

מאגדות התזונה:

אגדת גרהאם: בת הטוחן – כשקליפות הופכות זהב

על סיבים תזונתיים, תזונה ובריאות

לימור בן חיים

דיאטנית

מרכז רפואי תל אביב, עתיד – עמותת הדיאטנים

הקדמה

ארצות הברית, שנות השלושים של המאה ה-18, באירופה מתחוללת מגיפה קטלנית – מגיפת הכולרה, המפילה מיליונים מתושבי אירופה. הכומר סילבסטר גרהאם מטיף למאמיניו לעשות שינוי דרמטי בתזונה ובהרגלי החיים שלהם כדי להינצל מהמגיפה האיומה – "אכלו כמו אדם וחווה" אמר, ויותר מכך הוא סבר **שסובין החיטה** הינו המרפא לכל התחלואים. והוא לא רק הטיף, הוא יצר ופיתח את **קמח גרהאם** – קמח הנטחן על כל חלקי הגרעין (אנדוספרם, קליפה, נבט) הידוע מאז ועד היום כ'מותג' הקמח המלא, עשיר הסיבים הראשון. ומאז הפך הסיפור לאגדה – אגדת גרהאם - קליפות, זהב, בריאות והרבה מוצרים על שם גרהאם: קמח, לחם קרקרים ואפילו דגני בוקר. כמה שנים לפני סילבסטר גרהאם, ממציא הקמח על קליפותיו, מספרים לנו האחים גרים אגדה אחרת, אגדת בת הטוחן. שם, בגרמניה, מספר הטוחן למלך הגדול שביתו הצעירה יכולה להפוך את הקש, קליפות החיטה... לזהב. הבת הבלונדינית שלא למדה תזונה, קצובה יומית לסיבים או מטה אנליזה על סיבים ומניעת מחלות הייתה כמו טיול לירח, חשבה שסופה נגזר, כי אי אפשר להפוך קליפות לזהב, גם אם את בלונדינית. הסיפור סיפור, אבל מוסר ההשכל דומה – קליפות, זהב ובריאות.

אז איך הפכו הסיבים התזונתיים 'לזהב' תזונתי אותו אנו לא מקלפים, מעשירים, ומוסיפים לתזונה שלנו כדי להילחם במגיפות העולם הישן והעולם החדש – זו הגדת הסיבים התזונתיים.

מגרים לגראהם ל - 2020 NutriNet-Sant

היום אגדות, סיפורי סבתא ורפואה מסורתית צריכים להוכיח עצמם במדע מבוסס עובדות. NutriNet-Sant ממחקרי העוקבה הגדולים בעולם העוקב אחר אוכלוסיות שונות באירופה הציג נתונים שפורסמו השנה 2020 בנוגע לקשר שבין צריכת סיבים תזונתיים וסיכון לתחלואה ותמותה ממחלות כמו סרטן, סוכרת מסוג 2 ומחלות לב וכלי דם. (1)

המחקר כלל 107,377 משתתפים שדווחו באמצעות שאלוני תזונה חוזרים מסוג recall 24 ובדק את הסיכון היחסי לתחלואה ותמותה ממחלות אילו הן ביחס לסך הסיבים התזונתיים הנצרכים הן ביחס למקורות המזון מהם מגיעים (ירקות, פירות, דגנים, קטניות) והן ביחס לסוג הסיבים התזונתיים מסיסים או בלתי מסיסים. הסיכון היחסי חושב באמצעות מודל רב משתנים.

הסיכון לסוכרת מסוג 2 היה קשור באופן שלילי לצריכת סך הסיבים התזונתיים בתפריט כאשר היחס בין חמישון הצריכה העליון לתחתון היה

1: 0.59 (95% CI: 0.42, 0.82), $P_{trend} < 0.001$],

ביחס לסיבים בלתי מסיסים הסיכון היחסי בהשוואה בין החמישונים היה

[HR: 0.77 (0.56, 1.08); $P_{trend} = 0.02$],

וסיכון נמוך יותר בצריכה של סיבים בלתי מסיסים בהשוואה בין החמישונים

[HR: 0.69 (0.50, 0.96); $P_{trend} = 0.004$]

סיבים מסיסים היו קשורים יותר בהפחתת סיכון למחלות לב וכלי דם ותמותה מסרטן מעי גס בעוד שסיבים בלתי מסיסים היה קשורים בקשר הפוך לתמותה מסרטן ומחלות לב וכלי דם. סיבים תזונתיים מפירות נמצאו כקשורים להפחתת הסיכון למספר מחלות כרוניות כמו מחלות לב וכלי דם, סרטן מעי גס וסוכרת מסוג 2.

תוצאות מחקר זה מדגימות שצריכה של סיבים תזונתיים קשורה באופן הפוך לסיכון למספר מחלות כרוניות.

מה שנאמר כבר על ידי הכומר גראהם: "סובין הוא מרפא לכל".

גרף מספר 1: צריכה של סיבים תזונתיים ותמותה ממחלות שונות

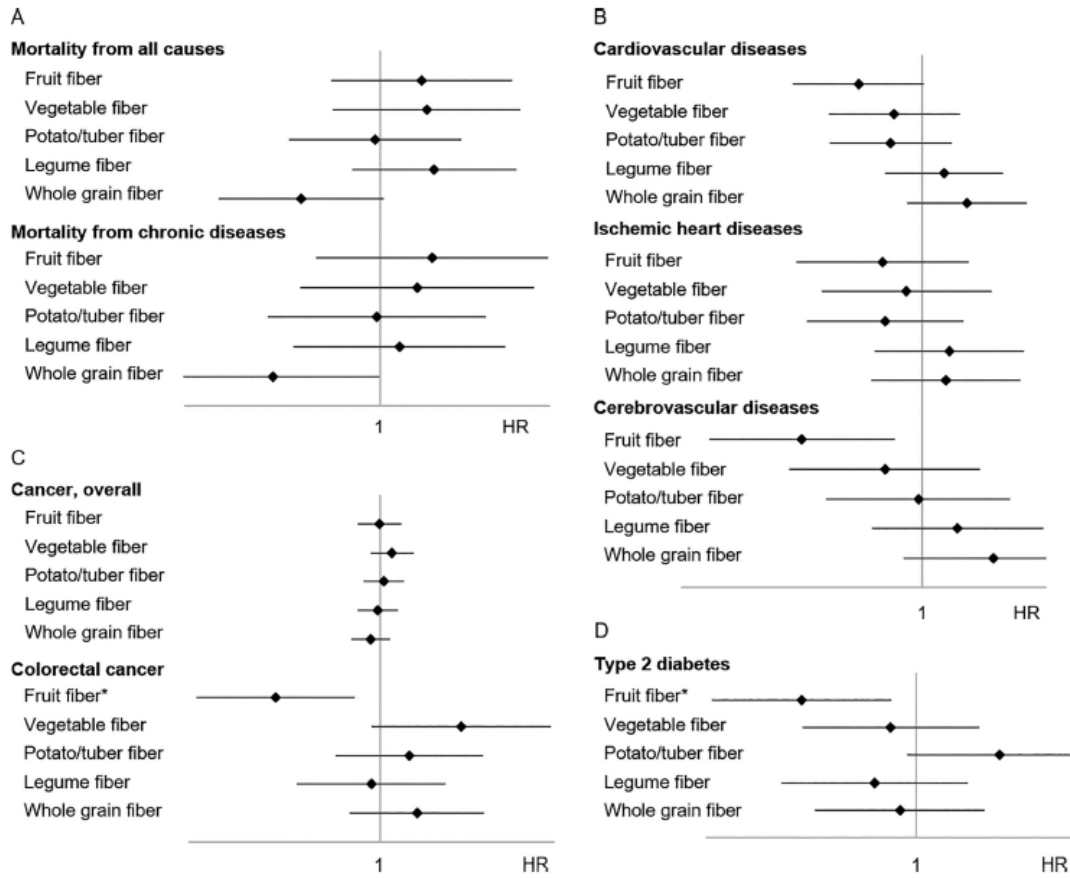


FIGURE 2 Associations between the consumption of dietary fibers from different sources and (A) mortality (all causes and from cancer or cardio- and cerebrovascular diseases; N = 89,896), (B) cardiovascular disease risk (overall, ischemic heart diseases, cerebrovascular diseases; N = 87,278), (C) cancer risk (overall and colorectal cancer; N = 83,877), and (D) the risk of type 2 diabetes (N = 87,295), from multiaadjusted Cox proportional hazards models, NutriNet-Santé cohort, France, 2009–2019. Diamond points and associated horizontal line represent the HR and 95% CI for quintile 5 compared with quintile 1 of the intake from the corresponding fiber source. For legume and whole grain fibers, sex-specific quintiles could not be created due to the limited number of consumers. The displayed HR and 95% CI are therefore for quartile 4 in consumers (sex-specific) compared with nonconsumers. All HR and 95% CI are shown in Supplemental Table 3. Significant *P* for trend across quintiles are indicated with an asterisk (*).

