מאוד נראים כחולים. משום כך, המים שבספל נראים צלולים וחסרי צבע, למים בבריכת שחייה יש גוון כחול קלוש, ורק הים הגדול נראה כחול עמוק.<sup>101</sup> תהליך זה קשור למבנה הייחודי של המים. אולם ישנן עוד שתי דרכים להופעת צבע כחול בטבע, הקשורות אף הן בתופעת הבליעה.



דרכו הרביעית של הטבע ליצור צבע כחול כרוכה בתהליך שמתארת תיאוריית שדה הליגנדר. אטומים בגביש, הקרויים ליגנדים (מהשורש הלטיני ligare, שמובנו לקשור ולחבר; מכאן גם הליגמנטים, המחברים בין העצמות), מקיפים אטום מרכזי ונקשרים בו. כאשר נכנס אל המארג הגבישי זיהום מתכתי, הוא עלול לעוות את השדה החשמלי וליצור מצב שבו אלקטרונים עוברים מאטום אחד למשנהו. מעבר זה של מטען חשמלי, המתרחש לעתים קרובות בתוך התחום הנראה, הוא היוצר את צבעיהן המהממים של אבני החן. צורתו הגבישית של אלומיניום חמצני, למשל, היא אבן חן

שקופה הקרויה קורונדום, או ספיר שקוף. כאשר היסוד כרום (מלשון כרומה, χρῶμα, צבע ביוונית) מחליף כמה מאטומי החמצן, מתקבלת אבן אודם. ואילו כאשר מזהמים את גבישי הקורונדום אטומים של טיטניום וברזל, התוצאה היא אבן ספיר כחולה.

המבנה הסדור של אבני חן הגבישיות מתהווה בטמפרטורות גבוהות ותחת לחץ חזק, תנאים המצויים במעבה האדמה. תהליכים ביולוגיים אינם יכולים ליצור אותם, ולכן מעברי מטען חשמלי אינם מתחוללים בחומרים אורגניים. משום כך, דרך רביעית זו ליצירת כחול אינה קיימת אצל בעלי חיים וצמחים. אבני חן כחולות, כגון אַקוּוֹה-מָרִין וּלְפִיס לְזוּלִי, מקבלות את צבען בתהליכי ליגנד גבישיים. הלפִיס לְזוּלִי, בעלת הצבע הכחול העז, היתה מקור מועדף לתכשיטים בכל רחבי העולם העתיק, וכרייתה החלה לפני למעלה מחמשת אלפים שנה. גבישי הכחול הפרוסי שהרבי מראדזין יצר מתערובת דיו הדיונן והברזל היו תוצר של אותו תהליך ליגנד אי-אורגני, ואלמלא חיממו הוא וחסידיה את התמיסה לטמפרטורה גבוהה לא היו מתגבשים.



לקדמונים לא היו הידע והטכנולוגיות הנדרשים לייצור הצבעים הכחולים הסינתטיים שלנו, והם חיפשו חומרים טבעיים. אלא שכפי שראינו, הפקת כחול באופן טבעי אינה עניין פשוט. בליעת פוטון יכולה לעורר מולקולה ולגרום לה לחוג או לרטוט ברמת אנרגיה גבוהה. אטומים ומולקולות יכולים גם לתעל אנרגיות שבלעו על ידי שינוי המבנה של ענני האלקטרונים המקיפים אותם, ושינוי הקשרים הבין-אטומיים.

כשאנו לומדים לראשונה על האלקטרונים, אנו מציירים אותם בדמיוננו כמעין פלנטות במערכות שמש זעירות החגות במסלולים





אנרגיה באטומים ובמולקולות אינם מתאימים לפוטונים באורכי הגל הללו. מעברים של סיבוב וויברציה נגרמים על ידי פוטונים בלתי-נראים של אור אינפרה-אדום, ומעברים של אלקטרונים נוצרים על ידי פוטונים של אור כחול, סגול ואולטרה-סגול. לעומת זאת, היווצרות אור כחול על ידי בליעת פוטונים של כתום ואדום נדירה באופן קיצוני, משום שלאטומים ולמולקולות פשוט אין דרך להשתמש בפוטונים אלו, והם אינם בולעים אותם.

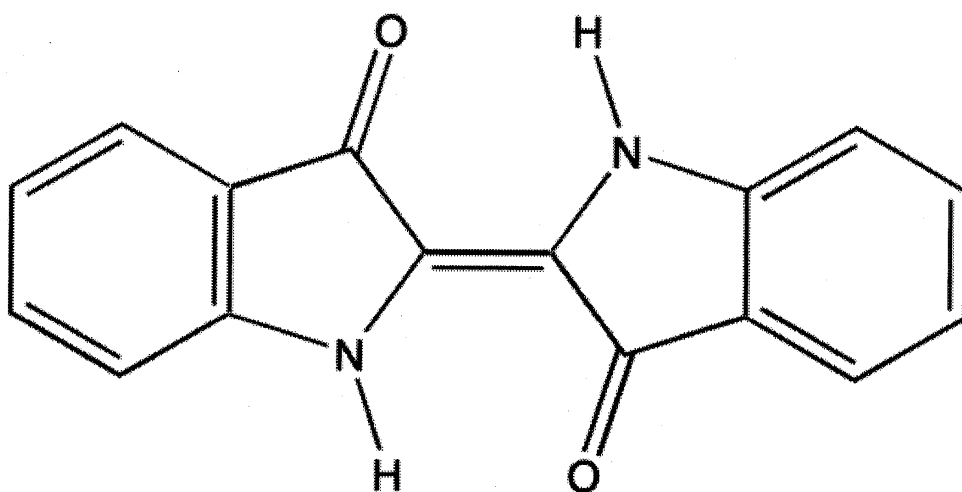
יוצאת הדופן היא מולקולה קטנה וחביבה, המיוצרת על ידי כמה צמחים ממשפחת הקטניות וכן על ידי כמה חלזונות ים – הלוא היא מולקולת האינדיגו.



חוקי הטבע מחבבים, כך נראה, את היופי, האלגנטיות והפשטות. בפיזיקה, אמת המידה לאיכויות אלו היא הסימטריה. סימטריה היא בטבע, בדרך כלל, מתכון ליציבות. אחד ההסברים האפשריים לאופייה המיוחד של בליעת האור במולקולת האינדיגו מבוסס על עיקרון זה. אם נבקש להבין במדויק את יחסי הגומלין בין האינדיגו והאור, נידרש למודלים קוונטיים סבוכים שיכולים להתיש אפילו מחשבים מהירים; אך לשם הבנה בסיסית של התופעה נוכל להסתפק בהסבר חלקי, שעניינו סימטריה, הניתן לתפיסה אינטואיטיבית.

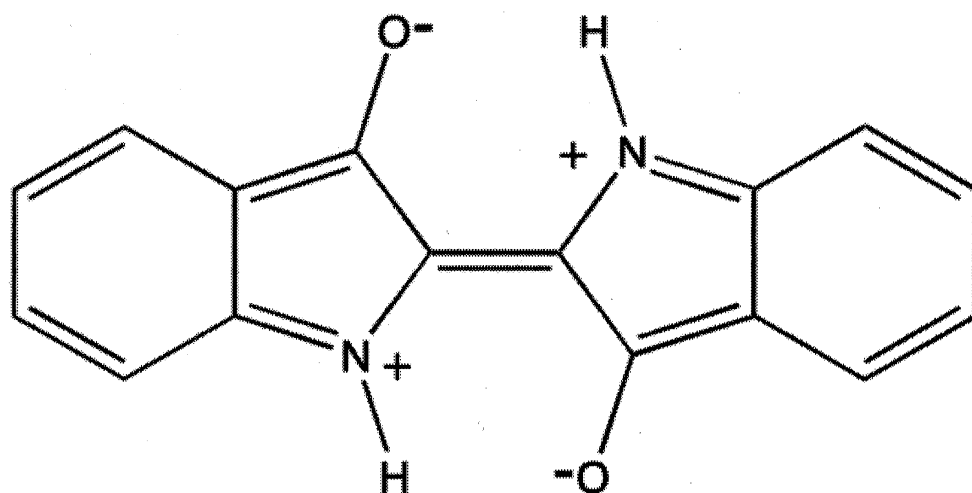
מולקולת אינדיגו שתסובב כדי 180 מעלות תישאר בעלת אותו מבנה. במילים אחרות, אם תשרטטו אותה על דף ותסובבו את הדף כך שראשו יהיה למטה, כל האטומים יהיו בדיוק באותה עמדה שהם היו בה לפני הסיבוב. כאשר מולקולת אינדיגו בולעת פוטון, האלקטרונים שבה משנים במשהו את הארגון שלהם, הקשרים בין האטומים משתנים מעט, וכמה מהאטומים מקבלים מטען. ועדיין,

בתצורה חדשה זו שומרת המולקולה על תכונות הסימטריה שהיו לה במצבה היסודי, המקורי. וכאמור היא נשארת זהה גם כשהיא מסתובבת ב-180 מעלות.



מולקולת האינדיגו

האינדיגו היא מולקולה קומפקטית ופשוטה, שהסימטריות שלה רבה הן במצב היסוד שלה, הן במצביה המעוררים. בשל צירוף המאפיינים הללו, המעבר בין המצבים דורש אנרגיה קטנה יחסית למעברים מולקולריים אחרים. דרישות אנרגטיות צנועות אלו הולמות פוטונים בעלי גלים ארוכים יחסית. הדבר מסביר את יכולתו הייחודית של האינדיגו לבלוע פוטונים באזור האדום-כתום של הספקטרום. הבליעה היא בשיאה באורך הגל 613 ננומטר, גוון השוכן במעגל הצבעים ממש מול התכול. התוצאה היא שאנו תופסים את האינדיגו כבעל צבע תכלת יפהפה.<sup>103</sup> הוסיפו למולקולה אטום ברום או שניים, והפשטות האלגנטית שלה תפחת – באופן שיזיז את מעט את שיא הבליעה לעבר גלים קצרים קצת יותר. המראה המתקבל יהיה בהתאם: כזכור, צבעו של המונו-ברומו-אינדיגו הוא כעין הסיגלית, ושל הדי-ברומו-אינדיגו הוא סגול אדמדם.<sup>104</sup>



מולקולת האינדיגו במצב מעורר.  
באדיבות ר"מ כריסטי

למספר 613, תרי"ג, יש מקום מיוחד בתרבות היהודית: זהו מניין המסורתי של המצוות שבתורה. מקובל אף שהציצית רומזת למספר זה, ולבישתה מזכירה על ידי כך את תרי"ג המצוות – שכן ציצית בגימטריה היא 600, ובתוספת שמונת החוטים וחמשת הקשרים המספר עולה לכדי 613. העובדה ששיאו של גרף בליעת הפוטונים של מולקולת האינדיגו, היוצר את צבע התכלת של הציצית, עומד בדיוק על אורך הגל 613 ננומטר, היא צירוף מקרים ראוי לציון, הקושר מסורת עתיקה עם כימיה מודרנית.

מעטים הם העצמים הכחולים בטבע, משום שהתהליכים הפיזיקליים היוצרים צבע זה הם מעטים ואינם שכיחים. חומרים אורגניים שצבעם כחול נדירים אף יותר. היווצרות צבע כחול בטבע היא כמעט בגדר משימה בלתי-אפשרית, בשל התנאים המיוחדים הנדרשים לכך – וגם בכליה של הטכנולוגיה המודרנית הדבר אינו פשוט. הפתרון שהטבע סיפק, בדמות מולקולת האינדיגו, הוא לא פחות ממדהים.

זהו באמת הנדיר שבצבעים.

יג

## מרגישים כחול

הצבע מגדיר את עולם הטבע. הוא מאפיין כל עצם שאנו רואים. אנו מבחינים בין עצמים לא על פי קווים תוחמים, כמו ברישום, אלא על פי שינויי צבע. תפיסת הצבע היא תהליך פיזיולוגי מורכב במידה יוצאת דופן, ועליו נוסף מרכיב פסיכולוגי מובהק המסבך אותו אפילו יותר. הופעתם והצלחתם של חומרי צבע מעשה ידי אדם כגון כחול, ארגמן ואדום בעת העתיקה מעידה על צורך פסיכולוגי, על רעב לצבע ולעושר. התיאור המקראי של הפאר בחצר אחשוורוש מלך פרס ומדי – "חור כֶּרֶס וְתִכְלֵת אָחוֹז בַּחֲבִלִי בּוֹץ וְאַרְגָּמָן עַל גְּלִילִי כֶסֶף וְעִמּוּדֵי שֵׁשׁ; מִטּוֹת זָהָב וְכֶסֶף עַל רִצְפַּת בֹּהַט וְשֵׁשׁ וְדָר וְסַחָרֶת" (אסתר א, ו) – מעיד על מקומו של הצבע כמאפיין בולט של חיי שפע ומותרות. לפסלי המופת של יוון הקלאסית לא היתה החזות הקרה והבורקת שיש להם כיום; הם היו מכוסים במשיחות צבע, שעקבותיהן הקלושים נותרו פה ושם עד היום. גם הפסלים האשוריים הגדולים, של המלכים בעלי הזקנים הקלועים ושכמותם, לא היו בעלי צבעי המדבר המזוהים איתם כיום, אלא נצבעו בשלל גוונים. אולם לא כל התרבויות העתיקות הוקירו את הצבעים ההדורים. בחברות רבות, כותב ההיסטוריון רוברט פינליי:

האליטה הפגינה כרומפוביה גלויה. בעיניהם של בני השכבות הגבוהות, צבעים בוהקים היו עניין לברברים, לילדים, לפשוטי עם ולחסרי השכלה; הם היו התגלמותם של השטחי, הסובייקטיבי, האי-רציונלי, המתפנק, החושני, הפרוע והמוליך שולל. כחלק מהבז הגורף הזה, הצבע נחשב כה מתועב עד שנתפס כאהוב על הנשים, שהיו, כך הסכימו כל הגברים, ריקות, קלות דעת, טיפשות, רדודות, פתייניות ורגשניות.<sup>105</sup>

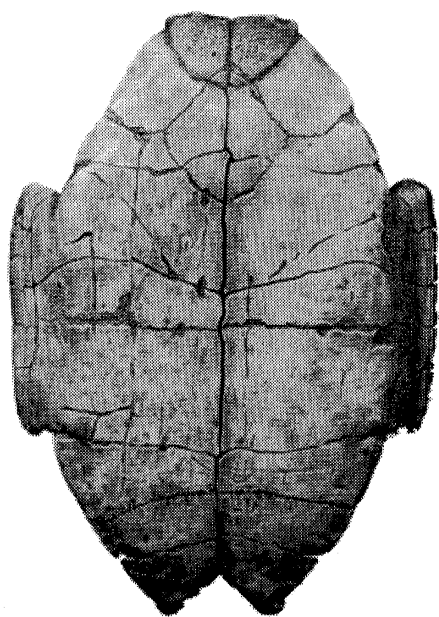
הצבע השתייך לחסרי התחכום והיה נחלת המעמדות הנמוכים. בעת החדשה הבחין בעיקום אף זה של גבוהי המצח המשורר יוהאן וולפגנג פון-גתה, שציין במחקרו הגדול על הצבעים כי "אנשים מעודנים נוטים להסתייג מצבעים."<sup>106</sup>

על פי השערתו של פינליי, כרומופיליה וכרומופוביה הן עניין של גיאוגרפיה יותר מכפי שהן שאֵלָה של טעם. שתי התרבויות הגדולות במזרח התיכון התפתחו בעיקר לאורך רצועות קרקע צרות על גדותיהם של נהרות גדולים: הנילוס במצרים, הפרת והחידקל במסופוטמיה (פירוש השם היווני מסופוטמיה הוא "בין הנהרות"). הלאה מן הנהרות השתרע לכל עבר מדבר צחיח ועוין, חום-צהבהב משמים מלוא העין. החיים התקיימו לאורך הנהרות, בנאות דשא שופעי צבעים חיים של ירק, עצים ופרחים. לדידם של אנשי הסהר הפורה, הצבע סימל חיים ותרבות.

לא כן בסין וביפן הקדומות, שהפגינו סלידה מוחלטת מצבע. סגנון מרכזי באמנות הסינית קרוי "שוי מו", כלומר מים ודיו, ולדירו רישום דיו מונוכרומטי, חד-צבעי, מייצג אידיאל – שכן המטרה בציורו של עצם היא "לחפש את מהותו העילאית שטרם נולדה, זו שמעבר לצורה ולצבע."<sup>107</sup> הצבע הוא הסחת דעת שטחית

וטריטוריאליה, המטשטשת את המהות האמתית. דווקא בהיעדר צבע אפשר לגלות את המהות הזו.

פינליי מוצא את שורשי הדברים בטקסים דתיים קדומים. כוהני שושלת שאנג (האלף השני לפני הספירה) התיימרו לקרוא מסרים מן האלים על ידי חימום עצמות בעלי חיים או שריוני צבים ובדיקת צורת הסדקים שנוצרים בהם. הסימנים שנוצרו על "עצמות האורקל" הללו נחשבו אותות משמים, והיתה להם השפעה רבה על התפתחות התרבות הסינית, שכן מערכת כתב-התמונות הסינית התפתחה בהשראתם. השלכה נוספת, עדינה יותר, של השיטה היתה שהיא גרמה לשחור וללבן להיתפס כדרך המלך לייצוגה הוויזואלי של המציאות.



עצם אורקל עם סימני שבירה מימי שושלת שאנג, האלף השני לפני הספירה.

© Jun Mu | Dreamstime.com

מצד אחד, אם כן, הצבעים מספקים צרכים אסתטיים ופסיכולוגיים; מצד אחר, להיעדרם של צבעים יש ערך אסתטי ופסיכולוגי. האין זה פרדוקס? שאלות מסוג זה הציקו לרב והוגה דעות דגול בן המאה העשרים, הרב יוסף דב סולובייצ'יק. הרב סולובייצ'יק, בן לשושלת של גדולי תורה שהצטיינו בחשיבה מקורית, היה ממעצביה הבולטים של המחשבה היהודית המודרנית. מזיגה ייחודית של חריפות למדנית, חשיבה פילוסופית והתבוננות פסיכולוגית מעמיקה אפיינה את דרכו בלימוד התורה, התלמוד וההלכה. הוא

היה צייד של סתירות-לכאורה ובעל עין חדה המאתרת אבסורדים-כביכול, ולא פעם יישר את ההדורים בעזרת פרשנות סמלית הכומסת תובנות עמוקות על התורה ועל החיים.

הוא תהה, למשל, על מצוות הציצית ופתיל התכלת. במבט מבחוץ היא עלולה להיראות שרירותית, נוקדנית וחסרת היגיון. איזו משמעות יכולה להיות לגדיל צמר כחול? ואם הכחול כה חשוב, מדוע פתיל אחד של תכלת בין שבעה פתילים של לבן? ההסבר שהציע הרב סולובייצ'יק לסמליות התכלת והלבן שבכנף הבגד מעלה אמת קיומית עמוקה ונוגע באחד מיסודות הליבה של המצב האנושי.

הצבע הלבן, הסביר הרב סולובייצ'יק, כפי שהסביר גם פינליי, מסמל את הברור והמובן, את מה שהשכל יכול להבין והדעת יכולה לתפוס. היפוכו הוא כחול הרקיע והים, המסמן את הבלתי-נתפס, את המסתורי והנעלם, את כל מה שמעבר להישג שכלנו, שמעבר לאופק האינטלקטואלי והחזויתי של האדם, במעמקים אפלים שאין בידנו לצלול אליהם. הלבן מייצג את מה שאנחנו יודעים, את מה שאפשר למדוד באופן ישיר ומוחשי, את מה שאנו יכולים לשלוט בו, את מה שבכוחנו לחזות. הכחול הוא מה שאין למשוש, הוא כל מה שאנו חשים ומרגישים אך איננו יכולים לאשש. הוא נמצא מחוץ לשליטתנו, מגיע אלינו בהפתעה ומשנה את גורלנו.

האדם המודרני שואף שעולמו יהיה ברור ומובן ככל האפשר. פיצוח רזיו של הטבע, פימות הפרמטרים שלו, ביות פראותו ורתימת כוחותיו – כל אלו נמנים עם מטרותיהם המוצהרות של המדע והטכנולוגיה. אבל הטבע לא תמיד סר לפקודתנו. יש והוא מערים על אלה המנסים להטיל עליו סדר ומשמעת. לא פעם הוא גורם להם תסכול. הדבר נכון בכל קני המידה: מן הכאוס השורר בהתפוצצות סופרנובות בחלל, ועד לוורוס המיקרוסקופי ולתא הסורר היכולים להשתולל בגופנו בחמת הרס ולשים לחיינו קץ פתאומי.

כולנו חווים בימי חיינו מן הלבן ומן הכחול. לפעמים הכול מתקדם על פי התוכניות, ואנו מרגישים שהכול בדינו, הכול בשליטה.

בפעמים אחרות אנחנו מוצאים את עצמנו נאבקים באי-הוודאות ובספק, מתלבטים בין מסלולים, משותקים מחמת ייאוש. ומה שנכון באשר לחייו של היחיד נכון גם ליחסים בין יחידים. אפילו הזוגות האוהבים ביותר והמשפחות המגובשות מכולן עוברים תקופות "כחולות" של מתח, חרדה וחיכוך. החיים הם סיפור דיאלקטי.

הוא הדין בתהליכים היסטוריים ובמאורעות עולמיים. לפעמים העולם נהיר לנו, ואנו מנסחים בבטחה תיאוריות המגלמות את ניסיוננו ואת ציפיותינו. מנהיגי העולם מאמינים שהיחסים בין אומות ובין תרבויות יכולים לציית לחוקים מוגדרים ולעקרונות הגיוניים ומוסכמים. אבל אפילו גדולי האסטרטגיה וענקי המנהיגות נתקלים לעתים בכוחות עיקשים המחייבים אותם לנטוש את תוכניותיהם המבריקות.

הבחירה בכחול ובלבן כצבעי דגל ישראל היתה בהשראת התכלת והלבן שבציצית ובטלית. התכלת, כסמל לאי-הוודאות, הולמת היטב את מהלך ההיסטוריה היהודית – והכחול שבדגל מעלה על הדעת את המסתורין של האירועים והתהליכים שהובילו בסופו של דבר להקמת מדינה יהודית בתום אלפיים שנות גולה.

הפתיל הכחול של הציצית לא רק מזכיר לנו, כאמור בתורה, את המחויבות שלנו לשמירת המצוות. השחלת הגדילים הכחולים והלבנים בבגדינו, אומר הרב סולובייצ'יק, מזכירה לנו גם את הארעיות שבקיומנו, ואת הצורך באמונה לנוכח האי-וודאות.<sup>108</sup>

• • •

יש כוח רב לפרשנות הסמלית שהרב סולובייצ'יק מציע לצבע הכחול של פתיל התכלת, אך דרכם של סמלים להתרבות, ובצבע הכחול נתלה לאורך השנים מגוון עצום ומבלבל של משמעויות סמליות. זהו



צבע התשוקה והכמיהה אל האינסוף, אל מה שיישאר לנצח מעבר להשגתנו. הפרח הכחול (Blue Blume) המייצג כמיהה זו ברומן ידוע מאת נובֶּאלִיס נעשה סמלה המגדיר של התנועה הרומנטית בגרמניה.

מנגד, הכחול אינו רק צבעם של הספק, המסתורין והיעדר המוחשיות, אלא גם של האיתנות, הנאמנות והמהימנות – כמאמר האנגלי, true blue. בתרבויות האסלאם הצבע הכחול מגן, וצובעים בו דלתות וחלונות כדי להרחיק רוחות רעות. בציורים נוצריים מימי הביניים מרים הבתולה לובשת לעתים קרובות גלימה כחולה – שכן כך היתה לבושה הקיסרית באימפריה הביזנטית המוקדמת. האל ההינדי וִישְנוֹ והתגלמויותיו רם וקרישנה כחולים; המילה קרישנה עצמה פירושה בסנסקריט "כחול" או "שחור".

במקרים רבים, צבעם של עצמים סמליים כחול מסיבה שאינה ברורה לנו. הכחול הוא הצבע הנבחר של הבונים החופשיים. לעתים מקשרים אותו לתכלת שהיתה על פי המקרא במקדש, אך אין זה משכנע לגמרי. ומדוע ניתנים סרטי קישוט כחולים לזוכים בתחרויות אפייה של פאי תפוחים בירידים בארצות הברית? אולי סרטים אלה הם צאצאיו של הפס הכחול שהאנגלים היו מעטרים בו, במשך מאה שנה ויותר, אוניות ששברו את שיא המהירות של חציית האוקיינוס האטלנטי; אבל מדוע הפסים ההם היו כחולים? אולי הם היו, בתורם, גלגול של סמלו הכחול של מסדר האצולה האנגלי "מסדר הבירית" – אך הכחול ההוא, מהיכן נשאב? ברור כי החל בנקודה מסוימת, סמליותו של הצבע נעשית שרירותית או לא עקבית.

לצבע הכחול נלוות גם משמעויות שליליות. בשפה האנגלית הוא קשור לרגשות דיכאון ודכדוך. זה למשל מקור שמו של הסגנון המוזיקלי בלוז. באומרם "מרגיש כחול" (feeling blue), למשל,

מרמזים דוברי האנגלית למלנכוליה. מקורו של הקישור הזה בין הצבע לרגש אינו ברור. באתר המרשתת של הצי האמריקני נטען כי מקור הביטוי "מרגיש כחול" במנהג ישן של ספנים להניף דגל כחול בשוכם לנמל הבית לאות שלא כל מי שיצא להפלגה הזו חזר חי.

בסיס איתן יותר יש לידע שלנו על ההשפעות הפסיכולוגיות של הצבע ועל התגובות הרגשיות שהוא מעורר. תגובות אלו אינן שרירותיות, ולא תמיד הן תלויות תרבות. בני חברות שונות וסביבות גידול מגוונות נוטים לחוש אותם רגשות כלפי אותם צבעים.

