

תחליבים יכולים להחליף צבעי מאכל מלאכותיים במשקאות אנרגיה

Graziele G. Bovi^{1,2*}, Samantha C. Pinho¹

¹המעבדה לכימוס ולמזון פונקציונלי, המחלקה להנדסת מזון (ZEA), אוניברסיטת סאו פאולו (USP), סאו פאולו, ברזיל
²המעבדה למערכות אריזה ואיחסון, המחלקה להנדסת מטעים וצמחי נוי, מכון לייבניץ לביו-כלכלה והנדסה חקלאית (ATB), פוטסדאם, גרמניה

סוקרת צעירה

ALAA
גיל: 10



שאלתם את עצמכם פעם מאין מגיע הצבע במזון המעובד שאתם אוכלים? האם הצבע של המתקים ומשקאות האנרגיה הוא טבעי? בדרך כלל לא. בתעשיית המזון מוסיפים צבעי מאכל כדי להפוך את המזון למושך יותר בעיני הצרכנים. יש צבעי מאכל מלאכותיים ויש טבעיים. כיום, כאשר יותר ויותר אנשים בוחרים לקנות ולאכול מזון טבעי, משתדלים בתעשיית המזון להשתמש בצבעים טבעיים במקום בתוספים מלאכותיים נפוצים. במאמר זה נתאר את האפשרות לייצר צבעי מאכל טבעיים בתהליך הנקרא תחלוב. מהו תחלוב? זהו פשוט תהליך המאפשר למים ולשמן להתערבב. התוצאה נקראת תחליב (אֶמולַסְיָה). במאמר זה נסביר איך אפשר ליצור תחליב משמן מזין מאוד הנקרא שמן בורטי, ולהשתמש בתחליב זה כדי להוסיף צבע אדום למשקה אנרגיה.

מבוא

צבע הוא מאפיין חשוב של מוצרי מזון, משום שהוא משפיע על ההעדפות של הצרכנים ועל הבחירות שהם עושים [1]. איך הייתם מרגישים, למשל, לו קניתם משקה אנרגיה בטעם מנדרינה, וכשפתחתם את הפחית התברר שהוא ירוק? מוזר קצת, לא?

חומרי צבע (Dyes)

חומר המשמש לשינוי צבעו של משהו אחר.

יש מוצרי מזון שבמצבם הטבעי הם חסרי צבע. אחרים מאבדים את הצבע הטבעי שלהם בתהליך העיבוד התעשייתי. לכן מוסיפים לפעמים למוצרי מזון **חומרי צבע** כדי לתת להם צבע או להחזיר להם את הצבע שאיבדו, כך שיהיו מושכים בעינינו, הצרכנים. יש צבעי מאכל מלאכותיים ויש טבעיים. צבעי המאכל הטבעיים הנפוצים ביותר כוללים קרוֹטֶנוֹאִיִּדִים (שמעניקים גוני צהוב, כתום ואדום), כלורופיל (ירוק), אַנְתוֹצִיאנינים (אדום, כחול), פְּלֶבוֹנוֹאִיִּדִים וכורכום (צהוב), ואבקת פפריקה אדומה (אדום) [1]. צבעי המאכל המלאכותיים הנפוצים ביותר כוללים טרטריין ו"צהוב סנקט" (שפירושו "צהוב שקיעה") לגוון צהוב; אדום אָלורה וְאִרִיתרוסין B (אדום); ו"כחול בוהק". כבר זמן רב יש מחלוקת בנוגע לצבעי מאכל מלאכותיים, ורבים מהם אף נאסרו לשימוש בגלל השפעתם השלילית על חיות מעבדה והתרומה שלהם להיפראקטיביות, לאלרגיות, ולתופעות שליליות נוספות אצל ילדים [2].

