

# קביעת אחוז לחות כפונקציה של מדד פעילות מים בזנים שונים של תמרים

רחל בן-צבי, צמח נסיונות

ברק צייכנר B.Sc. הנדסת מזון

צמח נסיונות, עמק הירדן טל: פקס: דא"ל:

ברק צייכנר, ת.ד. 7631 נוה-רם, רמת גן 52176 טל: 058372597 פקס: 035743807

## תקציר:

במאמר זה, אנו מדווחים על עקומות ספיחה איזותרמות של מים ב- $25^{\circ}\text{C}$ , בתמרים בשלים מהזנים אמרי (n=20) ומגיהול (n=26), ממטעים בעמק הירדן. קביעת הלחות נעשתה בתנור ואקום, בטמפרטורה של  $65^{\circ}\text{C}$ , בתת לחץ של 65-70 ס"מ כספית.

לקביעת פעילות המים, השתמשנו במכשיר (pAwkit, Decagon Devices, Washington). חושבו השונות וסטית התקן ללחות ולפעילות המים עבור הזנים השונים. נמצא מתאם של 0.96 בזן אמרי, ומתאם של 0.94 בזן מגיהול בין אחוז הרטיבות לבין פעילות המים ( $A_w$ ).

מסקנתנו היא שניתן להשתמש במדד של פעילות מים לקביעה של לחות בתמרים בשלים. הבדיקה במכשיר של Decagon ניתנת לביצוע במטע התמרים או במעבדה והתוצאות מתקבלות בתוך דקות ספורות.

מילות מפתח: תמר, איזותרמה, ספיחה, פעילות מים, רטיבות

## מבוא:

### **בדיקות לחות בתמרים:**

לחות הוא מדד הנכלל בהגדרת הדרישות למוצר של לקוחות התמרים. בתקן הישראלי לתמרים (ת"י 1251) מוגדרת הלחות הנדרשת במוצר. לגבי הזנים הפשוטים (חדראוי, חלאוי) נדרשת לחות (על בסיס משקלי) של 16-18%, משיקולים של מרקם הפרי וחיי המדף שלו. זנים יוקרתיים, כמו מגיהול עסיסי, משווקים באחוזי לחות גבוהים בהרבה. לגבי מוצר זה אין הגדרה או דרישה ברורה של הלקוח לגבי אחוז הלחות הנדרש וההתייחסות היא למרקם ולחיי המדף הנדרשים בלבד. בבדיקה של תמרים ליצוא מצפון אפריקה, אחוז הלחות בתמרים הנשלחים לאריזה ולשיווק, משתנה בטווח ערכים של עד 25%. (BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000).

השיטה התקנית של AOAC לקביעת אחוז הלחות במוצרים היא גרבימטרית – על ידי תנור יבוש. מוצרים עתירי סוכר לא ניתן ליבש בטמפרטורה של  $105^{\circ}\text{C}$  ולכן יש צורך ליבשם בתנור ואקום, בטמפרטורה נמוכה יותר. השיטה המקובלת לקביעת של אחוז הלחות בתמרים מבוצעת על דוגמה של כ-20 תמרים. התמרים נטחנים במטחנת בשר. החומר הטחון מעובב היטב ומיובש במשך 48 שעות בתנור ואקום בטמפרטורה של  $65^{\circ}\text{C}$  ובתת לחץ של 65-70 ס"מ כספית. קימות שיטות המקצרות את התהליך התקני. אחת השיטות המקובלות בתעשיית המזון היא שימוש במשקל יבוש מעבדתי. משך הבדיקה בין 15-45 דקות. דגימה של תמרים נטחנת ומונחת בכורית מתכת מרופדת בנייר סופג. הדוגמא מוקרנת במקור חום כמו נורת הלוגן ומיובשת עד להתייבבות המשקל. יש בבדיקה זו מידה מסוימת של סטיה מאחוז הרטיבות האמיתי, כיון שמרכיבים אורגנים נשרפים בבדיקה.