בספרו המקיף *Blue: The History of a Color* ("כחול: תולדותיו של צבע") מנגיד מישל פֶּסְטֹרוּ בין האדום והכחול: הראשון מעורר ומרגש ומסעיר, השני מרגיע. אין זה מקרה שהכחול – שנתפס בעיני רוב הבריות כשָׁלוֹ, ניטרלי ולא מאיים – הוא צבע דגלי האו"ם והאיחוד האירופי. מחקרים שהשוו בין ביצועיהם של אנשים שישבו בחדר כחול לבין אלה של אנשים שישבו בחדר אדום הראו כי הראשונים הצליחו לפתור, בזמן נתון, מספר כפול של חידות חשיבה הדורשות הגעה לתובנה. מסבירים זאת בכך שהכחול מעודד יותר חשיבה רפלקסיבית ואסוציאטיבית. השפעתו המרגיעה והמרפה של הצבע הכחול עמדה ביסוד החלטתו של משרד התחבורה היפני להתקין תאורת לָד כחולה בתחנות רכבת תחתית בניסיון לבלום גל התאבדויות. באינטרנט אפשר למצוא אתרים המציעים תראפיית אור כחול. גופו של המטופל נשטף באור כחול כדי להסדיר את ייצור המֶלָטוֹנין, הורמון המסייע בין היתר להשראת שינה.<sup>109</sup>

הכחול משמש זה מכבר מעיין נובע של יצירות אמנותיות. אחת הדוגמאות הנודעות היא התקופה הכחולה של פיקאסו, השנים שצייר בהן תמונות שגוני הכחול שולטים בהן, בעקבות התאבדותו של חברו הקרוב ביותר קרלוס קָסָאָאָמַס. דוגמה קיצונית יותר להשראה כחולה גלומה ביצירתו של הצייר הצרפתי אֵיב קליין. הוא

אף רשם פטנט על גוון מיוחד של כחול שהוא יצר, וקרא לו בשם "הכחול הבינלאומי של קליין". כבר בראשית דרכו התמקד בצבע הכחול, אך בהמשך צייר אך ורק יצירות כחולות מונוכרומטיות. בין היתר צבע את גופן העירום של נשים בכחול ונתן להן להתגלגל ולהחליק על גבי הבד כמכחולים חיים. את תשוקתו אל הכחול תמצת כאשר העלה זיכרון מעברו: "כששכבתי שרוע על החוף בנים, התחלתי לחוש שנאה כלפי הציפורים שעופפו אנה ואנה וחצו את השמים הכחולים שלי, השמים הבהירים, מפני שהן ניסו לקדוח חורים ביצירה הזו שלי, הגדולה והיפה מכולן."<sup>110</sup>

הגון הכחול המסוים של פתיל התכלת מוסיף ממד להשראה האמנותית. המלחין והפסנתרן המנוח משה כותל שימש מרצה לקומפוזיציה בקונסרבטוריון פיבודי שבאוניברסיטת ג'ון הופקינס בארצות הברית. במוסד זה עצמו הוא למד עוד מהיותו ילד פלא בן תשע. בן שלוש-עשרה כתב סימפוניה שלמה, וכשהיה בן עשרים ושלוש זכה בפרס האקדמיה האמריקנית של רומא להלחנה. בשלב מאוחר יותר התקרב לשורשיו היהודיים, הוסמך כרב, ונעזר במוזיקה שלו כדי לקרב את בני קהילתו. פתילי התכלת היו השראה לאחת מיצירותיו האחרונות, "דברי הימים: חיים יהודיים והפסנתר הקלאסי". כותל מתאר לאורך היצירה את פתילי התכלת שבטלית ואת מקורו החלזוני המסתורי של הצבע, וחותר אותה בפרשנות ל"רפסודיה בכחול" מאת גרשווין.<sup>111</sup>

אינגה פסקן קנולד החלה להתעניין בצבעים עתיקים במהלך שהותה הממושכת, בת ארבע-עשרה השנים, במזרח הרחוק. היא עבדה עם אמנים מן האי יאוה וכתבה בשפה האינדונזית מדריך להכנת קנבס לשימוש באקלים טרופי. לאחר מכן עברה לביירות שבלבנון, שכן ריתקו אותה צבעי הארגמן החלזוניים, גאוות האזור. בהמשך, כאמנית הפועלת בגרמניה ובצרפת, פרצה אל מחוזות לא נודעים

בשימוש האמנותי בצבעים מחלזונות. היא גילתה שיטה לצביעת קלף בארגמן; המציאה מחדש את הטכניקה הקדומה של ציור בצבע החילזון, שנודעה בעת העתיקה בשם "פורפירוסום"; וגילתה הברל דק מן הדק בין גון הצבע שמפיקים חלזונות זכרים לבין זה שמפיקות נקבות. ברכות מיצירותיה הנהדרות היא לוחצת את בלוטות החלזונות היישר על גבי הבר. "העבודה בתכלת", כתבה לי, ואת המילה "תכלת" כתבה בעברית, "היא הפסגה הרוחנית של חיי האמנותיים."



אמנים מוצאים בצבע השראה, ומבטאים דרכו את פנימיותם היצירתית. פילוסופים, לעומת זאת, פקפקו אם לצבע יש בכלל מציאות עצמאית כלשהי מחוץ לתודעה. "אינני יכול להאמין שבגופים חיצוניים קיים משהו לבד מגודלם, צורתם ותנועתם," אמר גלילאו.<sup>112</sup> בספרו "העין האובייקטיבית: צבע, צורה ומציאות בתיאוריה של האמנות" דן ג'ון היימן בעמדתו זו של גלילאו, אשר, לדבריו:

עדיין רווחת היום. לדוגמה, ג'ון גייג', שמקומו של הצבע באמנות הוא הנושא המרכזי בעבודותיו, טוען כי "ניוטון... הראה שהצבע הוא אכן אשליה." ספרי לימוד רבים על תפיסה ויזואלית מתייחסים לטענה זו כאל עובדה מבוססת. לדוגמה, סטיבן פאלמר קובע כי "הצבע הוא תכונה פסיכולוגית של החוויות הוויזואליות שלנו כשאנו מתבוננים בעצמים ובאורות, לא תכונה פיזית של עצמים ואורות אלה." טענות דומות מופיעות בעוד מאמרים מלומדים רבים. כך למשל במאמר חשוב על ראיית צבעים אצל קופים, סמיר ז'פי טוען שהצבע "הוא תכונה של המוח, לא של העולם שמחוצה לו."<sup>113</sup>

אם אנו מניחים שהצבע שייך לתודעתו של הצופה ולא לקיומו של העצם, תפיסת הצבע צריכה להיות סובייקטיבית לגמרי, לא אובייקטיבית ואוניברסלית, ולהשתנות מאדם לאדם ומתרבות לתרבות. בניסוי מרתק משנת 1969 ניסו ברנט ברלין ופול קיי מאוניברסיטת קליפורניה בברקלי להוכיח טענה קרובה: ששפת הצבע היא יחסית, ושאינן כללים סמנטיים אוניברסליים לתיאור האופן שאנו רואים בו את העולם. הם גילו שההפך הגמור הוא הנכון. כשהשוו בין שפות מכל קצווי תבל גילו ששום שפה לא כללה אי-פעם יותר מ-11 מונחי צבע בסיסיים – ושיש סדר קבוע וניתן לחיזוי של הופעת מונחי צבע בשפות: בשפות שיש בהן רק שתי מילים לצבע, מילים אלו הן תמיד שחור ולבן. כשיש שלוש מילים נוסף האדום, ולא, למשל, ירוק או סגול; הבאים בתור הם, על פי סדר קבוע של התרחבות, צהוב, ירוק, ולבסוף כחול. מן הסתם, הכחול אחרון בתור לקבלת הכרה לשונית משום נדירותו בעולם הטבע.

צמד החוקרים גייס דוברים-ילידים של עשרים שפות מגוונות ונתן להם לוח ובו 320 גוונים, ערוכים על פי רצף הספקטרום ומידת הבהירות. הנבדקים התבקשו לסמן היכן נגמר צבע אחד ומתחיל צבע אחר. התוצאות הצביעו על שתי אמתות אוניברסליות בתפיסת צבע. ראשית, המרכז של כל מונח צבע בסיסי זהה בכל השפות. בעיניהם של ילידי כל השפות, האדום "הכי אדום" הוא אותו גוון. ושנית, כל הנבדקים חילקו את הספקטרום באופן דומה. כלומר – אף על פי שהמילה המציינת כחול, למשל, שונה בסוהילית ובקנטונית, אדם שחי במוזמביק ואדם שחי בדרום סין יזהו טווח צבעים דומה המכונה בשפתם "כחול" ויציבו את מרכזו באותו מקום. מחקרם המקורי של ברנט וברלין הוכיח שתפיסת הצבע מובנית במוח ואינה תלויה למידה, והיא זהה ביסודה בתרבויות ובקבוצות אתניות שונות.<sup>114</sup> המחקר הזה סלל את הדרך לחוקרים מאוחרים יותר, כגון אוליבר

סאקס וסטיבן פינקר, שהראו כי עוד רשימה ארוכה של התנהגויות, כישורים ומושגים שיש לאדם היא בעלת בסיס נוירולוגי.

מן הידיעה כי תפיסת הצבע היא אוניברסלית ובין-תרבותית אפשר גם להסיק כי היא חוצה גם גבולות זמן. ויליאם גלדסטון כיהן ארבע פעמים כראש ממשלת בריטניה, ומצא גם זמן לחבר מחקר בן שלושה פרקים על יצירות הומרוס. אחד הפרקים ב"מחקרים על הומרוס והתקופה ההומרית" של גלדסטון עסק בתפיסת הצבע במסורת ההומרית. גלדסטון טען שהצבע הכחול אינו קיים כלל באוצר המילים הססגוני של הומרוס, אפילו לא כאשר הוא מתאר עצמים שברור לנו כי הם כחולים. הים אצלו "נראה כיון", שחור, אפור, אפילו "בצבע הסיגלית", אך לעולם איננו כחול. גם התכלת היפהפייה של השמים שמעל הים התיכון איננה מתוארת ככחולה. כדי להסביר את הלקונה המוזרה הזו הציע גלדסטון שהיוונים הקדמונים היו עיוורים לצבע הכחול, נטולי יכולת פיזיולוגית לתפוס אותו. הם פשוט לא ראו את הים ואת השמים כפי שאנו רואים אותם. מסקנתו זו הממה וציערה את מעריציה הרבים של התקופה הקלאסית, שהאמינו שהאדם הגיע בה לפסגת הישגיו.

במאה וחמישים השנים שחלפו מאז, זכתה השערתו הרדיקלית של גלדסטון לתהילה, ללעג ולשכחה. לאחרונה היא טופלה בספרו של גיא דויטשר "בראי השפה". דויטשר עצמו<sup>115</sup> ניסה לברר אחת ולתמיד מדוע נעלם הכחול מפיהם של היוונים על ידי ניסוי לשוני שערך בבתו הפעוטה. כאשר למדה לדבר ולזהות צבעים, הוא הקפיד שלא תשמע על השמים הכחולים. כשהיתה בת שנה וחצי, וידעה לזהות בקלות עצמים כחולים ולומר שהם כחולים, לקח אותה החוצה ושאל אותה מה צבע השמים. תחילה התקשתה לענות, ולבסוף אמרה שהם לבנים. עברו עוד כמה חודשים עד שהחלה לומר בעקביות שהשמים כחולים. דויטשר הסיק מכך (בעזרת שאר הידע שהצטבר

בנושא) שליוונים הקדמונים, ממש כמו לילדה, לא היה קושי לראות כחול או לזהות שזה צבעם של עצמים; הכול שאלה של הדגשה ושל שיטת מיון.

מראהו של עצם תלוי ברשימה ארוכה של מרכיבים שונים, שיחד יוצרים את התפיסה שלנו. רבים מהם אנו מקבצים יחד במונח הכולל "צבע". שפתם של היוונים הקדמונים התמקדה במידת התאורה והבהירות יותר מאשר בגוון. הם קיבצו יחד גוונים כהים, ויחד, בנפרד מהם, גוונים בהירים – וכך הים הכהה עשוי היה להיראות להם שחור או בעל צבע של יין. אנחנו, לעומת זאת, מדגישים את הגוון, ומקבצים יחד גוונים כהים ובהירים של אותו צבע תחת אותו מונח – וכך, למשל, מכנים "כחולים" את שמי הצהריים ואת שמי הערב גם יחד.<sup>116</sup>



הרימו ראשכם אל השמים שאין להם גבול, הישירו מבט אל הים שאין לו חקר, ואולי תמצאו את עצמכם קוראים כמו גיבורו של הסופר ולדימיר נבוקוב, או לפחות מרגישים כמוהו – "איזה אושר שם, בכחול ההוא! לא ידעתי אף פעם כמה כחול יכול הכחול להיות."<sup>117</sup> התהליך הפיזיקלי והתפיסתי שחילץ מפיו את הקריאה הזו, הלוא הוא תופעת הראייה, זהה אצל כולנו: גלי אור מכים ברשתית, מגרים תאי עצב, ושולחים אותות לאזור הוויזואלי בקליפת המוח. אך ברור שהגיבור המתפעל חווה גם משהו שאיננו פעילות עצבית באזור הוויזואלי.

תגובתו האישית הייחודית היתה כתוצאה מאירוע ראייתי שנצרף בחוויות חייו, באמונותיו, בהיסטוריה הרגשית שלו – בקצרה, באישיות השלמה שלו. מחקרים פסיכולוגיים רבים מספור הראו

שאמונתנו משנה את תפיסת המציאות שלנו, ושהעמדות והלכי הנפש שלנו משפיעים לא רק על האופן שאנו מעריכים בו חוויות ועצמים, אלא גם על התגובה הרגשית והגופנית שלנו כלפיהם. במילים אחרות, בידנו לבחור אם לראות את האושר השלֹ שבכחול, או את עומק תוגתו, או פשוט את היותו כחול. האוויר והמים שקופים וחסרי צבע, ולכשעצמם אין בהם יופי או איכויות מעוררות השראה – אך הם יודעים גם להצית את הכחול העז הממלא את חלל עולמנו. אפשר לראות בהם לא-כלום, ואפשר גם לראות בהם את תפארת התכלת של השמים המאירים ואת כחלותו העמוקה של הים המנצנץ.



יד

## קשורים בכחול



קו דק מפריד בין עיקשות לעקשנות, בין התמסרות להתמכרות. איזהו המונח הנכון לתאר את בעל החלומות המוכן להפליג מאות שנים לאחור, ובידו רק שברי עובדות ורסיסי מידע מבולבלים וסותרים, כדי לחפש יצור מיתולוגי שבתהליך ידוע-למחצה אפשר אולי להפיק ממנו את בן דמותו של צבע עתיק? כשהדבר הוודאי היחיד הוא שאי-פעם התקיימו פתילים כחולים כרקיע, המסע כולו נראה ככישלון ידוע מראש.

דון קישוט יצא לשנות את המציאות כשלא היה שבע רצון מעולמו וממהלך חייו. המציאות לא הסכימה להשתנות, ולבסוף הביסה אותו. אבל לא כל מעפל דון קישוטי נגמר בכישלון. וכך זכינו לראות את החילזון האמתי מתגלה מחדש, את שיטת הפקת הצבע מבלוטתו מומצאת בשנית, ואת המצווה המקראית היפהפייה ששכבה נרדמת מאות בשנים – מתעוררת לחיים.

מרגע שגילה אוטו אלסנר את השפעת אור השמש על תמיסת הצבע הארגמונית, ופתר את חידת צבע הרקיע של התכלת, יכלו היהודים לשוב ולשים פתילי תכלת אותנטיים על כנפי בגדיהם. אלא שהבשורה לא מיהרה לחלחל לתודעתם של שומרי המצוות. רבים

מהם פסלו את לימודי החול מכול וכול, ובייחוד היו חשדנים כלפי ידע מדעי. גם בקרב אלה שיחסם למדע חיובי יותר, לא לרבים היתה גישה לקובץ המאמרים "דברי הסימפוזיון הבינלאומי השביעי למדע וטכנולוגיה של סיבים", כינוס בינלאומי שהתקיים בהקנה שביפן ב-1985. שם הופיעו לראשונה ממצאיהם של אלסנר ושפנייר.

חריג אחד, ד"ר ישראל זיידרמן, יהודי שומר מצוות וגם כימאי יישובי, כתב שורה של מאמרים על בשורת מציאת התכלת המקורית, וקרא בהם לציבור היהודי הרחב להתייחס לחידוש ברצינות. גם הרב בצלאל נאור ניסה ליידד את הקהל הרחב עם הנושא, וכמוהו הרב מנחם בורשטיין, שכתב סקירה מפורטת על עבודותיהם של האדמו"ר מראדזין והרב הרצוג. אך למרות כל המאמצים, מחקר התכלת נותר בעיקר נחלת המעבדה והספרייה. עד שמאמר אחד הגיע לשולחנו של תלמיד צעיר לרבנות.

אליהו טבגר גדל בבית שהוקיר את ערכי חירות המחשבה, ההתמסרות לרעיון וההקרבה למען הזולת. אביו, בן-ציון טבגר, פיזיקאי יהודי רוסי, נרדף בידי השלטונות הסובייטיים משום שפעל לקידום חופש הדת של יהודי ברית המועצות. הוא פוטר מעבודתו באוניברסיטת גורקי, אושפז בבית חולים פסיכיאטרי והוגלה לסיביר. לבסוף התאפשר לו לעלות לישראל עם בנו המתבגר. כאן התגייס הפרופסור הנודע למאבק נגד חילול מקומות קדושים ליהדות, ולחם למען מימוש זכותם של יהודים להתפלל באתרים דוגמת מערת המכפלה. הוא עזב את משרתו באוניברסיטת תל אביב כדי להתגורר בקריית ארבע, והחל לעבוד כשומר בבית הקברות היהודי העתיק בחברון. שם, ובבית הכנסת העתיק הסמוך, ערך על דעת עצמו חפירות לילות חשאיות, סילק את האשפה ופסולת הבנייה שכיסו את המצבות ואת בית התפילה עשרות שנים, ואפשר את חשיפתם.

בנו אליהו החל, בשנות העשרים המוקדמות לחייו, לחקור כתב יד של אחד מגאוני בבל מן המאה התשיעית על הלכות ציצית. הדבר הצית את התעניינותו בתכלת, וזו נעשתה עד מהרה למוקד מחקרו. מעטים הם האנשים המקדישים את חייהם לנושא אחד, שאינם חוסכים מאמץ להגיע לכל עומקיו של הידע הנוגע בדבר, לתרגם את הידע הזה למעשה, ולהעביר רעיונות מן הכוח אל הפועל. סיפור גילוייה המיוחד של התכלת הוא סיפור מסירותם של הרב גרשון הניך ליינר, האדמו"ר מראדזין, והרב יצחק הלוי הרצוג, הרב הראשי לישראל. הרב אליהו טבגר עומד במחיצתם של השניים.

ניסיונותיו הראשונים של טבגר באיסוף חלזונות, הפקת צבע וצביעת צמר נתקלו בכישלונות ובאכזבות. מסלול הכשרתו עבר בישיבות חרדיות מן השורה הראשונה, הידועות ברמתן הגבוהה בלימוד הגמרא – אבל, איך לומר, אינן מן המובילות במקצועות הביולוגיה הימית והכימיה של הצבע. החוקרים המעטים שהצליחו עד אז לצבוע צמר בתמצית ארגמונית עשו זאת במעבדות חדישות, משופעות במכשור ובמימון. טבגר עשה את עבודתו על החוף, בסכינים ישנות ובדליים שבורים, כשהוא חי על לחם צר ומים לחץ של מלגת תלמידי ישיבה. הפרופסורים שהוא פנה אליהם להדרכה לא יצאו מגדרם להציע עזרה, מה גם שלאיש, כמעט, לא היה אז ידע מעשי ומדויק על שיטת הצביעה, הרכיבים והתמהיל.

טבגר הגיע למסקנה שעל מנת להמשיך הוא חייב לגייס את עזרתם של אנשי מקצוע מעולם התעשייה, ופנה למעבדת צבע ישראלית גדולה. הוא וחותנו נפגשו עם המנהל, וזה הציע להם חוזה: המכון יעזור לפתח את שיטות הצביעה בחלזונות, ובתמורה ישלם לו טבגר מקדמה בגובה 5,000 דולר ותמלוגים על כל חוט

שייוצר מעתה ועד עולם. כשיצאו מהמשרד אמר חותנו של טבגר שהוא מאוכזב מהתנאים המוצעים, ובעיקר מגובה המקדמה – סכום אסטרונומי בהתחשב ביכולות הפיננסיות של השניים.

"זה ייתן לנו הזדמנות לקיים מצווה מן התורה לראשונה זה אלף שלוש-מאות שנה," השיב חתנו הצעיר. "כך שזה מחיר מציאה."

הם גמרו בלבם לקבל את התנאים המוצעים, אך החליטו ליטול בכל זאת עוד כמה ימים למחשבה. באותו ערב התקשר אל טבגר דני לוי, חבר כימאי שעזר לו במיזם התכלת. לוי סיפר שזה עתה נתקל במאמר מכינזס שהיה לאחרונה ביפן, שבו מספר המחבר על ניסויים בצביעה בעזרת ארגמון. זה היה, כמובן, מאמרם של אלסנר ושפנייר, והפרטים שהופיעו בו סיפקו לטבגר את הרמזים שחיפש.

ב-1988 הצליח הרב טבגר סוף-סוף לצבוע צמר בעזרת בלוטות שניטלו מחלזונות ארגמון קהה קוצים. הוא הביא את הצמר הכחול ליצרן ציציות מוביל בירושלים, והלה טווה למענו כמה פתילים. אליהו טבגר קשר אותם לטליתו ובירך את הברכה השמורה לרגעים הגדולים והמשמחים של החיים: "ברוך אתה ה' אלוהינו מלך העולם שהחיינו וקיימנו והגיענו לזמן הזה."

הוא וחותנו לא חתמו מעולם על החוזה עם מעבדת הצבע.

• • •

יואל גוברמן – האיש ששאל את חוקר ימי הביניים האנגלי ג'ון אדמונדס על תסיסת האיסטיס – היה חברי עוד בימי התיכון. נהג לא זהיר שעלה על המדרכה דרס למוות את אחיו, ששמו היה אבי, כאשר עבד בחצר ביתו בשנת 1988. המום מן האסון החליט יואל להנציח את אחיו על ידי כך שישמור מעתה מצווה אחת מן התורה

באופן שיש בו יותר משמעות ועומק. המצווה שבחר היתה מצוות ציצית.

הספרן בספרייה הירושלמית, שאליה הגיע לחקור את הנושא, סיפר לו שיש עוד אדון אחד שעורך מחקר דומה, והציג בפניו את ישראל זיידרמן. השניים שוחחו, וד"ר זיידרמן סיפר ליואל על הרב אליהו טבגר, שלא מכבר הצליח לייצר פתילי תכלת אמתיים. המכשול העיקרי, הסביר, הוא איסוף החלזונות, שהתגלה כקשה להפליא. לו רק הכירו כמה צוללנים שמוכנים לעזור, המלאכה היתה נעשית ביעילות. "אם זו הבעיה," אמר לו יואל, "אני מבטיח לטפל בה."

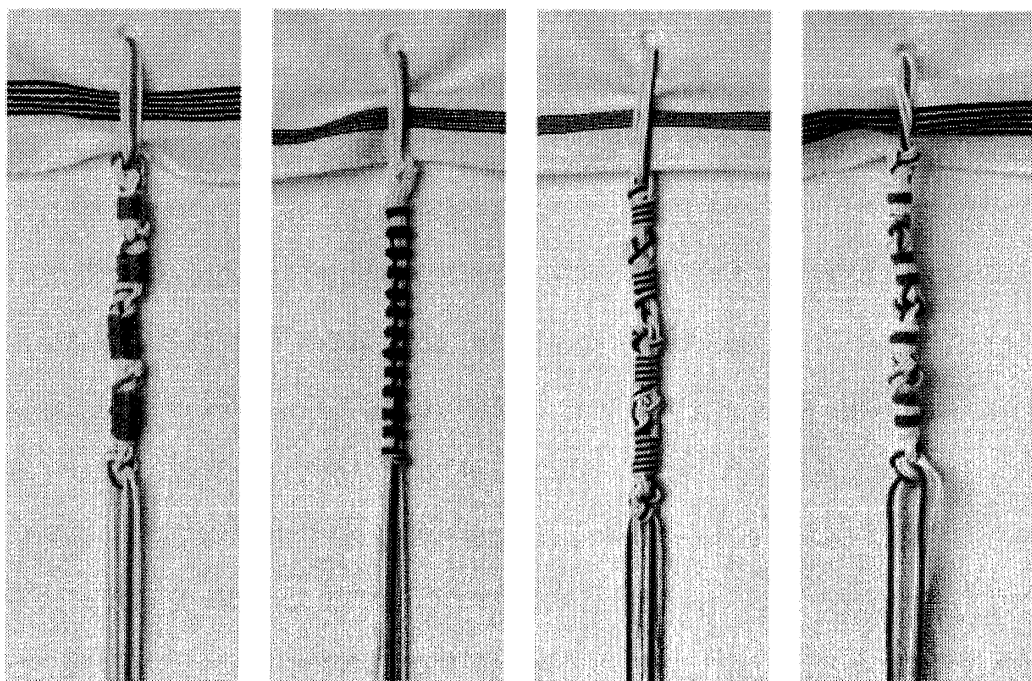
יואל התקשר בו ביום אלי ואל חבר טוב אחר שלנו, ארי גרינספן, ושאל אם אנו מעוניינים לצלול ולחפש חלזונות. סקרנים תמיד היינו, והרפתקאות תמיד אהבנו. הסכמנו מיד.

כמה ימים לאחר מכן, יואל, ארי ואני נדחקנו אל מכונית הסטיישן הישנה של זיידרמן ונסענו צפונה. כל משך הנסיעה הארוכה, שלוש שעות תמימות, ישבנו מרותקים לסיפור אובדן התכלת וגילויה המחודש, שזיידרמן הפליא לספר לנו לפרטיו. הוא הכיר לנו את הרבי מראדזין, את הרב הרצוג, את לקז-דיתייה, את פליניוס הזקן, את אוטו אלסנר. הוא סיפר לנו על הארגמון קהה הקוצים, על הבלוטה המפיקה את הצבע, על הערצתו של העולם העתיק לתכלת ולארגמן. הוא הראה לנו את החילזון עצמו, והנחה אותנו לחפש אותו בדקדקנות, שכן מתחת לפני הים נדבקת בארגמון צמידה עשוית אצות ויצורים אחרים, וקשה מאוד להבחין בינו לבין האבנים שסביבו – כמאמר הגמרא שהחילזון דומה לים. כשזיידרמן עצר את המכונית, התקשינו להאמין שעברו שלוש שעות ושכבר הגענו. כה שקועים היינו בסיפורו. יצאנו, ולפנינו עמד איש רך דיבור, בעל עיניים עדינות ועליזות וחיוך עניו. לחצנו את ידו של הרב אליהו טבגר.