בגלל העניין הגובר בתזונה בריאה, נערכים כיום מחקרים רבים כדי לפתח מוצרי מזון התורמים לבריאות [3]. במאמר זה נתאר מחקר הבודק את האפשרות להשתמש בשמן אדמדם ומזין מאוד מאזור האמזונס, הנקרא שמן בוריטי (שמו הבוטני הוא *Mauritia flexuosa* L.), כצבע טבעי למשקה אנרגיה בטעם מנדרינה. אבל רגע, איך מוסיפים שמן למשקה שמכיל בעיקר מים? אם ניסיתם פעם להוסיף שמן למים, אולי שמתם לב שהשניים לא מתערבבים. אבל אל דאגה: זה אפשרי, בזכות תהליך הנקרא **תחלוב**.

תחלוב

(Emulsification)

תהליך המאפשר למים ולשמן להתערבב.

מהו תחלוב, ומהו תחליב?

האם ניסיתם פעם לטפטף שמן לתוך כוס מים? אם כן, ודאי ראיתם שהשמן והמים לא מתערבבים. בדומה, אם תנסו לשטוף מהידיים שמן או שומן בעזרת מים בלבד, תישארו עם ידיים שמנוניות. הסיבה היא ששמן ומים דוחים זה את זה. אבל כאן נתאר טכניקה בשם תחלוב שבעזרתה אפשר להתגבר על הדחייה בין שני החומרים וליצור מהם תערובת הנקראת **תחליב**.

תחליב (אֵמולסִיָה) (Emulsion)

תערובת של שני נוזלים או יותר שבדרך כלל אינם מתערבבים.

תחליבים מתחלקים לסוגים שונים לפי תכונות רבות, שהעיקריות בהן הן: א. סוג התחליב – מים בשמן או שמן במים (איור 1), ב. גודל החלקיקים. כשהחלקיקים זעירים מאוד (100-10 ננומטר), התערובת נקראת **ננו-תחליב** [4]. כדי לקבל מושג על הגדלים שבהם מדובר, דמיינו נמלה באורך סנטימטר וחלקיק באורך ננומטר. עשרה מיליון חלקיקים כאלה יגיעו לאורך של הנמלה! מבחינות רבות, ננו-תחליבים מתאימים יותר לשימוש במזון ובמשקאות מאשר תחליבים מחלקיקים גדולים יותר. אחד היתרונות שלהם הוא שהם יציבים יותר (איור 2), כלומר יש סיכוי קטן יותר שהמים והשמן יפרדו כעבור תקופה מסוימת [4].

ננו-תחליב (Nanoemulsion)

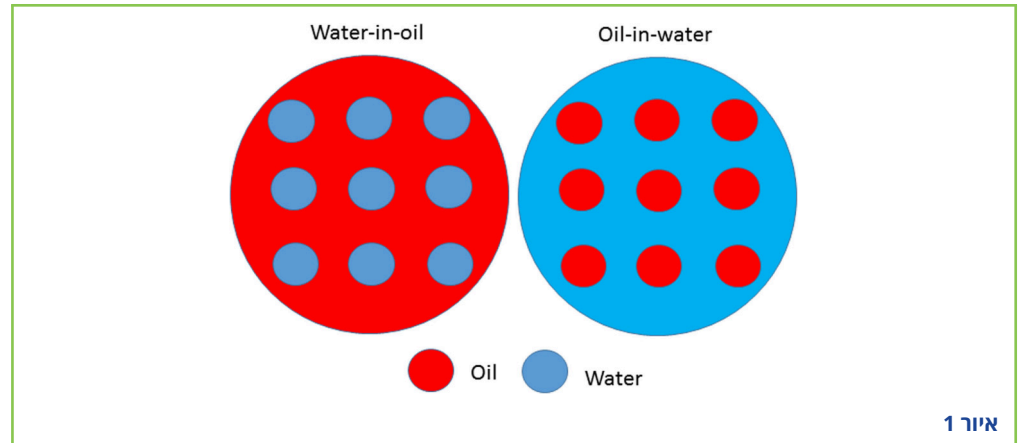
תחליב שבו החלקיקים זעירים מאוד.

איך יוצרים תחליב?