מקליפות לזהב – הגדרה לסיבים תזונתיים

התפיסה לגבי סיבים תזונתיים התפתחה במשך שנים רבות וגם כיום אין הסכמה מלאה לגבי ההגדרה המדויקת שלהם, מה שמקביל קצת לאופנים השונים בה מספרים אגדות במהלך השנים.

המונח 'סיבים תזונתיים' התפתח מההיפותזה שגם קליפות הן זהב, כלומר שהוצאה או הוספה של מזון שאינו מעובד ועשיר בסיבים תזונתיים מהתזונה שלנו הינם בעלי השפעה על בריאות הציבור. (2)

Hipsley בשנת 1953 טבע לראשונה תפיסה זו לגבי סיבים תזונתיים, בעקבות תצפיות שלו לגבי השפעת אכילת סיבים על הפחתה בשכיחות של מספר מחלות.

למרות שבהתחלה לא יוחסה להשערה זו רלבנטיות רבה, במספר מאמרים חדשים אז מאת Trowell הוצג חזון רחב יותר ומידע רב יותר באותו זמן לגבי ההשפעות של הסיבים התזונתיים. מה שהביא למה שהינו כבר היום היסטוריה - ההגדרה הראשונה לסיבים תזונתיים על ידי Trowell לפיה, סיבים תזונתיים הינם:

"רכיבים צמחיים שאינם מתעכלים על ידי האנזימים של בני האדם הכוללים צלולוז, ליגנין, חומצה יורונית (acids uronic), המיצלולוז ועוד."

היום זה אולי נראה לנו ברור, אך יש לזכור שבשנת 1972 בעולם התזונה עדיין משתמשים במושגים פחמימות זמינות ולא זמינות. הגדרה מקובלת עוד משנת 1929, שנטבעה על ידי McCance and Lawrence, שעל פיה פחמימות שאינן זמינות הן אילו שאינן עוברות פירוק במערכת העיכול של האדם ולכן לא נספגות באופן ישיר.

Trowell עוד טרח ודייק כאשר הצהיר שהמונח crude fiber אינו מילה נרדפת לסיבים תזונתיים. מושג זה crude fiber נטבע לפני ההגדרה של סיבים תזונתיים, והתייחס לחלק המצוי במזון שהינו עמיד להרתחה בבסיס וחומצה – מה שהיום מוכר כסך הצלולוז והליגנין בלבד במזון.

כבר אז ידע Trowell להפריד את המושג מהתבן שכן ההגדרה שלו הייתה תפקודית - היכולת למנוע תחלואה. אבל גם הוא לא ידע לזקק את כל הזהב בהגדרתו את הסיבים התזונתיים, שכן הוא יחס אותם רק לאותם חלקים המצויים בדופן התא הצמחי. בינתיים כמו באגדת בת הטוחן שלמדה לאט לאט את השיטה איך לטוות זהב מקליפות, משכללים את השיטות, התהליכים להפרדת ולמיצוי הקבוצות השונות של הסיבים התזונתיים.

במהלך תקופת זו עולה ההתעניינות ברכיבים שלא נכללו קודם כחלק בסיבים התזונתיים שכן אילו הקטנים נמלטו משיטות ההפרדה שהיו מקובלות אז מצד אחד, אך מצד שני מילאו אחר ההגדרה – אינם עוברים פירוק על ידי האנזימים של מערכת העיכול האנושית.

לאחר כמה סקרים בין לאומיים שנערכו על ידי Lee ו Proskey הוסכם להכליל בהגדרה גם אוליגוסכרידים שאינם מתפרקים (nondigestible oligosaccharides -NDO) וכמו כן את העמידים החדשים – עמילנים עמידים (RS - resistance starch).

וזו הייתה אכן מהפיכה שכן הובילה לחלוקה ולמיון של פחמימות על פי דרגת הפולימיריות שלהם (DP - degree of polymerization), הרכב והשפעות פיזיולוגיות שלהם, מה שאפשר להגדרה חדשה זו לכלול פחמימות נוספות כמו: פרוקטנים, פרוקטאוליגוסכרידים (FOS), גלקטאוליגוסכרידים (GOS), פולידקסטרוז וכמובן עמילנים עמידים.

בשנת 2006 במושב ה- 27 של ה- Codex Committee בנושא תזונה ומזון, נקבעה הגדרה חדשה ומלאה לסיבים תזונתיים:

"פולימרים של פחמימות עם דרגת פולימיריות לא קטנה מ- 3, אשר אינם מתעכלים או נספגים במעי הדק..."

"כמו כן סיבים תזונתיים הינם פולימרים של פחמימות המצויים באופן טבעי במזון כפי שהוא נאכל או מופקים מחומר הגלם הצמחי באופן אנזימטי, כימי, אך אינם פולימרים סינטטיים של פחמימות."

צריכות להיות להם השפעות פיזיולוגיות כמו:

האטת מעבר מזון במעי, הגדלת נפח (bulk) הצואה, התססה על ידי המיקרופלורה (מושג ישן) במעי, הורדת רמות הסוכר / אינסולין לאחר ארוחה."

עוד שינוי קטן בהגדרה נעשה בשנת 2009 ומאז ועד היום לסיבים, כמו לזהב, יש הגדרות חוקיות המשתנות ממדינות שונות ואף גורמי בריאות שונים (WHO, FDA, EFSA ואפילו משרד הבריאות הישראלי) – מה שאומר שלכל מדינה יש את המטבע שלה להגדרה של מה הם סיבים תזונתיים במזון הלאומי שלה.

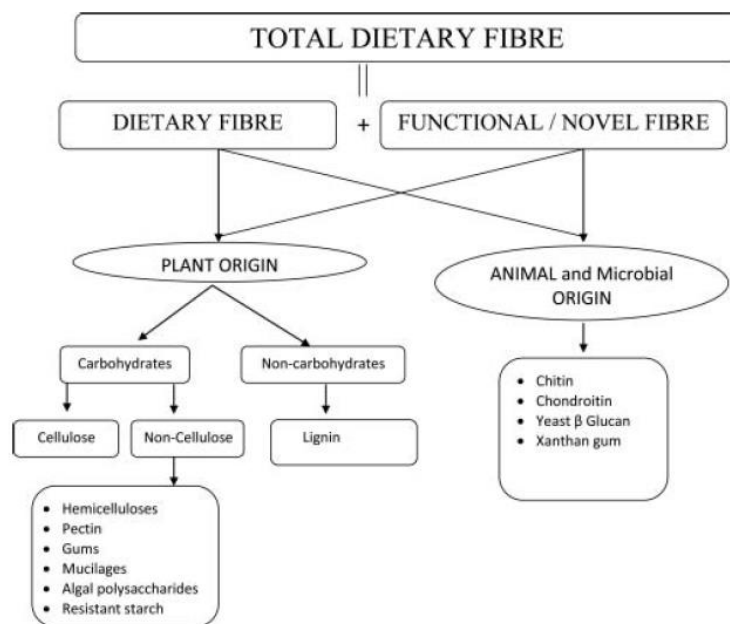


Figure 1 Classification of dietary fibers.