הצטיידנו בחנות לצורכי צלילה בעכו העתיקה, וחלפנו בסמטאות הססגוניות שבדרך לנמל. חנוטים בחליפות צלילה מלאות הידסנו ארי ואני אל הים. הגלים ההפכפכים הכו בנו בכל עוז. כשהצלחנו סוף-סוף לצלול לעומק גילינו כי פעילות הגלים ערבלה את החול שבקרקעית, ובעכירות שנוצרה לא היה אפשר לראות כלום. נאלצנו לוותר, ולחזור בידיים ריקות אל החברים המאוכזבים שעל החוף. אולם הרב טבגר הציע שננסה מקום אחר – צפונה משם – את חוף אכזיב.

לגונה טבעית שיצרו סלעי הכורכר והאלמוגים סיפקה לנו מידה של הגנה מן הגלים. במים הרדודים הספיקו לנו מכלי החמצן לזמן רב, ובמהלך השעתיים הבאות אספנו ארי ואני 293 חלזונות. שבנו איתם לחוף, והתבוננו ברב טבגר ששבר אותם ומיצה את הבלוטות. הצטרפנו למלאכה המלוכלכת. נדרשו לרב טבגר עוד כמה שבועות כדי להשלים את תהליך הייבוש. בהגיע העת הזמין אותנו להצטרף אליו. ראינו איך הוא מכין את התמיסה, חושף אותה לאור השמש וטובל את הצמר בצבע הנוזלי. לעולם לא אשכח את הפעם הראשונה שראיתי את הצמר המטפטף נשלה מן המים, ואט-אט משנה את צבעו הצהוב-חום הדלוח לתכלת רקיע מרהיבה.

יצרן ציציות ירושלמי מומחה טווה אחר כך את הצמר הכחול לפתילים, ושזר אותם עם פתילים לבנים, ואנו קשרנו אותם יחדיו בטליתות שלנו. למדנו לדעת שיש מנהגים שונים בקשירת הפתילים. התורה אומרת רק "וַיִּתְּנוּ עַל צִיצֵת הַכֶּנֶף פֶּתִיל תְּכֵלֶת", אך המסורת היהודית לא הסתפקה בהנחיה הפשוטה והמעורפלת משהו. התפתחו סגנונות שונים של קשירת הפתילים, לולאות מקרמה מעשה חושב וליפופי חוטים מעשה קולע, היוצרים מן הלבן והכחול דגמים שובי עין. חלקם מצטיינים בסמליות דתית ורעיונית, אחרים בערכם האסתטי.<sup>118</sup>



מנהגים שונים של קשירת פתיל תכלת.  
צילום: א' ויסברג

בקושרי את הפתילים לראשונה חשתי התלהבות עצומה, דתית ואינטלקטואלית כאחת, מהולה בהרכנת ראש כלפי דורות על דורות של יהודים מסורים, שיכלו רק לחלום לאחוז בידיהם את פתילי התכלת שאני עתיד מעתה להביט בהם מדי יום ביומו.

• • •

עוד דבר קרה ביום ההוא על החוף.  
יואל, ארי ואני הגענו לידי החלטה משותפת: נצטרף ל אליהו, נייחד זמן ומאמצים ללימוד נושא התכלת, וננגיש לעולם כולו את המידע ואת פתילי התכלת עצמם. האמת היא שכולנו נהיינו אובססיביים משהו. בתוך חודשים ספורים יסדנו עמותה, "פתיל תכלת" שמה, ובתמיכתם ובעידודם המלאים של רעיותינו ובני משפחותינו התחלנו

לנוע אל עבר המטרה. זה לא היה קל. הדרך היתה זרועת מכשולים. תחילה היה עלינו לשדרג את שיטות העבודה של טבגר כך שיאפשרו ייצור המוני. כורח זה הפגיש אותנו פנים אל פנים עם הבעיה הראשונה והחמורה שלנו: השגת מספר גדול של חלזונות. ביוזמת החברה להגנת הטבע, כל חסרי החוליות הימיים הם מינים מוגנים בישראל. כדי לקבל רשות מיוחדת לאסוף כמויות קטנות של ארגמונים פנינו לעזרתו של הנשיא דאז, חיים הרצוג, שהיה בנו של הרב הרצוג ולפיכך בעל זיקה רגשית לנושא. ההקצאה הקטנה שניתנה לנו הספיקה למטרות ניסוי, אבל לשם ייצור המוני נזקקנו למקור אחר.

ארי, שהוא רופא שיניים, סיפר לאחד מלקוחותיו על ההרפתקה המרגשת שלנו בעודו מטפל בשיניו. כשיצאו המכשירים והאצבעות מפיו של האיש והדיבור חזר אליו, הוא ביקש לראות תמונה של החילזון, ובראותו אותה סיפר שראה חלזונות כאלה בדיוק בשוקי דגים ביוון. כך קרה שבאותו מסע עסקים שלי באירופה, הזכור לכם מהפרק הפותח, קפצתי ליוון, מצאתי בפיגרוס את הזקנה הלבושה בשחור שתפרה כפתור אל חולצה ושנידבה לי את עצתה, קניתי שבעה קילוגרמים של החלזונות, והברחתי ארצה את בלוטותיהם המסריחות בתוך צנצנת.

התחלנו לייבא חלזונות מיוון, אך מסלול זה לא האריך ימים. הדייגים ששכרנו התגלו כבלתי-אמינים, והיה עלינו לחפש אפשרויות אחרות. מצאנו ספק בעיר חָרְס דה-לה-פרונטֶרה, ליד העיר הפניקית הקדומה קדיס, על חוף האוקיינוס האטלנטי בדרום ספרד. היין המחוזק הידוע בשם שְׁרִי נקרא כך כי זו היתה דרכם של האנגלים לבטא את שם יינה הלבן המפורסם של העיר, וינו דה-חרס. חרס היתה אחת הערים הראשונות בספרד שגירשו את תושביהן היהודים, עוד לפני צו הגירוש הגדול שהוציאו המלכים פֶּרְדִּינַנְד ואִיזַבֶּלֶה ב-1492.



שם, במעין תיקון צנוע לעול ההיסטורי, ארגנו קבוצה של דייגים מקומיים שתאסוף את החלזונות, תשבור את קונכיותיהם ותשלח אלינו את הבלוטות. זה היה ערוץ אספקה מעולה, עד שכתם נפט שהתפשט ממערב למצר גיברלטר גרם להטלת איסור על ייצוא רכיכות מהאזור כולו. לבסוף מצאנו ספק יציב ומתמיד בחוף הים האדריאטי בקרואטיה.<sup>119</sup>

מיוזם התכלת החלזונית שלנו צמח עם השנים הרבה מעבר למה שדמיינו באותו יום חורף, כאשר עלינו מן המים ובידינו סל גדול של חלזונות. העברנו את הצביעה מבתינו לצריף קטן בחצר בית ספר מקומי, ולאחר מכן למפעל קטן בכפר אדומים, סמוך לכביש היורד מירושלים לים המלח. בעזרתם של חברים מסורים ומוכשרים שהצטרפו אלינו, ביניהם אסף שטיין ומואיז נבון, אנו מייצרים ומפיצים אלפי פתילים בחודש. המודעות לנושא גברה פלאים, ומאמרי מחקר, חומרי לימוד וספרים העוסקים בכל היבטיו מופיעים חרשות לבקרים.



אין זה מקרה שפתילי התכלת משתלשלים דווקא משולי הבגד. הגדילים הכחולים מזכירים לנו כמה חשוב שנקבל עלינו את שליחותנו בחיים ואת חובותינו המוסריות והרוחניות. פתיל התכלת הוא תמרור דרכים אֶתִי, מצפן הנחוץ לנו במיוחד כשאנו מרגישים תועים בדרך ואיננו יודעים לאיזה כיוון לפנות.

תחושה זו פוקדת אותנו בצומתי חיים, בעתות מעבר ושינוי. מצב חיים אחד נגמר ואחר מתחיל. כנפי הבגד, שולי המלבוש, מסמלים את הגבול שבין מה שבפנים, המופר, הנוח – לבין מה שמעבר, החדש, השונה והלא-נודע. כשאדם חי ביציבות וברוגע ומציית

להרגליו הקבועים, ממעטים לפקוד אותו רעיונות, הזדמנויות ואתגרים הדורשים ממנו להעריך מחדש את עקרונות היסוד שלו. אין הוא צריך לבחור בין שבילים מתפצלים, אין הוא נאלץ לשקול תוך מחסור בנתונים חיוניים ובניסיון הכרחי את הרווחים והסיכונים שבכל אחד מהם ולהכריע. אלא שבאזור הנוחות הזה, באמצע הבטוח, רובץ הקיפאון. אין שם מקום לתמורה, לשיפור, לצמיחה. כדי לחיות חיים מלאים חייב אדם להיות נכון לנטוש את הפנים הנוח וללכת אל הגבול – ואפילו הלאה משם.

אבל אזור הספר הוא גם אזור פגיע. הבלתי-ידוע השוכן מעבר עלול לאכזב. סכנות רובצות לפתח, ומכשולים סמויים עלולים לחסום את הדרך אל המטרה הרחוקה ולהותירה משוללת השגה. אפשרות הכישלון וההתפכחות מלווה תמיד את הניסיון לצמות. החיים הם סיכון. פתיל התכלת, המשתלשל מן הגבול אל המרחב שמעבר לו, מסמל את ההדרכה המיוחדת, העליונה, הניתנת לאלו המבקשים לצאת ולהתעמת עם הספק ועם האי-ודאות, לצאת ולפרוח.<sup>120</sup>



במשך יותר מאלף שנה לא ראתה עין אדם פתילי תכלת מקורית. נחישותם של יחידים, שהיו נכונים לצאת אל הלא-נודע, לעמוד בפני סכנות, להיות ללעג ולקלס, להישיר מבט אל תוך עיניו של הכישלון הכמעט-בטוח – נחישות זו החזירה לארצות החיים מסורת עתיקה שאבדה.

מאות אלפי אנשים בכל רחבי תבל שמים כיום פתיל תכלת על כנפי טליתם. על משקל מדרש האבל העתיק, על התכלת שנגנזה והותירה רק את הלבן, אפשר לומר היום: ועכשיו יש לנו לא רק לבן, שכן התכלת שנגנזה שבה ונתגלתה.



## סוף דבר

# משהו חדש, משהו ישן

זו שעת בוקר מוקדמת, ואני מתיישב אל המחשב שלי בחדר מלון בקרואטיה. אני נכנס לפייסבוק, ובודק את עמוד "הצבעים הפניקים" לראות אם מישהו העלה משהו חדש ומרגש: אולי מאמר על ממצא ארכיאולוגי חדש, אולי משהו על גילוי של שימוש רפואי חדש לכימיקל הנמצא באחד ממיני הארגמון הנדירים. הבוקר זה "הנודד מקרתגו". הוא העלה תמונות מניסויי האחרונים בצביעה טבעית בחלזונות. נראות בהן פקעות צמר צבועות כחול עמוק ובוהק, שלדבריו נצבעו בשיטת החליבה הידידותית לסביבה.

אשתי ואני באנו לקרואטיה לפגוש את הדייגים המספקים את החלזונות למיזם הצביעה שלנו. כדי לענות לביקוש הגובר לתכלת, אנחנו צריכים להגדיל עד מאוד את המלאי שלנו ולהבטיח אספקה סדירה של חלזונות. חברי ב"פתיל תכלת" נסעו אל קצווי הים התיכון כדי לחפש סוחר ארגמון אמינים. ארי גרינספן ויואל גוברמן חזרו זה עתה מג'רבה, האי התוניסאי הקטן שבמחצית הדרך בין שתי ערים פניקיות עתיקות, קרתגו וספּרְתָא.

כאן, בחוף הדלמטי של קרואטיה, ממקמת המיתולוגיה היוונית את הארמון שבנה קדמוס, בנו של אֶגְנוֹר מלך הפניקים ואחיו של פניקס, לאחר שהוגלה מתבאי. קדמוס היה על פי המיתולוגיה לא רק מייסדה של העיר, אלא גם האיש שהביא מפניקיה ליוון את הכתב

האלפביתי. לעתים נדמה שבכל מקום שאנו הולכים אחר הארגמון, אנו הולכים אחר אותם סוחרים יורדי ים בני שלושת אלפים. איננו יכולים לנוס מהם.

מסלול חיי ידע כמה תפניות בלתי-צפויות. אני מתפרנס מעבודה בטכנולוגיות תקשוב – מרחק ת"ק פרסאות מעיסוק בטכניקות צביעה עתיקות או בהתחדשות דתית עכשווית. רוח קלה של הרפתקנות שלחה אותי יום אחד עם שני חברי ילדות מניו ג'רזי לצלול בים, לעשות טובה לאיזה רב תימהוני בעל רעיונות מוזרים בתכלית. המסע שהחל ביום ההוא הוליך אותי לא רק לנמלים סביב הים התיכון, אלא גם להרפתקה רוחנית תובענית ומגוונת, לעושר חווייתי ולימודי שלא שיערתי.

עולמם של צבעי הארגמון הקדומים עדיין חי מאוד. ארכיאולוגים חופרים במאחזי הסחר המרוחקים שלהם, ובכתבי עת להיסטוריה עתיקה מתכתשים מלומדים על מחלוקות בדבר מבנה האוניות הפניקיות. חילזון הים הקטן והפשוט שלנו מתגלה כברייה מורכבת עד להדהים בעיניהם הבוחנות של ביולוגים ימיים הלומדים את אורחותיו ושל כימאים המבררים את אופן היווצרות מטרימי הצבע. פיזיקאים בעלי תודות צבע טמירות תורמים להבנת נדירותו של הצבע הכחול בטבע ומבנה מולקולות הצבע. מתוך עיוני בנושא הזה מצאתי את עצמי מתעמק בשלל תחומים. חקר הלשונות הקדומות, תיאוריות של צבע, מיתולוגיה, היסטוריה יהודית, הלכה ומנהג – והרשימה ארוכה וממשיכה להתארך: כל עובדה חדשה או תיאוריה חדשה מובילות אותי אל עוד אזור טעון שיטוט והיכרות. פיסות המידע החדשות אינן חדלות לזרום אל התמונה הגדולה, ועונג הוא לי לנסות לאתר את מקומן הנכון.

הצמיחה האישית שהמחקר מקנה לי אינה מסתכמת רק בצבירת ידע. פן אחר של צמיחה זו, חשוב לא פחות ואולי יותר, הוא

ההיכרויות, חלקן ממשיות וחלקן וירטואליות, שהמחקר זימן לי עם אנשים הקשורים בדרך זו או אחרת בצביעה בחלזונות. עם הזמן התפתחה מעין אחווה חובקת עולם של אנשים המתעניינים בהיבטים של הנושא ונכונים לחלוק זה עם זה ידע והתלהבות. היו לי תכתובות ופגישות עם אמנים, כימאים, צבעים מקצועיים וחובבים, חתני פרס נובל, אדמו"רים וגדולי הדור, מדינאים, פרופסורים מכל קשת ההתמחויות שבין כימיה קוונטית וחִתּוּלוגיה, חולבי נחשים, שופטים בבית המשפט העליון, מורים, ועוד אנשים נפלאים, מעניינים ומתעניינים מכל פינות הגלובוס הכותבים לי שאלות והערות דבר יום ביומו.

הכחול כבר איננו סחורה נדירה ויקרה; הוא נמצא כיום בכל מקום, ואיננו מושך תשומת לב מיוחדת. אבל צבעי הכחול העתיקים עדיין מעוררים רגשות חזקים, לא רק בקרב יהודים הפוגשים את התכלת שאבדה להם, אלא גם בקרב מעריציהם של האומנים בני קדם, המשתאים על הישגיהם עתירי ההשלכות.



אשתי ואני נוסעים במכונית לעיירת הדיג הציורית טרוגיר, על יד ספליט שבקרואטיה, מקום שם בנה הקיסר דיוקלטיאנוס את הארמון שגר בו לאחר פרישתו מהכס. אנו פוגשים כאן את חברנו רֶנָטו, הדייג המפקח על איסוף החלזונות. אנו מפליגים בסירתו, לסקור את החוף הסלעי ואת האיונים הרבים, שטח המחיה של הארגמון קהה הקוצים. אנו עוברים לסירת משוטים קטנה, ורנטו מציג אותי בפני אחד הדייגים המקומיים שלו. סביב גופו של האיש כרוך חבל המחובר, כך הוא מספר, לסל נצרים הנמצא בקרקעית הים. הסל הורד לשם לפני כמה ימים, ובו פיתיונות: נתחי דג נא. לנגד עינינו הוא מושה

את הסל מן המים, ואנו נוכחים לראות כי נצריו מכוסים בעשרות ארגמונים קהי קוצים.



על הדעת עולה התיאור החי שכתב לפני כאלפיים שנה פליניוס הזקן. הוא מתאר כיצד החלזונות נתפסים בסלים "שהושלכו אל הים ובתוכם צדפות כפיתיון... בדרך זו, טרף לגרגרנותם שלהם עצמם, הם [החלזונות] נמשכים אל פני הים, תלויים בלשונותיהם".<sup>121</sup> החוויה הזו מדגימה שוב את מה שנעשה חלק בלתי-נפרד ממטרת חיי: חידושן המודרני של טכניקות עתיקות, ושיבה לשיטות שנפלו זה מכבר אל תהום הנשייה וכמעט שאברו לנצח.

סל ללכידת חלזונות בעזרת פיתיונות – שיטה עתיקה הנהוגה גם בימינו. באדיבות אהוד שפנייר והוצאת כתר

הרבה השתנה עם השנים, והרבה נשאר כפי שהיה. אני בוהה בשמש השוקעת אל הים האדריאטי, דעתי משוטטת על פני השמים האדירים והים הנצחי, ומחשבותי נודדות בעל כורחי אל פתילים של תכלת.

## נספח

# קפיצה ישירה מהתלמוד

ההלכה כשמה כן היא: שביל דינמי המשתנה ומתפתח במהלך הזמן. בדרך כלל, ברוב אגפיה וסעיפיה של ההלכה, אפשר לחלק את התהליך לשלושה שלבים. השלב הראשון הוא שלב ההמשגה, וזמנו הוא תקופת המשנה והתלמוד. בשלב הזה הורחבו העקרונות הכלליים שבתורה, ומושגי יסוד הוצעו, נשקלו ונדרונו. לעתים, דיונים תלמודיים בתחום מסוים מגיעים למסקנות הנראות סותרות את אלו שהושגו בהקשר אחר. השלב הבא, שלב היישום, התקיים בתקופת הגאונים והראשונים. גדולי תורה כגון רש"י, בעלי התוספות, רמב"ם, רי"ף, ר"ן ורא"ש אספו את ההתייחסויות השונות והעקרונות המגוונים הנוגעים לכל דין, וניסו להביאם לידי הרמוניה ולאחדם לכדי כללים מעשיים. התוצר הוא שיטה או טכניקה שאפשר לממשה ולהנהיגה במציאות. חכמים שונים הגיעו לעתים למסקנות שונות בדבר הדרך הנכונה ליישם את העקרונות התלמודיים, ומשום כך נדרש שלב שלישי בהתפתחות ההלכה, שלב הברירה. הפוסקים, כגון בעל "שולחן ערוך" ורמ"א, ולצדם פרשנים רבים, בחרו בין דעותיהם של הראשונים, לעתים תוך הרחבתן או שילוב רכיבים מתוכם, והכריעו בזכות פרקטיקה זו או אחרת. במקרים שכל התהליך הזה לא הניב תוצאה ברורה, בא לכלל פעולה הרכיב ההיסטורי: קהילות שונות בחרו בדרכי יישום שונות לדין נתון. בתהליכים אלה של



התגבשות פֶּסֶק ומנהג מתרחשת ברירה טבעית, כך שאחדות מבין האפשרויות, או אפילו אחת בלבד, מצליחות להגיע לדומיננטיות, בייחוד בתוך קבוצות. ספרדים עשויים לנהוג באופן אחד, אשכנזים באופן אחר; אך במבט כולל חילוקי הדעות זניחים יחסית וההלכה הנהוגה בעם ישראל נוטה להיות אחידה למדי.

במקרה הייחודי של דיני התכלת בציצית נעצר התהליך הזה בין השלב הראשון לשלב השני, בשל אובדן התכלת. לפנינו מעין מאובן הלכתי, שריד שקפא מהימים שלאחר חתימת התלמוד, בטרם החלו שלבי היישום והברירה. כך קרה שבימינו, כאשר מצוות התכלת מתחדשת ודיניה משתחזרים, יש ריבוי עצום של אפשרויות באשר לדרך קשירת פתילי הציצית אל הטלית, ורבנים בני זמננו מוסיפים ומעלים הצעות חדשות המבוססות על האופן שהם מבינים בו את המקורות. אין הדבר כן בציצית שפתיליה לבנים כולם: זו עברה את המסלול הרגיל של התהליך ההלכתי. רובן המכריע של הציציות שאין בהן תכלת קשורות היום בחמישה קשרים, ובין קשר לקשר יש כריכות של פתיל סביב הפתילים האחרים במספר גדל והולך: שבע, שמונה, אחת-עשרה, שלוש-עשרה. יש מקום מסוים לשוני, ואצל חלק מעדות המזרח החלוקה היא עשר, חמש, שש, חמש, על פי הגימטריה של אותיות השם המפורש. אבל בהשוואה לרבגוניות הקיצונית של דרכי קשירת התכלת, הבדלים אלה בין דרכי קשירת הציצית הלבנה הם בגדר ניואנסים דקים.

השאלה הראשונה והבסיסית נוגעת ליחס המספרי בין הפתילים הלבנים ופתילי התכלת. בתלמוד אין הנחיות ישירות בנושא (אם כי מדרשי ההלכה מתייחסים לכך), אולם ה"ראשונים" מציגים שלוש דעות. כולם מסכימים שיש לחזור את ארבע כנפות הבגד ולהשחיל בכל אחת מהן ארבעה גדילים, עד לאמצעם – כך שמכל חור ישתלשלו שמונה גדילים. אך כמה מהם צריכים להיות צבועים

תכלת? הרמב"ם קובע שאחד מהשמונה, כלומר מחציתו של אחד מארבעת הפתילים; לדעת הראב"ד נדרשים שניים מתוך השמונה (כלומר פתיל אחד שלם מתוך הארבעה); ואילו רש"י ותוספות גורסים שמניין פתילי התכלת צריך להיות שווה למניין הפתילים הלבנים – כלומר ארבעה מתוך שמונה.

הסוגיה הבאה, כיצד בדיוק יש לקשור את הפתילים, כמה קשרים וכמה כריכות, סבוכה הרבה יותר. התלמוד מציג עקרונות כלליים מאוד (הנדרונים בחטיבה חידתית למדי במסכת "מנחות", בפרק שזכה לשם ההולם "התכלת").\* הגמרא בתלמוד הבבלי מציגה שם את מושג ה"חוליה":

וכמה שיעור חוליא? תניא, רבי אומר כדי שיכרוך וישנה. תאנא, הפוחת לא יפחות משבע, והמוסיף לא יוסיף על שלוש עשרה. הפוחת לא יפחות משבע כנגד שבעה רקיעים, והמוסיף לא יוסיף על שלש עשרה כנגד שבעה רקיעין וששה אורין שביניהם. (מנחות לט ע"א)

שורות אלו מלמדות אותנו שצריכות להיות כריכות של פתיל אחד סביב האחרים, הנקטעות מדי פעם על ידי קשרים, כך שנוצרים רצפי כריכות הקרויים חוליות (של שלוש כריכות? של שבע או שלוש-עשרה? או שמא הכוונה לשבע או שלוש-עשרה חוליות?). גם צבע הכריכות נדון:

\* מטרתנו היתה מאז ומתמיד להגביר את המודעות לתכלת ולקדם שיח, מחקר ולימוד תורה הנוגעים לנושא. לאחרונה החליטה ישיבה מובילה ללמוד בעיון את פרק התכלת במשך "זמן" לימודים שלם. כבוד זה שמור בדרך כלל לפרקים קבועים, "רגילים" ומוכרים יותר. בשומעי על החלטת הישיבה חשתי צביטה קטנה של גאווה, משום שזו כנראה הפעם הראשונה מאז חתימת התלמוד שישביה מרכזית מקדישה תשומת לב רבה כל כך לסוגיות התכלת. זו מעין תחיית המתים של מצווה, של מת-מצווה אם תרצו.

תנא, כשהוא מתחיל, מתחיל בלבן 'הכנף', מין כנף; וכשהוא מסיים, מסיים בלבן; מעלין בקודש ולא מורידין. (שם)

מכאן שה"התחלה" וה"סיום" צריכים להיות בפתיל לבן. האם הכוונה כאן לחוליה הראשונה והאחרונה, או לכריכה הראשונה והאחרונה? האם האחרים, אלה שבין הסוף להתחלה, צריכים להיות כולם תכלת, או אולי להשתנות לסירוגין, לבן ותכלת? הנה עוד כמה הנחיות:

אמר רבא, שמע מינה: צריך לקשור על כל חוליא וחוליא. (מנחות לח ע"א)

ציצית, שש מאות. שמונה חוטין וחמישה קשרים, הרי שש מאות ושלוש עשרה. (תנחומא, קרח יב)

אמר רב הונא, אמר רב ששת, אמר רב ירמיה בר אבא, אמר רב... ונויי תכלת שליש גדיל ושני שלישי ענף. (מנחות לט ע"א)

בדורות הבאים ניסו חכמי ישראל לפענח את העקרונות הכלליים הללו וליישם אותם במגוון דרכים, כדי להציע שיטות מעשיות לקשירת הציצית. אחדות מהן מוצגות בתמונה שלפנינו. אלה הבוחרים כיום לשים פתיל תכלת על כנפי בגדיהם עומדים בפני אתגר נדיר: להחליט איך לקשור את הציצית שלהם.\*

\* היעדר זה של מסורת מקובלת עלול לגרום לרבים תסכול, אך לאחרים – תחושת שחרור. כשהתחלתי ללמוד את הנושא ביקרתי אצל רב ידוע בירושלים, ושאלתי אותו איך לקשור את ציצית פתיל התכלת שלי. הוא ענה לי שהיות שאין פסק הלכה מקובל, אני חופשי ללמוד את הסוגיות בתלמוד ואת יתר המקורות ולהכריע לעצמי מהי הדרך הנראית לי נכונה ביותר ליישם אותם. זאת, הוסיף, בתנאי שאמצא דעה קיימת כלשהי, או אפילו תערובת של רכיבים מדעות שונות, העולה בקנה אחד עם המסקנות שלי. רבנים אחרים בזמננו נוקטים מידה רבה אפילו יותר של חופש, ואינם דורשים תקדימים אלא מיישמים את העקרונות התלמודיים על פי הבנתם בדרכים מקוריות.

