



קבלת פרות גדולות על ידי הזנת המיקרובים הזעירים שלהן

Brooke A. Clemmons^{1*}, Emma Hernandez-Sanabria^{2*}

¹המחלקה לארכיטקטורה, אוניברסיטת טקסס A&M - קומרס, קומרס, טקסס, ארצות הברית
²מרכז למיקרוביולוגיה KU - VIB לאובן, המעבדה לבקטרולוגיה מולקולרית, מכון רגה, לאובן, בלגיה

בקר משמש למטרות רבות, אולם כיום בקר מגודל בעיקר כדי לספק לאנשים בשר ומוצרים שימושיים נוספים. האם ידעתם שעור, סבון, ג'לטין ואפילו תרופות מגיעים מבקר? מלבד זאת, בקר יכול לשגשג באדמה באיכות נמוכה שאינה מתאימה לבניית בתים ולגידול צמחים שאנשים יכולים לאכול. חשוב מכך, בקר אוכלים מזונות שחיות אחרות לא יכולות לאכול. פרות נסמכות על צמחים כמקור המזון העיקרי שלהן, והן יכולות לעכל חלקים קשים של צמחים מאחר שיש להן קבוצה של מיקרובים במעייה שלהן. המיקרובים בקבוצה הזעירה הזו (שנקראים מיקרובים) מספקים לבקר כ-70% מהאנרגיה שנדרשת לו. מאחר שקבוצת המיקרובים חשובה מאוד לגדילת הבקר ולקבלת חומרי מזון מהאוכל, מדענים עובדים על אסטרטגיות לקבל פרות גדולות ובריאות יותר, ובמקביל לדאוג לכדור הארץ.

האם ידעתם שפרות שייכות למעלי גירה?

בני אדם מקבלים הרבה מוצרים שימושיים מבקר. לא רק שהן מספקות לנו מקור לבשר, אלא גם עור, סבון, ג'לטין, ותרופות מגיעים מבקר. פרות גם אוכלות מזונות שחיות אחרות