Satish Kumar Sharma, Sangita Bansal, Manisha Mangal, Anil Kumar Dixit, Ram K. Gupta & A.K. Mangal (2016) Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional, and Novel Fiber: A Review, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56:10, 1647-1661

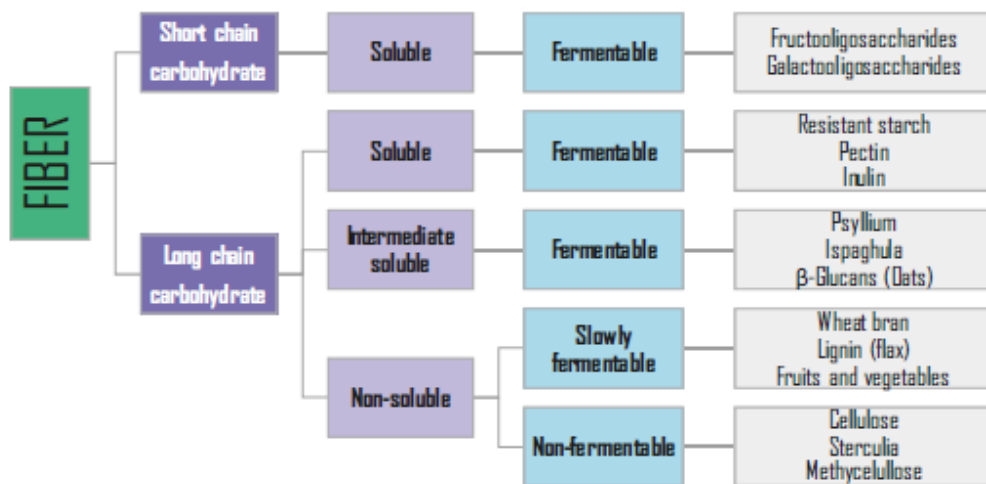
על מטילי זהב, חוטי זהב ומטבעות זהב – טקסונומיה של סיבים תזונתיים

כמו שנאמר, ההיסטוריה ניסתה לעשות קצת סדר בקבוצה הלא קטנה הזאת של סיבים תזונתיים. רכיבים אילו נבדלים במורכבות הכימית שלהם, במספר הפולימרים, מקורם ותפקידם בתא הצמחי ועוד.

נתן לחלק אותם כאמור לפי אורך השרשרת שלהם כלומר על פי מספר הפולימרים של פחמימות – לפחמימות ארוכות שרשרת וקצרות שרשרת.

קריטריון אחר הינו תכונות פיזיקליות הקשורות במסיסות במים כלומר סיבים מסיסים במים או לא מסיסים במים וכמובן מידת היותם בעלי פוטנציאל התססה על ידי חיידקי המעי – מותססים, מותססים לאט או אינם מותססים.

תרשים 1 – סיבים תזונתיים מיון על פי מסיסות, התססה



נלקח מ: J. Welti-Chanes et al. (eds.), *Science and Technology of Fibers in Food Systems*, 2020

'מטילי הזהב' – סיבים פולימרים ארוכים

צלולוז – 'הקשיח'

צלולוז הוא סוג של הומופוליסכריד ליניארי הכולל גלוקנים כלומר מונומרים של גלוקוז בלבד הקשורים ביניהם בקשרים מסוג β -1,4-O-glycosidic. רמת הפולימרים נעה בין 2000-6000 יחידות בדופן הראשוני של התא ועד 15,000 יחידות בדופן המשני של התא. צלולוז הוא הביו-מולקולה הנפוצה ביותר בטבע.

השרשרת הלינארית של הצלולוז אינה גמישה בשל אחוז גבוה של קשרי מימן ביני-מולקולרים. קשרים אילו יחד עם קשרי מימן וקשרי הביטא גלוקוזידים בין יחידות הגלוקוז יכולים להתפרק רק באמצעות חומצה חזקה או אנזימי צלולוז. מבנה זה מחזיק את שרשראות הגלוקן יחד צד בצד ומאפשר להן להיצמד באופן מקביל, מה שהופך את הסיב לחזק ביותר. מבנה זה תורם גם לחוסר המסיסות של סיבים אילו.

צלולוז נתן לפירוק רק על ידי מעט אורגניזמים (חיידקים ופטרייות) המייצרים קומפלקס אנזימטי מורכב המסוגל לפרק את הצלולוז.

צלולוז מיוצר במנגנון מורכב בממברנה של הפלסמה והוא מושקע באופן ישיר בצורה מסודרת וכיוונית בדופן התא.

המיצלולוז – 'המגוון'

המיצלולוז בניגוד לצלולוז הוא הטרופוליסכריד כלומר מכיל יותר מסוג אחד של מונומר בדרך כלל 5-6 מונומרים שונים: גלוקוז, גלקטוז, קסילוז, ארבינוז, מנוז וחומצה גלוקורונית. מבנה הפולימרים הוא ליניארי או מסועף והם קשורים אחד לשני בקשרי β - $(1 \rightarrow 4)$. ידועים לפחות 250 סוגים של פולימרים כאילו.

הוא מצוי בדופן התא של צמחים ונחשב הרכיב השני בשכיחותו בביומסה בטבע אחרי צלולוז. התפקיד העיקרי שלו הוא תרומתו לחיזוק מבנה דופן התא באמצעות קישור למיקרופיברילות של הצלולוז. המיצלולוז הינו בעל משקל מולקולארי נמוך יותר מצלולוז. בניגוד לצלולוז שרשראות ההמיצלולוז מתפרקות בקלות, כימית או אנזימטית. הוא בעל יכולת תסיסה גבוהה והשפעות פר-ביוטיות במעי הרחוק ובקולון. המיצלולוז מיוצר בגופיפ גולג'י ומיוצא לדופן התא על ידי אקסוציטוזיס, שם מצוי בין המיקרופיברילות של הצלולוז שנוצר כאמור בממברנה ומושקע ישירות בדופן התא. נתן לחלק את ההמיצלולוז ל: קסילוגלוקנים (גלוקן = פולימר של גלוקוז), קסילאן, מן (פולימרים של מנוז), גלוקומן ועוד. הקבוצה הגדולה ביותר מכילה פנטוזנים (פולימרים של פנטוזות) כמו קסילאן.

טבלה מספר 1: המיצלולוז - סוגים

סוג	תיאור	מבנה	תכונות	מזון
גלוקנים	קבוצה של פוליסכרידים מסוג β -D-glucose	שלד ליניארי עם קשרים גליקוזידים	מסיסות צמיגות גלטיניזציה פרביוטיקה	שיבולת שועל שעורה
ארבינוקסילן	מרכיב עיקרי של הטרופקסילן	שלד ליניארי עם שרשראות צד	מסיסות צמיגות גלטיניזציה ספיחת מים פרביוטי	שיפון וחיטה מכילים את המכות הגבוה ביותר לאחר מכן שעורה, תירס אורז ושיבולת שועל
קסילוגלוקן	נפוץ ביותר בהמיצלולוז	שלד ליניארי בדומה לצלולוז מכילים גלוקוז, קסילוז, גלקטוז ביחס של 4:3:1		
מן: גלקטומן גלוקומן	יחידות של מנוז הקשורים בקשרים של β (1-4)	שלד ליניארי או מסועף יכולים להכיל סוכרים אחרים כמו גלוקוז (גלוקומן), גלקטוז (גלקטומן)	מאגר פוליסכרידים קשירה ספציפית לכולסטרול	

פקטין – 'המצמיד'

סוג של הטרופוליסקריד המורכב מ- 3 רכיבים. מצוי במבנה הראשוני של דופן התא. יש לו תפקיד בפיזיולוגיה ובמבנה הקשור בהגנה, הצמדה של תא לתא, מבנה הדופן, התרחבות ונקבוביות, קשירה של יונים וגורמי גדילה ועוד.

את רכיבי פקטין נתן למצות באמצעות הרתחה עם מים, הוא משמש כהידרוקולואיד בתעשיית המזון, וכרכיב פרביוטי. היצור של פקטין כמו המיצולולוז מתרחש בגופיפ גולג'י ומועבר משם לדופן הממברנה באמצעות וסיקולות. הפולימרים מועברים לדופן באמצעות תנועה של הוסיקולות של גולג'י.

פרוקטן – 'הרב תכליתי'

פרוקטנים הם פולימרים של פרוקטוז המכילים 200 עד 100,000 יחידות המקושרות עם שרשראות של 4 עד 100 יחידות המכילות סוכרוז. אחרי עמילן פרוקטנים הם הפוליסקרידים שתפקידם אינו מבני הנפוצים ביותר בטבע. דרגת הפולימריזציה שלהם משתנה על פי המקור שלהם, תנאי האקלים, זמן הקציר ותנאי האחסון.