## שלמי תודה

בכתיבת ספר כגון זה, הנוגע במגוון כה גדול של תקופות, עולמות ותחומי ידע, ההיעזרות היא כורח בל יגונה. אנו אסירי תודה למומחים שבדקו פרקים מתוך הספר, איש-איש בתחום התמחותו, ותרמו לו תרומה שלא תסולא בפז. בייחוד אנו מודים לד"ר דונלד צבי אריאל, ראש ענף המטבעות ברשות העתיקות; לד"ר שולמית אליאש מהמחלקה להיסטוריה כללית באוניברסיטת בר-אילן; לד"ר קירסטן בֶּנְקֶנְדֹּרֶף מהמרכז לחקר האקולוגיה הימית באוניברסיטת סאות'רן קרוס שבאוסטרליה; לד"ר וואין הורוביץ מהמכון לארכיאולוגיה באוניברסיטה העברית; לד"ר ארי זיבוטופסקי מהמרכז הרב-תחומי לחקר המוח באוניברסיטת בר-אילן; לפרופ' צבי קורן מהמחלקה להנדסה כימית בבית הספר הגבוה להנדסה ועיצוב שנקר; לפרופ' אלן קרופף מקתדרת ג'וליאן ה' גיבס לכימיה במכללת אַמְהֶרֶסֶט בארצות הברית; ולד"ר אילן שרון מהמכון לארכיאולוגיה באוניברסיטה העברית. תודה מיוחדת לקורט רווה ולח"כ יצחק הרצוג על הזמן שהקדישו לנו ועל המידע האישי שסיפקו.

אנו מודים גם לרב שלמה טייטלבאום, לדני אופרמן, לרב מיכאל טאובס ולד"ר דוד מָטָר, על הקריאה הקפדנית בכתב היד ועל ההיזון החוזר החשוב שנתנו לנו, וללב רויטרשטיין על עזרתו בתרגום חלק מהחומר ברוסית.

לורי אבקמאייר, הסוכנת שלנו, אחזה בידנו והדריכה אותנו במבוכי עולם המו"לות. בלי הכוונתה ועידודה העליז והמתמיד, ספר זה לא היה ממריא לעולם. אנו אסירי תודה לה על התלהבותה ועל תרומתה הרבה.

אנו מודים לכל צוות הוצאת "גלוב פקו" על ההגהה הדקדקנית ועל העריכה הקפדנית במהדורה האנגלית שקדמה למהדורה עברית זו. במיוחד שלוחה תודתנו לעורך המלומד שלנו, ג'יימס ג'איו, שלימד אותנו עריכה מקצועית מהי. הערותיו המפורטות, הצעותיו ותרומותיו המהותיות, ומחויבותו הן לתוכנה של עבודתנו הן לצורתה, העלו את רמתו של הספר במידה ניכרת.

תודה מיוחדת מגיעה לשותפינו וחברינו – ד"ר ארי גרינספן, יואל גוברמן והרב אליהו טבגר. הקשר שלנו עם התכלת הוא אחד החלקים החשובים, המשמעותיים והממלאים של חיינו. המסע המשותף שלנו איתם היה מרגש ומרתק, וזכות גדולה היתה לנו לחלוק איתם את ההרפתקה הזו.

תודה לצוות ידיעות ספרים על הטיפול בספר, לעורך תחום יהדות עמיחי ברהולץ על הליווי והתמיכה, לאנשי טפר על ההפקה הנאה והמקצועית ולנחמה שפילמן על עיצוב העטיפה היפה. תודה מיוחדת למתרגם הנפלא צור ארליך שעבודת התרגום המדויקת שלו תרמה להבנת הספר. העבודה איתו היתה חוויה מיוחדת.

ולבסוף, אין לנו די מילים לבטא את הכרת התודה שלנו לפרופ' לאו טאופס, שחותמו מצוי כמעט בכל עמוד בספר הזה. הידע הרחב שלו, הגיונו החודר, רגישותו הסגנונית וכושר הארגון שלו היו רכיבים חיוניים ביצירת הספר. שמחה גדולה וזכות גדולה היא היכולת לעבוד בקרבה כה רבה על מיזם כזה עם החותן שלך ועם אביך.

## ביבליוגרפיה

- אליאש, שולמית, איתמר ורהפטיג ואורי דסברג (עורכים). משואה ליצחק: ספר זיכרון למרן הגאון הרב יצחק אייזיק הלוי הרצוג זצ"ל, הרב הראשי לישראל, במלאת חמישים שנה לפטירתו, ירושלים: יד הרב הרצוג, מכון האנציקלופדיה התלמודית ומכון התלמוד הישראלי השלם, 2008.
- אריאל, ישראל (עורך). צפיה: מאסף לשאלות השעה – ישראל, הארץ והמקדש, ה: תכלת, ארגמן, תולעת שני, ירושלים: מכון המקדש, תשנ"ו.
- אריאל, שמואל. "תכלת בציצית: מצווה מן המובחר או חיוב גמור?" תחומין כא (תשס"א), עמ' 475–485.
- בובר, מרטין. אור הגנוז: סיפורי חסידים, ירושלים: שוקן, 2005.
- בורשטיין, מנחם. התכלת, ירושלים: ספריית, תש"ן.
- ברוקס, מייקל. 13 תעלומות מדעיות: השאלות המסקרנות ביותר של זמננו, מאנגלית: יכין אונא, אור יהודה: דביר, 2012.
- גור, ריק. "מי היו הפיניקים", *National Geographic*, אוקטובר 2004, עמ' 10–23.
- גלבשטיין, הלל, משה מעשיל. פתיל תכלת: משכנות לאביר יעקב, ירושלים: תשס"א.

דויטשר, גיא. בראי השפה: כיצד המילים צובעות את עולמנו, תל אביב: חרגול ועם עובד, 2011.

הוברמן, אורן. "למה אין כחול בתנ"ך", כלכליסט 14.7.2011 (ובאתר כלכליסט: <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3524269,00.html> אוחזר ב-11.10.2013).

הופמן, רוי עמנואל. "זיהוי התכלת: ממצאים חדשים", בד"ד: בכל דרכיך דעהו 27 (תשע"ג), עמ' 7-28.

הורן, פ'. הטקסטיל בימי המקרא והתלמוד, תל אביב: המכון לפיריון העבודה והייצור, 1970.

הירשברג, אברהם שמואל. ההלבשה העברית הקדומה (תקופת המקרא), ורשה: תושיה, תרע"א.

הלמן, מאיר הלוי. לבוש הארון: בירור בענין כשרות חלזון המורקס לקיום מצות תכלת, ירושלים, תשע"ג (באתר פתיל תכלת: <http://www.tekhelet.com/pdf/hellmann.pdf>).

הרצוג, חיים. דרך חיים: סיפורו של לוחם, דיפלומט ונשיא, תל אביב: משכל, 1997.

הרצוג, יצחק [אייזיק הלוי]. "התכלת בישראל", ההד ט (תרצ"ב), עמ' 20-22.

---. "החילזון בכלל", ההד יא (תרצ"ב), עמ' 20-21.

---. "החילזון של התכלת בדברי חז"ל", ההד יב (תרצ"ד), עמ' 17-21.

---. "החילזון של התכלת על פי החקירות הארכיאולוגיות בסיוע ניסיונות מעשיים", ההד יב (תרצ"ד), עמ' 30-31.

---. "מראה התכלת", ההד יד (תרצ"ה), עמ' 19-22.

---. פסקים וכתבים, ירושלים: מוסד הרב קוק, 1989.

זיידרמן, ישראל, תכנית צביעת פתיל תכלת בחילזון-ים לשימוש בבגדי טלית דתיים, ירושלים: המכון הישראלי לסיבים, 1988.

טבגר, אליהו. "בחינות חדשות בעניין תכלת", מוריה ג-ד (תשנ"ב), עמ' 72-87.

---. כליל תכלת, ירושלים: פתיל תכלת, 1993.

---. "בעניין חידוש מצוות התכלת", המעיין תשנ"ז, עמ' 83-85.

טייטלבוים, שלמה. לולאות התכלת, ירושלים: פתיל תכלת, 2000.

דין, יגאל. הממצאים מימי בר-כוכבא במערת האיגרות, ירושלים:

החברה לחקירת ארץ ישראל ועתיקותיה ומוסד ביאליק, תשכ"ג.

כרמון, נירה. תעשיית הארגמן בעת העתיקה באגן המזרחי של הים

התיכון, חיפה: הפקולטה למדעי הרוח, אוניברסיטת חיפה, 1986.

לוי, יהודה לייב. בית קוצק. ירושלים: מוסד הרי"ם לוי, תש"ן.

ליינר, גרשון חנוך הנך. מאמר שפוני טמוני חול, ורשה: חיים קעלטער, תרמ"ז.

---. מאמר פתיל תכלת, ורשה: חיים קעלטער, תרמ"ח.

---. מאמר עין התכלת, ורשה: חיים קעלטער, תרנ"ב.

ליינר, חיים שמחה וירוחם ליינר. ספר דור ישרים. מאמר זיכרון

לראשונים: תולדות האדמו"רים מאיזביצא-ראדזין זללה"ה,

ירושלים: י' ליינר, מ' ליינר, תשנ"ז.

ליינר, יעקב. "מפעל צביעת התכלת במדינת ישראל". בתוך התכלת

בציצית בימינו (עמ' 59-63), בני ברק: ועד חסידי ראדזין בישראל,

1954.

ליפשיץ, ישראל. "קופת רוכלים". בתוך פירוש למשנה תפארת

ישראל, בהקדמה לסדר מועד (מופיע ברוב מהדורות המשנה

הרגילות).

נאבוקוב, ולאדימיר. צחוק באפילה, מאנגלית: לאה דובב, ספריית

פועלים: תשמ"ד.

נאור, בצלאל. "הערות שונות בעניין החילזון והתכלת". אור המזרח

כב, ב (תשל"ג), עמ' 93-97.



- . בים דרך: נתיבות בתלמוד, ירושלים: ב' נאור, תשמ"ד.
- . "תכלת פורפירין ופרפירין", סיני כג (תשמ"ט).
- סאקס, אוליבר. האי של עיוורי הצבעים, מאנגלית דפנה לוי, תל אביב: מחברות לספרות, 1998.
- פלוטארכוס. חיי אישים: אנשי יוון, מלטינית: א"א הלוי, ירושלים: מוסד ביאליק, תשל"ג.
- פליקס, יהודה. החי במשנה, ירושלים: המכון לחקר המשנה, 1972.
- . החי של התנ"ך, תל-אביב: סיני, 1954.
- . טבע וארץ בתנ"ך: פרקים באקולוגיה מקראית, ירושלים: ראובן מס, תשנ"ב (הפרק "תכלת ועצי שיטים במקדש", עמ' 48-52).
- קיסר, גאיוס יוליוס. מלחמת גאליה, מלטינית: משה ליפשיץ, ירושלים: כרמל, 2011.
- קרמר, שמואל נוח. ההיסטוריה מתחילה בשומר, תל אביב: ספריית פועלים, 1982.
- ראק, יהודה. "הטלת התכלת בציצית", תחומין טז (תשנ"ו), עמ' 412-432.
- רבינוביץ, מרדכי. "תכלת מאיי אלישה", אוצר הספרות ב (1889), עמ' 1-26.
- רבן, אבנר. "דור: מתקנים ימיים ושרידי ספינות טבועות", ספונים ו (תשמ"א), עמ' 13-22.
- שורק, חגית ואיתן איילון (עורכים), צבע מהטבע: על צבעים טבעיים בעת העתיקה, תל אביב: מוזיאון ארץ ישראל, 1993.
- שטרן, אפרים. דור המושלת בימים: עשר שנות חפירה בעיר נמל ישראלית-פניקית לחוף הכרמל, ירושלים: מוסד ביאליק, תשנ"ב.
- שפנייר, אהוד, א' לינדר ונירה כרמון. אספקטים ארכיאולוגיים היסטוריים של הפקת הארגמן בתקופות קדומות, חיפה: אוניברסיטת חיפה, המכון ללימודי ים, 1982.

שרגאי, שלמה זלמן. בנתיבי חסידות איזביצא-ראדזין: פרקים במשנת בית מדרשם של מאורות איזביצא-ראדזין, ירושלים: ש"ז שרגאי, תשל"ב.

---. במעייני חסידות איזביצא-ראדזין: אסיף ממשנתם של בית יעקב ותפארת יוסף, ירושלים: מוסד הרב קוק, תש"ם.  
שרל-פיקאר, ז'ילבר וקולט שרל-פיקאר. חיי יום יום בקרת חדשת: בימי חניבעל, מצרפתית: משה אלטבאואר, תל אביב: עם הספר, 1964

- Abrahams, D. H., and S. M. Edelstein. "A New Method for the Analysis of Ancient Dyed Textiles". *American Dyestuff Reporter* 53 (1964): 19–25.
- Adrosko, Rita J., and Margaret Smith Furry. *Natural Dyes and Home Dyeing*. New York: Dover Publications, 1971.
- Adrosko, Rita J. "Natural Dyes in the United States". *United States National Museum Bulletin* 281 (1968): 17–19.
- Allan, J. K. "Tyrian Purple: An Ancient Industry". *Australian Museum Magazine* 5, no. 5 (1934): 147–51.
- Anderson, D. T. "The Life Histories of Marine Prosobranch Gastropods". *J Malac Soc* 4 (1959).
- Aristotle, and D'Arcy Wentworth Thompson. *History of Animals*. [Belle Fourche]: NuVision Publications, 2004.
- Astour, Michael C. "The Origin of the Terms Canaan, Phoenician and Purple". *Journal of Near Eastern Studies* 24 (1965): 346–50.
- Aynard, J. M. "Coquillages Mésopotamiens". *Syria* 43 (1966): 21–37.

- Baginski, A., and A. Tidhar. *Textiles from Egypt: 4th-13th Centuries CE*. Jerusalem: L. A. Mayer Memorial Institute for Islamic Art, 1980.
- Baker, J. T., and C. C. Duke. "Chemistry of the Indoleninones. II. Isolation from the Hypobranchial Glands of Marine Molluscs of 6-Bromo-2,2-Dimethylthioindolin-3-One and 6-Bromo-2-Methylthioindoleninone as Alternative Precursors to Tyrian Purple". *Australian Journal of Chemistry* 26 (1973): 2153-57.
- . "Isolation from the Hypobranchial Glands of Marine Molluscs of 6-Bromo-2,2-Dimethylthioindolin-3-One and 6-Bromo-2-Methylthioindoleninone as Alternative Precursors to Tyrian Purple". *Tetrahedron Letters* 27 (1973): 2481-82.
- . "Isolation of Choline and Choline Ester Salts of Tyrindoxyl Sulphate from the Marine Molluscs *Dicathais Orbita* and *Mancinella Keineri*". *Tetrahedron Letters* 15 (1976): 1233-34.
- Baker, J. T., and M. D. Sutherland. "Pigments of Marine Animals VIII. Precursors of 6,6'-Dibromoindigotin (Tyrian Purple) from the Mollusc *Dicathais Orbita* Gmelin". *Tetrahedron Letters* 1 (1968): 43-46.
- . "Precursors of Tyrian Purple". *Food-Drugs Sea*, 1976, 345-53.
- . "Some Metabolites from Australian Marine Organisms". *Pure & Appl. Chem.* 48 (1976): 35-44.
- . "Tyrian Purple: An Ancient Dye, a Modern Problem". *Endeavour* 33, no. 118 (1974): 11-17.

- Balfour-Paul, Jenny. *Indigo*. Chicago: Fitzroy Dearborn, 2000.
- . "Indigo-An Arab Curiosity and Its Omani Variations". In *Oman: Economic, Social and Strategic Developments*, edited by B. R. Pridham, 79–93. London: Croom Helm, 1987.
- . "Indigo in the Arab World". *Dyes in History and Archaeology* 9 (1990): 3–6.
- . "The Indigo Industry of the Yemen". In *Arabian Studies*, edited by R. B. Serjeant and R. L. Bidwell, 39–62. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- Ball, Philip. *Bright Earth: Art and the Invention of Color*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2002.
- Bartoll, Jens. "The Early Use of Prussian Blue in Paintings". In *Art 2008 9th International Conference, Jerusalem, Israel*, proceedings of international conference on "Non-destructive Investigations and Microanalysis for the Diagnostics and Conservation of the Cultural and Environmental Heritage", 2008.
- Bednarz, Terri. *Lydia Speaks: Examining the Life of Lydia through Her Social and Theological Context*. Master's thesis, the Catholic Theological Union at Chicago, 2002.
- Belsky, Judy. *Thread of Blue: A Journey through Loss, Faith and Renewal*. Southfield, MI: Targum, 2003.
- Bemiss, Elijah. *The Dyer's Companion*. 2nd ed. New York: Evert Duyckinck, 1815.
- Benkendorff, Kirsten. "Bioactive Molluscan Resources and Their Conservation: Biological and Chemical Studies on the Egg Masses of Marine Molluscs". PhD diss. *University of Wollongong*, 1999.

- . "Molluscan Biological and Chemical Diversity: Secondary Metabolites and Medicinal Resources Produced by Marine Molluscs". *Biological Reviews*, 2010, 1–21. doi:10.1111/j.1469-185X.2010.00124.x.
- . "Natural Product Research in the Australian Marine Invertebrate *Dicathais orbita*". *Marine Drugs*, 2013, 11, 1370–1398. doi:10.3390/md.1041370.
- Benkendorff, Kirsten, Cassandra M. McIver, and Catherine A. Abbott. "Bioactivity of the Murex Homeopathic Remedy and of Extracts from an Australian Muricid Mollusc against Human Cancer Cells". *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2011 (2011): 1–12.
- Benkendorff, Kirsten, John B. Bremner, and Andrew R. Davis. "Indole Derivatives from the Egg Masses of Murcid Molluscs". *Molecules* 6, no. 2 (2001): 70–78.
- . "Tyrian Purple Precursors in the Egg *Dicathais Orbita*: A Possible Defensive Role". *Journal of Chemical Ecology* 26, no. 4 (2000): 1037–50.
- Bijovsky, Gabriela. "The Ambrosial Rocks and the Sacred Precinct of Melqart in Tyre". In *XIII Congreso Internacional De Numismatica, Madrid, 2003: Actas-proceedings-actes*, edited by C. Alfaro, C. Marcos, and P. Otero, 829–34. Madrid: Ministerio de Cultura, Secretaría General Técnica, 2005.
- "BioBriefs". *BioScience* 35, no. 8 (1985): 527. doi:10.2307/1309832.

- Bizio, Bartolemeo. "Scoperta Del Principio Purpureo Nei Due Murex Brandaris E Trunculus Linn, E Studio Delle Sue Propriet?" *Annali Delle Scienze Del Regno Lombardo-Veneto*, 1833, 346–64.
- Blegen, C. W. "Excavations at Troy". *American Journal of Archaeology* 61 (1937): 582.
- Blum, Hartmut. *Purpur Als Statussymbol in Der Griechischen Welt*. Bonn: R. Habelt, 1998.
- Bochart, S. *Hierozoicon*. London, 1663.
- Born, W. "Purple in Classical Antiquity". *Ciba Review* 1, no. 4 (1937): 106–10.
- . "Purple in the Middle Madrid: Ministerio de Cultura, Secretari Ages". *Ciba Review* 1, no. 4 (1937): 119–23.
- . "Purpura Shell-Fish". *Ciba Review* 1, no. 4 (1937): 111–18.
- . "The Use of Purple among the Indians of Central America". *Ciba Review* 1, no. 4 (1937): 124–27.
- Bouchilloux, S., and J. Roche. "Sur La Pourpre Des Murex Trunculus Et Ses Precurseurs". *Comptes Rendus Des Seances De La Societe De Biologie* 148 (1954): 1583–87.
- Bourrienne, Louis Antoine Fauvelet de, and Ramsay Weston Phipps. *Memoirs of Napoleon Bonaparte*. John Boyd Thacher Collection (Library of Congress). New York: Charles Scribner's Sons, 1891.
- Brenner, Athalya. *Colour Terms in the Old Testament*. Sheffield: JSOT Press, Dept. of Biblical Studies, University of Sheffield, 1982.
- Brett, Michael. "Carthage: The God in the Stone". *History Today* 47, no. 2 (February 1997): 44–50.

- Bridgeman, Jane. "Purple Dye in Late Antiquity and Byzantium".  
In *The Royal Purple and the Biblical Blue: Argaman and Tekhelet: The Study of Chief Rabbi Dr. Isaac Herzog on the Dye Industries in Ancient Israel and Recent Scientific Contributions*, by Herzog and Spanier, 147–58. Jerusalem: Keter, 1987.
- Brody, Aaron. "From the Hills of Adonis through the Pillars of Hercules: Recent Advances in the Archaeology of Canaan and Phoenicia". *Near Eastern Archaeology* 65, no. 1 (2002): 69–80.
- Brown, Richard. *Domestic Architecture: Containing a History of the Science, and the Principles of Designing Public Buildings, Private Dwelling-Houses, Country Mansions, and Suburban Villas, from the Choice of the Spot to the Completion of the Appendages, with Observations on Rural Residences, Their Situation and Scenery, and Instructions on the Art of Laying out and Embellishing Grounds*. London: G. Virtue, 1841.
- Bruin, Frans. "Royal Purple and the Dye Industries of the Mycaean and Phoenicians". *American University of Beirut Festival Book*, 1966, 295–325.
- Brunello, F. *The Art of Dyeing in the History of Mankind*. Venice: Nerioi Pozza, 1973.
- Buber, Martin. *Der Grosse Maggid und Seine Nachfolge*. Berlin: Im Schocken, 1937.
- Carriker, M. R. "Comparative Functional Morphology of Boring Mechanisms in Gastropods". *Am. Zoologist* 1 (1961): 263–65.
- . "Shell Penetration and Feeding by Naticacean and Muricacean Predatory Gastropods: A Synthesis". *Malacologia* 20, no. 2 (1981): 403–22.

- Carter, Robert, and Robert Killick, eds. *Al-Khor Island Investigating Coastal Exploitation in Bronze Age Qatar*. Ludlow, UK: Moonrise, 2010.
- Chateaubriand, François-René de. "Chateaubriand's Memoirs". Wikilivres. Accessed March 28, 2012. [http://wikilivres.info/wiki/Chateaubriand's\\_memoirs](http://wikilivres.info/wiki/Chateaubriand's_memoirs). Translation, A. S. Kline, book 19, chapter 16.
- Christie, R. M. *Colour Chemistry*. Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry, 2001.
- . "Why Is Indigo Blue?" *Biotechnic & Histochemistry* 82, no. 2 (2007): 51–56. doi:10.1080/00958970701267276.
- Christophersen, Carsten, F. Waetjen, O. Buechart, and U. Anthoni. "A Revised Structure of Tyreiverdin the Precursor of Tyrian Purple". *Tetrahedron* 34, no. 18 (1978): 2779–81.
- Clark, Robin J. H., and C. J. Cooksey. "Bromoindirubins: The Synthesis and Properties of Minor Components of Tyrian Purple and the Composition of the Colorant from Nucella Lapillus". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 113, no. 11 (1997): 316–21.
- . "Monobromoindigos: A New General Synthesis the Characterization of All Four Isomers and an Investigation into the Purple Colour of 6,6'-dibromoindigo". *New Journal of Chemistry*, 1999, 323–28.
- Clark, Robin J. H., C. J. Cooksey, M. A. M. Daniels, and R. Withnal. "Indigo, Woad and Tyrian Purple: Important Vat Dyes from Antiquity to the Present". *Endeavour, New Series* 17, no. 4 (1993): 191–99.



- Clelland, Eric S. *Vacuolar-type ATPase in the Accessory Boring Organ of Nucella Lamellosa (Mollusca: Gastropoda) Role in Shell Penetration*. Ottawa: Bibliotheque Nationale Du Canada, 2000.
- Cohen, Alfred. *Tekhelet: The Renaissance of a Mitzvah*. New York: Michael Scharf Publication Trust of Yeshiva University Press, 1996.
- Cole, William. "Purple Fish". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 15 (1685): 1278–86.
- Coleby, L. J. M. "A History of Prussian Blue". *Annals of Science* 4 (1939): 11–206.
- Columbia College (Columbia University). *Introduction to Contemporary Civilization in the West*. 3rd ed. New York: Columbia University Press, 1960.
- Cook, A. H. "On the Shell Mound at Sidon". *Proc. Malac. Soc.* 8 (1909): 341.
- Cooksey, Chrisopher J. "Bibliography of Tyrian Purple". Accessed March 27, 2012.  
<http://www.chriscooksey.demon.co.uk/tyrian/cjcbiblio.html>.
- . "Making Tyrian Purple". *Dyes in History and Archaeology* 13 (1994): 7–13.
- . "The Synthesis and Properties of 6-Bromoindigo: Indigo Blue or Tyrian Purple? The Effect of Physical State on the Colours of Indigo and Bromoindigos". *Dyes in History and Archaeology* 16/17 (2001): 97–104.
- . "The Synthesis of Minor Components of Shellfish Purple: Bromoisatin, Bromoindigotin and Bromoindirubins

- from Dibromoindigotin". *Beiträge Zur Waidtagung* 7 (1998): 71–74.
- . "Tyrian Purple: 6,6'-Dibromoindigo and Related Compounds". *Molecules* 6, no. 9 (2001): 736–69. doi:10.3390/60900736.
- Cooksey, Christopher J., and R. S. Sinclair. "Colour Variations in Tyrian Purple Dyeing". *Dyes in History and Archaeology* 20 (2005): 127–35.
- Culham, Phylls. "Again, What Meaning Lies in Colour". *Zeitschrift Für Papyrologie Und Epigraphik* 64 (1986): 235–45.
- Cvikel, Deborah, Yaacov Kahanov, Haim Goren, Elisabetta Boaretto, and Kurt Raveh. "Napoleon Bonaparte's Adventure in Tantura Lagoon: Historical and Archaeological Evidence". *Israel Exploration Journal* 58, no. 2 (2008): 199.
- Danker, Fredrick William. "Purple". In *The Anchor Bible Dictionary*, vol. 5, edited by David Noel Freedman, 557–59. New York: Doubleday, 1992.
- Dedekind, Alexander. *Ein Beitrag Zur Purpurkunde*. Berlin, 1898–1911.
- Dendel, Esther Warner. *You Cannot Unsneeze a Sneeze and Other Tales from Liberia*. Niwot: University Press of Colorado, 1995.
- Deshpande, Adwait M. "Indigo Dyeing". Bachelor's thesis, Institute of Chemical Technology, Mumbai, 2010.
- Dothan, M. "Tel Mor". In *Encyclopedia of Archaeological Excavations in the Holy Land*, vol. 3, edited by Michael Avi-Yonah and Ephraim Stern, 889–90. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall, 1977.