שיטת בדיקה אחרת לקביעת אחוז לחות, מבוססת על מדידת מוליכות התמר. נמצא שיש התאמה בין מוליכות התמר לבין אחוז הלחות בתמר בתחום הלחות שבין 10-12% לחות ובתחום 24-25% לחות. קו הרגרסיה בין המוליכות לאחוז הרטיבות אינו קו רגרסיה ליניארית, כי אם לוגריתמי. בלחות גבוהות יותר קו רגרסיה זה אינו מתקיים. מכשירי המדידה התקניים והמכשירים שהותאמו למדידת הלחות על פי המוליכות עובדים על מתח חשמלי מרשת ומשך הבדיקה

כ- 30 שניות. בדיקה זו מתאימה לזנים יבשים ואינה מתאימה למוצרים העסיסיים, ששעורי הלחות בהם גבוהים יותר.

#### **פעילות מים :**

פעילות מים (WATER ACTIVITY =  $A_w$ ) היא הבדיקה הקובעת לאפיון עמידות (חיי המדף), פעילות אנזימטית, פעילות כימית ולפעמים גם מרקם במוצרי מזון (FONTANA, 2000).

פעילות מים מבטאת את נטית המים להשתחרר ממוצר המזון (מים חופשיים). פעילות מים של מוצר מזון שווה ללחות היחסית של האוויר בשיווי משקל עם אותו מוצר בתא מדידה סגור. תכולת מים ופעילות מים מתארים את מצב המים של מוצר המזון. (FONTANA, 2000).

FAO/OMS הינו קודקס מזון הקובע את הדרישות ממזון משווק בעולם. (FAO, 1993 בתוך BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000). פעילות המים של תמרים צריכה להיות פחות מ 0.65 על מנת שיעמדו בדרישות הביוכימיות והבקטריאליות של FAO. (BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000)

עקום ספיחה של מים לתמר, מראה על היחס בין פעילות המים לבין תכולת המים של התמר בטמפרטורה קבועה. העקום אינו בעל התנהגות לינארית לכל אורך עקומת הספיחה.

משתמשים בעקומות ספיחה של מים (פעילות מים כנגד לחות התמרים) להערכת האינטראקציה שבין חומר מוצק (תמר) לאדי המים באטמוספירה. מדדים אלה נלקחים, משך אחסון ותהליך הייבוש וכן להערכת האינטראקציה שבין מוצק עם אדי המים באריזה לאחר אריזה.

(BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000).

ביצירת עקום הספיחה של תמר חשוב לציין את הטמפרטורה בה בוצעו הבדיקות ואת זן התמר הנבדק (KECHAOU, BAGANE, MAALEJ, KAPSEU 1996) בתוך (BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000).

ישנם מחקרים המראים על קורלציה בין עקומות ספיחה להרכב הביוכימי של התמרים (MYHARA, TAYLOR, SLOMINSKI, AL-BULUSHI 1998) בתוך (BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000).

קיימים שני מודלים סטטיסטיים המתארים יחס בין תכולת מים לבין פעילות מים -

מודל BET ומודל GAB

(BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000).

המודל המועדף כיום הוא מודל GAB המתאר את היחס בין פעילות מים לבין תכולת מים במוצר באמצעות רגרסיה לא לינארית לכל אורך עקום הספיחה של המים.

במשוואה זו :

$A_w$	פעילות מים
$X$	תכולת מים על בסיס יבש (גרם/ 100 גרם חומר יבש)
$X_m$	תכולת המים של הרקמה הפולטת מים לאויר (גרם/ 100 גרם חומר יבש)
$K$	קבוע המתייחס לתכונות התמר
$C$	קבוע המתייחס לחום ספיחה

$$X_m = \frac{X_m \circ K \circ C \circ A_w}{(1 - KA_w)(1 - A_w + KCA_w)}$$

במחקרם של BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000, מצאו שבטיפול בנתונים הסטטיסטיים, K שואף תמיד ל-1 (מודל BET). החוקרים הזהירו מטעויות היכולות לנבוע מחישוב העקומה באמצעות רגרסיה לינארית במקום רגרסיה לא לינארית.

## שיטות וכלים

### מקור הפרוי

כל דגימות התמרים נלקחו מבית האריזה צמח תמרים, מפירות גדיד 2001.

### הכנת הדגימות

נבדקו תמרים מהזנים אמרי, מגיהול, חדראוי וחלאוי וכן נבדקה תערובת של תמרים דחוסים.

