

## תולעת שני

### זכריה דורי

#### מבוא

'תולעת שני' הוא שם המשלב בעל חיים עם חומר צבע. בעל החיים הוא חרק, ואלו צבע השני הינו אדום זוהר המשמש לצביעת אריגים, מיני חוטים וסיבים.

שמות אנשים בעלי קרבה משפחתית נקראים על שם עסוקם בתעשיית הצבעים השונים. תולע ופואה. תולע-על שם שהפיק צבע מתולעת השני. והאיש פואה הפיק צבע מהצמח פואת הצבעים.

"ובני יששכר תולע ופואה" (ברא' מ"ו י"ג) או "בני יששכר למשפחותם תולע משפחת התולעי לפואה משפחת הפוני" (במד' כ"ו כ"ג).

ועוד "ויקם אחרי אבימלך להושיע את ישראל תולע בן פואה בן דודו איש יששכר והוא יושב בשמיר בהר אפרים" (שופ' י' א').

תולעת שני, או שני תולעת, הוא אחד ממרכיבי החמרים המטהרים את המצורע. "וצוה הכהן ולקח למטהר שתי צפורים חיות טהורות ועץ ארז ושני תולעת ואזוב (ויקר' י"ד ד'). גם תולעת השני במרכיבי מי חטאת מאפר הפרה: "ולקח הכהן עץ ארז ואזוב ושני תולעת והשליך אל תוך שריפת הפרה" (במד' י"ט ו').

פרוכת המשכן צבועה בצבעים: "ועשית פרכת תכלת וארגמן ותולעת שני ושש משזר..." (שמ' כ"ו א').

המלה 'שני' או 'שנים' מופיעה בנפרד מהתולעת.

#### חוט השני לקשירה ולסימון

תמר ילדה ליהודה תאומים. לתאום שצריך היה לצאת ראשון קשרה המילדת שני על ידו. אך הוא יצא שני, כי אחיו פרץ ראשונה: "ויהי בלידתה ויתן יד ותקח המילדת ותקשור על ידו שני... ואחר יצא אחיו אשר על ידו השני ויקרא שמו זרח" (ברא' ל"ח כ"ט-ל'). צבע שני הוא צבע זורח, זוהר ועל כן נאה ומתאים לילוד הנקשר השם זרח.

חוט השני שמש להצלת והורדת המרגלים מביתה של רחב, והצלה להעלאת משפחת רחב לביתה. בחוט השני הזה יש סימן ותקוות הצלה. "הנה אנחנו באים בארץ, את תקוות חוט השני הזה תקשרי בחלון אשר הורדתנו בו, ואת אביך ואת אמך ואת אחייך ואת כל בית אביך תאספי אליך הביתה" (יהו' ב' י"ח).



## א. לבוש בצבע השני

לבוש הצבוע בצבע שני הוא בגד יקר ערך. "בנות ישראל אל שאול בכינה המלבישכם שני עם עדנים המעלה עדי זהב על לבושכן (שמב' א, כ"ד). וכן אומר הנביא: "...מה תעשי כי תלבשי שני כי תעדי עדי זהב כי תקרעי בפוך עיניך, לשוא תתיפי מאסו בך עוגבים, נפשך יבקשו" (ירמ' ד' ל').

למלבוש השני מתאימה תוספת התקשטות בעדיי זהב וכחילה בפוך העינים. הדור והתיפות, צביעת השפתים בשני: "כחוט השני שפתותיך" (שה"ש ד' ג). אשת החייל לבושה שני "כי כל בית לבוש שנים" (משלי ל"א, כ"א).

צבע השני הוא הניגוד לצבע השלג הלבן, המסמל טוהר, לעומת אודם תולע השני, סמל החטא והרשע: "אם יהיו חטאיכם כשנים כשלג ילבינו אם יאדימו כתולע כצמר יהיו" (ישע' א' י"ח).

השלג, מלבד לובנו, מסמל את הקור. בניגוד לשלג מלבושים ומרבדים צבועי שני מעניקים חום במשכני האדם: לא תירא לביתה משלג כי כל ביתה לבוש שנים" (משלי ל"א כ"א).