הפרוקטנים נחשבים כסיבים מסיסים וכפולימרים מותססים במעי. בצמחים פרוקטנים משמשים כמאגר לפחמימות ומשפרים את סבילות הצמח לקור ובצורת. אינולין הינו מהפרוקטנים הידועים בעל תרומה למרקם המזון, רכיב פר-ביוטי, מחליף שומן וסוכר במוצרי מזון שונים. אינולין הוא פרוקטן המופק בעקר מצ'יקוריה (עולש) ומאגבה ומצוי בשימוש רחב בתעשיית המזון. אינולין באורכים שונים הינו בעל תכונות שונות לדוגמה אינולין בעל שרשרת קצרה הינו מסיס יותר ובעל מתיקות יותר בהשוואה לשרשראות הארוכות יותר.

ליגנין – 'המילוי'

ליגנין הינו הטרופולימר המכיל אלכוהולים פנולים ולא פוליסקרידים. הליגנינים אינם מסוג אחד אלא מורכבים מקומפלקס ומגוון של מבנים תפקודיים. בהשוואה לסיבים אחרים שהינם פוליסקרידים, ליגנין היא קבוצה גדולה של פולימרים פנולים ארומטיים והם נחשב המקור השכיח ביותר בטבע לרכיבים ארומטיים. המבנה המורכב שלהם לא מוגדר במדויק שכן הוא משתנה בין צמחים.

הוא מיוצר במטרה לשמור על שלמות ולכידות דופן התא וכן קשיחות וכוח הגזע. הליגנין הינו עמיד למים, מה שמאפשר מעבר של מים ומומסים דרכו. כמו כן יש לו תפקיד חשוב ביותר בהגנה על הצמח בפני פתוגנים. תפקידו המבני הוא למלא את החלל שבין הצלולוז וההמיצלולוז ולהגיב באופן קוולנטי עם שרשראות ההמיצלולוז כדי לתת חוזק מכני לדופן התא. מולקולות הליגנין מושקעות בעקר בדופן של שורת התאים השנייה ובכך גורמות להן להיות נוקשות ובלתי חדירות.

באופן היסטורי נחשב ליגנין כרכיב השייך לסיבים תזונתיים בעקר אילו הבלתי מסיסים. בכל המקרים ההגדרה של סיבים תזונתיים הכילה ליגנינים בגלל הקשר הכימי שלהם לפוליסקרידים בדופן התא ובגלל חוסר הפירוק שלו במערכת העיכול. תכולת הליגנינים משתנה כתלות בשלב ההתפתחות של הצמח, מגוון הצמחים וגורמים סביבתיים.

איור מספר 1: אינטראקציה בין הרכיבים הנפולים לסיבים תזונתיים

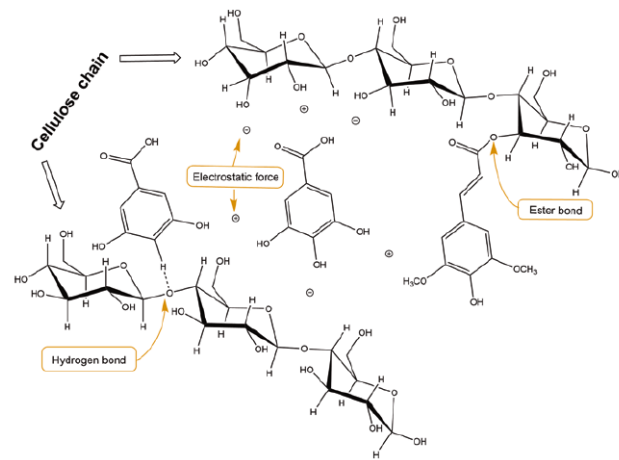


Fig. 3.1 Chemical interactions between phenolic compounds and dietary fiber. Adapted from Quirós-Sauceda et al. (2014)

עמילן עמיד – 'העמיד'

עמילנים עמידים הינם חלק מסך הסיבים התזונתיים הם מוגדרים כעמילן שאינו עובר פירוק במעי הדק של האדם. עמילנים עמידים נחלקים לתת קבוצות.

'מטבעות הזהב' – סיבים פולימרים קצרים

'הקצרים' – אוליגוסכרידים

אוליגוסכרידים או גליקנים מוגדרים כפחמימות המכילים 3-10 יחידות של מונוסכרידים, לינארים או מסועפים, הקשורים בקשרי אלפא או ביטא גליקוזידים. המרכיב העיקרי במונוסכרידים של האוליגוסכרידים הוא מגוון ומשתנה. באם הרכיב העיקרי הינו פרוקטוז הרי שיוגדרו כפרוקטואוליגוסכרידים (FOS) באם המונוסכריד העיקרי הוא גלקטוז יוגדרו כגלקטואוליגוסכרידים (GOS). סיבים אילו מסיסים וכן ניתנים להתססה במערכת העיכול על ידי אוכלוסיית המיקרוביוטה במעי.

'מוסיפים מוץ לתבן' – 'סיבים מוספים' - Added fibers

ההגדרה של סיבים תזונתיים שמקורם פנימי – intrinsic מתייחסת למרכיבים המכילים סיבים תזונתיים באופן טבעי כמו בירקות, פירות, דגנים מלאים, סובין חיטה וקמח. הסיבים נחשבים שלמים שכן הם לא הוצאו מהמזון אך נתן לבודד אותם באמצעים שונים. ההגדרה לסיבים תזונתיים שמקורם חיצוני – Extrinsic מתייחסת לכל הרכיבים הסיביים שבודדו מהמקור הטבעי שלהם והוספו למזון. עליהם לעמוד במספר הגדרות הקשורות להשפעות ותועלות פיזיולוגיות חיוביות על בריאות האדם. סיבים אילו ידועים גם בשם 'סיבים מוספים' – "added fibers". נכון להיום אין עדיין מידע מספיק לבדוק את ההשפעה של סיבים מוספים בהשוואה לסיבים המצויים במזון באופן טבעי. הסימון התזונתי הכמותי של סך הסיבים התזונתי במוצר אינו מבדיל בין המקורות השונים האלו וכולל את סך הסיבים יחד.

כל הנוצץ זהב - המסיסים וגם הבלתי מסיסים

סיבים תזונתיים ניתנים לחלוקה באופן שימושי ל- 2 קבוצות על בסיס המסיסות שלהם במים. סיבים מסיסים הינם סיבים המסיסים בקלות במים וכוללים פקטין, gums, פרוקטנים כמו אינולין וגם רכיבים מסוימים של המיצלולוז. סיבים בלתי מסיסים אינם כאמור מסיסים במים וכוללים ליגנין, צלולוז וגם המיצלולוז.

טבלה מספר 2: מיון סיבים תזונתיים

Dietary fiber	Soluble dietary fiber	Insoluble dietary fiber
Specification	Soluble in water	Doesn't dissolve in water
RDA ratio	1	3
Availability in foods	25 mass percentage	75 mass percentage
Components	Oligosaccharides, pectins, beta-glucans, galactomanan gums alginate	Cellulose, hemicelluloses, lignin
Sources	Oat/Oat bran Dried beans and peas Nuts Barley Flax seed Fruits such as oranges and apples Vegetables such as carrots Psyllium husk	Vegetables such as green beans and dark green leafy vegetables Fruit skins and root vegetable skins Whole wheat products Wheat bran Corn bran Seeds and Nuts

Note. Fuller et al. (2016); Dhingra et al. (2012); Howlett et al. (2010).

מרבית המזונות המכילים סיבים תזונתיים מכילים שליש סיבים מסיסים ושני שליש בלתי מסיסים.

טבלה מספר 3: הרכב סיבים תזונתיים בדגנים שונים

IDF %	SDF %	דגן
12.1	2.8	חיטה
19.2	0.7	אורז
9.3	3.9	תירס
18.8	8.2	שעורה
6.5	3.8	שיבולת שועל
16.1	7.5	שיפון
9	2.9	סורגום

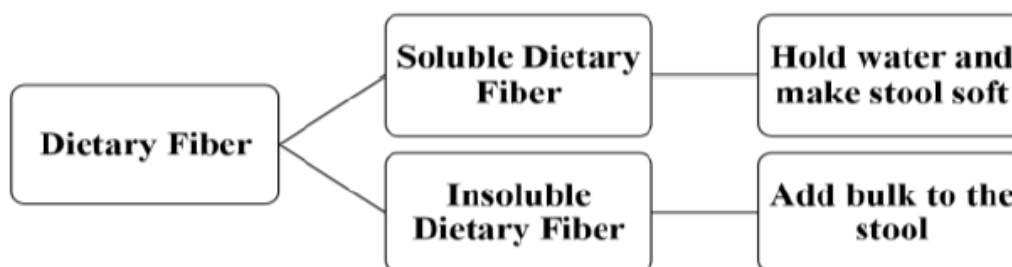
נלקח מ: J Food Process Preserv. 2019;e13917

מחקרים שונים בוצעו כדי להעריך את התכונות הפונקציונליות והתועלות של הסיבים השונים. נמצא כי לסיבים מסיסים תכונות פונקציונליות כמו יכולת לפעול כמתחלבים, פעילות נוגדת חמצון חזקה, יצירת ג'ל, צמיגות, יכולת תסיסה, יכולת כלציה. כמו כן, הם משמשים מצע פרביוטי להתפתחות המיקרוביוטה. לעומת זאת, סיבים בלתי מסיסים הינם נקבוביים, עמידים לתסיסה, בעלי יכולת להגדיל את נפח הצואה, להאט את מעבר המזון במעי ועוד.