סוקרים צעירים

MADDIE

גיל: 15



MATÍAS

גיל: 14



SADIE

גיל: 15



SEBASTIAN

גיל: 10



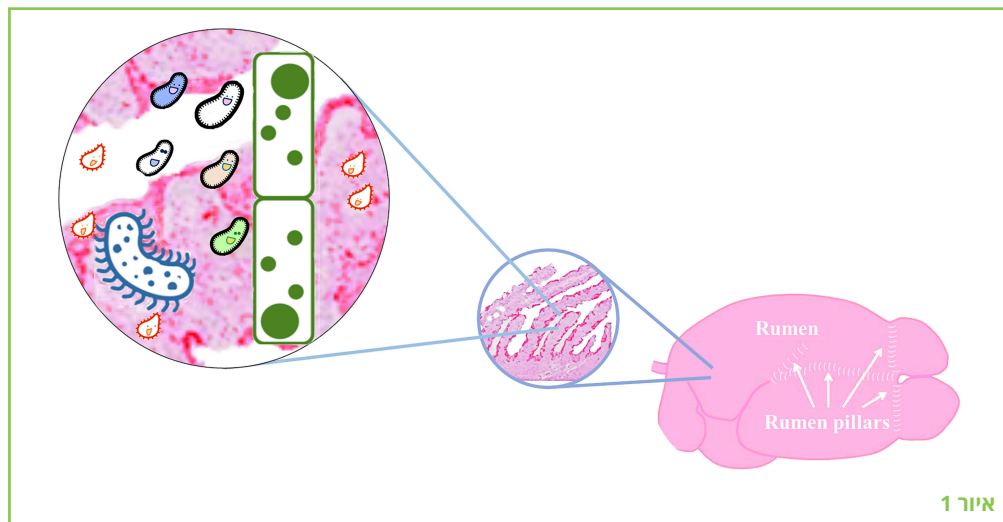
TACY

גיל: 13



איור 1

מיקרובים מסוגים ומגדלים שונים קיימים ברומן של בקר (משמאל). אורגניזמים פרוקריוטים, כולל ארכאות וחיידקים, קטנים יותר מאורגניזמים אאוריוטים, שכוללים פרוטוזואונים ופטריות. באיור המרכזי, האם אתם יכולים לזהות את הפטמות (papillae) הקטנות, שצורתן כצורת אצבעות, שם המיקרובים חיים? הרומן כולו, כולל העמודים (pillars) דמויי היד שמערבבים ומועכים את המזון, מוצגים מימין.



איור 1

לא יכולות לאכול, וחיות על אדמה שאינה מתאימה לבניית בתים או לגידול צמחים שאנשים יכולים לאכול.

מעלי גירה (Ruminants)

חיות שאוכלות מזונות מבוססי צמחים ומפרקות אותן באמצעות רומן (rumen).

רומן (Rumen)

היחידה העיקרית בקיבה המיוחדת של פרות, שמחולקת לשלוש יחידות נוספות.

מיקרובים (Microbes)

צורות חיים זעירות, כולל חיידקים, פטריות ופרוטוזואונים.

מיקרוביום (Microbiome)

סביבת מחיה שלמה, כולל מיקרובים (חיידקים, ארכאות, פטריות ופרוטוזואונים), הגנומים (כלומר, הגנים) שלהם, ותנאי הסביבה שלהם.

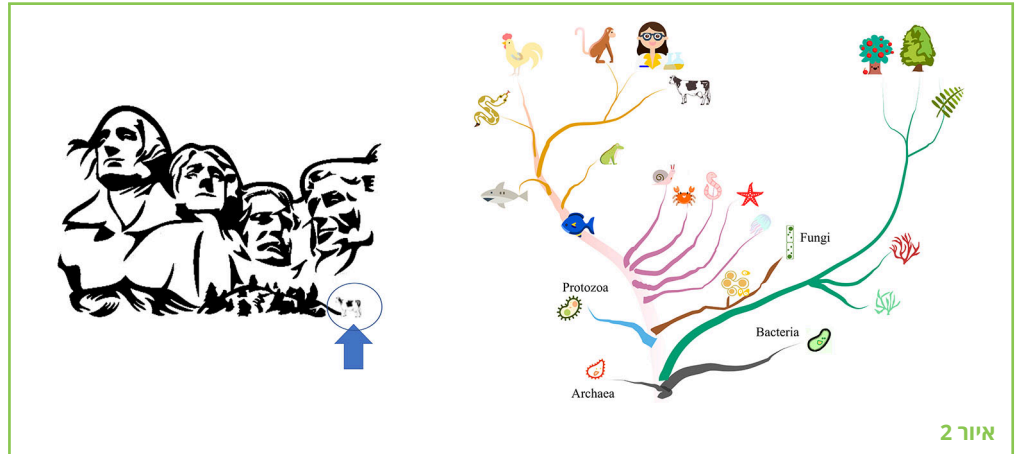
פרות הן **מעלי גירה**, מה שאומר שיש להן **רומן** (rumen). הרומן הוא החלק הראשון בקיבה בת ארבעת החלקים של הפרה. הרומן מסייע לפרות לפרק חומרים קשים, כמו אלה שנמצאים בצמחים, והחתיכות המפורקות הקטנות יותר קלות יותר לשימוש כמזון עבור פרות. דמיינו שיש לכם ידיים עם אצבעות זעירות בתוך קיבתכם. הידיים, שנקראות "עמודים" (pillars), מועכות את המזון למעלה ולמטה בכל רחבי הרומן, עד שהוא נמערך לחתיכות קטנות, בזמן שהאצבעות, שנקראות פטמות (papillae), מסייעות לקחת את חומרי המזון מהמזון (איור 1, מימין). כעת, דמיינו את עצמכם חוזרים על התהליך הזה במשך שמונה שעות ביום! זה הרבה עבודה! פרות הן לא מעלי הגירה היחידים – עיזים, כבשים, ואפילו ג'רפות ואיילים הם גם מעלי גירה [1]! מעלי גירה פראיים, כמו למשל אייל קנדי ואייל הצפון שחיים באדמות דשא, מסייעים למנוע עלייה מסוכנת של גזי חממה באטמוספירה של כדור הארץ. חיות אלה כל הזמן קוצצות את הדשא, מה שמסייע לדשא לגדול ולהיות גבוה יותר ובריא יותר. שורשי הדשא נעשים ארוכים יותר, והדשא יכול לספוג יותר מגז החממה פחמן דו-חמצני מהאטמוספירה. אם כן, מעלי גירה פראיים ורועים מביתים מגינים על המגוון של הצמחים והחיות הטבעיים שלנו, שמהווים מזון לבני אדם.