כשם שצחור השלג ולובן הצמר מנוגדים לשני, הרי אודם השני מופיע במקרא ביחד עם הארגמן אולי בגלל קרבת שני הצבעים. כמו בענין הפרוכת: "...וארגמן ותולעת שני" (שמ' כ"ו א'). בשיר השירים: "ראשך עליך ככרמל ודלת ראשך כארגמן" (ז', ו'). יש שפרשו כי 'כרמל' הינו צבע השני, כי צבע זה בשפות שמיות שונות כגון ערבית נקרא קרמז. וכך תרגם רס"ג בתפסיר בערבית למילים תולעת שני קרמז, ובפרסית זקם שפירושה תולעת. התרגומים הארמיים פירשו ססגונא או זהורי זהוריתא. אך אלה שרצו לראות בשער הכרמלי של העלמה צבע קרמז, היינו שני, אין להם מה להסתמך על תרגום רס"ג והתרגומים הארמיים, כי לא פירשו ותרגמו 'כרמל' כקרמז או כזהוריתא. אולם בשל כך אי אפשר לדחות כליל את הרעיון כי 'כרמל' הוא הקרמז, הן בשל דמיון המילים כרמל - קרמז, וכן בקיום הצירוף כרמל - ארגמן בזהות לצירוף 'וארגמן ותולעת שני'. יותר מזה, הכרמיל מופיע ברשימת חמרי הצבע עם ארגון ותכלת, בין חמרי הבניה לבניית המקדש ע"י שלמה. "ובארגון וכרמיל ותכלת" (דבה"ב ב' ו') ועוד "...בארגמן בתכלת ובבוץ ובכרמיל" (שם י"ג).

פירושו של הראב"ע מחזק את הדעה ששער העלמה משיר השירים צבוע בכרמיל, וזה לשונו: "יש אומרים הר הכרמל ואיננו, וכן בדברי הימים כתוב וכרמל עם ארגמן".

חירם מלך צור שלח לשלמה אמן ממשפחה מעורבת. אמו משבט דן ואביו צורי: "ועתה שלחתי איש חכם ויודע בינה לחירם אבי. בן אשה מבנות דן ואביו צרי יודע לעשות בזהב ובכסף בנחושת בברזל באבנים ובעצים בארגמן בתכלת ובבוץ ובכרמיל..." (דבה"ב ב' י"ב - י"ג). שני אמנים אחרים קודמים היו בצלאל בן אורי בן



חור למטה יהודה ואהליאב בן אחיסמך למטה דן (שמו' ל"ה, ל"ח) "ורקם בתכלת ובארגמן ובתולעת השני ובשש".

אמני הצביעה היו במעמד כלכלי גבוה, על כך למדים: "האכלים למעדנים נשמו בחוצות, האמנים עלי תולע חבקו אשפתות" (איכה ד'ה').

## ב. שמושי השני

### א צרכים דתיים

(1) טהרת המצורע - "את הצפור החיה יקח אתה ואת עץ הארז ואת שני התולעת ואת האזוב וטבל אותם ואת הצפור החיה בדם הצפור השחוטה על המים החיים (ויק' י"ד, ו'). ה'מדרש הגדול' לפר' מצורע שם: ושני-יכול פיקס? ת"ל: תולעת, יכול אחד מן הצבעים? ת"ל: ושני. הא כיצד? - זו זהורית טובה, יוחנן בן דהביי אומר: 'שני תולעת' - השני שבתולעת. ומניין אם טעמה פסלה? ת"ל: ושני תולעת... ושני תולעת - זה שאומרים לו מה שני תולעת הזה תחילתו לבן ונשתנה ע"י האור ונעשה שני תולעת, אף אתה שהגבהת עצמך תחילה ונעשית גס רוח, עכשו חזור בך והשפל דעתך כדי שיקוים עליך: "אם יהיו חטאיכם כשנים כשלג ילבינו".

(2) למי אפר הפרה האדומה. "ולקח הכהן עץ ארז ואזוב ושני תולעת והשליך אל תוך שריפת הפרה" (במד' י"ט, ו'). מדה"ג פר' חוקת: "ושני - יכול אחד מכל הצבעים? ת"ל תולעת או תולעת זה לבן? ת"ל 'ושני', הא מה הדבר השני שבתולעת? ר' שמעון אומר המשונה שבתולעת.

(3) כמרכיב לפרוכת ולמסך. מלבד מיני מתכות בני ישראל תרמו גם: "תכלת וארגמן ותולעת שני ושש ועזים" (שמ' כ"ה, ד'). "ועשית פרכת תכלת וארגמן ותולעת שני ושש משזר מעשה חשב יעשה אותה כרובים... והבדילה הפרכת לכם בין הקדש ובין קדש הקדשים" (שמ' כ"ז, א'). "ועשית מסך לפתח האהל תכלת וארגמן ותולעת שני ושש משזר מעשה רקם" (שם ל"ז). ליריעות המשכן - "ואת המשכן תעשה עשר יריעות שש משזר ותכלת וארגמן ותולעת שני" (שמ' כ"ו, א'). מסך שערי החצר - "ולשער החצר מסך עשרים אמה תכלת וארגמן ותולעת שני" (שם כ"ז ט"ז). בגדי הכהנים - "ואלה הבגדים אשר יעשו חשן ואפוד ומעיל וכתנת תשבץ מצנפת ואבנט ועשו בגדי קדש לאהרן אחיך ולבניו לכהנו לי. והם יקחו את הזהב ואת התכלת ואת הארגמן ואת תולעת השש" (שמ' תצוה כ"ח ד-ה'). מדרש לפרכת - "ויעשו את הפרכת תכלת וארגמן וכרמיל ובוץ תוכו רצוף אהבה - ר' יודן אמר זו זכות התורה וזכות הצדיקים העוסקים בה. ר' עזריה בשם ר' יודה בשם ר' סימון אמר זו שכינה (שהש"ר ג', י"ז).