לפני שנסביר איך מייצרים תחליב, צריך להבין איך נראות מולקולות של מים ושל שמן. מים ושמן אינם מתערבבים כי אינם "אוהבים" להיות בסביבת חומרים שהם שונים מהם, חומרים ה"אוהבים" דברים אחרים. מולקולות מים הן "אוהבות מים" ו"פוחדות משמן", ומולקולות שמן הן "אוהבות שמן" ו"פוחדות משמן". מולקולות מים מתערבבות בקלות רק עם מולקולות "דומות למים/אוהבות מים", ומולקולות שמן – רק עם מולקולות "דומות לשמן/אוהבות שמן". לכן, כשמוסיפים שמן למים, מולקולות המים נשארות יחד והשמן מתרחק מהן. סיבה נוספת לדחייה

איור 1

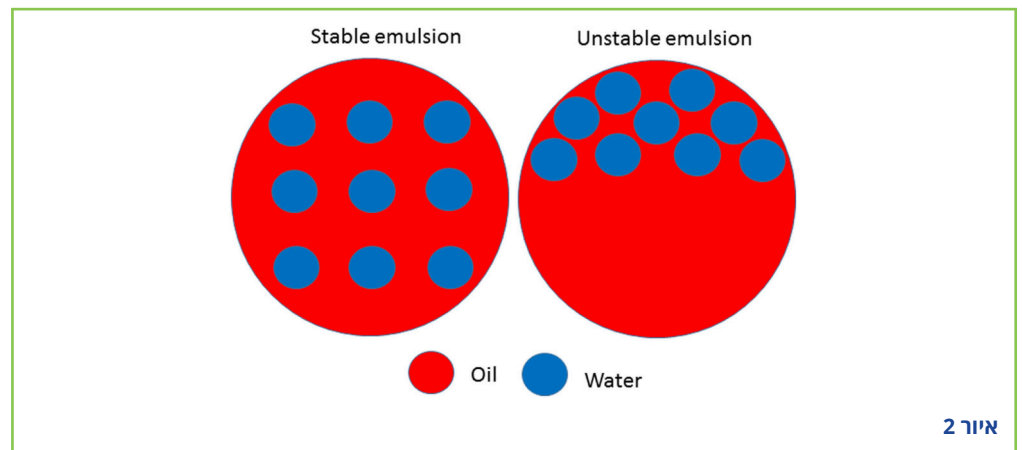
דוגמה לשני סוגי תחליבים את חלקיקי המים מייצג צבע כחול, ואת חלקיקי השמן – צבע אדום. משמאל מופיע תחליב מים-בשמן, שבו חלקיקי מים מפוזרים בשמן, ומימין מופיע תחליב שמן-במים, שבו חלקיקי שמן מפוזרים במים.



איור 1

איור 2

דוגמה לתחליבי מים-בשמן יציבים ולא יציבים בתחליב בלתי יציב (מימין) יש הפרדות של הפאזה המימית והפאזה השומנית, ובתחליב יציב (משמאל) אין הפרדות כזו.



איור 2

בין מים ושמן היא שהמים דחוסים יותר מהשמן. כדי לחשב דחיסות של חומר מסוים, מחלקים את המסה שלו בנפח שלו (כמה מקום הוא תופס). הדחיסות של שמן היא 0.92 ק"ג לליטר בערך, ושל מים – בסביבות 1 ק"ג אחד לליטר .

נחזור לדוגמה של הידיים השמנוניות. אם נרחץ אותן רק במים בלי סבון, הן יישארו שמנוניות, אבל סבון יאפשר להסיר את השומן. תהיתם פעם למה? הסיבה היא שלמולקולות של סבון יש קצה אחד הבנוי באופן דומה למולקולת מים, וקצה שני – באופן דומה למולקולת שמן. לכן הן נמשכות גם למים וגם לשמן. סבון הוא דוגמה של **חומר מתחלב**. אפשר לראות בו גשר שמקשר בין מים לשמן ומאפשר להם להתחבר. כשמוסיפים סבון למים ושמן, אחד מקצוות המולקולה נקשר למולקולת מים, והשני – למולקולת שמן. כך יוצר הסבון "גשר" המחבר את המים לטיפות השמן הזעירות המפוזרות בתוכם.