תרשים מספר 2: סיבים מסיסים ובלתי מסיסים

Table no: 1 Examples of types of dietary fibers

Soluble Dietary Fiber	Insoluble Dietary Fiber
Pectins Hemi Cellulose Gums Mucilages	Cellulose Lignin Cutin



צורפות - תכונות פיזיו- כימיות של סיבים תזונתיים

לסיבים תזונתיים תכונות פיזיו-כימיות שונות. הקובעות את גורלם, פעילותם והשפעתם במערכת העיכול. לתכונות אילו השפעה על מרקם ונפח הצואה כמו גם ספיחה של רכיבים וחומרים שונים, פעילות חיידקים לאורך המעבר במעי ועוד.

• סיבים וגודל החלקיקים

גודל החלקיקים והנפח של הסיבים התזונתיים הינם בעלי תפקיד חשוב בשליטה על מספר אירועים המתרחשים במערכת העיכול: משך זמן מעבר וריקון, תסיסה והוצאת הצואה. טווח גודל החלקיקים תלוי בסוג דופן התא /חלק התא המצוי באותו מזון ודרגת העיבוד. גודל חלקיקי הסיבים משתנה בזמן המעבר במערכת העיכול כתוצאה מלעיסה, טחינה, פירוק על ידי החיידקים במעי הגס. הקטנה של חלקיקי סיבים תזונתיים באמצעות טחינה גורמת לעליה ביכולת ספיחת הנוזלים בשל עליה בשטח הפנים, נפח הנקבוביות ושינויים במבנה. גם ספיחה של שומן עולה עם הירידה בגודל החלקיקים.

• תכונות שטח הפנים

שטח הפנים של הנקבוביות והשטח הכללי של הסיבים יכול להשפיע על תסיסה של סיבים תזונתיים באמצעות זמינות לפעילות החיידקים במעי הגס. בעוד שאפיונים כימיים של המשטח הינם בעלי השפעה על יכולת התאחיזה של המולקולות או הקשירה למולקולות מסוימות.

• יכולת החזקת מים – WHC

יכולת החזקת מים של סיבים תזונתיים הינה תכונה פיזיקאלית הגורמת ליצירה של מבנה גל. נוכחות של פוליסכרידים, שאריות סוכרים עם חומצות פולריות חופשיות, מעלות יכולת זו. יכולת החזקת מים מעלה את נפח הצואה וכן את היכולת לעבור תסיסה על ידי חיידקי המעי כיוון שמאפשרת משטח חדירה גדול יותר לחיידקים אל מבנה הפוליסכרידים. מכאן שתכונה זו תשפיע בחלקה על גורל הסיבים התזונתיים במערכת העיכול בעידוד פעילות חיידקים, כמו גם על השפעות פיזיולוגיות כמו נפח הצואה כתוצאה מסיבים שאינם מותססים. יכולת שמירה של מים וספיחתם הינה בעלת חשיבות בתהליכים של תוספת של סיבים למזון. תהליכים כמו טחינה, יבוש, חימום יכולים לשנות את המבנה של הסיבים וכן את יכולת ספיחת הנוזלים שלהם. תנאים סביבתיים כמו חום, PH, החוזק היוני וסוג היונים יכולים גם הם להשפיע על תכונות אילו. לדוגמה אפיה של דייסת תירס, שיבולת שועל וקליפות תפוח אדמה העלתה את סך הפוליסכרידים שאינם עמילניים בשיבולת השועל.

• מסיסות וצמיגות

תכונות אילו הינן בעלות השפעה משמעותית על הפונקציונליות של הסיבים. באם הפוליסכרידים ערוכים במבנה בו המולקולות יוצרות יחד מערך גבישי, הפולימר יהיה יציב יותר בסביבה מוצקה לעומת מצב נוזלי, בעוד שהסתעפויות, קבוצות יוניות מעלות את המסיסות. ניתן לתאר את הצמיגות של נוזל כהתנגדות לזרימה. בדרך כלל ככל שהמשקל המולקולארי ואורך השרשראות של הסיבים התזונתיים עולה, עולה גם צמיגות הסיבים בנוזל.

ריכוז הסיבים בתמיסה, הטמפרטורה, PH, כוחות החיכוך וסוג היונים ישפיעו על הצמיגות. סיבים ארוכים נקשרים באופן משמעותי למים ולכן תורמים לצמיגות גבוהה של הנוזל, בעוד שסיבים מסיסים שהינם מאוד מסועפים או בעלי שרשראות קצרות יחסית הינם בעלי צמיגות נמוכה.

קשירה של מינרלים – מסתבכים בסיבים

סיבים תזונתיים שונים נושאים מולקולות הטעונות במטען שלילי. מטענים שלילים חופשיים אילו יכולים לקשור אליהם מינרלים ומתכות. מינרלים חיוניים כמו נתרן, סידן, אשלגן, מגנזיום ויסודות קורט כמו ברזל, אבץ סלניום ועוד יכולים להיקשר לסיבים תזונתיים בעקב למלחים אינ-אורגניים כמו פיטאטים שהינם מולקולות הקשורות לסיבים. פיטאטים ידועים ביכולת שלהם לקשור מינרלים בגלל היכולת של הסיבים בעלי המטען השלילי להחליף קטיונים ובכך לקשור אליהם מינרלים. תהליכים כמו השרייה, תסיסה, תהליכי חימום (בישול, טיגון) מקטינים את השפעת הפיטאטים, אך אינם מוציאים אותם באופן מלא מהמזון. הן סיבים מסיסים והן בלתי מסיסים יכולים להשפיע על הזמינות הביולוגית של אבץ, בעוד שרק סיבים בלתי מסיסים משפיעים על הזמינות של ברזל. באופן דומה מתכות כבדות שונות כמו כספית, קדמיום ועוד יכולות גם הן להיקשר למטענים אילו.

תסיסה על ידי המיקרוביוטה

סיבים בלתי מסיסים כמו צלולוז מותססים באופן חלקי ביותר על ידי חיידקי המעי בעוד שסיבים מסיסים כמו ביטא-גלוקנים ופקטין הינם בעלי יכולת התססה גבוהה. המבנה המורכב של סיבים תזונתיים בעקב אילו המורכבים ממונוסכרידים כמו גלוקוז, גלקטוז, מנוז, פרוקטוז, מקשה על הפירוק שלהם על ידי חיידקי המעי, למרות שלחיידקים יש את היכולת האנזימטית לפרק את המבנה המורכב הזה לסוכרים פשוטים. חומצות שומן קצרות שרשרת SCFA הינן חומצות אורגניות אליפטיות רוויות המכילות 1 עד 6 אטומי פחמן. אצטאט 2C, פרופיונאט 3C ובוטיראט 4C הן חומצות השומן השכיחות ביותר והן המטבוליטים העיקריים של התססה חיידקית על סיבים תזונתיים. נוכחות סיבים תזונתיים במעי מעלה את היחס בין אוכלוסיית חיידקים ה- Firmicutes ל- Bacterioidetes, שתי משפחות החיידקים העיקריות במערכת העיכול האנושית. היחס בין שתי האוכלוסיות האלו נמצא כקשור להשמנה, יתר לחץ דם, סוכרת מסוג 2. עליה בחיידקי ה- Bacterioidetes שהינם היצרנים העיקריים של פרופיונאט מראה השפעה מרכזית על ויסות תיאבון והשמנה. לחומצות שומן אילו השפעות שונות על בריאות האדם. בוטיראט נחשבת כמקור אנרגיה עיקרי לתאי האפיתל במעי הגס, מהווה גירוי לתאי ביטא בלב לב להפרשת אינסולין ועוד. לעומת זאת פרופיונאט משמשת בעקב לגלוקוניאוגנזה בקיבה ואצטאט הינה חומצה המגיעה לזרם הדם המרכזי ומשם לרקמות פריפריות.