- Doumet, Joseph. *A Study on the Ancient Purple Colour and an Attempt to Reproduce the Dyeing Procedure of Tyre as Described by Pliny the Elder*. Beirut: Imprimerie Catholique, 1980.
- Driessen, L. A. "Über Eine Charakterische Reaktion Des Antiken Purpurs Auf Der Faser". *Melliand Textilberichte* 25 (1944): 66.
- Dronsfield, Alan, and John Edmonds. *The Transition from Natural to Synthetic Dyes: 1856–1920*. Little Chalfont, UK: J. Edmonds, 2001.
- Druding, Susan C. "History of Dyes from 2600 BC to 20th Century-Natural Dyes, Synthetic". Straw.com. Accessed March 19, 2012. <http://www.straw.com/sig/dyehist.html>.
- Drummond, Keith N., Alfred F. Michael, Robert A. Ulstrom, and Robert A. Good. "The Blue Diaper Syndrome: Familial Hypercalcemia with Nephrocalcinosis and Indicanuria; A New Familial Disease, with Definition of the Metabolic Abnormality". *The American Journal of Medicine* 37, no. 6 (1964): 928–48.
- Dubois, Raphael. "Recherches Sur Le Pourpre Et Sur Quelques Autres Pigments Animaux". *Archives De Zoologie Experimentale Et Generale* 2 (1909): 471–590.
- "Dyeing Murex on the Oaxaca Coast-Traditions Mexico's Travels Through Images-Powered by Phanfare". Traditions Mexico's Travels Through Images. Accessed March 29, 2012. [http://traditionsmexico.phanfare.com/2402728\\_2606447](http://traditionsmexico.phanfare.com/2402728_2606447).
- Edelstein, Sidney M. "Dyeing Fabrics in Sixteenth-Century Venice". *Technology and Culture* 7, no. 3 (1966): 395–97.

- . *Historical Notes on the Vat Processing Industry*. New York: Dexter Chemical Corporation, 1972.
- Edens, Christopher. "Khor Ile-Sud, Qatar: The Archaeology of Late Bronze Age Purple-Dye Production in the Arabian Gulf". *Iraq* 61 (1999): 71–88.
- Edmonds, John. *The History of Woad and the Medieval Woad Vat*. Little Chalfont, UK: J. Edmonds, 2000.
- . *Medieval Textile Dyeing*. Little Chalfont, UK: J. Edmonds, 2003.
- . *The Mystery of Imperial Purple Dye*. Little Chalfont, UK: John Edmonds, 2000.
- Elayi, Josette. *The Phoenician Cities in the Persian Period*. New York: ANE Society, 1981.
- Elliott, Charlene. "Purple Pasts: Color Codification in the Ancient World". *Law & Social Inquiry* 33, no. 1 (2008): 173–94.
- Elsner, Otto. "Solution of the Enigmas of Dyeing Tyrian Purple and the Biblical Tekhelet". *Dyes in History and Archaeology* 10 (1992): 11–16.
- Elsner, Otto, and Ehud Spanier. "The Dyeing with Murex Extracts, An Unusual Dyeing Method of Wool to the Biblical Sky Blue". In *Proceedings of the 7th International Wool Textile Research Conference, Tokyo, 1985*, vol. 5, 118–30. Tokyo, Japan: Society of Fiber Science and Technology, Japan, 1985.
- . "The Dyeing with Purpura Haemastoma". *Lecture presented at the 7th International Symposium on Fiber Science and Technology*, Tokyo, Japan, 1985.

- . "The Past, Present and Future of Tekhelet". In Herzog and Spanier, *The Royal Purple and the Biblical Blue*, 167–77.
- Epp, Dianne N. *The Chemistry of Vat Dyes*. Middletown, OH: Terrific Science, 1995.
- Evans, Arthur, and Joan Evans. *The Palace of Minos; a Comparative Account of the Successive Stages of the Early Cretan Civilization as Illustrated by the Discoveries at Knossos*. London: Macmillan, 1921.
- Faber, G. A. *Dyeing and Tanning in Classical Antiquity*. Basel, Switzerland: Society of Chemical Industry in Basle (Switzerland). 1938.
- Faierstein, Morris M. *All Is in the Hands of Heaven: The Teachings of Rabbi Mordecai Joseph Leiner of Izbica*. Hoboken, NJ: Ktav, 1989.
- Feliks, Yehuda. *The Animal World of the Bible*. Tel-Aviv: Sinai, 1962.
- Finlay, Robert. "Weaving the Rainbow: Visions of Color in World History". *Journal of World History* 18, no. 4 (2007): 383–431. doi:10.1353/jwh.2008.0001.
- Finlay, Victoria. *Color: A Natural History of the Palette*. New York: Ballantine Books, 2002.
- Flemming, Wallace Bruce. *The History of Tyre*. New York: Columbia University Press, 1915.
- Forbes, Robert J. *Studies in Ancient Technology*. Vol. 3. Leiden, The Netherlands: Brill, 1965.
- Fouquet, Herbert, and H. J. Bielig. "Biological Precursors and Genesis of Tyrian Purple". *Angewandte Chemie International Edition in English* 10 (1971): 816–17.

- Fox, Denis L. *Animal Biochromes and Structural Colors*. London: Cambridge University Press, 1953.
- . *Biochromy, Natural Coloration of Living Things*. Berkeley: University of California Press, 1979.
- Fox, Harold Munro. *Blue Blood in Animals and Other Essays in Biology*. London: G. Routledge, 1928.
- Fox, Harold Munro, and Gwynne Vevers. *The Nature of Animal Colours*. London: Sidgwick and Jackson, 1960.
- Fox, Joseph. *Rabbi Menachem Mendel of Kotzk: A Biographical Study of the Chasidic Master*. New York: Bash Publications, 1988.
- Friedländer, M. Paul. "Sur La Matiere Colorante De La Pourpre Antique". *Moniteur Scientifique*, 1909, 570.
- . "Ueber Den Antiken Purpur". *Angew Chemie* 22 (1909): 2321–24.
- Fujise, Yutaka. "Chemistry of the Production of Tyrian Purple and Related Natural Products". *Kagakushi* 26, no. 1 (1999): 34–44.
- Fujise, Yutaka, K. Miwa, and S. Ito. "Structure of Tyriverdin, the Immediate Precursor of Tyrian Purple". *Chemistry Letters* 6 (1980): 631–32.
- Gage, John. *Color and Meaning: Art, Science, and Symbolism*. Berkeley: University of California Press, 1999.
- . "Color in Western Art: An Issue?" *Art Bulletin* 72, no. 4 (1990): 518–41.
- Garfield, Simon. *Mauve: How One Man Invented a Color That Changed the World*. New York: W. W. Norton, 2001.

- Gesenius, Wilhelm. *Hebrew and Chaldee Lexicon*. Grand Rapids: Wm. B. Eerdmans, 1950.
- Gilboa, Ayelet, Ilan Sharon, and Jeffrey Zorn. "Dor and Iron Age Chronology: Scarabs, Ceramic Sequence and 14C". *Journal of the Institute of Archaeology of Tel Aviv University* 1 (2004): 32–59.
- Godard, Louis, Judith Lange, and Alexandra Dumas. *The Phaistos Disc: The Enigma of an Aegean Script*. [Greece]: Editions Itanos, 1995.
- Goethe, Johann Wolfgang von. *Goethe's Theory Of Colours; Translated From The German: With Notes By Charles Lock Eastlake*. London: Murray, 1840.
- Gordon, David G. *The Secret World of Slugs and Snails: Life in the Very Slow Lane*. Seattle: Sasquatch Books, 2010.
- Greenfield, Amy Butler. *A Perfect Red: Empire, Espionage, and the Quest for the Color of Desire*. New York: HarperCollins, 2005.
- Grill-Spector, Kalanit. "Occipital Lobe". In *Encyclopedia of the Neurological Sciences*, edited by Michael J. Aminoff and Robert B. Daroff. Amsterdam: Academic Press, 2003.
- Guerlac, Henry. "Can There Be Colors in the Dark? Physical Color Theory Before Newton". *Journal of the History of Ideas* 47, no. 1 (1986): 3–20.
- Hadjikhani, N., AK Liu, AM Dale, P. Cavanagh, and RB Tootell. "Retinotopy and Color Sensitivity in Human Visual Cortical Area V8". *Nature Neuroscience* 1, no. 3 (1998): 235–41.

- Haldane, Douglas. "Anchors of Antiquity". *The Biblical Archaeologist* 53, no. 1 (1990): 19–24.
- Hathaway, Jennifer J. M., Coen M. Adema, Barbara A. Stout, Charlotte D. Mobarak, and Eric S. Loker. "Identification of Protein Components of Egg Masses Indicates Parental Investment in Immunoprotection of Offspring by *Biomphalaria Glabrata* (Gastropoda, Mollusca)". *Developmental & Comparative Immunology* 34, no. 4 (2010): 425–35. doi:10.1016/j.dci.2009.12.001.
- Herm, Gerhard. *The Phoenicians: The Purple Empire of the Ancient World*. New York: William Morrow, 1975.
- Herzberg, Gerhard. *Spectra of Diatomic Molecules*. New York: Van Nostrand, 1950.
- Herzog, Isaac. *The Dyeing of Purple in Ancient Israel*. Nahariya: Israel Malacological Society and the Municipal Malacological Museum Nahariya, 1981.
- Herzog, Isaac, and Ehud Spanier. *The Royal Purple and the Biblical Blue: Argaman and Tekhelet: The Study of Chief Rabbi Dr. Isaac Herzog on the Dye Industries in Ancient Israel and Recent Scientific Contributions*. Jerusalem: Keter, 1987.
- "History & Future-India, Indigo and Independence". Human Touch Of Chemistry. Accessed March 29, 2012. <http://www.humantouchofchemistry.com/india-indigo-and-independence.htm>.
- Hiyoshi, Y. "Chemical Education with Familiar Material in Our Hometown-Dyeing with Tyrian Purple from Thais Bronni". *Kagaku to Kyoiku* 37 (1989): 654–55.



- Hoeppe, Götz. *Why the Sky Is Blue: Discovering the Color of Life*. Translated by John Stewart. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2007.
- Hoffman, Rina C., Reut C. Zilber, and Roy E. Hoffman. "NMR Spectroscopic Study of the Murex Trunculus Dyeing Process". *Magn. Reson. Chem. Magnetic Resonance in Chemistry* 48, no. 11 (2010): 892–95.
- Hoffmann, Roald. "Marginalia-Blue as the Sea". *American Scientist* 78, no. 4 (1990): 308–9.
- Hoffmann, Roald, and Shira Leibowitz Schmidt. *Old Wine, New Flasks: Reflections on Science and Jewish Tradition*. New York: W.H. Freeman, 1997.
- Hoffner, Harry A. "Ugaritic Pwt: A Term from the Early Canaanite Dyeing Industry". *Journal of the American Oriental Society* 87, no. 3 (1967): 300–303.
- Horowitz, Wayne, Takayoshi Oshima, and Seth L. Sanders. *Cuneiform in Canaan: Cuneiform Sources from the Land of Israel in Ancient Times*. Jerusalem: Israel Exploration Society, 2006.
- Hubschman, Jerry H. "The Lowly Invertebrates: An Historical Perspective". *The Ohio Journal of Science* 79, no. 6 (1979): 243–48.
- Huxley, J. "Lebanon: Phoenician Land". In *From an Antique Land*, 73–76. New York: Crown, 1954.
- Hyde, Nina. "Wool-Fabric of History". *National Geographic*, 1988, 552–89.
- Hyman, John. *The Objective Eye: Color, Form, and Reality in the Theory of Art*. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

- James, M. A., A. J. Mukherjee, F. Robertson, R. P. Evershed, N. Reifarth, M. P. Crump, P. J. Gates, P. Sandor, and P. Pfalzner. "High Prestige Royal Purple Dyed Textiles from the Bronze Age Royal Tomb at Qatna, Syria". *Antiquity* 83, no. 322 (2009): 1109–18.
- Jensen, Lloyd B. "The Royal Purple of Tyre". *Journal of Near Eastern Studies* 22 (1963): 104–18.
- Kantor, Israel. "Yisrael Kotzker Goes with the Rebbe to Find the Snail". JewishGen. Accessed March 19, 2012. <http://www.jewishgen.org/yizkor/radzyn/rad113.html>.
- Kardara, Chrysoula. "Dyeing and Weaving Works at Isthmia". *American Journal of Archaeology* 65, no. 3 (1961): 261–66.
- . *Taasiat Haargaman B'Eit Ha'Atika B'Agan Ha'Mizrachi Shel Hayam Hatichon*. Haifa, Israel: Hafakulta L'Maddai Haruach, Haifa University, 1986.
- Karmon, Nira, and Ehud Spanier. "Archaeological Evidence of the Purple Dye Industry from Israel". In Herzog and Spanier, *The Royal Purple and the Biblical Blue*, 147–58.
- . "Remains of a Purple Dye Industry Found at Tel Shiqmona". *Israel Exploration Journal* 38 (1988): 184–87.
- Karmous, T., A. Alatrache, and N. Ayed. "Chemistry as a Tool for Differentiation Between Natural and Synthetic Dyes". *Bulletin-Union Des Physiciens* 94, no. 820 (2000): 13–23.
- Kenrick, J. "Note on the Natural History of the Buccinum and Murex". In *Phoenicia*, chap. 8, 237–59. London: B. Fellowes, 1855.

- Khalifeh, Issam A. *Sarepta II: The Late Bronze and Iron Age Periods of Area II, X: The University Museum of the University of Pennsylvania Excavations at Sarafand, Lebanon*. Beirut: Distribution, Departement Des Publications De L'Universite Libanaise, 1988.
- Kim, SA, YC Kim, SW Kim, SH Lee, JJ Min, SG Ahn, and JH Yoon. "Antitumor Activity of Novel Indirubin Derivatives in Rat Tumor Model". *Clinical Cancer Research: An Official Journal of the American Association for Cancer Research* 13, no. 1 (2007): 253–59.
- Kinoshita, Shūichi. *Structural Colors in the Realm of Nature*. Singapore: World Scientific, 2008.
- Kitrosski, Lev. "Success of Science and Religion". *Okna*, 1994, 18.
- Klein, Yves. "Yves Klein Archives". Yves Klein Archives. Accessed May 29, 2012  
[http://www.yveskleinarchives.org/documents/bio\\_us.html](http://www.yveskleinarchives.org/documents/bio_us.html).
- Kolb, Frank. "Review of History of Purple as a Status Symbol in Antiquity by Meyer Reinhold". *Gnomon* 45, no. 1 (1973): 50–58.
- Koren, Zvi C. "Archaeo-chemical Analysis of Royal Purple on a Darius I Stone Jar". *Microchimica Acta* 162, no. 3–4 (2008): 381–92. doi:10.1007/s00604-007-0862-4.
- . "Color My World: A Personal Scientific Odyssey into the Art of Ancient Dyes". In *For the Sake of Humanity: Essays in Honour of Clemens N. Nathan*, edited by Clemens N. Nathan, Alan Stephens, and Raphael Walden, 155–89. Leiden, The Netherlands: Nijhoff, 2006.

- . "HPLC-PDA analysis of brominated indirubinoid, indigoid, and isatinoid dyes." In *Indirubin, the red shade of indigo*, edited by L. Meijer, N. Guyard, L. Skaltsounis & G. Eisenbrand Life in Progress Editions, Roscoff, France, Ch. 5, pp. 45-53. 2006.
- . "An Efficient High-Performance Liquid Chromatographic Analysis Scheme for Plant and Animal Red, Blue and Purple Dyes". *Dyes in History and Archaeology* 13 (1995): 27-37.
- . "High-Performance Liquid Chromatographic Analysis of an Ancient Tyrian Purple Dyeing Vat from Israel". *Israel Journal of Chemistry* 35 (1995): 117-24.
- . "Methods of Dye Analysis Used at the Shenkar College Edelstein Center in Israel". *Dyes in History and Archaeology* 11 (1993): 25-33.
- Kramer, Samuel Noah. *The Sumerians: Their History, Culture, and Character*. Chicago: University of Chicago Press, 1963.
- Kugel, James L. *In the Valley of the Shadow: On the Foundations of Religious Belief (and Their Connection to a Certain, Fleeting State of Mind)*. New York: Free Press, 2011.
- Kurlansky, Mark. *Salt: A World History*. New York: Walker and Co, 2002.
- Lacaze-Duthiers, Henri. "Mémoire Sur La Pourpre". *Annales Des Sciences Naturelles, 4th ser. Zoologie* 12 (1859): 5-84.
- Lagowski, Joseph J., ed. "Chemistry of Vision". In *Macmillan Encyclopedia of Chemistry*, vol. 4, 1492-95. New York: Macmillan Reference, 1997.

- Lamberg-Karlovsky, C. C., and P. R. S. Moorey. "Our Past Matters: Materials and Industries of the Ancient Near East". *Journal of the American Oriental Society* 117, no. 1 (1997): 87–102.
- Lanigan, Leonard Ralph. "The Purple Dye Industry at Tel Dor". Master's thesis, California State University, Sacramento, 1982.
- Larsen, S., and F. Watjen. "The Crystal and Molecular Structures of Tyrian Purple (6,6'-dibromoindigotin) and 2,2'-dimethoxyindigotin". *Acta Chemica Scandinavica, Ser. A*, A34(3) (1980): 171–76.
- Leclerc, S., M. Garnier, R. Hoessel, D. Marko, JA Bibb, GL Snyder, P. Greengard, J. Biernat, YZ Wu, EM Mandelkow, G. Eisenbrand, and L. Meijer. "Indirubins Inhibit Glycogen Synthase Kinase-3 Beta and CDK5/p25, Two Protein Kinases Involved in Abnormal Tau Phosphorylation in Alzheimer's Disease. A Property Common to Most Cyclin-dependent Kinase Inhibitors?" *The Journal of Biological Chemistry* 276, no. 1 (2001): 251–60.
- Leonard, Albert. "Archaeological Sources for the History of Palestine: The Late Bronze Age". *The Biblical Archaeologist* 52, no. 1 (1989): 4–39.
- Levey, Martin, ed. *Archaeological Chemistry: A Symposium*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1967.
- . *Chemistry and Chemical Technology in Ancient Mesopotamia*. Amsterdam: Elsevier, 1959.
- Levin, Henokh M. "The Identification of the Chilazon". Afterword to *Talmud Bavli Menachot*. Shottenstein ed. New York: Art Scroll, 2004.

- Levine, Ira N. *Quantum Chemistry*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2000.
- Lipschitz, Israel. "Kupat Ha'Rochlim". *Tifferet Yisrael - Introduction to Seder Moed*. (Printed in most standard editions of the Mishna.)
- Luckenbill, Daniel David. *The Annals of Sennacherib*. Chicago: University of Chicago Press, 1924.
- Magid, Shaul. *Hasidism on the Margin: Reconciliation, Antinomianism, and Messianism in Izbica/Radzin Hasidism*. Madison: University of Wisconsin Press, 2003.
- Maisler, B. "Archaeology in the State of Israel". *The Biblical Archaeologist* 15, no. 1 (1952): 18–24.
- . "Canaan and the Canaanites". *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, no. 102 (1946): 7–12.
- Maqdissi, Michel Al-, Bonacossi Daniele Morandi, Alessandro Canci, and Marta Luciani. *The Metropolis of the Orontes*. Damascus, 2005.
- Matveev, Yoel. "The Rebbe of Sinn Féin". *The Jewish Daily Forward*. Accessed March 29, 2012  
<http://forward.com/articles/135979/the-rebbe-of-sinn-fein/>
- McCullough, David G. *Truman*. New York: Simon & Schuster, 1992.
- McGovern, Patrick E. "The Royal Purple and the Biblical Blue (Argaman and Tekhelet)-The Study of Chief Rabbi Herzog, Isaac on the Dye Industries in Ancient-Israel and Recent Scientific Contributions-Spanier, E." *Isis* 81, no. 308 (1990): 563–65.
- McGovern, Patrick E., J. Lazar, and Rudolph. H. Michel. "Caveats on the Analysis of Indigoid Dyes by Mass

- Spectrometry". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 107, no. 7-8 (1991): 280-81.
- McGovern, Patrick E., R. H. Michel, M. Saltzman, I. I. Zideman, and O. Elsner. "Has Authentic Tekhelet Been Identified? Short Notes." *Basor* 269 (1988): 81-90.
- McGovern, Patrick E., and Rudolph H. Michel. "Royal Purple and the Pre-Phoenician Dye Industry of Lebanon". *Museum Applied Science Center for Archaeology Journal* 3, no. 3 (1984): 67-70.
- . "Royal Purple Dye: Its Identification by Complementary Physicochemical Techniques". *Chemtracts: Inorg. Chem.* 3, no. 1 (1991): 69-76.
- . "Royal Purple Dye: The Chemical Reconstruction of the Ancient Mediterranean Industry". *Accounts of Chemical Research* 23, no. 5 (1990): 152-58.
- . "Royal Purple Dye: Tracing Chemical Origins of the Industry". *Analytical Chemistry* 57, no. 14 (1985): 1514A-522A.
- Medved, David. *Hidden Light: Science Secrets of the Bible*. New Milford, CT: Maggid Books, 2010.
- Mercer, Samuel A. B. *The Tell El-Amarna Tablets*. Toronto: Macmillan Company of Canada, 1939.
- Michel, Rudolph H., J. Lazar, and Patrick. E. McGovern. "The Analysis of Indigoid Dyes by Mass Spectrometry". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 106, no. 1 (1990): 22-25.
- . "The Chemical Composition of the Indigoid Dyes Derived from the Hypobranchial Glandular Secretions of

- Murex Molluscs". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 108, no. 3 (1992): 145–50.
- . "Indigoid Dyes in Peruvian and Coptic Textiles". *Archeomaterials* 6 (1992): 69–83.
- Michel, Rudolph H., and Patrick E. McGovern. "The Chemical Processing of Royal Purple Dye: Ancient Descriptions as Elucidated by Modern Science". *Archeomaterials* 1, no. 2 (1987): 135–43.
- . "The Chemical Processing of Royal Purple Dye: Ancient Descriptions as Elucidated by Modern Science, Part II". *Archeomaterials* 4, no. 1 (1990): 97–104.
- Mienis, Henk, and Ehud Spanier. "A Review of the Family Janthinidae (Mollusca Gastropoda) in Connection with the Tekhelet Dye". In Herzog and Spanier, *The Royal Purple and the Biblical Blue*, 147–58.
- Milgrom, Jacob. "Of Hems and Tassels". *Biblical Archaeology Review* 9, no. 3 (1983): 61–75.
- . *The Tassel and the Tallith*. [Cincinnati]: Judaic Studies Program, University of Cincinnati, 1981.
- Moore, Hillary B. "The Biology of *Purpura Lapillus*. Part II: Growth. Part III: Life History and Relation to Environmental Factors". *J. Marine Biol. Assoc.* 23, no. 1 (1938): 57–74.
- Moorey, P. R. S. *Ancient Mesopotamian Materials and Industries*. Oxford: Clarendon Press, 1994.
- Morgenstern, Julian. "A Chapter in the History of the High-Priesthood". *The American Journal of Semitic Languages and Literatures* 55, no. 1 (1938): 1–24.



"Moshe Cotel: A Rabbi at the Piano". The Juilliard School. Accessed March 29, 2012.

<http://www.juilliard.edu/alumni/news/spotlight/archive/2008-09/200809.php>.

Murphy, Brian. *The Root of Wild Madder: Chasing the History, Mystery, and Lore of the Persian Carpet*. New York: Simon & Schuster, 2005.

Naegel, Ludwig C. A., and J. I. M. Alvarez. "Biological and Chemical Properties of the Secretion from the Hypobranchial Gland of the Purple Snail *Plicopurpura Pansa* (Gould, 1853)". *Journal of Shellfish Research*, August 1, 2005, 1–17.

Nam, Sangkil, Ralf Buettner, James Turkson, Donghwa Kim, Jin Q. Cheng, Stephan Muehlbeyer, Frankie Hippe, et al. "Indirubin Derivatives Inhibit Stat3 Signaling and Induce Apoptosis in Human Cancer Cells". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102, no. 17 (2005): 5998–6003.

Naor, Bezalel. "Substituting Synthetic Dye for Hilazon: The Renewal of Techelet". *Halacha and Contemporary Society*, 1992, 107–97.

Nassau, Kurt. "Causes of Color". Webexhibits. Accessed March 27, 2012.

<http://www.webexhibits.org/causesofcolor/index.html>.

---. *The Physics and Chemistry of Color: The Fifteen Causes of Color*. New York: Wiley, 2001.

Navon, Mois. "The 'Hilazon' and the Principle of 'Muttar Befikha'." *Tora U-Madda Journal* 10 (2001): 142–62.