(4) לקשירת השעיר המשתלח - "והשעיר אשר עלה עליו הגורל לעזאזל, יעמד חי לפני ה' לכפר עליו לשלח אתו לעזאזל המדברה" (ויק' אחרי מות ט"ז י').



משנה: "מה היה עושה? חולק לשון של זהורית, חציו קשר בסלע וחציו קשר בין שני קרניו, ודחפו לאחוריו והוא מתגלגל ויורד ולא היה מגיע לחצי ההר עד שנעשה איברים איברים" (יומא פ"ו, מ"ו). פירש ר"ע מברטנורא לגבי הנאמר חציו...לא היה קושר כל הלשון של זהורית בסלע שמא תלבין מיד קודם דחיפת השעיר ומשמחת לבון הלשון של זהורית שמראה שכבר נתכפרו העוונות ישכח מצות הדחיפה, וידמה שכבר נשלמה המצוה, מאחר שהלבין הלשון. ולא היה קושר כולה בין קרניו שמא בשעת דחיפה יכוף השעיר ראשו תחת גופו כשיפול לאחוריו ולא יוכל לראות הלשון כשתלבין ויהיו ישראל עצבין, לפיכך קשר חציה בסלע והיא לא תלבין לחצאין עד שתגמר המלאכה כולה.

מדרש שה"ש "כחוט השני שפתותיך" (שה"ש ד', ג') זה לשון של זהורית - "ומדברך נאוה" - זה שעיר המשתלח. אמרו ישראל לפני הקב"ה: "רבש"ע, אין לנו לשון זהורית ושעיר המשתלח". אמר להם: "כחוט השני שפתותיך, רחישת פיך חביבה עלי כחוט השני של זהורית" (מדרש שה"ש ד', י"א) התרגום לפסוק "כחוט השני שפתותיך ומדברך נאוה": "ושפתוי דכהנא רבא הוו בעין צלותא ביומא דכפורי קדם ה' ומלוי הוו מהפכין חוביהון דישראל דדמין לחוט זהוריתא ומחורן יתהון כעמר נקי". תפסיר לפסוק: "ככיוט אלקרמז שפתיך ומנטקך חסן".

## ב שמושים אזרחיים

כסימן לקשירת הנולד (זרח בן תמר), סימן לבית רחב. למלבושים ולמרבדים. להתקשטות הנשים. "כחוט השני שפתותיך" (שה"ש ד', ג'). מקורות עתיקים מעידים שנשים לעסו בפיהן את הקרמס. טעמו מר וצבעו אדום-חום וכך באו פיהן חומר מכווץ- בודנהיימר בספרו "החי בארצות המקרא" עמ' 120 מצטט מסיפרו של Dioscorides מקיליקיה שחי בשנת 50 לספירה: "תולעת השני של הרלונים תשמש מכווץ טוב ממש כעפצי האלון שנגרמים ע"י צרעות העפצים".

- לצביעת אריגים, מימי התנ"ך ועד המאה ה-20.

- לריפוי - לריפוי נגע הצרעת - "והיזה על המיטהר מן הצרעת שבע פעמים" (ויקרא י"ד, ו').

- לחטוי בתים מפני מחלות-, וחיטא את הבית בדם הציפור ובמים החיים ובצפור החיה ובעץ ארז ובאזוב ובשני תולעת. (שם מ"ט, נ"א-נ"ב).

הרופא קארטהוי (1755) מזכיר מחלות שונות שרפויין באמצעות תרופות שבסיסן קרמס. מיחושי לב, לחץ דם גבוה, הפרעות קיבה ומעים, מלנכוליה, אפילפסיה, סחרחורות מחלות בדרכי השתן, מניעת הפלה הסדרת הווסת.

רופא פרסי בשם שאריף אומר: הקרמס כתרופה להסדרת הווסת ויכול להפסיקה.



## ג. תאור הכנימה

מבין החרקים יש בעלי חשיבות כלכלית ותרבותית לבני אדם, כמו דבורת הדבש, פרפר המשי, צרעת העפצים ומיני כנמות מגן שנשכחו מלב, כגון:

(1) זחלי כנימת הלכה (*laccifer lacca*).