טווים בתבן - השפעות עיבוד המזון על הסיבים התזונתיים.

תהליכי עיבוד ביתיים ותעשייתיים הינם בעלי השפעה על תכונות ופעילות הסיבים התזונתיים. תהליכי עיבוד אילו משפיעים על התכונות הפיזיו-כימיות של הסיבים ובכך על פעילותם ותפקודם בזמן המעבר במערכת העיכול. נתן להשפיע על התכונות הפיזיו-כימיות של הסיבים התזונתיים באמצעי עיבוד שונים - כימיים, אנזימטיים, מכניים ותרמיים.

טחינה

גודל החלקיקים והנפח של הסיבים התזונתיים הינם בעלי תפקיד חשוב בשליטה על מספר אירועים המתרחשים במערכת העיכול: משך זמן מעבר וריקון, תסיסה והוצאת הצואה. טווח גודל החלקיקים תלוי בסוג דופן התא /חלק התא המצוי באותו מזון ודרגת העיבוד. גודל חלקיקי הסיבים משתנה בזמן המעבר במערכת העיכול כתוצאה מלעיסה, טחינה, פירוק על ידי החיידקים במעי הדס. הקטנה של חלקיקי סיבים תזונתיים באמצעות טחינה גורמת לעליה ביכולת ספיחת הנוזלים בשל עליה בשטח הפנים ונפח הנקבוביות כמו כן שינויים במבנה שלהם. גם ספיחה של שומן עולה עם הירידה בגודל החלקיקים.

השרייה

מעלה את סך הסיבים ב- 1.2 עד 8.2 אחוז כמו כן, מעלה באופן משמעותי את סך הסיבים התזונתיים המסיסים כפי שנצפה בקטניות שונות.

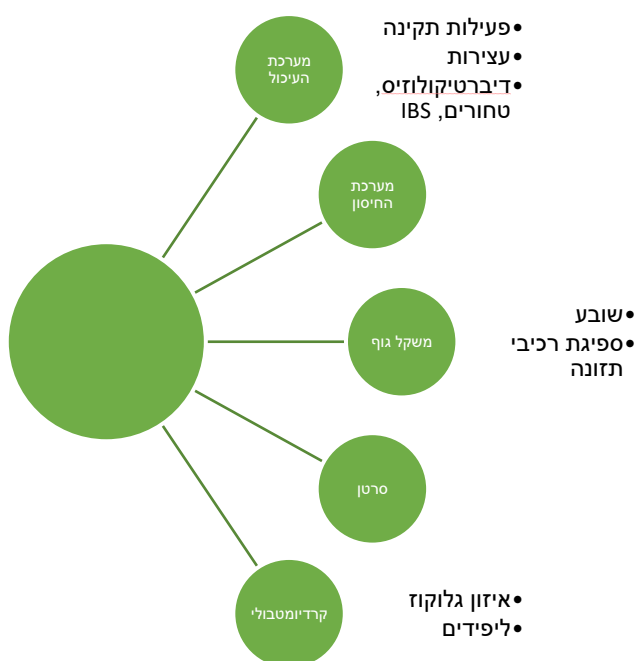
חימום

מעלה את היחס בין סיבים מסיסים לסיבים שאינם מסיסים. השרייה ובישול יכולים לשנות את ההרכב והזמינות של סיבים תזונתיים שונים. בסובין חיטה נמצא כי תהליכים תרמיים כמו הרתחה, בישול וצליה מעלים את סך הסיבים באמצעות קישור בין סיבים לחלבונים היוצרים קומפלקס שעמיד לחום. תהליכי בישול והכנה הנדרשים לירקות ודגנים שונים גורמים להפחתה במספר רכיבים של הסיבים. לדוגמא במהלך בישול של קטניות שהושרו קודם יש ירידה בסך הסיבים התזונתיים בעקב כתוצאה מירידה בסך ההמיצלולוז.

"שווה זהב" - השפעת סיבים תזונתיים על בריאות האדם

סוג, הרכב וכמות הסיבים התזונתיים במזון משפיעים על המעבר שלהם במערכת העיכול באמצעות השפעה על נפח הצואה, זמן מעבר המזון במעי, רמות כולסטרול וגלוקוז, קישור לרכיבים מזיקים, גירוי לשגשוג של המיקרוביוטה במעי ועוד. חלק מהשפעות אילו הינן בעלות השפעה על בריאות האדם, מה שהפך בשנות המחקר האחרונות בתחום התזונה, הבריאות והרפואה את הקליפות לזהב. לצריכה של סיבים תזונתיים בתפריט ידועות השפעות מוכחות על בריאות ותפקוד מערכת העיכול ומחוצה לה התפקוד החיסוני, הקרדיומטבולי ועוד.

תרשים מספר 3: סיבים תזונתיים והשפעות בריאות



השפעות ותועלות פונקציונליות כאילו הופכות את הסיבים לרכיב פונקציונאלי.

טבלה מספר 4: תועלות של סיבים תזונתיים על בריאות האדם

Table 3 Functions and benefits of dietary fibre on human health

Functions	Benefits
Adds bulk to the diet, making feel full faster	May reduce appetite
Attracts water and turns to gel during digestion, trapping carbohydrates and slowing absorption of glucose	Lowers variance in blood sugar levels
Lowers total and LDL cholesterol	Reduces risk of heart disease
Regulates blood pressure	May reduce onset risk or symptoms of metabolic syndrome and diabetes
Speeds the passage of foods through the digestive system	Facilitates regularity
Adds bulk to stool	Alleviates constipation
Balances intestinal pH and stimulates intestinal fermentation production of short-chain fatty acids	May reduce risk of colorectal cancers

נלקח מ: *J Food Sci Technol* 2012; 49(3):255–266

כאמור לסיבים תזונתיים השפעות פונקציונליות רבות ומגוונות על בריאות האדם. נדגים את ההשפעה על סיבים תזונתיים על משקל גוף

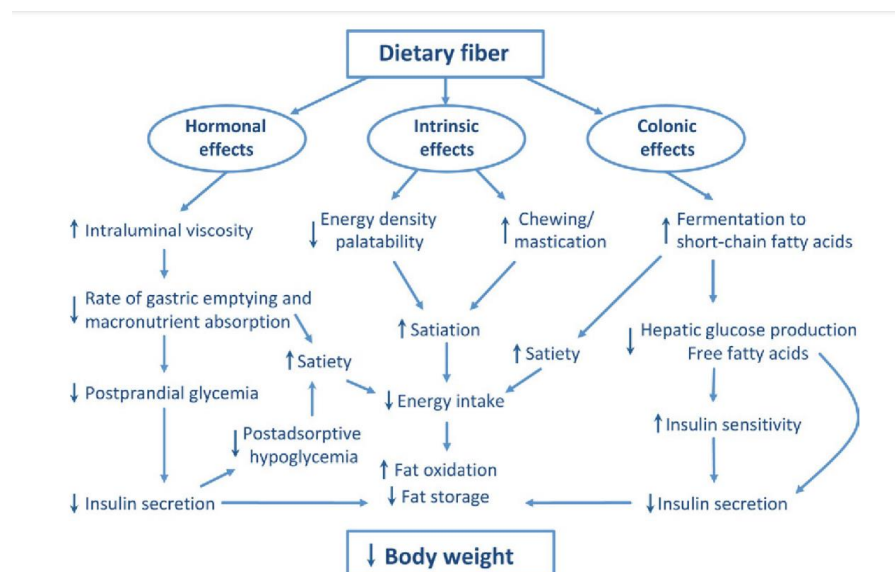
משקל הזהב על סיבים תזונתיים ומשקל גוף

מחקרים תצפיתיים מצביעים על קשר הפוך בין צריכת סיבים תזונתיים ומשקל גוף או עליה במשקל גוף.

נמצא כי כל תוספת של 14 גרם סיבים תזונתיים ליום במשך כ- 4 חודשים קשורה בירידה ממוצעת במשקל של 1.9 ק"ג.