מכל זן נבדק נלקחה מנה של מאה תמרים לפחות. בחלק מהזנים (אמרי ומגיהול) נלקחו מספר מנות של תמרים כנ"ל. התמרים בכל מנה מוינו ביד על ידי מישוש ועל פי מראם לקבוצות שנראו כבעלות לחות שונה. בכל קבוצה היו 20-30 תמרים, לפחות. התמרים בכל קבוצה גולענו, נטחנו במטחנת בשר חשמלית והעיסה

שהתקבלה ועורבבה היטב ביד ע"י לישה. החומר שהתקבל שימש כדגימה לבדיקות הלחות ופעילות המים. דגימות נוספות התקבלו ע"י ערבוב חומר מדגימות שונות ביחסים שונים.

דגימות התמרים הדחוסים נלקחו ממספר מחזורי לבנים שהוכנו בבית האריזה בקו המסחרי. חלק מהדוגמות נלקחו מלבנים לפני היבוש, חלק – במהלך היבוש וחלק – לאחר גמר היבוש. כל דגימה נטחנה ועורבבה כמתואר לעיל. גם כאן הוכנו דוגמות נוספות ע"י ערבוב חומר מדוגמות שונות ביחסים שונים.

### בדיקת פעילות המים

הבדיקה בוצעה במכשיר pAokit (Decagon Devices, Washington). חומר דגימה מולא בכוסית המכשיר וזמן הכליאה הנדרש עד להתייצבות הקריאה היה 6-10 דקות (קריאה אחת ולאחר מכן קריאה נוספת). טמפרטורת המדידה היתה  $25^{\circ}\text{C}$ .

### בדיקת הלחות

כ- 5 ג' חומר מכל דגימה נמרחו בקופסת יבוש. הקופסות המלאות הוכנסו לייבוש למשך 48 שעות בתנור ואקום, בטמפרטורה של  $65^{\circ}\text{C}$  ובתת לחץ של 70 ס"מ כספית. אחוז הלחות חושב על פי איבוד המשקל במהלך היבוש.

### תוצאות

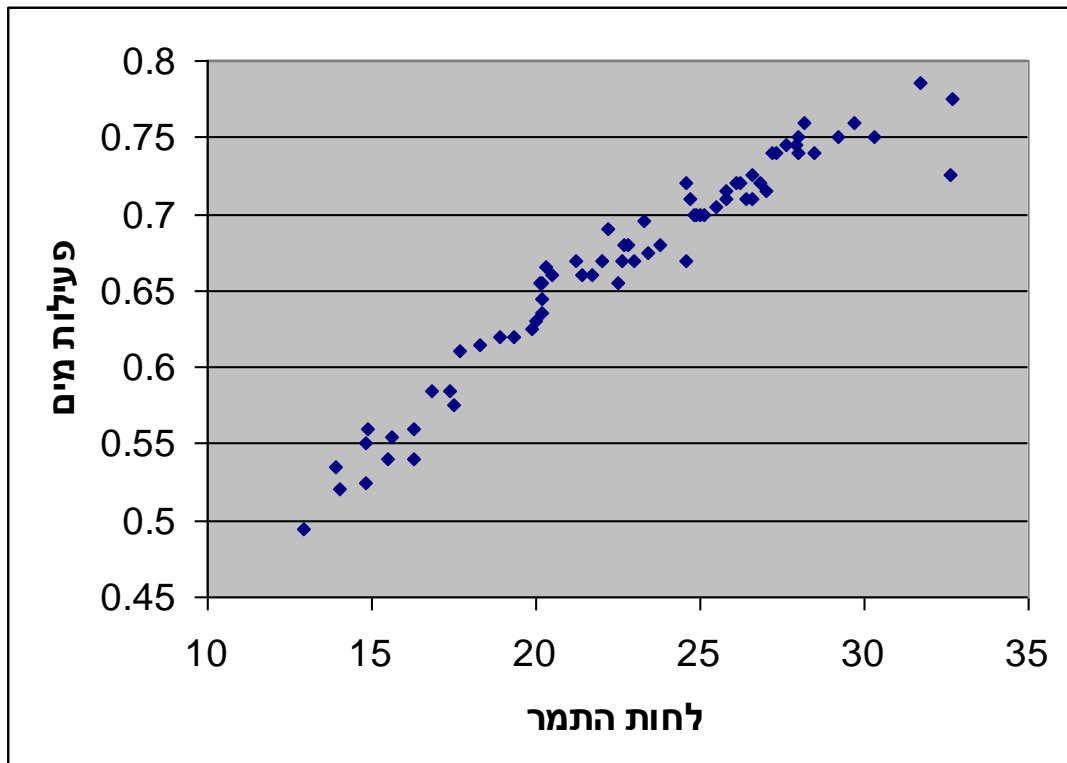
הדגימות שנבדקו היו בטווח לחות 12.9-32.7% (STD=4.7; R=19.8), כאשר טווח פעילות המים שנמדד היה 0.49-0.77 (STD= 7; R=28). המתאם שהשתמשנו בו למדידת הקשר בין שתי קבוצות הנתונים (לחות ופעילות מים) חסר תלות ביחידת המדידה. חישוב המתאם בין קבוצות הנתונים מחזיר את השונות המשותפת של שתי קבוצות הנתונים, מחולקת במכפלת סטיות התקן שלהן:

$$\rho(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma(x) \circ \sigma(y)}$$

בין אחוז הלחות לבין פעילות המים ( $A_w$ ) נמצא מתאם 0.96 לזן אמרי בין אחוז רטיבות לפעילות מים, ומתאם של 0.94 לזן מגיהול בין אחוז רטיבות לפעילות מים. נאספו נתונים מעטים בתמרים דחוסים ( $n=11$ ) בחדראוי ( $n=9$ ) ובחלאווי ( $n=3$ ).

בחישוב המתאם בין אחוז הלחות לבין פעילות המים ( $A_w$ ) עבור כלל התמרים שנדגמו נמצא מתאם של 0.97 .

השתמשנו בתוכנת גיליון אלקטרוני MICROSOFT EXCELL לקביעת השיפוע (SLOPE) והחיתוך של ציר פעילות המים (INTERCEPT) עבור כלל התמרים שנדגמו. השיפוע שנמצא באמצעות רגרסיה לינארית הוא 0.015 (m) ; החיתוך של ציר פעילות המים הוא ב- 0.33 (b).



**עקום ספיחה המתאר לחות תמרים כנגד פעילות מים**

משוואת הרגרסיה תהיה :

$$A_w = 0.015 \cdot X + 0.33$$

כאשר

X לחות התמרים

$A_w$  פעילות מים

## דין

הערכתנו היא כי למרות אזהרות חוקרים שלא להשתמש ברגרסיה לינארית לקביעת מתאם בין לחות של תמרים לבין פעילות המים של תמרים (BELARBI, AYMARD, MEOT, THEMELIN, REYNES 2000), ניתן להשתמש ברגרסיה לינארית לתמרים בעלי לחות בטווח של 10-35% לחות. כאשר המטרה אינה אמפירית לקביעת עקומת ספיחה בין פעילות מים 0 ל 100 כפי שעשו החוקרים שסקרנו, אלא מתוך מטרה לכוון את משוואת הרגרסיה לאיזור בו אין "רגרסיה לממוצע". המדד החזוי לא "יסוג" לכוון המדד הממוצע. ה"רגרסיה לממוצע" מבטאת את אי הבטחון שלנו במדד כחזאי בתנאי קשר חלש. כאשר הקשר חזק, הבטחון שלנו במדד כחזאי גבוה וכמעט אין "רגרסיה לממוצע". המעמד היחסי החזוי,  $y$ , יהיה בהתאם למעמד היחסי ב -  $x$  (דרום, 1993). לבדיקת פעילות מים קיים ערך מוסף כלכלי. כיום משווקים תמרים, כאשר המדד הוא אחוז רטיבות, שנקבע על ידי הלקוח. אם יוצג ללקוח מדד, אשר מבטא את חיי המדף של התמר ומאפשר שיווק של אותו תמר בדרגת עסיסיות (לחות) גבוהה יותר, ניתן יהיה לשווק תמרים כ"מוצרים חדשים".

הבנה מלאה של האינטראקציות של מים בזנים שונים של תמרים, יפעל לטובת שיפור איכות התמרים בזמן אחסון ולאריזה מתאימה של התמרים. המשך עבודתנו יעשה על ידי עיבוי מסד הנתונים לתמרים מזנים שונים.

ביבליוגרפיה:

תקן ישראלי 1251 (1992), תמרים יבשים, מכון התקנים הישראלי  
דרום א. (1997), רגרסיה לינארית, אוניברסיטת בר אילן, 19-40

Belarbi, A. Aymard, Ch. Meot J.M. Themelin, A. Reynes, M. (2000), *Journal of Food Engineering*, Vol 43, 103-107

Fontana, A.J. (2000), Understanding The Importance of Water Activity in Foods, *Cereal Foods World*, Vol 45, No. 1, 7-10