עקב מציצתם את מוהל הצמח, הוא מפריש חומר נוזלי. על הזחלים נוצרת מסה בעובי 1 ס"מ המתגבשת ללכה ששמושה חשוב בעבוד עורות בתעשיית צבע, דבק ולהגנה על נייר ומתכות. הלכה נפוצה במזרח אסיה. מפיקים מהכנמה גם צבע אדום שהפך מתחרה החל מהמאה השתים עשרה לחומר הצבע המופק מהכרמילים בארצות אפריקה ואירופה.

(2) כנימה אחרת היא כנמת הצבר, *coccens cacti* שנחשפה לאחר גלוי אמריקה ונתגלתה על הצבר ובעיקר על המין נופאליאה. הפיקו ממנה צבע קרמס בצבע אדום סגול. הובאו קקטוסים ממכסיקו לארצות שונות: אסיה, אירופה, אוסטרליה ואפריקה. אך הכנימה לא התפתחה.

חומר הצבע של הכנימה הוא חומצה קארמינית שנותנת את צבע הקוכניל-אדום סגול, המסיס במים.

(3) כנימה אחרת היא כנימת הפנינים *margarodes polonicus*, על שם צורתה היא נמצאת על שורשי צמחים. הנקבות שמשו להפקת הצבע האדום. בימי הבינים שמש הצבע האדום במקום דם בטקס המתקיים ביום ג'ון הקדוש.

(4) כנימת הדונג הסינית *ericeus pela* נפוצה בסין, מציצת הזחלים גורמת לצמח להפריש את הדונג המשמש לתעשיית נרות, תרופות, צבעים, עבוד נייר משי.

(5) כנימת המן *trabutina manipara*, נמצאת על האשל הסיני. זחלי הכנימה מפרישים דונג בצורת ספלול שבתוכה נמצאת הכנימה. בתחילת יוני מטילה הנקבה בתוך הספלול ביצים. הזחלים הבוקעים שוהים זמן מה בספלול, ואח"כ מתפזרים.

הכנימה מפרישה את עודפי הסוכרים בצורת פרש נוזלי שנקרש בפתח הספלול. יש סברה שבני ישראל במדבר ליקטו את הסוכר וזהו המן.

## ד. תולע שני כרמיל

הוא הצבע האדום שהופק ממיני כנימות.

הסוג קרמס: מיני כנמות מגן. כשהכנימה הבוגרת מגיעה לגודל אפון משתייכים למשפחת הכרמילים. *ermesidaa*, הגוף כדורי, אין בו פרקים. למחושים יש 6 פרקים לכל היותר. הרגליים מנוונות ואינן עשויות להליכה. פי הטבעת אינו מוקף טבעת נושאת ריסים. לזכר עיני תשבץ, המורכבות רק מ-10 יחידות כל אחת. כל המינים הנמנים עם משפחה זו חיים על מיני האלוניים והם מקימים דור אחד בשנה בלבד.



שני מיני הכרמילים מופיעים באביב במספר רב על ענפיו הדקים של האלון המצוי שבצפון הארץ *kermes nehalali kermes greeni*.

הכרמילים אינם נחשבים כמזיקים לחקלאות. מימי התנ"ך ועד ראשית המאה ה-20 שמשו כמקור להכנת צבע השני לצביעת אריגים.

בפי הקדמונים נקראו בשם תולעת השני. תועלתן בעיקר ביצור צבעים ותרופות. בקצה בטן הנקבה נמצא סדק המתחיל בשולי קצה הבטן ומסתיים בפי הטבעת, לכן נקרא הסדק האנאלי.

פי הטבעת נתון בתוך טבעת כיטינית שעליה נמצאים ריסים. בכל אחד משני עברי פי הטבעת בצד הגב נמצא לוח כיטוני. משולש הנקרא מכסה.

*operculum* לוחות אלה המפורקים בבסיסם, מכסים את פי הטבעת.

המבוגרת חסרת תנועה, רגליה מנוונות או חסרות. למחוישים ישנם 7-8 פרקים. חלוקת הגוף לפרקים ניטשטשה במידה רבה. כאמור, גופן כדורי והגוף לרוב קשה ומבריק בברק מתכתי חום שחרחר או אדום. הבוגרת חסרת גפים ועינים, בעלת גפי פה מוצצות הנעוצות בענף שאליו היא צמודה בגחונה בעזרת הפרשה דונגית. סוג זה מונה עשרות מינים הנפוצים בכל מקום שבו מצויים עצי אלון. הקרמילוסים הם בני לוויה של האלונים, ותזונתם עליהם בלבד. ידועים מינים המצוים על עץ הערמון ועל מין של פסגיה ביפן.

בארץ מצוים על שלושת מיני האלונים: אלון התבור, אלון מצוי ואלון התולע.

בודנהימר תיאר חמשה מיני קרמסים.