- . "Rav's Beautiful Ratio: An Excursion into Aesthetics". *B'Ohr Ha'Torah* 19 (2009): 77-91.
- Negri, Antonio Giovanni. "Della Porpora Degli Antichi E Relazione Di Altri Lavori Eseguiti Nel Laboratorio Di Chimice Generale Della R. Universita Di Genova". *Atti Della Reale Accademia Del Lincei, 2nd Series* 3 (1875-1876): 394-442.
- Nitschke, J. L., S. R. Martin, and Y. Shalev. "Between Carmel and the Sea-Tel Dor: The Late Periods". *Near Eastern Archaeology* 74, no. 3 (2011): 132-55.
- Noble, Warwick J., Rebecca R. Cocks, James O. Harris, and Kirsten Benkendorff. "Application of Anaesthetics for Sex Identification and Bioactive Compound Recovery from Wild *Dicathais Orbata*". *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 380, no. 1-2 (2009): 53-60.
- Orchin, Milton. "Homogeneous Catalysis: A Wedding of Theory and Experiment. The Eugene J. Houdry Award Address". *Catalysis Reviews* 26, no. 1 (1984): 59-79. doi:10.1080/01614948408078060.
- Padden, AN, VM Dillon, J. Edmonds, MD Collins, N. Alvarez, and P. John. "An Indigo-reducing Moderate Thermophile from a Woad Vat, *Clostridium Isatidis* Sp. Nov". *International Journal of Systematic Bacteriology* 49 (1999): 1025-31.
- Pamphilius, Eusebius. *The Life of the Blessed Emperor Constantine: From AD 306 to AD 337*. Merchantville, NJ: Evolution, 2009.

- Pastoureau, Michel. *Blue: The History of a Color*. Princeton: Princeton University Press, 2001.
- Paul, Valerie J., K. E. Arthur, R. Ritson-Williams, C. Ross, and C. Sharp. "Chemical Defenses: From Compounds to Communities". *The Biological Bulletin* 213, no. 3 (2007): 226–51.
- Pfeiffer, Robert H., and E. A. Speiser. *One Hundred New Selected Nuzi Texts*. New Haven, CT: American Schools of Oriental Research, 1936.
- Pharr, Clyde. *The Theodosian Code and Novels, and the Sirmondian Constitutions*. Princeton: Princeton University Press, 1952.
- Polosmak, Natalia, L.P. Kundo, G. G. Balakina et al. Textiles From the "Frozen" Tombs in Gorny Altai 300–400 BC - An Integrate Study. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, 2006
- Pritchard, J. B. *Recovering Sarepta, a Phoenician City*. New Jersey: Princeton University Press Princeton, 1978.
- Rabinowitz, L. I. *Torah and Flora, Fraudulent Flora*. New York: Sanhedrin Press, 1977.
- Radwin, George E., Anthony D'Attilio, and David K. Mulliner. *Murex Shells of the World: An Illustrated Guide to the Muricidae*. Stanford, CA: Stanford University Press, 1976.
- Rainey, Anson F. "Who Is a Canaanite? A Review of the Textual Evidence". *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, no. 304 (1996): 1–15.
- Raveh, Kurt. "From Holland to the Holy Land: A Personal Quest for Napoleon". Ravehholland. Accessed March 29, 2012. <http://www.napoleonicsociety.com/english/ravehholland.html>.

- Reaumur, R. A. F. de. "Decouverte D'une Nouvelle Teinture De Pouppe". *Mem. De L'Acad. Royale Des Sciences*, 1711, 216–58.
- Reese, David S. "Industrial Exploitation of Murex Shells; Purple-dye and Lime Production at Sidi Khrebish, Benghazi (Berenice)". *Libyan Studies*, 1980, 79–93.
- . "Iron Age Shell Purple-dye Production in the Aegean". In *Kommos*, vol. 14, edited by Joseph W. Shaw and Maria C. Shaw, 643–47. Princeton: Princeton University Press, 2000.
- . "The Mediterranean Shell Purple-dye Industry". *American Journal of Archaeology* 90, no. 2 (1986): 183.
- . "Molluscs from Archaeological Sites in Cyprus". *Fisheries Bulletin* 5: 1–112.
- . "Palaikastro Shells and Bronze Age Purple-Dye Production in the Mediterranean Basin". *The Annual of the British School of Archaeology at Athens* 82 (1987): 201–6.
- . "Shells from Sarepta (Lebanon) and East Mediterranean Purple-dye Production". *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* 10, no. 1 (2010): 113–41.
- . "Whales and Shell Purple-dye at Motya (Western Sicily, Italy)", *Oxford Journal of Archaeology*. 24 no. 2 (2005): 107–114.
- Reinhold, Meyer. *History of Purple as a Status Symbol in Antiquity*. Brussels: Collection Latomus 116, 1970.
- . "On Status Symbols in the Ancient World". *Classical Journal* 64, no. 7 (1969): 300–304.
- . "Usurpation of Status and Status Symbols in the Roman Empire". *Historia: Zeitschrift Fur Alte Geschichte* 20, no. 3 (1971): 275–302.

- Rendsburg, Gary. "A Further Note on Purple Dyeing". *Biblical Archaeologist* 54 (1991): 121.
- . "Israel Without the Bible". In *The Hebrew Bible: New Insights and Scholarship*, edited by Frederick E. Greenspahn, 3–23. New York: New York University Press, 2008.
- Richardson, Carol M. *Reclaiming Rome: Cardinals in the Fifteenth Century*. Leiden, The Netherlands: Brill, 2009.
- Richter, Sandra L. *The Deuteronomistic History and the Name Theology: Lešakkēn Šēmô Šām in the Bible and the Ancient Near East*. Berlin: W. de Gruyter, 2002.
- Robinson, J. P. "Tyrian Purple". *Sea Frontiers* 17/2 (1971): 76–81.
- Rogers, Robert William. *Cuneiform Parallels to the Old Testament*. New York: Eaton & Mains, 1912.
- Ron, M. "Difference between Tyrian Purple and Hyacinthine Purple". 104 (1985): 38–39. **ילקוט לסיבים ולטכנולוגיה של טכסטיל**
- Ruggieri, George D. "Drugs from the Sea". *Science* 194 (1976): 491–97.
- Ruscillo, Deborah. "Reconstructing Murex Royal Purple and Biblical Blue in the Aegean". In *Archaeomalacology: Molluscs in Former Environments of Human Behaviour; Proceedings of the 9th Conference of the International Council of Archaeozoology, Durham, August 2002*, edited by Mayer Daniella E. Bar-Yosef, 99–106. Oxford: Oxbow Books, 2005.
- Saltzman, Max. "Antique Controversy". *Jsdc* 103 (1987): 404.

- . "The Identification of Dyes in Archaeological and Ethnographic Textiles". *Archaeological Chemistry* 2 (1978): 172-85.
- Saltzman, Max, A. Keay, and J. Christensen. "The Identification of Colorants in Ancient Textiles". *Dyestuffs* 44 (1963): 241-50.
- Sandberg, Gösta. *Indigo Textiles: Technique and History*. Asheville, NC: Lark Books, 1989.
- . *The Red Dyes: Cochineal, Madder, and Murex Purple: A World Tour of Textile Techniques*. Asheville, NC: Lark Books, 1997.
- Schaeffer, Claude F. A. *A City with Twin Temples of Dagon and Baal: Ras Shamra Yields Fresh Treasure to the Spade: New Discoveries Concerning the God Whose Temple Samson Pulled Down Upon Himself and the Philistines*. London, 1935.
- Schatz, P. F. "Indigo and Tyrian Purple-In Nature and in the Lab". *Journal of Chemical Education* 78, no. 11 (2001): 1442-43.
- Scheuer, Paul J. *Chemistry of Marine Natural Products*. New York: Academic Press, 1973.
- . "The Varied and Fascinating Chemistry of Marine Mollusks". *Israel Journal of Chemistry* 16 (1977): 52-56.
- Schimelman, J. "The Royal Purple". *Irradians* 8, no. 8 (1982).
- Schmidt, W. Adolph. "Die Purpurfaerberei Und Der Purpurhandel in Altertum". *Die Griechischen Papyrusurkunden Der Koeniglichen Bibliothek Zu Berlin* 1 (1842): 212-96.
- Schmidt-Colinet, Andreas. "The Textiles from Palmyra". *Aram* 7 (1995): 47-51.

- Schunk, Edward. "On the Formation of Indigo Blue (part I)". *Philos. Mag. J. Sci.*, 4th ser., 10 (1855): 74–95.
- Scott, Philippa. "Saudi Aramco World: Millennia of Murex". Saudi Aramco World: Millennia of Murex. Accessed May 15, 2012. <http://www.saudiaramcoworld.com/issue/200604/millennia.of.murex.htm>.
- Sethi, G. "Indirubin Enhances Tumor Necrosis Factor-induced Apoptosis through Modulation of Nuclear Factor-B Signaling Pathway". *Journal of Biological Chemistry* 281, no. 33 (2006): 23425–35. doi:10.1074/jbc.M602627200.
- Sheffer, Avigail, and Amalia Tidhar. *Textile History* 22, no. 1 (1991): 3–46.
- Shimoyama, S., and Y. Noda. "Non-destructive Three-dimensional Fluorescence Technique". *Dyes in History and Archaeology* 12 (1994): 50–61.
- Singer, Charles, E. J. Holmyard, and A. R. Hall. *A History of Technology: From Early Times to Fall of Ancient Empires*. Oxford: Clarendon Press, 1954.
- Singer, Itamar. "Purple-Dyers in Lazpa". In *Anatolian Interfaces: Hittites, Greeks, and Their Neighbours: Proceedings of an International Conference on Cross-Cultural Interaction, September 17–19, 2004, Emory University, Atlanta, GA*, edited by Billie Jean Collins, Mary R. Bachvarova, and Ian Rutherford, 21–43. Proceedings of an International Conference on Cross-Cultural Interaction, September 17–19, 2004, Emory University, Atlanta, GA. Oxford: Oxbow Books, 2008.

- . "Takuhlinu and Haya, Two Governors in the Ugarit Letter from Tel Afek". *Journal of the Tel Aviv University, Institute of Archaeology* 10, no. 1 (1983): 3–25.
- Singer, Mendel E. "Understanding the Criteria for the 'Chilazon'". *Journal of Halacha and Contemporary Society* 42 (2001): 5–29.
- Smith, Glenn S. "Human Color Vision and the Unsaturated Blue Color of the Daytime Sky". *American Journal of Physics* 73, no. 7 (2005): 590–97.
- Spanier, Ehud. "Aspects of the Biology and Behaviour of the Purple Snail *Murex Trunculus*". *Isr. J. Zool.* 30 (1981): 106–7.
- . "Behavioral Ecology of the Marine Snail *Trunculariopsis* (*Murex*) *Trunculus*". *Developments in Arid Zone Ecology and Environmental Quality*, 1981, 65–70.
- . "Cannibalism in Muricid Snails as a Possible Explanation for Archaeological Findings". *Journal of Archaeological Science* 13 (1986): 463–68.
- . "A Fossil Record of Shell Boring: Possible Evidence for Sea Level Changes in the Red Sea, Estuarine". *Coastal and Shelf Science* 24 (1987): 873–79.
- . "Rediscovering Royal Purple and Biblical Blue". *Oceanus* 33, no. 1 (1990): 75.
- Spanier, Ehud, and Nira Karmon. "Muricid Snails and the Ancient Dye Industries". In Herzog and Spanier, *The Royal Purple and the Biblical Blue*, 147–58.
- . "Notes Concerning the Predatory Behavior of the Purple Snail *Murex Trunculus*". *Levantina* 28 (1980): 321–23.



- Spanier, Ehud, Nira Karmon, and E. Linder. "Bibliography Concerning Various Aspects of the Purple Dye". *Levantina* 37 (1982): 437–47.
- Speiser, E. A. "The Name Phoinikes". *Language* 12 (1936): 121–26.
- Steinhart, C. E. "Biology of the Blues: The Snails Behind the Ancient Dyes". *Journal of Chemical Education* 78, no. 11 (2001): 1444.
- Stern, Ephraim, and Ilan Sharon. "Tel Dor, Preliminary Report". *Israel Exploration Journal* 37 (1987): 208.
- Stern, Ephraim, J. Berg, A. Gilboa, I. Sharon, and J. Zorn. "Tel Dor, 1994–1995: Preliminary Stratigraphic Report". *Israel Exploration Journal* 47, no. 1/2 (1997): 29–56.
- Stevens, Ernest Jack. *Lights, Colors, Tones and Nature's Finer Forces*. San Francisco: E. J. Stevens Light, Color and Tone Research Laboratories, 1923.
- Stickle, W. B., and T. W. Howey. "Effects of Tidal Fluctuations of Salinity on Homelymph Composition of the Southern Oyster Drill. *Thais Haemastome*". *Nov. Biol. Berl.* 33, no. 4 (1975): 309–22.
- Stieglitz, Robert R. "Commodity Prices at Ugarit". *Journal of the American Oriental Society* 99, no. 1 (1979): 15–23.
- . "The Minoan Origin of Tyrian Purple". *Biblical Archaeologist* 57, no. 1 (1994): 46–54.
- Strootman, Rudolph. "The Hellenistic Royal Court. Court Culture, Ceremonial and Ideology in Greece, Egypt and the Near East, 336–30 BCE". *Mnemosyne* 62, no. 1 (2009): 168.

- S Sturm, Charles F., Timothy A. Pearce, and Angel Valdes. *The Mollusks: A Guide to Their Study, Collection, and Preservation*. Boca Raton, FL: Universal Publishers, 2006.
- Taitelbaum, Shlomoh. *Lulaot HaTekhelet*. Jerusalem: Ptil Tekhelet, 2000.
- "Takiltu". In *The Assyrian Dictionary of the Oriental Institute of the University of Chicago*, vol. 18, edited by Erica Reiner, Richard I. Caplice, Dietz Otto Edzard, Brigitte Groneberg, Hermann Hunger, Burkhardt Kienast, Marie-Christine Ludwig et al., 70–73. Chicago: Oriental Institute, 2006.
- "Tapiragem and Feather Color Alteration on Live Parrots by the Peoples of Accessed". March 29, 2012.  
<http://caiquesite.com/Published%20articles/tapiragem.htm>.
- Tersakian, Krikor. "Murex: The Imperial Purple Dye of Tyre". Accessed March 29, 2012.  
<http://www.ktersakian.com/2010/12/murex-imperial-purple-dye-of-tyre.html>.
- Thompson, T. E. "A Marine Biologist at Pompeii A.D. 79". *Nature* 265:292–94.
- Toombs, Lawrence E., G. Ernest Wright, Robert J. Bull, James F. Ross, Edward F. Campbell, Siegfried H. Horn, and Joseph A. Calloway. "The Fourth Campaign at Balatah (Shechem)". *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, no. 169 (1963): 1–60.
- Twerski, Chaim E. "Identifying the Chilazon". *Journal of Halacha and Contemporary Society* 34 (1997): 77–102.
- Tyron, George W., Jr. *Manual of Conchology*. Philadelphia, 1880.

- Van Alphen, J. "Remarks on the Action of Light on Several Substances, Most of Them Containing Halogen, in Particular Several Indigo Dyes, in a Reducing Medium". *Recl. Trav. Chim. Pays-Bas* 63, no. 5 (1944): 95–96.
- Vance, Donald R. "Literary Sources for the History of Palestine and Syria: The Phnician Inscriptions". *The Biblical Archaeologist* 57, no. 1 (1994): 2–19.
- Verhecken, Andre. "Experiences with Mollusc Purple". *La Conchiglia* 22 (1990): 250–52.
- . "Experiments with the Dyes from European Purple-Producing Molluscs". *Dyes in History and Archaeology* 12 (1994): 32–35.
- . "The Indole Pigments of Mollusca". *Annales De La Societe Royale Zoologique De Belgique* 119, no. 2 (1989): 181–97.
- Vermeulen, Floris N. "A Sikil Interlude at Dor: An Analysis of Contrasting Opinions". Master's thesis, University of South Africa, 2006.
- Vidal, Jordi. "Ugarit and the Southern Levantine Sea-Ports". *Journal of the Economic and Social History of the Orient* 49, no. 3 (2006): 269–79.
- Voss, G. "The Analysis of Indigoid Dyes as Leuco Forms by NMR Spectroscopy". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 116 (2000): 80–90.
- Vuorema, Anne. "Reduction and Analysis Methods of Indigo." PhD diss., University of Turku, 2008.
- Wells, H. "Feeding Habits of Murex". *Ecology* 39 (1958): 556–58.

- Westenholz, Joan Goodnick. "Tamar, Qedesa, Qadistu, and Sacred Prostitution in Mesopotamia". *The Harvard Theological Review* 82, no. 3 (1989): 245–65.
- Westley, Chantel B. "The Distribution, Biosynthetic Origin and Functional Significance of Tyrian Purple Precursors in the Australian Muricid *Dicathais Orbita* (Neogastropoda: Muricidae)". PhD diss., Flinders University, 2008.
- Westley, Chantel, and Kirsten Benkendorff. "Sex-Specific Tyrian Purple Genesis: Precursor and Pigment Distribution in the Reproductive System of the Marine Mollusc, *Dicathais Orbita*". *Journal of Chemical Ecology* 34, no. 1 (2008): 44–56.
- Wilbur, K. H., and C. M. Yonge, eds. *Physiology of Mollusca*. New York: Academic Press, 1964.
- Wilford, John Noble. "Earliest Samples of Royal Purple Found". *New York Times*, March, 26, 1985, sec. C, p. 2.
- William, Sir Robert. *Narrative of a Voyage along the Shores of the Mediterranean Wilde*. Dublin, 1840.
- Williams, Trevor I., Charles Singer, Eric John Holmyard, and Alfred Rupert Hall. *A History of Technology. Vol. 2, The Mediterranean Civilizations and the Middle Ages c. 700 B.C. to c. A.D. 1500*. Oxford: Clarendon Press, 1979.
- Wood, R. W. "The Purple Gold of Tut'ankhamun". *J. Egyptian Archaeology* 20 (1934): 62–65.
- Wouters, Jan. "High-Performance Liquid Chromatography of Anthraquinones: Analysis of Plant and Insect Extracts and Dyed Textiles." *Studies in Conservation* 30 (1985): 119.

- Wouters, Jan, and Andre Verhecken. "The Coccid Insect Dyes: HPLC and Computerized Diode-Array Analysis of Dyed Yarns". *Studies in Conservation* 34, no. 4 (November 1989): 189.
- . "Composition of Murex Dyes". *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 108, no. 9 (1992): 404.
- . "High-Performance Liquid Chromatography of Blue and Purple Indigoid Natural Dyes." *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 107, no. 7-8 (1991): 266-69.
- Yamauchi, Edwin. "The Scythians: Invading Hordes from the Russian Steppes". *The Biblical Archaeologist* 46, no. 2 (1983): 90-99.
- Yoder, Christine Roy. "The Woman of Substance (Eshet Hayil): A Socioeconomic Reading of Proverbs 31:10-31". *Journal of Biblical Literature* 122, no. 3 (2003): 427-47.
- Yonge, C. M. "Marine Boring Organisms". *Research* 4 (1951): 162.
- Zaccagnini, C. "The Merchant at Nuzi". *Iraq* 39, no. 2 (1977): 171-89.
- Ziderman, Irving I. "Biblical Dyes of Animal Origin". *Chemistry in Britain* 22, no. 5 (1986): 419-21.
- . "Blue Thread of the Tzitzit: Was the Ancient Dye a Prussian Blue or Tyrian Purple?" *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 97, no. 8 (1981): 362-64.
- . "First Identification of Authentic Tekelet". *Bulletin of the American Schools of Oriental Research* 265 (1987): 25-33.
- . "Halakhic Aspects of Reviving the Ritual Tekhelet Dye in the Light of Modern Scientific Discoveries." In Herzog and Spanier, *The Royal Purple and the Biblical Blue*, 126-29.

- . "On the Identification of the Jewish Tekhelet Dye". *Gloria Maris* 24, no. 4 (1985): 77-80.
- . "Purple Dyes Made from Shellfish in Antiquity." *Review of Progress in Coloration* 16 (1986): 46-52.
- . "Seashells and Ancient Purple Dyeing". *Biblical Archaeologist* 53, no. 2 (1990): 98-101.
- . "The 3600 Years of Purple-Shell Dyeing: Characterization of Hyacinthine Purple (Tekhelet)". *Advances in Chemistry Series*, 1986, 187-98.
- . "Tyrian Purple or Hyacinthine Purples?" *Chemical and Engineering News* 61, no. 24 (1983): 88.
- Zollinger, Heinrich. *Color Chemistry: Syntheses, Properties, and Applications of Organic Dyes and Pigments*. Weinheim, Germany: VCH, 1991.
- . "Welche Farbe Hat Der Antike Purpur?" *Textilveredlung* 24, no. 6 (1989): 207-12.
- Zorn, Jeffrey R., and Robert H. Brill. "Notes-Iron Age I Glass from Tel Dor, Israel". *Journal of Glass Studies* 49 (2007): 256.



# הערות

## פרק א: את צבע הצבעים

1. Ball, *Bright Earth*, 198.
2. בספר זה אנו מתארים את צבע התכלת כקרוב לתכלת המוכרת בלשון ימינו: כחול בהיר, כצבע השמים. כפי שנסביר בהמשך, עמדה זו איננה מקובלת על כל קהיליית החוקרים, ובייחוד לא היתה כזו עד שנות השמונים. חלק מהחוקרים טוענים שגון התכלת קרוב יותר אל גון הסיגלית, הסגול-כחלחל. גם בין המסכימים שהתכלת היא סוג של כחול יש מחלוקת באשר למידת הבהירות שלו, ויש הגורסים שמדובר בכחול כהה יותר. ההצדקה לעמדתנו, שעל פיה התכלת היא צבעם של שמי הצהריים הבהירים, תפורט בהמשך הספר.
3. ההערכה המקובלת מדברת על כ-250 אלף חלזונות הנדרשים להפקת אונקיייה אחת של צבע טהור, והיא מבוססת על מחקרים שביצעו בתחילת המאה העשרים כימאים כגון פאול פרידלנדר. המספרים שאנו נוקבים בהם הנם פרי ניסיון נרחב בצביעת צמר, ואנו מאמינים שהם קרובים יותר למציאות של מלאכת הצביעה בעת העתיקה.
4. ויליאם שייקספיר, "אנטוניוס וקליאופטרה", מערכה שנייה, תמונה שנייה, מאנגלית: ראובן אבינעם, בתוך שקספיר, טרגדיות, תל-אביב: עם הספר, 1960, עמ' 394.

## פרק ב: ימי קדם

5. סיפורו של הדפוס בתבניות ניידות מהדהד מבחינות מסוימות את סיפוריה של הצביעה בצדפות, אך מבחינות אחרות מנוגד לו. למרות המקרה יוצא הדופן של הדיסקית המינואית, טכנולוגיית הדפוס לא מילאה שום תפקיד בחברה הקדומה, ואילו בעת החדשה קשה למצוא לטכנולוגיה זו מתחרות



מבחינת מרכזיותה בכל היבטי החיים. בטכנולוגיית הצביעה בצדפות, הכיוון הפוך. בחיים המודרניים היא שולית לחלוטין, ואילו בעת העתיקה היא היתה אבן הפינה של הזירה הכלכלית, המדינית והאמנותית.

6. הארגמן חדר אפילו לאגדות על עלילות המלך מינוס. על פי אחד מסיפורי המיתולוגיה היוונית, מינוס הטיל פעם מצור על העיר מַגָּרָה, שמלכה, ניסוס, היה בלתי-מנוצח בזכות אמצעי בעל כוח מאגי שעמד לרשותו: קווצה מקווצות שערו היתה צבועה ארגמן, וכל עוד היתה על ראשו, הוא וממלכתו היה חסינים. אך כמו שמשון המקראי, שכוחו בשער ראשו, ואשר נפל טרף להונאה של אישה, כך גם ניסוס. אך במקרה שלו, לא מאהבת פתיינית כדלילה הכשילה אותו, כי אם בתו שלו, סקילה. מתוך אהבה למינוס, או על פי גרסה אחרת בגלל בצע כסף, היא גזרה את קווצת הארגמן מראשו של אביה, וגרמה לנפילת ממלכתו ולחורבן עירה.

7. בתנ"ך מסופר כי כושן רשעתיים, מלך ארם נהריים – שיש המזהים אותו כמלך כשדי – כבש את ארץ ישראל לאחר מות יהושע בן נון, ושעבד את בני ישראל שמונה שנים (שופטים ג, ח).

8. אני מודה לפרופ' רוברט שטיגליץ על שהפנה אותי למאמרו ב-Biblical Archaeologist. הוא מציין שם שמספר לא גדול של קונכיות ארגמן נמצא באתר מירטוס, מן התקופה המינואית המוקדמת (האלף השלישי לפני הספירה), ושככל הנראה הן שימשו לאכילה ולא לצביעה – אף כי ייתכן שהמינואים ייצרו צבע בכמויות קטנות כבר בתקופה שלפני ייסוד המלוכה.

9. התפתחותו הלשונית של המונח המסופוטמי המציין צמר צבוע תכלת היא נושא למחקר מרתק בפני עצמו. האשורולוג פרופ' וואין הורוביץ מהאוניברסיטה העברית הסביר לי כך: "במסופוטמיה הקדומה לא היתה מילה שהוראתה צבע כחול, לא בשומרית ולא באכדית. המילה השומרית  $za.gin = uqnû$  המציינת את אבן החן הכחולה לפיס-לזולי שימשה אפוא לתפקיד זה, וציינה את הכחול לכל גווניו וסוגיו. ככל הידוע שימשה המילה תחילה לתיאור צבע השמים, וכאשר הגיע למסופוטמיה הצמר הצבוע כחול כונה אף הוא  $uqnâtu = sig.za.gin.na$ . המילים הזרות תַּכְלֵת ואֶרְגָּמָן נכנסו כנראה לשימוש מאוחר יותר, כהתפתחות משנית, וצוינו בשפה השומרית בשתי נגזרות חדשות של המילה  $za.gin: za.gin.gi6$ , קרי כחול כהה, ו- $za.gin.sa5$ , כחול-אדום, כלומר סגול או ארגמן. האזכור הקדום ביותר לצמר כחול ( $sig.za.gin$ ) בממצא הארכיאולוגי בארץ ישראל נמצא ב"מכתב המושל", מסביבות 1200 לפני הספירה, שהתגלה בתל אפק.

ראו Horowitz, *Cuneiform in Canaan*.

10. שון דזה, 8, 23.
11. Milgrom, *The Tassel and the Tallith*, 2.
12. שם, 9.
13. תלמוד בבלי, מגילה ו ע"א.
14. "תכלת אין כשרה אלא מן החלזון; הביא שלא מן החלזון – פסולה." תוספתא מנחות ט, טז.
15. Itamar Singer, "Purple-Dyers in Lazpa", 22.
16. Astour, "The Origin of the Terms Canaan, Phoenician and Purple".
17. ראו על כך Elayi, *The Phoenician Cities in the Persian Period*, 14 וכן שטרן, דור המושלת בימים.