סיבים תזונתיים יכולים להשפיע על משקל גוף במספר מנגנונים. (תרשים מספר 4)

תרשים מספר 4: השפעת סיבים תזונתיים על משקל גוף



Jha, S. K., Singh, H. R., & Prakash, P. (2017). *Dietary Fiber and Human Health: An Introduction. Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease*, 1–22.

המנגנונים המוצעים הינם באמצעות השפעה הורמונלית, השפעה על מערכת העיכול ועוד.

• שובע

המנגנון הראשון הוא באמצעות השפעה אפשרית על שובע. ויסות התיאבון אצל האדם נשלט באופן מרכזי ופריפרי ומתווך על ידי הסביבה באמצעות הורמוני שובע. הורמוני השובע כמו 1-glucagon-like peptide (GLP) הממוקמים בתאי L שבאילאום המקורב, peptide tyrosine tyrosine (PYY) המופרש מאותם תאי L מפחיתים את צריכת המזון וכן מאטים את ריקון הקיבה. בעוד שגרלין מעורר את התיאבון ומעלה את צריכת המזון. גרלין גם משפיע על הפרשת מיצי קיבה וכן על תנועתיות המעי והפרשה אנדוקרינית ואקזוקרינית של הלב. ממחקרים שבדקו את ההשפעה של סיבים תזונתיים על שובע נמצא כי לא לכל סוגי הסיבים השפעה זהה על תחושת השובע.

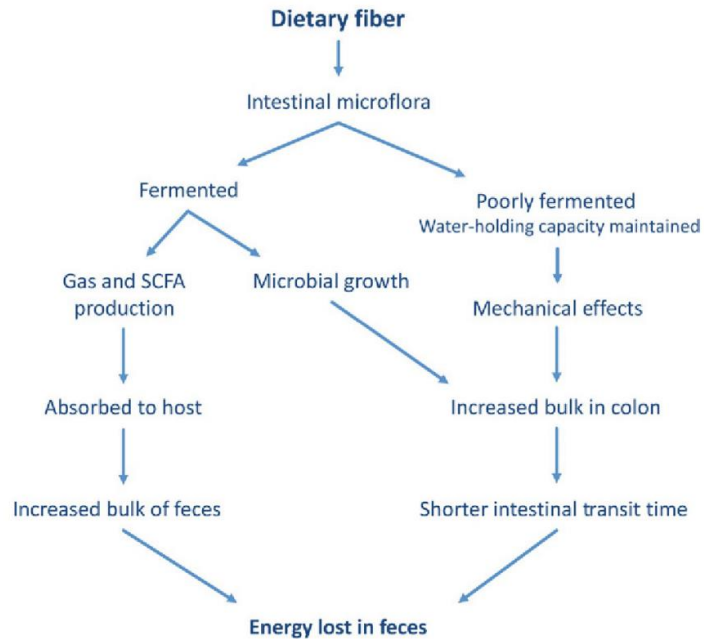
עליה בצריכה של סיבים מסיסים מעלה בדם עכברים את הרמות של הורמוני השובע במעי GLP-1, PYY) הקשורים לוויסות משקל.

יחד עם זאת בגלל תוצאות שונות המגיעות מהספרות קיים עדיין ויכוח בקרב הקהילה המדעית לגבי תרומתם של גורמים הורמונליים ליכולת ההשבעה שכן ראיות מראות כי GLP-1 ו PYY הם בבירור אנורקטיים רק במינונים סופרה-פיזיולוגיים. ההבדל בסוג, כמות ומקור (טבעיים מהמזון או מוספים למזון או מבודדים) כמו גם מרקם המזון המכיל אותם (מוצק או נוזל), ההבדל בסוגי הנבדקים, סוג ארוחת התבחין, משך המחקר ועוד הינם חלק מהסיבות האפשריות לתוצאות סותרות אילו. סיבים תזונתיים יכולים להשפיע על צריכת מזון גם באופן ישיר באמצעות השפעות פיזיקליות. מזונות עשירים בסיבים דורשים לעיסה חזקה וממושכת יותר, מה שיכול להגביר את תחושת השובע באמצעות הארכת זמן משך העיכול. כמו כן, עליה בנפח הרוק ובהפרשת מיצי קיבה כתוצאה מלעיסה מוגברת יכולה גם היא לגרום למתיחה של הקיבה כתוצאה מצמיגות או יצירת ג'ל של המזון. מתיחה של דופן הקיבה גורם לגירוי אפרנטי של עצב הוואגוס ולאיתות של שובע, מה שיכול להעלות את השובע בין ארוחות ובתקופת שלאחר ארוחה. הארכת משך הזמן בו רכיבי תזונה נספגים יכולה לתרום להפחתת רעב והגברת שובע.

עיכול וספיגה

הן סיבים מסיסים והן בלתי מסיסים נותרים בלתי מעוכלים בקיבה ובמעי דק ולכן יכולים להיקשר או להשפיע על אנזימי העיכול או ללכוד רכיבי תזונה במעי. דבר זה יכול לגרום להפרעה בעיכול ובספיגה של רכיבים התזונה השונים המצויים באותה ארוחה מה שיגרום להפרעה בזמינות רכיבים אלו ובכך לחיסכון אנרגטי מסוים של האנרגיה מאותה ארוחה. כמו גם השפעות מרוחקות על הפרשת אינסולין שגם להן השפעה על מטבוליזם ומשקל גוף.

תרשים מספר 5 : השפעת סיבים תזונתיים על רכיבי אנרגיה בצואה



Jha, S. K., Singh, H. R., & Prakash, P. (2017). *Dietary Fiber and Human Health: An Introduction. Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease*, 1–22.

חומצות שומן קצרות שרשרת

סיבים העוברים התססה על ידי חיידקי המעי הינם מקור ליצירה של חומצות שומן קצרות שרשרת (SCFA) כמו: אצטאט, פרופיונאט ובוטיראט. מטבוליטים אילו יכולים לתרום הן באופן מקומי והן באופן מערכתי (לאחר ספיגה מהמעי) להשפעות מטבוליות שונות. הוכחות מדעיות מצביעות על התפקיד המרכזי שלהם בהומיאוסטזיס של האנרגיה בגוף ותנגודת לאינסולין באמצעות הפעלה של חלבוני הצמדה G-protein ברצפטורים של חומצות שומן חופשיות בעקר FFA3 בתאי שומן (אדיפוציטים) המבטאים לפטין. בעוד שהפעלה של FFA2, FFA3 ו-GLP-1 ו-PYY על תאי המוקוזה של המעי הגס מעודדת יצור של פפטידים של המעי.

שינויים של הרכב המיקרופלורה באמצעות צריכה של סיבים פר-ביוטיים מעלה את מספר תאי L במעי, את היצור האנדוגני של GLP-1 and GLP-2 וכן את הרגישות ללפטין. לכולם השפעה כאמור על וויסות האנרגיה בגוף.

מגוון מנגנונים אילו יכולים להסביר את ההשפעה של צריכת סיבים תזונתיים על משקל הגוף וויסות האנרגיה. כפי שעולה מתוצאות של מחקרים קליניים כמו גם סקירות סיסטמיות, לסוג הסיבים יש השפעה וכי צריכה של סיבים מסיסים מפחיתה את צריכת האנרגיה ב-39% ואת התיאבון ב-45% בהשוואה לכמות זהה של סיבים שאינם מסיסים.

מאגדה למציאות – סיבים תזונתיים בתפריט הישראלי

הישראלים ומשרד הבריאות מאמצים את עקרונות התזונה הים תיכונית להוביל להרגלי אכילה הקשורים במדדי בריאות והפחתה בסיכון לתחלואה.

תזונה זו, מבוססת מזון צמחי, מכילה מקורות תזונתיים מצוינים לסיבים תזונתיים. יחד עם זאת, סקרי תזונה ישראלים מגלים תמונה אחרת. בסקר מב"ת שנערך בשנת 2014 עד 2016 בקרב ישראלים מגיל 18 עד 64 צריכת הסיבים התזונתיים היומית הממוצעת היא 19 גרם והינה גבוהה אך במעט מזו שנמדדה בסקר מב"ת הקודם באוכלוסיית גיל זה, היא גבוהה אך במעט בגילאים 35-44 שנים (20 גרם / יום) והגבוהה ביותר בקרב גברים ערבים בגילאים הצעירים של 18-34 שנים.