אבל הרי אם רק מכניסים לספל סבון, שמן ומים, או אם מחזיקים ביד סבון, לא יקרה דבר. לא נקבל תחליב, ולא ידיים נקיות. כדי ליצור תחליב צריך להוסיף אנרגיה ממקור כלשהו: לשפשף את הידיים זו בזו, או לנער את הספל. אם תעשו זאת, יתרחש תהליך התחלבות וייווצר תחליב (איור 3). אפשר לנסות זאת בבית.

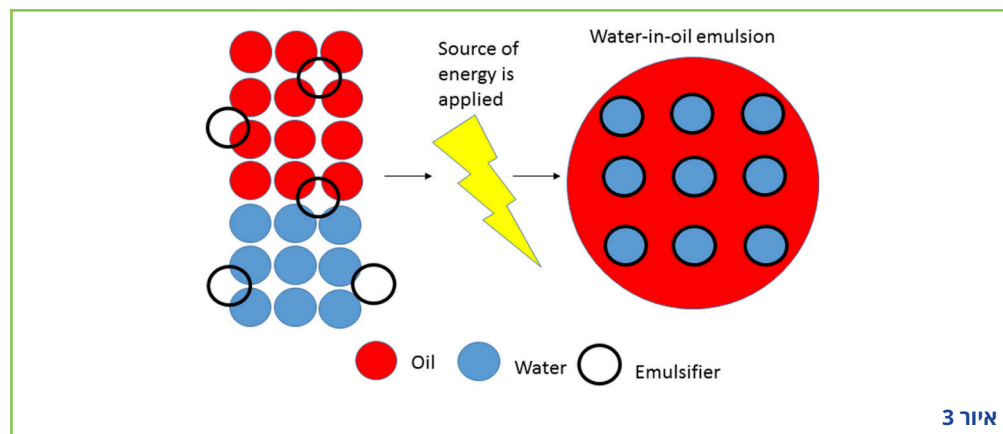
ובכן, כיצד מייצרים תחליב? יש שיטות רבות לייצור תחליבים וננו-תחליבים, עם מרכיבים שונים ובאמצעות מקורות אנרגיה שונים. יש שיטות שדורשות השקעת אנרגיה רבה, ואחרות

חומר מתחלב (Emulsifier)

החומר ה"מגשר" בין שמן ומים כדי ליצור תחליב.

איור 3

תהליך התחלוב העיגולים שמשמאל מייצגים את שלושת מרכיבי התחליב כשהם עדיין נפרדים – שמן (אדום), מים (כחול) וחומר מתחלב (לבן). במצב זה לא קיים תחליב. רק אחרי שמופעלת אנרגיה (צהוב) נוצר תחליב מים-בשמן יציב (מימין).



איור 3

שדורשות פחות אנרגיה. אפשר להשתמש בשיטות של ערבוב או של נייעור. לתחליב אפשר אמנם להוסיף מרכיבים רבים, אבל רק שלושה מהם הכרחיים: פאזה מימית, פאזה שומנית, וחומר מתחלב.

איך משתמשים בתחליב כצבע מאכל טבעי?

הסברנו איך מכינים תחליב, וכדוגמה לחומר מתחלב דיברנו על סבון. אבל כשדרוש חומר מתחלב למזון ומשקאות, סבון הוא לא בחירה כל כך מוצלחת. כדי להכין תחליב אכיל יש צורך במתחלב שאפשר להוסיף למזון באופן בטוח. יש בשוק מתחלבים רבים כאלה - מתחלבים מתאימים למזון.