### כרמיל התנ"ך *kermes biblicus, bodenheimer*

נפוץ לאורך גבול ישראל, לבנון והגליל מצוי בהרים בסביבות ראש הנקרה, באילון ובחניתה. הכנימה הבוגרת דמוית פרי אשחר. כדורית ואדומה עם מעטה לכה המקנה לה ברק מתכתי. מדותיה 2-4 מ"מ. במאי עד תחילת יוני משריצה הנקבה זחלים חיים. הזחלים הראשונים אדומים ואורך גופם 0.2 מ"מ - 0.3 מ"מ. לאחר נדידה על פני העץ מתישבים הזחלים בחיק ענף או ליד פקע ונזונים בגפי הפה המוצצים. הם עוברים בתרדמה את יתר חדשי הקיץ, החורף והאביב. בתחילת מרס מתעוררים עם לבלוב העצים, מחליפים מקומם ואחר כשבועים מתנשלים לדרגה שנייה. בדרגה זו יכולים להבחין בין זחלים זכריים לזחלים נקביים. האחרונות מתנשלות תוך 3-4 שבועות לדרגה שלישית בעלת גפיים מנוונות, ואחרי 2-4 שבועות שוב מתנשלות ומהן יוצאות נקבות צעירות. הזכריים, לעומתן, מתגלמים בתוך מעטה פקעת לאחר התנשלות בדרגה שלישית. מהגלמים מגיחים תוך 10-14 ימים הזכרים אדומים ומכונפים בזוג כנפיים. הם נמשכים לנקבות באמצעות ריח פרומון



המופרש מגוף הנקבות, ומפרים אותן. הנקבות משריצות זחלים הנכנסים לתרדמת קיץ, חורף, אביב וחוזר חלילה. צפורים טורפות את הנקבות ועל הנוותרות בחיים מגינות נמלי עץ מסוג קרמטוגסטר, האוספות את פרש הסוכר של הכנימות הצעירות. הנמלים בונות קן עשוי מאבקנים וחלקי צמח יבשים המחוברים עם גרגרי עפר. בתוך הקן מוגנות הנקבות מפני טורפים שונים.

#### כרמיל דפנה - *kermes spatlatus balachowsky*

דומה לקודמתה בצבע ובאורך חייה, אלא שהיא נפוצה בחורשת טל שבגליל העליון, על אלון התבור. הכנימה הבוגרת, אחת הגדולות מבין תולעי השני בארץ. אורך גופה 4-8 מ"מ, רוחבה 3-6 מ"מ, גובהה 3-5 מ"מ. לאורך גופה שקע עמוק שכאילו מחלקה לשנים. התפתחות והתעוררות הזחלים מוקדמת, עם ליבלוב אלון התבור בפברואר. הזחלים עוברים 3 התנשלויות בחדשים: מרס, אפריל, ובחודש מאי מופיעות הבוגרות. עד עתה לא ידוע דבר אודות הזכרים של מין זה. גם כאן מגינות נמלים על הנקבות והן נהנות מפרש הסוכר של הכנימות. הן נמלים ענקיות המתנפלות בנשיכות חזקות על כל המעז לגעת בנקבות הכרמיל, ובכלל זה גם על האדם. שני הכרמילים, התנ"ך ודפנה, קרוב לודאי ששימשו בעיקר לתעשיית צבע השני.

#### כרמיל מצוי או כרמיל הקוצים *kermes echinatus balachowsky*

הוא הנפוץ ביותר בין כל מיני הכרמילים, ומצוי בכל הארץ. הפונדקאי שלו הוא האלון המצוי, על כל תת מיניו. הכנימה שונה מקודמותיה בכך שמטילה ביצים כ-300-500 לשק דונג שמפרישה מתחת לגחונה. דוגרת על ביציה ועד לבקיעתם של הזחלים גופם תופח מלא, מכוסה בפלומה קמחית של דונג. אורכה 3-7 מ"מ, רוחבה 2-4 מ"מ, וגובהה 1-3 מ"מ. לאחר בקיעת הזחלים, הנקבה מתה. גופה מתקמט ומתקשה וצבעו הופך מאדום לחום כהה. הנקבה, חיה לפחות שבועיים, וללא הפריה כחודש ימים.

הזכר אדמדם בעל זוג כנפים אחד. אורכו 1 מ"מ ורחבו מחצית מ"מ חי יומיים - שלושה ולאחר ההזדווגות מת.

במין זה קימות שתי צורות התפתחות:

**ביצים** - שעוברים תרדמת קיץ-חורף, מהן בוקעים זחלים במרס-אפריל.

**זחלים** - שעוברים תרדמת קיץ-חורף ומתעוררים ביוני-יולי. הזכרים מפרים את הנקבות המטילות ביציהן.

ההתפתחות מהזחל הראשון אחרי שהתעורר באביב עד לבוגרת המטילה, נמשכת



כשלושה חדשים. הזחלים מתישבים על כל חלקי העץ בעיקר בסדקים ומתחת לקליפת העץ.