סיבים תזונתיים (גרם/יום) Dietary Fiber (gram/day)

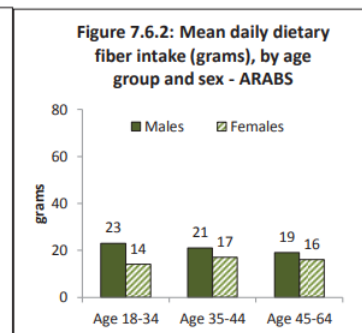
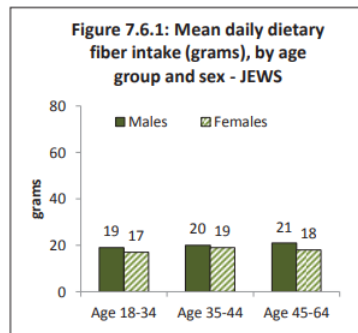
הצריכה היומית הממוצעת של סיבים תזונתיים בקרב בני 18-64 הינה 19 גרם (19 גרם ביהודים ו-18 גרם בערבים). בסקר 1999-2001 הייתה צריכת הסיבים התזונתיים היומית הממוצעת מעט נמוכה יותר, 17 גרם.[§]

טבלה 7.6: צריכה יומית ממוצעת של סיבים תזונתיים (גרם) לפי קבוצת גיל ומין ממוצע, סטיית תקן וחציון

סה"כ Total	קבוצת גיל Age group			מין Sex
	45-64	35-44	18-34	
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	
Median	Median	Median	Median	
20 (12)	20 (12)	20 (12)	20 (12)	גברים Males
18	17	17	18	
17 (11)	17 (10)	19 (11)	16 (11)	נשים Females
16	16	17	14	
19 (11)	19 (11)	20 (12)	18 (11)	סה"כ Total
16	17	17	16	

[§]נתוני סקר מב"ת 1999-2001 הם גולמיים ועבור גילאי 25-64

[§]Mabat 1999-2001 data is unweighted and for ages 25-64



השוואה של הצריכה הישראלית לסיבים תזונתיים ביחס להמלצות מגלה כי רק 17% מהישראלים בני 18-64 שנים צורכים סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות. כאשר אחוז הגבוה ביותר של צריכה ביחס להמלצה הינו בקרב הגילאים 45-64 שנים ועומד על 20% בקרב אוכלוסייה זו.

צריכת סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות (%) Dietary fiber consumption according to the recommendations (%)

רק 17.0% מבני 18-64 צורכים סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות (17.6% מהיהודים ו-14.7% מהערבים). השאר (83.0%) צורכים סיבים בכמות נמוכה מהמומלץ. בסקר-1999 2001 היה אחוז הצורכים סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות אפילו נמוך יותר (10.5%)*.

טבלה 8.4: צריכת סיבים תזונתיים בהתאם להמלצות לפי קבוצת גיל ומין אחוזים

סה"כ Total (%)	קבוצת גיל Age group			מין Sex
	45-64 (%)	35-44 (%)	18-34 (%)	
10.6	17.8	8.3	8.1	גברים Males
23.2	26.7	25.7	18.4	נשים Females
17.0	20.9	17.4	13.2	סה"כ Total

AI (Adequate Intake) / המלצות עבור רכיב התזונה

סיבים תזונתיים Dietary fiber (gram/day)		קבוצת גיל Age group
נשים Females	גברים Males	
26	38	14-18
25	38	19-50
21	30	51-70

*ההמלצה לצריכת סיבים תזונתיים השתנתה מאז ביצוע הסקר בשנים 1999-2001. אחוז המבוגרים העומדים בהמלצות עבור סקר זה חושב לשם השוואה על פי ההמלצות העדכניות.

* Since the 1999-2001 survey, the recommendations for consumption of dietary fiber for adults have changed. The percentage in the 1999-2001 survey was calculated for comparison according to the new recommendations.

Figure 8.4.1: Dietary fiber consumption according to the recommendations, by age group and sex (%) - JEWS

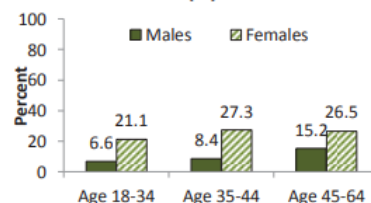
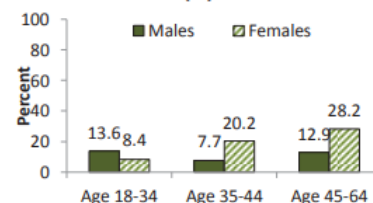


Figure 8.4.2: Dietary fiber consumption according to the recommendations, by age group and sex (%) - ARABS



מה שאומר שאנו הישראלים מתקשים להפוך קליפות לזהב.

אכילה של תזונה מגוונת מבטיחה צריכה מספקת של מגוון הסיבים המומלץ. הגדלת הצריכה של ירקות, פירות, דגנים מלאים, קטניות באופני הכנה שונים הינה מקור לסיבים תזונתיים המצויים באופן טבעי ומגוון במזון. כאשר אנו מעודדים את הפרטים להגדיל את צריכת הסיבים מומלץ לעשות זאת בהדרגה כדי למנוע תופעות לוואי בלתי נעימות. בנוסף לסיבים תזונתיים שמקורם במזון, תוספת של סיבים מוספים לתזונה מאוזנת יכולה להיות דרך תזונתית נוספת לסגירת הפער בין ההמלצות לצריכה בפועל.

**ולשאלתה של בית הטוחן: אויה לי, שמוני לטוות זהב מקש ואיני יודעת איך עושים זאת?
האישון: אכן קשה היא המלאכה אך... לא למי שמתמחה
בת הטוחן: ויש מומחים לזה הפלא?
האישון: יש יחידי סגולה כאלה**

נכון: צריכה של תזונה עשירה בירקות, פירות, דגנים מלאים וקטניות מחוזקת במזונות מועשרים בסיבים ותוספת סיבים פונקציונליים על פי הצורך ואנו הדיאטנים טווים את הדרך כי זה אפשרי, ודאי שאפשר ולא רק למי שמוכשר.

בת הטוחן: ...אויה לי! שמוני לטוות זהב מקש
ואיני יודעת, איך עושים זאת...
האישון: זהב מקש?
אכן קשה היא המלאכה, אך...
בת הטוחן: אך מה?
האישון: אך לא למי שנתמחה.
בת הטוחן: ויש ממחים לזה הפלא?
האישון: יש יחידי סגולה כאלה.
מה תשלמי לי אם בפלך מזה הקש זהב אטווה לך?
בת הטוחן: זהב מקש?
האישון: זהב מקש!
בת הטוחן: זהב ממש?
האישון: זהב ממש!
בת הטוחן: וזה אפשרי?
האישון: ודאי אפשר, הפל אפשר - , אך רק למי שהוא מכשר.

(מתוך אברהם שלונסקי, עוף לי גוף לי – מחזה בחרוזים על פי אגדות גרים, 2008)

Partula V et al. Associations between consumption of dietary fibers and the risk of cardiovascular diseases, cancers, type 2 diabetes, and mortality in the prospective NutriNet-Santé cohort. *Am J Clin Nutr* 2020;112:195–207

J. Welte-Chanes et al. (eds.), *Science and Technology of Fibers in Food Systems*, 2020

Satish Kumar Sharma, Sangita Bansal, Manisha Mangal, Anil Kumar Dixit, Ram K. Gupta & A.K. Mangal .Utilization of Food Processing By-products as Dietary, Functional, and Novel Fiber: A Review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, (2016) ;56:10:1647-1661

Debnath S, Jawahar S, Muntaj H, Purushotham V, Sharmila G, Sireesha K, Niranjana Babu M. A Review on Dietary Fiber and its Application. *J. Pharmacognosy and Phytochem.* 2019; 11(3):109-113

Cruz-Requena M et al. Definitions and Regulatory Perspectives of Dietary Fibers. *Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications* 1. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816495-2.00001-0>

Dhingra D, Michael M, Rajput H, Patil R.t. Dietary fibre in foods: a review. *J Food Sci Technol* 2012; 49(3):255–266

Jha S. K, Singh H.R, Prakash P. Dietary Fiber and Human Health: An Introduction. *Dietary Fiber for the Prevention of Cardiovascular Disease*, 2017;1–22.