מתאים למזון (Food-grade)

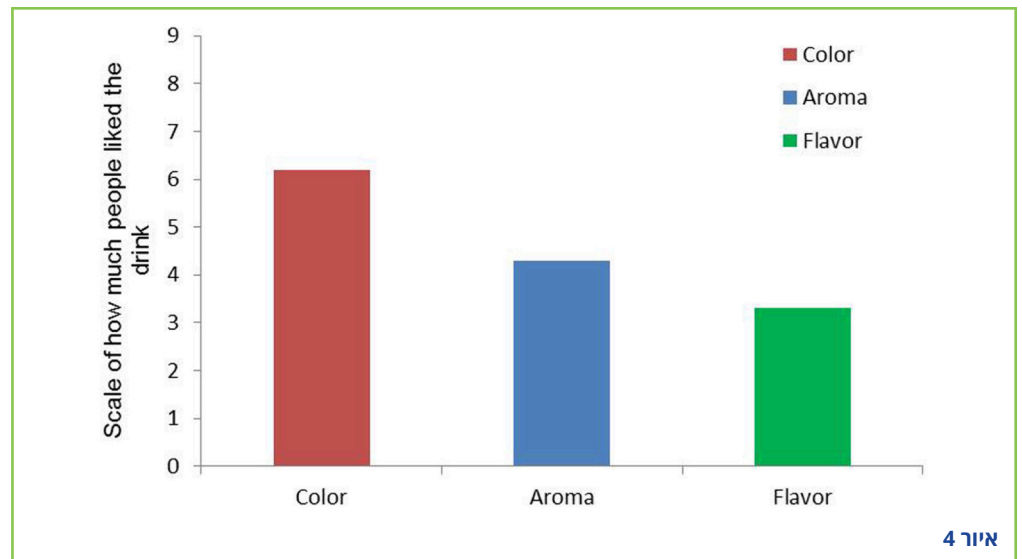
חומר בטוח למאכל בני אדם.

כאן נתאר איך הכנו תחליב לשימוש כצבע מאכל טבעי. לפאזה השומנית בחרנו שמן מזין מאוד בצבע אדמדם, הנקרא שמן בוריטי (*Mauritia flexuosa L.*). עץ הבוריטי הוא סוג של דקל הנפוץ באזור האמזונס. יש לו גוון אדמדם טבעי בזכות הקרוטואנוידיים שבתוכו. הוא גם עשיר בחומרים הנקראים טוקופרולים ומסוגלים לייצר ויטמין E, ובחומצה אולאית, העוזרת ככל הנראה לצמצם את כמות הכולסטרול בגוף [5]. כמתחלב השתמשנו בחומר הנקרא "פוליסורבט 80", המותר לשימוש במזון ומשמש בדרך כלל לייצור גלידה. לפאזה המימית השתמשנו במים. ה"מרכיב הנוסף" היה מעט מלח שולחן. לעתים מוסיפים מלח לתחליבים מפני שהוא מנמיך את הטמפרטורה הדרושה לתחלוב. אנב, הידעתם שמשקאות אנרגיה מלאים במינרלים? אחד המינרלים האלה הוא נתרן (Na) - ונתרן הוא אחד המרכיבים העיקריים במלח שולחן (נתרן כלורי, NaCl). מכיוון שהננו-תחליב שלנו כבר הכיל מלח, לא היה צורך להוסיף עוד מלח לנוסחת משקה האנרגיה. השתמשנו בשיטת תחלוב באנרגיה נמוכה כדי לייצר מהמרכיבים האלה ננו-תחליב, שאותו הוספנו למשקה האנרגיה כצבע מאכל טבעי. הנוסחה שבה השתמשנו מאפשרת להחליף 25% מהצבע המלאכותי בצבע הטבעי שייצרנו. כדי להחליף כמות גדולה יותר, יהיה צורך להמשיך לשכלל את נוסחת המשקה ולשפר את הצבע, הריח והטעם.