## הצבע וחומר הכרמיל

ידוע לנו מתורת האור של הפיסיקה שאור רגיל מורכב מקרניים רבות בעלות אורך גל שונה ספקטרום, שחלק מהן נמצא בתחום הנראה, אולם בעלי אורך קצר אולטרה סגוליות. חלק שני בעלי אורך גל ארוך אינפרה אדום, אותן אין אנו יכולים לראות. הקרניים הנראות הן בין 4000-8000 אנגסטרום וליתר דיוק: 3800-7200 אנגסטרום.

אם חומר מסויים בולע חלק מן הקרניים שבתחום הנראה, או עובר את החומר או את תמיסתו ומוחזר ממנו, הוא חומר צבוע. הרכבי האור נעים בין אור מונוכרומטי חד-גלי ועד לאור לבן הכולל את כל אורכי הגל בעוצמות קרינה שוות. עוצמות שונות שלל הקרינה בארכי גל שונים יוצרות איפוא את צבע הנפיצה של אור לבן במנסרה או בסריג מפצלת את האור למרכיביו החד גלים. תופעת הנפיצה כדוגמת זו המתגלית בקשת בענן, יוצרת מספר צבעים מונוכרומטים ואינה כוללת צבע חום או ורוד, המתקבלים רק מצירוף של צבעים אחרים.

התארים כהה ובהיר קשורים לעצמת הקרינה.

הצבע של עצמים שונים, תלוי גם בתופעות פיסיקליות כגון החזרה, שבירה, בליעה או צירופיהן. צבעים שעוברים דרך תווכים שונים, כגון אויר, ישתנה הרכב הקרינה - ואתו הצבע.

צבעים שאינם מתמוססים בחומר הנושא נקראים **פיגמנטים** והם מפוזרים בו כגרגירים כגופיפים, ואלו המתמוססים קרויים צבעים. (אנגלית dyes).

חומר מקשר - הוא שרף או תערובת שרפים פולימריים אורגניים המסוגלים ליצור קרום, לאגד בתוכו את הפיגמנטים המפוזרים בהם ולהידבק למשטח הנצבע.

תכונות הצבע וטיבו כגון מהירות הההתיבשות, קושי עמידות נגד כימיקלים, גמישות וכדו' תלויות בסוג השרף.

קימים ממיסים ומדללים- נוזלים אורגניים הממיסים את השרף ומקנים לצבע את צורתו הנוזלית. לאחר הצביעה, הם מתנדפים ונותר קרום הצבע.

הצבעים שמשתמשים בהם לצביעת טכסטיל נחלקים לפי שיטות הצביעה: צבעים בסיסיים- בד"כ הידרוכלורידים של בסיסים אורגניים הצובעים בעזרת צורבן mordant.

צבעים חומציים - ברובם מלחים, נתרניים של חומצות סולפוניות או קרבוכסיליות, הצובעים בעיקר פוליאמיד וסיבים חלבוניים כצמר ומשי.



צבעים ישירים רובם מכילים קבוצות אזו - N=N - ודומים במבנם הכימי ל-צ' חומציים. הם צובעים סיבים צלולוזיים.

צבעי צריבה mordant חסרים זיקה לסיבי טכסטיל, אך בעזרת צורבן כגון תחמוצות מתכתיות, צובעים בהם סיבים צלולוזיים. היום חשובים רק צבעי צריבה חומציים acid mordant, המשמשים לצביעת צמר ופוליאמיד.

## 1. צבעים בטבע החי

ביצורים מתקבלים הצבעים בשתי דרכים:

(1) כימית- ע"י ביוכרומים- חומרי צבע טבעיים.

(2) פיסיקלית ע"י סטרוקטורות של שכבות דקיקות זעירות, לוחות גבישים חסרות צבע השוברות את קרני האור למרכיביהן. הצבעים הפיסיקליים נגרמים ע"י החזרה, התאבכות, פזור ועקיפה של האור. בהחזרה גמורה מתקבל הצבע הלבן. בהתאבכות מוחזר האור הפוגע דרך שכבות רציפות של פולמים דקים וכך מתקבל גון ברק.

הצבע הכחול מתקבל כתוצאה מפיזורן של קרני אור המוחזרות דרך מערכות קולואידיות עדינות, כשהן מונחות מעל שכבת גרגירי מלאנין. צ' כזה מצוי בדגים, בנוצות של עופות.

**הצבע הירוק** נוצר לא מנוכחות פיגמנט ירוק אלא כתוצאה מחדירת אור כחול מפוזר דרך שכבות של פיגמנט צהוב. גם צבע הארגמן הוא תוצאה של צירוף האור הכחול המפוזר והאדום של ההמוגלובין שבדם.