## פרק ג: עם סגול

18. סיפור זה מונצח על גבי מטבע מופלא שהוטבע בצור בשנים שבין מלך המלכים אלגבלוס (218–222 לספירה) וגלינוס (253–268 לספירה). בתחתית המטבע מצוירים כלב וחלזון הארגמן, המסמלים את גילוי הקונכייה על פי הסיפור. בחלקו העליון מתוארים שני הסלעים האמברוזיים של צור, ולצדם עץ זית. על פי אגדה שסיפר נונס מפּנופוליס בספרו "דיוניסיאקה", שני הסלעים הללו צפו על פני הים, ועל גבי אחד מהם בער עץ זית שנשר ישב על ראשו ונחש נכרך סביב גזעו. מלקרת ציווה על בני עמו לבנות ספינות שתדופנה אחר הסלעים, והעיר צור נוסדה במקום שהספינות נחו בו. ראו Bijovsky, *The Ambrosial Rocks and the Sacred Precinct of Melqart in Tyre* "תודתי נתונה לדונלד צבי אריאל, ראש ענף המטבעות ברשות העתיקות, שהסב את תשומת לבי למאמר זה.

תיאור אחר של סצנה זו מופיע בציור "גילוי סוד הארגמן" מאת פטר פאול רובנס. החלזון בציור זה הוא יציר דמיונו המובהק של רובנס, ובכל מקרה לא ארגמן.

19. Diodorus Siculus, *Bibliotheca historica*, bk. 20, lines 6–7.
20. Rogers, *Cuneiform Parallels to the Old Testament*, 313.
21. פלוטארכוס, חיי אישים: יוון, סולון, ה, ב, עמ' 44.
22. בספרו תולדות הטבע, ספר שביעי, פרק 57 (לא תורגם לעברית).
23. איליאדה, ספר יג, שורות 1–7.
24. הרודוטוס, היסטוריה, ספר ד, שורות 73–75.
25. Polosmak, *Textiles from the "Frozen" Tombs in Gorny Altai 400–500 BC* - *An Integrate Study*, 222–223.

## פרק ד: דור ודורשיה

26. De Bourrienne and Phipps, *Memoirs of Napoleon Bonaparte*, vol. 1, chap. 19.
27. יש מן הגיאולוגים החולקים על החוכמה המקובלת, שלפיה רכסי הכורכר מציינים קווי חוף קדומים. בבדיקות בשיטת הנהורנות (לומינסנציה) האופטית, המאפשרת למדוד כמה זמן עבר מאז חומר מסוים נחשף לאור השמש, נמצאה שונות רבה בתאריכי ההיווצרות של רכס אחד, ולעומת זאת לא נמצאו הבדלים גדולים בתאריכי ההיווצרות של רכסים שונים.
28. השפעתם של היוונים בדור גברה עם השנים, אף שכמה חוקרים בני המאות ה-18 וה-19 סברו שגם ההפך מכך קרה. הם טענו שמייסדי העיר פאסטום באיטליה באו מדור, ואף העלו את ההשערה שהסגנון הדורי, אחד מחמשת ה"סדרים" המרכזיים באדריכלות היוונית, נקרא כך על שם המקדשים שהדורים הקימו שם. חוקר האדריכלות הידוע ריצ'רד בראון מצטט את ההשערה הזו בספרו *Domestic Architecture* (עמ' 62), ומציין בהערת שוליים שהראשון שהעלה אותה היה החוקר האיטלקי אלסיו סימנקו מצוקי (Mazzocchi) בכרכים הראשון והשני של ספרו *Commentarii in regii Herculanensis Musei aeneas tabulas Heracleenses* (נפולי, 1754–1755). מצוקי היה אמנם מגדולי חוקרי העולם הקלאסי והמזרח הקדום במאה ה-18, ואחד מבני זמנו כינה אותו "היווני המלומד ביותר בזמננו" – אך אין לשכוח שהוא גם היה איטלקי גאה במיוחד, ששאף להוכיח שגדולתם של היוונים הקדומים באה להם ממגעם עם איטליה, ושהאיטלקים הקדומים, מצדם, היו צאצאיהם הישירים של עמים מקראיים מהגרים. אין קשר מובהק בין תל דור לבין היוונים הדורים או הסדר האדריכלי הדורי. ס"ר מרטין העלה לאחרונה תיאוריה דומה, אך הפוכה בכיוונה: על פי הצעתו, תושביה ההלניסטים של דור ניצלו את דמיון הצלילים בין השם השמי "דור" לבין המונח היווני "דורי" כדי להמציא לעצמם ייחוס יווני.
29. בשיחה עם המחבר.
30. אילן שרון מערער גם על השערה זו. כך כתב לי: "מה שמפריע לי כאן, הוא היעדר עדות למתקני חימום או התססה במתחם המסוים הזה. אינני יכול להימלט מהמסקנה שמתקן הבורות נועד רק לשלב הראשון של התהליך (שבירת הקונכיות וטיפול ברכיכות החשופות בסיד חי) – ושהמשך התהליך נעשה במקום אחר."
31. De Bourrienne and Phipps, *Memoirs of Napoleon Bonaparte*, vol. 1, chap. 19.
32. Cvikel et al., "Napoleon Bonaparte's Adventure in Tantura Lagoon," 199.
33. De Bourrienne and Phipps, *Memoirs of Napoleon Bonaparte*, vol. 1, chap. 19.

## פרק ה: רק אלוהים יודע

34. תלמוד בבלי, בבא מציעא סא ע"ב.
35. שם.
36. שם.
37. יש החולקים על כך, ואף מגיעים למסקנה הפוכה. הם מניחים שאם שני הצבעים זהים למראה, צריך להיות להם מרכיב מולקולרי משותף, שהוא היוצר את הצבע הכחול. לדבריהם, עצם העובדה שההליך הכימי המופיע בתלמוד מאפשר להבחין בין שני החומרים מוכיחה שההרכב המולקולרי שונה – ומכאן, בהינתן אותה הנחה מוקדמת, גם הצבע שונה. לדעתי אין ממש בטענה זו. שחזור עכשווי של ההליך המוצע בגמרא (בהנחה שאנו מבינים נכונה את זהות החומרים הנזכרים שם) העלה תוצאה שונה מזו המופיעה בגמרא: צבעם של הגדילים לא דהה כלל בשלב ההשריה; לא הגדילים הצבועים בתכלת חלזונית ולא אלו שנצבעו בתכלת צמחית. כלומר, עדיין אפשר להניח שהבסיס המולקולרי המשותף לשני החומרים זהה, שכן גורלם של השניים במבחן הכימי היה אחד. את השוני בין התוצאה שקיבלנו לבין זו האמורה בגמרא – כלומר את דהיית התכלת הצמחית, הקלא-אילן, אצל חז"ל ולא אצלנו – אפשר לתלות בקיומו של שוני בהליך הצביעה בקלא-אילן אז והיום. ואם כך הוא, אפשר לשער שישנו שוני גם בהליך הצביעה בתכלת המופקת מארגמון. שוני זה קשור מן הסתם לרכיבים הכימיים האחרים המצויים בהפרשה החלזונית ובמוהל הצמחי – כאלה שאינם קובעים את הצבע המתקבל, לפחות לא במידה ניכרת לעין, אך בהליכים שונים של צביעה יוצרים מידות שונות של עמידות.

## פרק ו: הגוון הנעלם של הכחול

38. ידין, הממצאים מימי בר-כוכבא במערת האיגרות, עמ' 190.
39. שם, עמ' 192.
40. Arrian of Nicomedia, *Anabasis*, bk. 6, chap. 29.
41. Pliny the Elder, *Natural History*, bk. 9, chap. 36.
42. Reinhold, *History of Purple as a Status Symbol in Antiquity*, 71.
43. Dio Cassius, *Roman History*, bk. 49.
44. Seutonius, *De Vita Caesarum*, Nero, 32.
45. Herzog and Spanier, *The Royal Purple*, 110.
46. תלמוד בבלי, סנהדרין יב ע"א.
47. אוסביוס בישוף קיסריה, תולדות הכנסייה, פרק 33.

48. Pharr, *Theodosian Code and Novels*, 288.
49. במקור מאוחר הרבה יותר מופיע אזכור שיש הלומדים ממנו שאומנות הצביעה בתכלת ובארגמן השתמרה אצל היהודים מאות רבות לאחר מכן. כוונתי לספר מסעותיו של בנימין מטודלה, בן המאה השתים-עשרה. וכך כותב בנימין: "ויש ליהודים שם ספינות בים, ושם אומני הזכוכית הטוב הידוע צורי החשוב בכל הארצות, ושם ימצא הסוקר הטוב" (ספר מסעות של ר' בנימין ז"ל על פי דפוס הזיפרוני, שמ"ג). בכתבי יד אחרים מופיע, במקום "הסוקר", "הסיקר" או "הצוקרו".
- בלבול רב שורר סביב תיאור זה. כך למשל ב-*Jewish Encyclopedia* משנת 1906 נאמר בערך "צבע וצביעה" (Dye and Dyeing) כי "במאה השתים-עשרה יהודי צור עדיין היו צבעי ארגמן ויצרני זכוכית", וניתנת הפניה לתרגום האנגלי, בעריכת Asher, לספר "מסעות בנימין". גם הרב הרצוג מזכיר זאת בספרו (ראו *The Royal Purple*, p. 112). בתרגום האנגלי הנזכר מתורגמות מילותיו של בנימין "ושם ימצא הסוקר הטוב" כך: "the purple dye is also found in this vicinity" (שם נמצא גם צבע הארגמן). *The Itinerary of Rabbi Benjamin of Tudela*, vol. 1 (New York: Hakesheth, 1840), 63.
- In the vicinity" זה כך: "In the vicinity is found sugar of a high-class, for men plant it here, and people come from all lands to buy it" (במקום נמצא סוכר מעולה, שכן מגדלים אותו שם ואנשים מכל הארצות באים לקנות ממנו). "סוקר", על פי תרגום זה, הוא סופר ולא ארגמן. בכתב היד שאשר השתמש בו נאמר "הסיקר", והוא, כמו גם הרב הרצוג, הבינו שהכוונה היא לסיקרא, שפירושו אדום, ופירשו זאת כארגמן, אולי בגלל הקשר של צור לארגמן. אולם עיון בגרסאות ובכתבי היד האחרים שכנע אותי שתרגומו של אדלר הוא הנכון, ושיהודי צור במאה השתים-עשרה היו בעסקי הסוכר ולא החלזונות.

## פרק ז: צומח, דומם

50. Dendel, *You Cannot Unsneeze a Sneeze and Other Tales from Liberia*.
51. אגדה זו, כך מתברר, חושפת גם תופעה פיזיולוגית ממשית מאוד, אם כי נדירה להפליא: תסמונת החיתול הכחול. זוהי הפרעה הנוגעת למטבוליזם של הטרִיפְטוֹפֶן, חומצה אמינית שהיא מרכיב תזונתי חיוני. על פי מאמר שפורסם בכתב העת הרפואי האמריקני *American Journal of Medicine*, "פגיעה בקטריאלית בטריפטופן גורמת לייצור עודף של אינדול, ועל ידי כך לאינדיקנוריה – וזו, בהתחמצנה לכדי כחול אינדיגו, גורמת להופעת צבע כחול בחיתול". אינדיקנוריה היא הפרשה של אינדיקן בשתן; אינדיקן

- הוא מולקולה מטרימה (precursor) של אינדיגו, המכחיל בהיחשפו לחמצן שבאוויר. ראו "Drummond, 'The Blue Diaper Syndrome'".
52. יוליוס קיסר, המלחמות הגאליות, ספר 5 פרק 14, עמ' 140.
53. Balfour-Paul, *Indigo*, 127.
54. שם, עמ' 100–102.
55. Sandberg, *Indigo Textiles*, 19. תיאורים אחרים של התהליך הזה מלבנים פחות. בלפור-פול, למשל, כותבת: "קבוצות של גברים ונשים עירומים למחצה נמצאו בתוך מכלי המשרה המרופש, שהגיע עד לגובה מותניהם, ונאלצו להתבוסס בנוזל אנה ואנה ולהכותו בכלים כגון מחבטי עץ ואף בידיים חשופות... [המכלים כונן] 'מכל השטן', משום שהאדים הנוראים... 'הרגו פועלים רבים'. אוכלוסיות מקומיות סירבו מטעמים מובנים לעבוד בעבודה זו, שנאמר עליה שהיא עלולה לגרום אם לא מוות ממש, לכל הפחות סרטן, איין-אונות, כאבי ראש ונכויות זמניות" (Balfour-Paul, *Indigo*, 110–11).
56. Bemiss, *The Dyer's Companion*.
57. Edmonds, *The History of Woad and the Medieval Woad Vat*, 26.

## פרק ח: דין דיונון

58. בסיפור הדברים שלהלן נעזרתי רבות בכתביו של שלמה זלמן שרגאי על תולדותיה ומשנתה של חסידות איזביצה-ראדזין. שרגאי, ממנהיגי תנועת הפועל המזרחי, שהיה גם ראש העיר הראשון של ירושלים שנבחר בבחירות דמוקרטיות (1950–1952), היה חסיד ראדזין מסור.
59. מוריס פיירשטיין, בספרו *All Is in the Hands of Heaven* (הכול בידי שמים) על תורתו של הרב מרדכי יוסף ליינר, כלל בספרו נספח שכותרתו "תקרית ליל בשבת בקוצק: תולדותיה של אגדה". הפרק מתחיל כך: "האגדה האנטינומית על 'תקרית ליל שבת' בקוצק היא מן המוכרים שבסיפורים החסידיים. שאלת אמיתותה או שקריותה נתונה לדיון זה שישים שנה." פיירשטיין מנסה להתחקות אחר התפתחותו ההיסטורית של הסיפור, ולשער אם הוא מדויק ואם הוא בכלל אפשרי.
- הגרסה שאני מציג כאן מבוססת על חלקים מתיאורו של מרטין בובר בספרו (בגרמנית) *Der Grosse Maggid und Seine Nachfolge* (המגיד הגדול ובני חוגו), ומזיכרונותיו של בן משפחת ליינר, דוד ישרים, שנרפסו במקור ב-1925 והופיעו שוב בתוך ספרו של ש"ז שרגאי במעייני חסידות איזביצה-ראדזין.
- חוקרים אחדים וחסידים רבים טוענים שהמקרה לא אירע מעולם. כל אלה הסבורים שהוא אכן אירע מייחסים לרב ליינר חלק מרכזי בו, אך על טיבו

של חלק זה נטושה מחלוקת. עובדה מוסכמת, על כל פנים, היא שהרב ליינר עזב את חצרו של הרבי מקוצק סמוך למועד פרישתו של האחרון לבדידות. אין ויכוח גם על קיומו של סכסוך בין הדורות הבאים של חסידי קוצק וחסידי ראדזין.

60. ליינר, מאמר פתיל תכלת, עמ' 8.
61. ליינר, מאמר שפוני טמוני חול, עמ' 33, מבוסס על משנה, כלים יב, א.
62. משנה תורה, הלכות ציצית ב, א.
63. שרגאי, בנתיבי חסידות איזביצא-ראדזין, כרך ב, עמ' 194, 198.

### פרק ט: כחול אמתי

64. כל השנים הרב הרצוג ראה ברידב"ז את רבו ומורו. לבנו השני קרא יעקב על שמו.

65. יחסיו של הרב הרצוג עם מורדי ה"שין פֿיין", וההשפעה שנודעה לחברותו עם דה-ואלירה על השקפת עולמו, הם נושא למחקר מרתק בפני עצמו. שני האישים עסקו בממשק המורכב שבין דת ומדינה, והתמודדו עם השאלה כיצד להבטיח זכויות למיעוט ועדיין לאפשר למדינה לקיים צביון לאומי ודתי מסוים. ראו "The Rebbe of Sinn Féin", Matveev.

66. נכדו של הרב הרצוג, הנושא את שמו, יו"ר מפלגת העבודה ח"כ יצחק ("בוזי") הרצוג, שימש שר הרווחה והשירותים החברתיים מטעם מפלגת העבודה, ונודע כפעיל למען השכבות החלשות והעובדים. "סבי נפטר שנה לפני שנולדתי", אמר לי הרצוג על ספל תה ירוק בבית קפה תל אביבי, "אבל הערכים והאידיאלים שלו חלחלו בביתנו וטבעו בי את חותמם. עמדותיו בסוגיות דת ומדינה הושפעו מאוד ממה שראה בדבלין בשנות המאבק האירי לעצמאות והתבססות הרפובליקה האירית. הוא היה ציוני נלהב שהאמין שהיהדות והדמוקרטיה יכולות ליצור הרמוניה, ויחד עם סבתי שרה בנה בית שהתבסס על צדקה וחסד. אבי, חיים, שהיה אלוף בצה"ל, שגריר ישראל באו"ם והנשיא השישי של ישראל, ספג את הערכים הללו. לדעתי, רגשות החמלה שלו כלפי הזולת התעצמו כשהיה קצין בצבא הבריטי במלחמת העולם השנייה, וראה במו עיניו את הזוועות. גדלתי במשפחה של אנשים שאכפת להם מאנשים."

67. שאול מייזליש, "תולדות הרב הרצוג", בתוך אליאש, ורהפטיג ודסברג (עורכים), משואה ליצחק, עמ' 19.

68. לסיפור זה יש כמה גרסאות. הדיפלומט יעקב הרצוג, בנו של הרב הרצוג, אמר בריאיון לגלי צה"ל בנובמבר 1969 שאכן רחזולט ביקש מאביו לא לחזור לארץ ישראל. אחרים טוענים שהרוזן מהליפקס, שגריר בריטניה בווינגטון, שלח לרב הרצוג שליח שהסביר לו כי לנוכח הצלחותיו של רומל, ממשלת בריטניה

שוקלת לפנות את אזרחיה מהמזרח התיכון. הרוזן הציע שהרב, שהיה אזרח בריטי, יישאר באמריקה. גרסה שלישית טוענת שבן שיחו של הרב הרצוג היה ראש עיריית ניו יורק, פיורלו לה-גוארדיה. לדיון מלא ראו ארי שבט, "על חז"ל, הרב הרצוג, והוודאות שלא תהיה גלות נוספת", *צוהר כא (אדר תשס"ה)*, עמ' 111–121.

69. McCullough, *Truman*, 620.

70. Herzog and Spanier, *The Royal Purple*, 116.

71. שם.

72. שם, עמ' 131 הערה 410.

73. פרופ' מרי אורנה סיפרה לי באדיבותה שלכחול הפרוסי היה תפקיד מכריע גם בפתרון תעלומה נוספת הקשורה באימות של עתיקות. "מרקוס הארכאי", כפי שנהוג לכנותו, או MS 2427 בז'רגון האקדמי, הוא כתב יד מיניאטורי בעל איורים מרהיבים של קטע מספר "הבשורה על פי מרקוס" מן הברית החדשה, שתארוכו המקובל היה למאה ה-13. כך האמינה גם אוניברסיטת שיקגו כאשר רכשה את הקודקס הזה ב-1937. אך מאותה שעה ואילך היה הדבר נתון לוויכוח. בין המלומדים היו שסברו שזהו קודקס מקטגוריה I (כלומר כתבי יד של הברית החדשה מטיפוס אלכסנדרוני, שמקורם בדרך כלל במאה הרביעית לספירה או קודם לכן). אחרים פקפקו בכך. בשנת 1988 בדקה פרופ' אורנה צבען שנמצא באחד האיורים, וגילתה שזהו הכחול הפרוסי. מכאן שהקודקס נכתב לאחר שנת 1704, השנה שבה גילה דיסבאך את הצבען הזה. מחקר המשך של הטקסט, שערך סטיבן קרלסון, ואנליזה כימית מפורטת יותר שערכו ב-2006 מיטשל, בראבה וקואנדט, הוכיחו שמדובר בזיוף בן המאה ה-19 או אולי אפילו ראשית המאה העשרים.

74. Bartoll, "The Early Use of Prussian Blue in Paintings".

75. ראו יעקב ליינר, "מפעל צביעת התכלת במדינת ישראל", בתוך בורשטיין, *התכלת*, עמ' 59–63. ראו גם הפרק "חידוש התכלת במדינת ישראל", שם, עמ' 197–204.

76. כלשונו של הרב הרצוג, "המדע אינו מכיר שום 'עלייה' במחזור של שבעים שנה של שום דייר מדיירי הים" (Herzog and Spanier, *The Royal Purple*, 69).

77. הרצוג, "התכלת בישראל" יא, ב, בתוך בורשטיין, *התכלת*, עמ' 422.

78. אלדשטיין הוציא לאור גם כתב יד חשוב במיוחד: עבודת הדוקטור של הרב הרצוג. אלדשטיין נתן את המימון, ואת מלאכת ההקלדה והעריכה נטל על עצמו הספרן משה רון. העבודה הופיעה כספר בעריכת אהוד שפנייר ב-1987, בשפה האנגלית. שפנייר הוסיף לצד הדיסרטציה מאמרים רבים המתארים את מצבו של מחקר התכלת באותה עת.



79. זו גרסה אחת מתוך כמה לסיפור על יד המקרה שהובילה את אלסנר לגלות את התהליכים הפוטוכימיים הגורמים לדה-ברומינציה של צבע החילזון. למען האמת, ייתכן מאוד שלא הכול היה מקרי, ושאלסנר בדק אפקטים שונים במתכוון. כצובע מנוסה של אינדיגו, והוא ידע שצביעה באור שמש ישיר עשויה לשנות במשהו את הגוון. אולי גם קרא מאמר מאת דריסן, שהיה הראשון שהצביע על התופעה: Driessen, "Über Eine Charakterische Reaktion Des Antiken Purpurs Auf Der Faser".

80. ישנם כימאים וארכיאולוגים הסבורים שהצבעים הקדומים לא הפיקו צבע תכול ולא יכלו למצוא את הדרך להשגתו. נימוקם נוגע לתהליך ההתססה, שלב חיוני בייצור הצבע שבלעדיו תמצית הארגמון אינה מתאימה לצביעה. לדבריהם, היות שההתססה יעילה יותר בתנאים של חמצן טהור, היה צורך לשמור את מכל הצבע סגור ובמקום מוצל. משום כך, לצבעים לא הזדמן אף פעם לצפות בתוצאות הפוטו-דה-ברומינציה ההופכת את הצבע מסגול לתכול – שהרי תהליך זה מתרחש רק באוויר הפתוח ובאור שמש חזק. יש כימאים הטוענים גם כי תהליך הפוטו-דה-ברומינציה מתחולל רק כאשר משתמשים בסוכני חיזור מודרניים חזקים (כלומר נתרן-דיתיוניט), שלא היו בידיהם של הקדמונים. קשה לי להשתכנע. אנו גילינו דרכים רבות להשיג גוון תכול מצבע הארגמון, בין בעזרת אור השמש בין בעזרת קיטור. בטוחני שלאורך אלפי שנות הצביעה הקדומה הזדמן למי מן הצובעים להיווכח בתופעה בדרך זו או אחרת. אפילו אם ההתססה נעשתה במכלים סגורים ואטומים, בשלב כלשהו היו הצבעים הקדמונים מוכרחים לפתוח את המכסה כדי לטבול את הצמר. הפוטו-דה-ברומינציה מתחוללת בתוך פרק זמן קצר מאוד, ואין ספק שבזמן מן הזמנים הבחינו בה.

עוד יש להעיר כי לפחות שני חוקרים מודרניים הצליחו להשיג גוון תכול בצמר שנצבע בטכניקות עתיקות ותוך הקפדה על שימוש אך ורק באמצעים הטכנולוגיים ובחומרים הכימיים שהיו מוכרים בימי קדם. ג'ון אדמונדס תיעד ייצור של גון תכלת בניסוייו בחלזונות הארגמון. וראו גם הופמן, "זיהוי התכלת: ממצאים חדשים".

מצד אחר, העובדה שעד לפני כמה עשורים לא נתקלו החוקרים המודרניים של הצביעה בחלזונות בתופעה אכן אומרת דרשני.

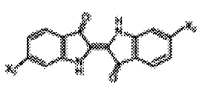
## פרק י: הרכיכה הקשוחה

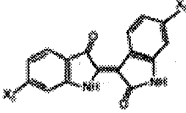
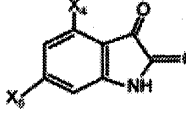
81. תודתי לד"ר הארי ג' לי שהבהיר לי את כוונותיו המשוערות של לינאוס.
82. הארגמונים מפרישים גם אסטרים של כולין, שהם מרפי שרירים. הם מזריקים אותם לרכיכה הנטרפת ועל ידי כך מחלישים אותה לפרקי זמן

ארוכים. האסטרים אף מאפשרים לארגמונים להגיע לבשרן של צדפות דו-קשוותיות באופן ישיר, בלי קידוח, משום שהם מרפים את השרירים המְתוויכים (adductor) שלהן וגורמים להן להישאר פתוחות. ד"ר קירסטן בֶּנְקֶנְדוֹרֶף מאוניברסיטת סאות'רן קרוס (וקודם לכן מאוניברסיטת פלינדרס) שבאוסטרליה אף מצאה כי חומרים אלה גורמים לחלזונות מסוג אֶפְלוֹן להרפות את אחיזתם במצע שהם מחוברים אליו, וכך יכולים חלזונות הארגמן להפיל אותם ולאוכלם שלמים.

83. מולקולת האינדול היא חיבור של שתי מוקלולות טבעתיות: הבנזן המשושה והפירול המחומש. הבנזן, הנמצא בשימוש למן המאה ה-15, נודע תחילה בכינוי "שרף יאווה". הנוסחה הכימית שלו, שישא אטומי פחמן, היתה ידועה מימים ימימה, אך המבנה הממשי שלה נותר שנים רבות בגדר תעלומה. הכימאי פרידריך קְקוּלֶה היה ב-1865 הראשון להציע את תצורת הטבעת, אחרי שראה בחלמו נחש נושך את זנב עצמו.