העבודה לא הסתיימה בזה, בשלב הבא ביצענו בדיקה חישתית, שבה טעמו מאה אנשים את המשקה והעניקו ציונים לצבע, לריח ולטעם. הציונים נעו מ-1 (גרוע מאוד) עד 9 (מצוין) (איור 4). הציון הממוצע שהמשתתפים נתנו לצבע המשקה היה 6.2, לריח - 4.3, ולטעם -

איור 4

תוצאות הבדיקה החישתית של משקה האנרגיה. 100 בודקים העניקו ציונים למשקה על צבע, ריח וטעם. ככל שהציון קרוב יותר ל-9, כך התכונה מצאה יותר חן בעיני הבודקים. בגרף מופיעות התוצאות הממוצעות. אפשר לראות שאת הציון הגבוה ביותר קיבל הצבע (עמודה אדומה) ואחריו הריח (כחול) והטעם (ירוק). כלומר, התכונה המוצלחת ביותר של המשקה לדעת הצרכנים הייתה הצבע.



3.3. מכך אפשר להסיק שניתן להחליף חלק מצבע המאכל המלאכותי בצבע ממקור טבעי, ועדיין לשמור על גוון מושך. בנוסף, אפשר להסיק שהננו-תחליב שינה קצת את הטעם והריח של משקה האנרגיה, ולכן הם קיבלו ציונים נמוכים יחסית לצבע. מסקנה נוספת היא שהוספת ננו-תחליב משמן בורטי טבעי השפיעה יותר על הטעם מאשר על הריח. לדעתנו, יש סיכוי גדול שהציונים הנמוכים נובעים דווקא מהריח והטעם של החומר המתחלב שבחרנו (פוליסורבט 80), ושאפשר לתקן את הבעיה על-ידי שינוי הנוסחה, למשל החלפת החומר המתחלב.

סיכום

אנו מקווים שהמחקר שלנו יעודד מחקרים נוספים שיבדקו איך אפשר לייצר סוגים שונים של צבעי מאכל טבעיים על-ידי תחלוב. אפשר לייצר ולבדוק סוגים רבים של צבעים כאלה. לדוגמה, כורכום יכול לשמש לייצור צבע צהוב טבעי, ובו אפשר לצבוע גלידת אננס בצהוב [6], ומפפריקה אפשר לייצר צבע אדום ולצבוע בו למשל יוגורט בטעם תות. אתם ודאי שואלים אם תוספת כורכום או פפריקה לא תשנה את הטעם והריח של המזון. ובכן, מתברר שלא כל כך. כבר נערך מחקר שבדק את ההשפעה של אבקת כורכום בגלידה על הטעם והריח [7]. התוצאות אמנם מראות שדרושים עדיין שיפורים במתכון אם רוצים להחליף את כל צבע המאכל המלאכותי בננו-תחליב של אבקת כורכום, אבל גלידה שבה הוחלף רק חלק מהצבע קיבלה תגובות חיוביות. בעניין הפפריקה, צריך עדיין לבדוק ולראות! נקווה שמחקרים עתידיים יאפשרו לנו להחליף, לגמרי או לפחות חלקית, את צבעי המאכל המלאכותיים והשנויים-במחלוקת בצבעים טבעיים עשויים מתחליב.

מאמר המקור

Bovi, G. G., Petrus, R. R., and Pinho, S. C. 2017. Feasibility of incorporating buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil nanoemulsions in isotonic sports drink. *Int. J. Food Sci. Technol.* 52(10) 2201–9. doi: 10.1111/ijfs.13499