כרומטופורים ושנויי צבע - הצבע ביצורים אינו תלוי באופן בלעדי בנוכחותו או בחסרונו של פיגמנט זה או אחר. הוא נקבע ע"י הכמות והפיזור בתא. כשגרגירי הפיגמנט מרוכזים, אין הצבע ניכר, וכשהם מפוזרים הצבע מורגש. התרכוזותם או התפשטותם של הפיגמנטים תלויים באור, בטמפרטורה, בלחות ובהורמונים. הצבע מושפע גם ממהתפשטותם או התכווצותם של תאי הפיגמנט כרומטופורום הנפעלים ע"י הורמונים. אור חזק גורם לפזור הפיגמנטים בתא. בחוליתנים טמפר' מעל 35 מעלות צלזיוס גורמת להתכווצות של המלאנופורים ובטמפ' 1-5 מעלות חלה התפשטות לחות. צפרדעים משחירות בלחות גבוהה ומחווירות בתנאי יובש. הצמחים הירוקים ניכרים ע"י הכלורופין הצהוב. והאוורנג' של פרחים, פירות ועלים, מקורם בפיגמנט מקבוצת הפלונים. הצבע הלבן של הפרחים, מקורו לרוב בפיגמנט מקבוצת אנתוכסנתונים.

טבילת החוטים או האריגים בתמיסת חומר הצבע מספקת לצביעה. בשיטה זו אפשר לצבוע גם אריגי צמר גפן (כותנה), למרות שאלה אינם מכילים קבוצות חומציות או בסיסיות. אלא שהתקשרות הצבע לאריג נעשית ע"י ספיחה פיסיקלית, ולא ע"י יצירת מלחים. בצביעה בעזרת מורדנטים מספיגים קודם את האריג במלחי



מתכות רב ערכיות. Al, Cr, Fe וכו' אשר עוברות בהשפעת הבסיסים לצורת הידרוכסידים בלתי מסיסים, הקשורים אל הסיבים באופן חזק. (מורדנט ברומית = נושך) אח"כ, משהים את הבד בתוך תמיסת חומר הצבע אשר מתחבר עם ההידרוכסידים המתכתיים של המורדנט. בתהליך צביעה זה משמשות המתכות כאמצעי חבור בין האריג לבין חומר הצבע. קיימת עוד שיטת צביעה הנעשית ע"י סינתיזה של חומר הצבע על הבד עצמו. לדוגמא: מרוים את האריג בתמיסת מלח דיאזוניום ואח"כ טובלים אותו בתמיסה של פנול או אמין ארומטי לשם קבלת צבע ע"י תגובת צמוד.

## ז. צבע השני - חומצה קרמסית

הבסיס לקבוצות הדיקליות הוא הבנזן טבעת H משושה שנוסחתה  $C^6H^6$  בעלת קשרים כפולים צמודים.



ואלו תרכבות ארומטיות

קשרים כפולים בסרוגין

כלומר בעלי 3 - קשרים כפולים

ואלו הכינונים במקום 3-קשרים כפולים יש שני קשרים כפולים בלבד בכינונים הטבעת לכן אינה ארומטית. הכינון  $O=C_6H_4I=O$  בנוז כינוו הוא תולדה של הבנזן אשר בו שני אטומי מימן הוחלפו בשני אטומי חמצן הם לכן דו קטונים טבעתיים בלתי רוויים.

אפשר ע"י חזור לקבל תרכבות ארומטיות מן הכינונים. את הכינונים אפשר להפיק בקלות ע"י חמצון הפנולים הדו ערכיים.

החומצה הקרמסית היא אנתרכינון anthrachinon

כל הכינונים הם חמרים מוצקים בעלי צבע צהוב כתום

או אדום. דבר זה אופיני לכל התרכבות המכילות מערכת קשרים כינואיצית, ולכן משתמשים בכינונים להכנת חמרי צבע.

רב עלי הכותרת של פרחים מכילים תערובת של שניים או יותר סוגי פיגמנט, כגון הצבע החום או אדום אורנג' הם מתערובת של פיגמנטים מקבוצת אנתוציאנינים וקארוטנואידים.

האדמומיות של עלי הסתו נגרמת ע"י העלמות הכלורופיל ויצירת אנתוציאנינים, המזורזת הודות לעצמת קרינה חזקה וטמפ' נמוכה.

גם חוסר מנרלים שונים כגון זרחן, סידן, בור, מחלות ופגעים שונים מביאים לידי אדמומיות בעלים ובגבעולים.