84. וביתר דיוק: משפחת הארגמונים מייצרת – במגוון מסלולים של מולקולות מטרימות שונות – צבענים המתחלקים לשלוש קבוצות כלליות. המולקולות שבכל קבוצה הן וריאנטיות של מולקולה בסיסית. שלוש המולקולות הבסיסיות הן אינדיגו, אֵינְדִירובִין ואֵיסְטִין. שתי הראשונות הן בעלות נוסחה מולקולרית זהה; כלומר, יש בהן אותם אטומים, ואותו מספר של אטומים מכל סוג, אך הן שונות זו מזו במבנה שלהן. בלשון הכימאים, שתי המולקולות הללו, שוות הרכיבים ושונות המבנה, הן איזומרים. במולקולת האינדיגו מסודרים האטומים בטור, ואילו לאינדירובין צורת ר'. המולקולה השלישית, האיסטין, היא ביסודה גרסה מחומצנת של האינדול – או חצי מולקולת אינדיגו. הווריאציות על כל מולקולה בסיסית נוצרות כאשר אטומי ברום מחליפים אחד או שניים מאטומי המימן. היות שהאינדירובין והאיסטין אינם סימטריים, מיקומו של אטום הברום יוצר שוני. הטבלה שלהלן מפרטת את עשר מולקולות הצבע שארגמונים עשויים לייצר:

מבנה	הרכב אטומי		שם מקובל	צבע
	X <sub>6</sub>	X <sub>6'</sub>		
	H	H	אינדיגו	כחול
	Br	H	6 מונו-ברומו-אינדיגו	סיגלית (סגול-כחלחל)
	Br	Br	6-6' די-ברומו-אינדיגו	ארגמן (סגול-אדמדם)

מבנה	הרכב אטומי	שם מקובל	צבע
אינדירובינואידים	X <sub>6</sub> X <sub>6</sub> '		
	H H	אינדירובין	{ גוונים שונים
	Br H	6 מונו-ברומו- אינדירובין	של מארון, צבע
	H Br	6' מונו-ברומו- אינדירובין	אדום-סגול כהה
	Br Br	6-6' מונו-ברומו- אינדירובין	
איסטינואידים	X <sub>6</sub> X <sub>4</sub>		
	H H	איסטין	{ גוונים של
	H Br	4 ברומו-איסטין	צהוב
	Br H	6 ברומו-איסטין	

- נתונים אלה שאובים ממאמריו של קורן (Koren) המובאים ברשימה הביבליוגרפית, ובייחוד מהטבלה במאמרו משנת 2006 *HPLC-PDA analysis of brominated indirubinoid, indigoid, and isatinoid dyes*.
85. Aristotle, *The History of Animals*, bk. 5, part 15 (translated by D'Arcy Wentworth Thompson).
86. ד"ר קירסטן בנקנדורף מאשרת שסנתוז המולקולות המטרימות של מולקולות הצבע, ובכלל זה פעילות אנזים הברומופרוקסידז, אכן גוברת לקראת עונת ההזדווגות ובמהלכה.
87. מחקרים קודמים על הקשר בין ייצור צבע וזוויג החילזון טענו שההפך הוא הנכון. ראו לדוגמה *Elsner, "Solution of the Enigmas of Dyeing Tyrian Purple and the Biblical Tekhelet". מסקנותיה של בנקנדורף נראות מבוססות יותר, אך הסוגיה עדיין פתוחה ומחקר נוסף עשוי להשלים את ידיעותינו.*
88. פרופ' אהוד שפנייר מאוניברסיטת חיפה סבור שהארגמון עושה בטיריוורדין שימוש אחר: כפרומון. על פי השערתו, המולקולה נועדה לאותת לארגמונים אחרים להתקבץ יחדיו להזדווגות ולהטלה. כאמור, חלזונות הארגמון אכן נוטים להיאסף ולהטיל את ביציהם יחדיו. הצעתו של שפנייר מאפשרת להבין מדוע גם זכרים מייצרים את החומר. אולם, שוב, דרוש מחקר נוסף כדי לאמת את ההשערה הזו.

89. מלאכה זו נעשית בידי פרופ' אלקסיוס לאנדיוס סקלסוניס מבית הספר לרוקחות באתונה.

### פרק יא: משהו תוסס

90. תלמוד ירושלמי, שבת פרק א הלכה ג. ראו פירוש פני מאיר שם.
91. Faber, *Dyeing and Tanning in Classical Antiquity*, 285.
92. אני מודה לגיאורג שטארק, אומן הצביעה בכחול, על שסיפר לי על כך. אגב, הנה טיפ לשחקני משחק הפנטזיה הפופולרי RuneScape באינטרנט: אגי המכשפה יכולה לספק לכם צבע כחול.
93. Pliny the Elder, *Natural History*, bk. 9, chap. 62. התרגום מאנגלית לעברית לקוח מהערך "תעשיית ייצור וצביעת הארגמן במזרח הקדום" בויקיפדיה.
94. Elsner, "The Past, Present and Future of Tekhelet," 175.
95. אדמונדס פרסם שני ספרים: *Chaucer in Modern English Prose: The Canterbury Tales* ו-*Chaucer's Other Works: In Modern English Prose*.

### פרק יב: רואים כחול

96. נדייק: יש חמש דרכים להפוך אור לבן לאור כחול. ישנן דרכים אחרות ליצירת כחול ביקום. כמה מהן קשורות בקרינה – כלומר ביצירת אור – שעשויה לנטות אל הכחול. להבת גז היא כחולה. המים שסביב כורים גרעיניים פולטים כחול יפהפה בתהליך הידוע כקרינת צ'רנקוב. בספרו של קורט נָסָאו *The Physics and Chemistry of Color* מפורטות כל חמש-עשרה הדרכים שצבע עשוי להיווצר בהן.
97. כשהגיעה מהפכת הפיזיקה המודרנית, המשורר הבריטי ג'ון קולינגס סקוויר הוסיף לשורותיו של פופ צמד שורות משלו:
- שמע השטן וחיש אמר: "אוי ואבוי, יהי אינשטיין!" וחזר התוהו ובוהו.
98. החלוקה בין סוגי המדוכים רחוקה מלהיות שווה. כ-64 אחוז מהמדוכים הם מדוכי L, אלה הרגישים לאדום, 32 הם מדוכי M חובבי ירוק, ורק 2 אחוזים הם מדוכי S המתמחים בכחול. למרות מיעוט מספרם, הם הרגישים מכולם לאור. בני אדם יכולים לזהות כחול באותה יעילות שהם מזהים אדום, אך הצפיפות הנמוכה יותר של מדוכי ה-S גורמת לכך שהרזולוציה המרחבית של הכחול נמוכה מזו של האדום.
- ממצא נוסף, שאולי קשור לכך (ואני מודה לד"ר ארי זיבוטופסקי שהציג אותו בפני), קשור למישור המוקד של העין. כזכור מניסויי ההשתברות של ניוטון, צבעים שונים משתברים במנסרות ובעדשות בזוויות שונות. מסיבה זו, מיקוד העין הדרוש להתבוננות מיטבית באדום הוא אל מישור שונה

מעט מזה הנדרש לכחול. הרשתית מונחת במקום שמאפשר מיקוד מיטבי למדוכי ה-L וה-M, כלומר האדום והירוק, ומשום כך כל הכחול שאנו רואים הוא מטושטש מעט. נזכור שהכחול שאנחנו רואים בטבע, מטושטש או לא, נמצא בעיקר בשמים ובים – משטחים גדולים ומעוטי קווים מבחינים חדים. נראה שבמהלך התפתחות מערכת הראייה האנושית, העצמים הכחולים שהם כה נדירים בטבע לא עוררו צורך רב בהתפתחות שיפורים במערכת.

99. בני אדם שיש להם רק סוג אחד או שניים של מדוכים נחשבים לעיוורי צבעים. לנשים יש רגישות גבוהה יותר לצבע, ועשוי להיות לכך בסיס פיזיולוגי. עיוורון צבעים מצוי בגן רצסיבי על כרומוזום X, ועל כן הלקות הזו היא בעיקר נחלתם של גברים: שמונה אחוזים מכלל אוכלוסיית הזכרים סובלים מצורה זו או אחרת של עיוורון צבעים, בשעה שאצל הנשים השכיחות נמוכה פי עשרה. במקרים נדירים נשים מפתחות סוג רביעי של מדוך, ששיא רגישותו הוא באזור הצהוב, ובנות מזל אלו נהנות מתפיסת צבע טובה במיוחד. ייתכן, וייתכן שלא, שתכונות גנטיות הקשורות במגדר עומדות מאחורי היתרון היחסי של נשים על גברים באבחנה בין צבעים, ומאחורי הממצא שבנות לומדות לזהות צבעים שונים מוקדם יותר מבנים, בממוצע.

סוג נדיר במיוחד של עיוורון צבעים קרוי אֶכְרוֹמְטוֹפְסִיָה, וללוקים בו אין כלל מדוכים, אלא רק קנים, והם אינם מבחינים בשום צבע. התופעה מתוארת בספרו הנפלא של אוליבר סאקס האי של עיוורי הצבעים.

100. האינטראקציה בין אור וחומר ברמה הבסיסית ביותר מתרחשת כאשר פוטון פוגע באטום או במולקולה. כדי שהפוטון ייבלע, ועל ידי כך יעביר את האנרגיה שלו לחלקיקים הבולעים, חייבים אלה האחרונים להיות מסוגלים "לעשות משהו" עם האנרגיה הזו. מולקולות עשויות לבלוע פוטונים ולהתחיל לחוג ולרטוט, אבל אורכי הגל הגורמים להתנהגות כזו גדולים הרבה יותר מאלו של האור הנראה. כלומר, כל העברות האנרגיה המתקיימות בפוטונים של אור נראה אינן קשורות לצבע.

על פי תורת הקוונטים, מולקולות ואטומים נעים כל הזמן – אבל הם אינם חופשיים לנוע באופן אקראי; עליהם להתקיים במצבים אנרגטיים מסוימים ובדידים. במצב היסוד שלהם הם עשויים לחוג במהירויות מסוימות ובאנרגיות מסוימות, אך כשהפוטון הנכון פוגע בהם הם יכולים לקפוץ לרמת אנרגיה גבוהה מזו שהיו בה. זה קורה רק כאשר קפיצת האנרגיה ממצב אחד לאחר תואמת במדויק לאנרגיה של הפוטון הנכנס, זו הנקבעת על ידי אורך הגל שלו. במקרה זה, המולקולה יכולה לבלוע את הפוטון

ולשנות את מהירות הסיבוב שלו. כשהמולקולה יורדת שוב ברמת האנרגיה שלה היא מאטה, עוברת ממצב האנרגיה הגבוה לזה הנמוך בקפיצה אחת, ופולטת פוטון שאורך הגל שלו תואם בדיוק את הירידה ברמת האנרגיה. זה התהליך המתרחש, למשל, בתנור מיקרוגל. הקרינה בו מתאימה לאורך הגל הגורם למולקולות המים לחוג. מולקולות המים שבמֶאֱכָל כולעות את הפוטונים הללו ומסתובבות, מתנגשות במולקולות האחרות שבמזון העומדות בדרכן, ועל ידי כך מחממות אותו. אורכי הגל הגורמים למולקולות לחוג גדולים אלפי מונים מאורכי הגל של האור הנראה (תנורי מיקרוגל פולטים גלים באורך כ-12 סנטימטר), ולכן עינינו אינן רואות אותם.

בגלים קצרים יותר, בעלי אנרגיות גבוהות יותר, בליעת הפוטונים על ידי המולקולות גורמת לאטומים שבמולקולה לתנודה מחזורית (ויברציה). כאן, שוב, תורת הקוונטים מגבילה תנועה זו לרמות אנרגיה בדידות בלבד, והמעבר ממצב ויברציה אחד לאחר כרוך בקפיצת אנרגיה הנקבעת על פי אורך הגל המדויק של הפוטון הגורם למעבר. גם כאן מדובר באורכי גל ארוכים מאלו של האור הנראה: הם מצויים בתחום האינפרא-אדום.

101. כדי להבין מעט יותר את תהליך הבליעה במולקולות המים, הבה נִדְמָה את אטומי המולקולה המתנודדים בוויברציה לכדורים שקפצים מחברים ביניהם. אפשר להחיש את התנודות של הכדורים בשתי דרכים: להקל על משקלם, או להדק את הקפיצים. כדורי כדורת (כאולינג) על קפיץ ארוך ומידלדל יתנודדו לאט יותר מכדורי טנים שולחן על קפיץ קצר והדוק. כדי שאנרגיית התנודה תעלה לעבר התחום הנראה, נדרש הכדור הקל ביותר, אטום המימן. מולקולת המים דומה למימי מאוס: ראש חמצן, ושתי אוזני מימן. מאפיין מעניין של מולקולת המים (הנֶדֶון בספרו של מייקל ברוקס "13 תעלומות מדעיות"), הוא שאפילו במצבה הטבעי היציב היא מסוגלת להתחבר לעוד עשרות ואף מאות מולקולות מים נוספות וליצור יחד שרשראות ומבנים. צבירים אלה נוטים "להדק את הקפיץ" ולהעלות את אנרגיית התנודה במידה שתקרב אותה מעט, אך לא די הצורך, אל התחום הנראה.

כדי להגיע לשם יש צורך בתדירויות עיליות הרמוניות, כאלו שהן כפולות שלמות של תדירות הבסיס של התנודה. התופעה מוכרת מתחום המוזיקה. אם תמרטו מיתר מתוח תשמעו צליל שמרכיבו הראשי הוא תדירות היסוד של תנודת המיתר, אך מעשירים אותו צלילים עיליים (אוברטונים) הרמוניים לצליל היסוד: כאלה שתדירותם היא כפולה שלמה של תדירותו. אפשר אפילו להחריש את צליל היסוד, ואז לשמוע בבירור את הצלילים העיליים לבדם. נגני גיטרה עושים זאת על ידי מגע קל במיתר בסריג ה-12 שלו, כך

שהוא מתקצר בכדי מחצית; דוגמה ידועה לכך היא המבוא הקלאסי לשיר Roundabout של להקת "יס".

בצירוף כל התהליכים הללו יחדיו – אנרגיית הוויברציה של ההרמוניות העיליות של צביר מולקולות המים מגיעה רק בקושי למידה הנדרשת לאורכי הגל של האור הנראה. כתוצאה מכך, המים בולעים אור אדום במידה שמספיקה לים להיראות כחול – אך לא לגופי מים קטנים. עם זה, יש מקרים חריגים שבהם, נוסף על הבליעה באזור הכחול, למולקולה יש מעברי-אלקטרונים הבולעים גם אדום. הכלורופיל שבצמחים, למשל, בולע גם כחול וגם אדום, וזה מקור צבעם הירוק של העלים והעשבים.

103. כך מדווח אצל Wouters and Verhecken, "High-Performance Liquid Chromatography of Blue and Purple Indigoid Natural Dyes". בניסויים אחרים התקבל שיא בליעה שונה מעט. נראה שמיקומו המדויק של השיא תלוי בממס שמשמשים בו.

104. כימאי הצבע סבורים שהחלק של מולקולת האינדיגו האחראי לצבעה נמצא במרכזה, ומכנים אותו, בשל צורתו דמוית ה-H, H-כרומופור. ראיה לקשר בין הסימטריות של מולקולת האינדיגו לבין ספקטרום הבליעה הייחודי שלה מתקבלת מבדיקה של תכונות האיזומר שלה, אינדירובין. למולקולה זו נוסחה אטומית זהה, והיא מורכבת מאותם אטומים, אך צורתה הגיאומטרית שונה, וסימטרית פחות: צורת האות R, או L, ולא צורת H. לצורת H יש יותר צירי סימטריה מכפי שיש לצורת L; כשמסובבים L היא אינה חוזרת לצורתה עד שמסובבים 360 מעלות. לשינויים בתצורות האלקטרוניים של האינדירובין נדרשת אנרגיה רבה יותר, ולכן בליעת האור שלו אינה יוצאת דופן כמו זו של האינדיגו, אלא מתמקדת בקצהו הכחול, גבה-האנרגיה, של הספקטרום, ונותן לחומר גוון אדום ארצי יותר ושמימי פחות.

### פרק יג: מרגישים כחול

106. Finlay, "Weaving the Rainbow," 401.

106. Goethe, *Goethe's Theory Of Colours*, 329; המעיינים במהדורות אחרות של הספר יוכלו, בכל מקרה, למצוא זאת בסעיף 841, בפרק על עדויות היסטוריות.

107. Bush and Shih, *Early Chinese Texts on Painting*, quoted in Finlay, "Weaving the Rainbow," 410.

108. לפרשנות מעוררת מחשבה של היחסים בין התכלת ודגל ישראל, ראו המחזה The Flag that Came Out of the Blue מאת רואלד הופמן ושירה ליבוביץ-שמידט בספרם *Old Wine, New Flasks*.

109. אור כחול משמש גם לטיפול בבעיות עור כגון אקנה. מחקרים שנערכו לאחרונה ממליצים להישמר מאוד מחשיפת יתר לאור כחול חזק, מחשש שהדבר יוצר נזק פוטו-חמצוני הגורם לכתמי זקנה.
110. Klein, *The Chelsea Hotel Manifesto*, 1961. מצוטט מתוך אתר ארכיון איב קליין, <http://www.yveskleinarchives.org>.
111. לכותל לא חסרו אף פעם מקורות השראה. בדיעת ה"אחרי מות" שנכתבה עליו בניו יורק טיימס [www.nytimes.com/2008/11/03/arts/music/03cotel.html](http://www.nytimes.com/2008/11/03/arts/music/03cotel.html) (2008/11/03/arts/music/03cotel.html) סופר כי "ב-1996, בעת שניגן בפסנתר שלו את 'הפסנתר המשווה היטב' של באך, הסתער על המקלדת החתול שלו, קצ'ל בן השלוש. הפרופסור תפס עיפרון ושרבט פֶּת-חתול יורדת מטרבל לבאס. שנה לאחר מכן הוא שלח את הפרטיטורה, אם אפשר לקרוא לזה כך, לתחרות הדקה האחת של 'פריז ניו יורק מיוזיק רֶוויו' המיועדת ליצירות בנות פחות משישים שניות. השופטים נתנו לקצ'ל אזכור של כבוד."
112. Galileo, *Il Saggiatore*, trans. A. C. Danto, in Columbia College, *Introduction to Contemporary Civilization in the West*, 789.
113. Hyman, *The Objective Eye*, 14.
114. ראו בהרחבה בספרו של גיא דויטשר בראי השפה. על מחקרם של ברלין וקיי ראו שם עמ' 98–102.
115. דויטשר סיפר על כך בריאיון עיתונאי. הוברמן, "למה אין כחול בתנ"ך".
116. Hoeppe, *Why the Sky Is Blue*, 13–14.
117. נאבוקוב, צחוק באפילה, עמ' 174.

## פרק יד: קשורים בכחול

118. המחשבה שמניעים אמנותיים נכנסים למה שרבים רואים כעולמה הקר, הרציונלי והמשפטני של ההלכה עלולה להיראות מוזרה, אך אלה הם פני הדברים במקרה של התכלת. כך למשל הראב"ד (ר' אברהם בן דוד, מגדולי הפוסקים, שחי בפרובאנס במאה ה-12) בחר בשיטת הקשירה של רבי נטרונאי גאון והסביר שהוא "סידר אותו יפה סידור נאה מאד" (השגות הראב"ד למשנה תורה לרמב"ם, הלכות ציצית א, ז). כאלו הן גם הנחיותיו של רב בתלמוד באשר ליחס היפה ביותר בין החלק הקלוע והחלק שאינו קלוע בפתיל הציצית (בבלי, מנחות לט ע"א). ראו Navon, "Rav's Beautiful Ratio".
119. שתי חלופות לאספקה בת-קיימה של צבע ארגמון עדיין טעונות בדיקה. האחת היא גידול חלזונות במסגרת חקלאות ימית. בדקנו אותה בינתיים באופן שטחי, בהזמיננו מצוות באוניברסיטת מיאמי מחקר על התנאים הנדרשים לה. החלופה השנייה היא פיתוח טכניקות למיצוי ידידותי



שהוא מתקצר בכדי מחצית; דוגמה ידועה לכך היא המבוא הקלאסי לשיר Roundabout של להקת "יס".

בצירוף כל התהליכים הללו יחדיו – אנרגיית הוויברציה של ההרמוניות העיליות של צביר מולקולות המים מגיעה רק בקושי למידה הנדרשת לאורכי הגל של האור הנראה. כתוצאה מכך, המים בולעים אור אדום במידה שמספיקה לים להיראות כחול – אך לא לגופי מים קטנים. עם זה, יש מקרים חריגים שבהם, נוסף על הבליעה באזור הכחול, למולקולה יש מעברי-אלקטרונים הבולעים גם אדום. הכלורופיל שבצמחים, למשל, בולע גם כחול וגם אדום, וזה מקור צבעם הירוק של העלים והעשבים.

103. כך מדרווח אצל Wouters and Verheeken, "High-Performance Liquid Chromatography of Blue and Purple Indigoid Natural Dyes". בניסויים אחרים התקבל שיא בליעה שונה מעט. נראה שמיקומו המדויק של השיא תלוי בממים שמשמשים בו.

104. כימאי הצבע סבורים שהחלק של מולקולת האינדיגו האחראי לצבעה נמצא במרכז, ומכנים אותו, בשל צורתו דמוית ה-H, H-כרומופור. ראייה לקשר בין הסימטריות של מולקולת האינדיגו לבין ספקטרום הבליעה הייחודי שלה מתקבלת מבדיקה של תכונות האיזומר שלה, אינדירובין. למולקולה זו נוסחה אטומית זהה, והיא מורכבת מאותם אטומים, אך צורתה הגיאומטרית שונה, וסימטרית פחות: צורת האות ר, או L, ולא צורת H. לצורת H יש יותר צירי סימטריה מכפי שיש לצורת L; כשמסובבים L היא אינה חוזרת לצורתה עד שמשלימים 360 מעלות. לשינויים בתצורות האלקטרונים של האינדירובין נדרשת אנרגיה רבה יותר, ולכן בליעת האור שלו אינה יוצאת דופן כמו זו של האינדיגו, אלא מתמקדת בקצהו הכחול, גבה האנרגיה, של הספקטרום, ונותן לחומר גוון אדום ארצי יותר ושמיימי פחות.

### פרק יג: מרגישים כחול

106. Finlay, "Weaving the Rainbow," 401.

106. Goethe, *Goethe's Theory Of Colours*, 329; המעיינים במהדורות אחרות של הספר יוכלו, בכל מקרה, למצוא זאת בסעיף 841, בפרק על עדויות היסטוריות.

107. Bush and Shih, *Early Chinese Texts on Painting*, quoted in Finlay, "Weaving the Rainbow," 410.

108. לפרשנות מעוררת מחשבה של היחסים בין התכלת ודגל ישראל, ראו המחזה The Flag that Came Out of the Blue מאת רואלד הופמן ושירה ליבוביץ-שמידט בספרם *Old Wine, New Flasks*.

109. אור כחול משמש גם לטיפול בבעיות עור כגון אקנה. מחקרים שנערכו לאחרונה ממליצים להישמר מאוד מחשיפת יתר לאור כחול חזק, מחשש שהדבר יוצר נזק פוטו-חמצוני הגורם לכתמי זקנה.
110. Klein, *The Chelsea Hotel Manifesto*, 1961. מצוטט מתוך אתר ארכיון איב קליין, <http://www.yveskleinarchives.org>.
111. לכותל לא חסרו אף פעם מקורות השראה. בידיעת ה"אחרי מות" שנכתבה עליו בניו יורק טיימס (www.nytimes.com/2008/11/03/arts/music/03cotel.html) סופר כי "ב-1996, בעת שניגן בפסנתר שלו את 'הפסנתר המושווה היטב' של באך, הסתער על המקלדת החתול שלו, קצץ בן השלוש. הפרופסור תפס עיפרון ושרבט פפת-חתול יורדת מטרכל לבאס. שנה לאחר מכן הוא שלח את הפרטיטורה, אם אפשר לקרוא לזה כך, לתחרות הדקה האחת של 'פריז ניו יורק מיוזיק רוויו' המיועדת ליצירות בנות פחות משישים שניות. השופטים נתנו לקצץ אזכור של כבוד."
112. Galileo, *Il Saggiatore*, trans. A. C. Danto, in Columbia College, *Introduction to Contemporary Civilization in the West*, 789.
113. Hyman, *The Objective Eye*, 14.
114. ראו בהרחבה בספרו של גיא דויטשר בראי השפה. על מחקרם של ברלין וקיי ראו שם עמ' 98-102.
115. דויטשר סיפר על כך בריאיון עיתונאי. הוברמן, "למה אין כחול בתנ"ך".
116. Hoeppe, *Why the Sky Is Blue*, 13-14.
117. נאבוקוב, *צחוק באפילה*, עמ' 174.

## פרק יד: קשורים בכחול

118. המחשבה שמניעים אמנותיים נכנסים למה שרבים רואים כעולמה הקר, הרציונלי והמשפטני של ההלכה עלולה להיראות מוזרה, אך אלה הם פני הדברים במקרה של התכלת. כך למשל הראב"ד (ר' אברהם בן דוד, מגדולי הפוסקים, שחי בפרובאנס במאה ה-12) בחר בשיטת הקשירה של רבי נטרונאי גאון והסביר שהוא "סידר אותו יפה סידור נאה מאד" (השגות הראב"ד למשנה תורה לרמב"ם, הלכות ציצית א, ז). כאלו הן גם הנחיותיו של רב בתלמוד באשר ליחס היפה ביותר בין החלק הקלוע והחלק שאינו קלוע בפתיל הציצית (בבלי, מנחות לט ע"א). ראו Navon, "Rav's Beautiful Ratio".
119. שתי חלופות לאספקה בת-קיימה של צבע ארגמון עדיין טעונות בדיקה. האחת היא גידול חלזונות במסגרת חקלאות ימית. בדקנו אותה בינתיים באופן שטחי, בהזמינו מצוות באוניברסיטת מיאמי מחקר על התנאים הנדרשים לה. החלופה השנייה היא פיתוח טכניקות למיצוי ידידותי

לסביבה של הצבע, דהיינו "חליבת" חלזונות חיים בקנה מידה תעשייתי. שיטה זו, אם תתאפשר, היא אידיאלית מבחינות רבות, ואני מקווה שהיא תגיע לידי מעשיות.

120. את התובנה הפילוסופית הזו שמעתי מפיו של חסיד ראדזין המנהל את מצבעת תכלת הדיונון של החסידות. הוא ייחס את הרעיון לאדמו"ר גרשון הניך עצמו. כמה הולם רעיון זה את הרבי מראדזין, דמות מופת שגילמה בגופה את הנכונות לסכן הכול כדי להגשים שליחות ולממש רעיון.

#### סוף דבר: משהו ישן, משהו חדש

121. Pliny the Elder, *Natural History*, bk. 9, chap. 37.