מקורות

1. Pathare, P. B., Opara, U. L., and Al-Said, F. A.-J. 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioproc. Tech.* 6(1):36–60. doi: 10.1007/s11947-012-0867-9
2. Kobylewski, S., and Jacobson, M. F. 2010. *Food Dyes: A Rainbow of Risks*. Washington, DC: Center for Science in the Public Interest.
3. Huang, Q., Yu, H., and Ru, Q. 2010. Bioavailability and delivery of nutraceuticals using nanotechnology. *J. Food Sci.* 75(1):R50–7. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01457.x
4. McClements, D. J., and Rao, J. 2011. Food-grade nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51(4):285–330. doi: 10.1080/10408398.2011.559558
5. Albuquerque, M. L. S., Guedes, I., Alcantara, P. Jr., Moreira, S. G. C., Barbosa Neto, N. M., Correa, D. S., et al. 2005. Characterization of buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil by absorption and emission spectroscopies. *J. Braz. Chem. Soc.* 16:1113–7. doi: 10.1590/S0103-50532005000700004
6. Borrin, T. R., Georges, E. L., Moraes, I. C. F., and Pinho, S. C. 2016. Curcumin-loaded nanoemulsions produced by the emulsion inversion point (EIP) method: an evaluation of process parameters and physico-chemical stability. *J. Food Eng.* 169:1–9. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2015.08.012
7. Borrin, T. R., Georges, E. L., Brito-Oliveira, T. C., Moraes, I. C. F., and Pinho, S. C. 2018. Technological and sensory evaluation of pineapple ice creams incorporated with curcumin-loaded nanoemulsions obtained by the emulsion inversion point method. *Int. J. Dairy Technol.* 71:491–500. doi: 10.1111/1471-0307.12451

פורסם אונליין: 10 באוקטובר 2019

נערך על ידי: Kelly Westlake, University of Maryland, United States

ציטוט: Bovi GG and Pinho SC (2019) תחליבים יכולים להחליף צבעי מאכל מלאכותיים במשקאות אנרגיה. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2018.00048-he

תורגם והותאם:

Bovi GG and Pinho SC (2018) Emulsions Can Replace Artificial Dyes in Beverages. *Front. Young Minds* 6:48. doi: 10.3389/frym.2018.00048

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2018 © Bovi and Pinho 2019. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרת צעירה

ALAA, גיל: 10

אני אלאא, תלמידה מצטיינת שהמקצוע החביב עליה הוא מדעים. אני ממש אוהבת ללמוד. אני קוראת נלהבת, ומכורה לשוקולד (הכל בגלל אמא שלי!) כשאנדל אני רוצה להיות טייסת (נראה לי שעדיין יש לי זמן להחליט). אני אוהבת מאוד לנסוע בעולם, וכבר ביקרתי בהרבה מקומות מרתקים, למשל אמסטרדם, אבו דאבי, פרנקפורט, לונדון, קנדה וטורקיה, ואני מתכננת לבקר עוד הרבה בעתיד. אני נהנית לראות סרטים מצוירים וסרטונים לימודיים, לצייר ולצבוע. אני אוהבת מאוד לשחק בדמינגטון.

הכתבות

GRAZIELE G. BOVI

גרציאלה גרוסי בובי למדה הנדסת מזון באוניברסיטת סאו פאולו בברזיל. לימודי התואר השני שלה עסקו בייצור, אפיון והערכת יציבות של ננו-תחליבים משמן בורטי במשקאות, במטרה להחליף צבעי מאכל מלאכותיים, בייחוד צהוב סנסט, בצבעים טבעיים. כיום היא עוסקת במחקר הדוקטורט שלה שמטרתו לשפר אריזות של פירות וירקות טריים. בנוסף למחקר היא נהנית לרוץ, לטייל בעולם, לבשל, לקרוא, ולצפות בסדרות. *gbovi@atb-potsdam.de

SAMANTHA C. PINHO

סמנתה כ. פיניו היא מהנדסת כימיה מברזיל, בעלת תואר שני בהנדסה כימית ודוקטורט בהנדסה אזרחית. היא פרופסורית חברה במחלקה להנדסת מזון באוניברסיטת סאו פאולו (USP) בברזיל, בה היא מלמדת וחוקרת מאז 2005. המטרה העיקרית של צוות המחקר במעבדה שלה, המעבדה לכימוס ולמזון פונקציונלי, היא לפתח מזונות המכילים ויטמינים ונוגדי-חמצון שונים, ולכמת את האיכות שבה הם מתעכלים



Hebrew version
provided by

מזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (ער.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