## ח. צבע ומבנה כימי

רוב התרכובות האורגניות הן מחוסרות צבע, אולם תרכובות מסוגים אחדים הן צביעות קבוצות מסוימות של אטומים וגם סדורים מסוימים של קשרים כפולים גורמים בתרכובות אורגניות לבליעת חלק מן הספקטרום הנראה ולהופעת צבע. הקבוצות והסדורים החשובים ביותר מסוג זה הם:

קבוצות אלו מסוגלות לגרום לצבע ונקראות קבוצות כרומופוריות chromophore (=יונית) נושאי צבע.

כדי לקבל חמרים בעלי צבע יותר חזק ועמוק יש צורך להוסיף למולקולות עוד קבוצות אחרות הנקראות קבוצות אוקסוכרומיות = auxochrome = מגדיל, מעמיק צבע.

החשובות ביותר הן:

כלומר: ע"י הוספת קבוצות אוקסוכרומיות מתקבלים צבעים חזקים, אך נוכחות קבוצות אוקסוכרומיות בלי נוכחות קבוצות כרומופוריות, אינה גורמת להופעת צבע. כדי שנוכל להשתמש בתרכובות צבועות - כחומר צבע, יש הכרח שהתרכובת תכיל קבוצות פונקציונליות המאפשרות קשירת המוליקולות של חומר הצבע אל סיבי האריגים בהתאם לאופי וסוג הסיב.

צמר ומשי, שהם חלבונים, מכילים קבוצות בסיסיות וגם קבוצות חומציות, ולכן כל חומר צבע המכיל קבוצה חומצית או בסיסית יכול להתקשר עם הסיבים הנ"ל, תוך יצירת מלחים בין קבוצות בסיסיות של הסיבים לבין קבוצות חומציות של חומר הצבע או בין קבוצות חומציות של הסיבים לבין קבוצות בסיסיות של חומר הצבע. לתהליך כזה קוראים תהליך של צביעה ישירה.

כאמור החומצה הקרמסית היא אנתרכינן שאותו אפשר לקבל ולהכין בקלות יחסית ע"י חמצון אנתרדן או פננתרן, ומכינים אותם גם בשיטה זו בתעשייה.

לחומצה קרמסית נתנו מספר נוסחאות:  $C_{18}H_{11}O_{19}$

אך נוסחה מעודכנת  $C_{16}H_{10}O^8$

מכנימת הצבר אפשר להפיק חומצה קרמינית הנותנת את

צבע הכוכניל (אדום סגול) שהוא מסיס במים

ואלו מהכרמילים ניתן להפיק חומצה קרמסית.

הנותנת צבע קרמון אדום מבריק שאינה מסיסה במים.



הפקת הצבע נעשה בזמן שהכנימות בתחילת הקיץ. גוף הנקבה בדמות שק מנופח מכין ביצים וזחלים שעומדים להגיח מהביצים. אז הן נאספות, נהרגות, משטחים אותן בשמש להתיבשות ולהתחמצנות, עד שנוצרת אבקה בה השתמשו לצביעה.

לפי נ"ר קונור (1937) הכינו את הצבע כרמין טחון 15 גר' טזין מקליפת העץ, 7,5 גר' אלום, 7,5 גפרית ברזל, 5 גר' מים 500 סמ"ק. תוספת גפרת הברזל נותנת צבע כחול שהופך לצהוב בהיר. הרתחה בחומצה מלחית מתקבל צבע צהוב ורוד. מצוי באתר-כתום, בחומצה גפריתית אדום יין עד ארגמן

O.Pin ושותפיו בודדו את הקרמס מהכנימה אחרי הסרת הדונג ומצויו בעזרת חומצה הידרוכלורית. קיבלו מ-5 ק"ג קרמס 50 גר' חומצה קרמית.

הכינונים הם חמרים פעילים מאד שנכנסים לתגובת ספוח ודחיסה רבות בתור דו קטונים טבעתיים בלתי רוויים. הם מראים את כל התגובות האופיניות של הקבוצות הקרבונליות ושל הקשרים הכפולים האתילניים כאחד.

המערכת של קשרים מצומצמים בכינון  $O=C-C-C-C-O$  מסוגלת לתת ספוח של שני אטומים סמוכים וכן גם תגובות סובסטיטוזה האופינית לתרכבות ארומטיות. מכאן שהכינונים הם חמרי מוצא חשובים ביותר של הכימיה האורגנית הסינטטית.

#### הבעיות שטרם הגיעו לפתרון הן:

- א. ריבוי הכנימה בתנאים מבוקרים
  - ב. הפקת הצבע מכל צורות גלגולי הכנימה-ביצה, זחלים, גלמים, בוגרים.
  - ג. קביעת כדאיות ההפקה לגבי צורות הגידול.
  - ד. בעיה נוספת, חקר הנושא ההלכתי, האם אפשר לייצר צבע השני באופן סינתטי או אפשר מאותו צבע טבעי ליצור גווני שני שונים.
- בעיות אלו טרם הגיעו לפתרון. בתקווה שנעשה ונצליח בע"ה.