האם ידעתם שמיקרובים יכולים לסייע לפרות לעכל מזון?

הרומן הוא איבר מיוחד, מאחר שהוא ביתם של מיליוני אורגניזמים מיקרוסקופיים זעירים שנקראים **מיקרובים**. כל המיקרואורגניזמים יחד נקראים **המיקרוביום** של הפרה. פרות יכולות לאכול צמחים כמקור המזון העיקרי שלהן מאחר שהרומן שלהן מאחסן הרבה מיקרובים שונים שמפרקים את הצמחים לאנרגיה שמישה עבור הפרות. לאחרונה מדענים נעשו מודעים לעובדה שהמיקרוביום הכרחי עבור הגדילה של בקר ובריאותו [2], והם מנסים לסייע לקבוצת המיקרוביום הזו להיות יעילה יותר [3]. מיקרובים יעילים יותר יכולים להוביל לפרות גדולות ובריאות יותר שאוכלות פחות מזון. אף על פי שמדענים עבדו קשה כדי להשיג את המטרה

איור 2

פרות גדולות בערך פי 1,000 מהמיקרובים שלהן. לשם השוואה, אם הר רשמוור היה פרה, הפרה הקטנה בפינה הימנית של ההר הייתה החיידק. מימין, אתם יכולים לראות היכן ארכאות, חיידקים, פרוטוזואונים, פטריות, פרות ובני אדם נמצאים על עץ החיים. תחתית העץ כוללת אורגניזמים פחות מורכבים, והענפים העליונים כוללים אורגניזמים מורכבים יותר.



איור 2

הזו בעודם מגדילים תועלות סביבתיות, התוצאות עדיין לא נראות טובות. מדענים יודעים כיום שישנו הרבה מידע שאנו זקוקים לולפני שנוכל לתמוך במיקרוביום של פרות ביעד שלו: לקבל כמה שיותר אנרגיה מכמה שפחות מזון, כך שפרות יוכלו לגדול טוב יותר ולהיות מאושרות.

האם ידעתם שישנם סוגי מיקרובים שונים שמבצעים עבודות שונות?

פרות גדולות בערך פי 1,000 מהמיקרובים שחיים בהן (איור 2, משמאל). המיקרוביום של הפרה מורכב מקבוצות של סוגי מיקרובים שונים: חיידקים, פרוטוזואונים, פטריות וארכאות. לכל סוג של מיקרובים יש יכולות שונות, וישנם דברים רבים שמשפיעים על התנהגותם. אף על פי שפרות והמיקרובים שלהן שייכים לממלכות חיים שונות (איור 2, מימין), הם משתפים פעולה, וגם הפרות וגם המיקרובים מקבלים תוצאות חיוביות משיתוף הפעולה הזה.

חיידקים וארכאות קטנים הרבה יותר מפטריות ופרוטוזואונים (איור 1, משמאל). חיידקים יכולים לאכול הרבה דברים שונים, והם מייצרים כמה חומרי מזון עבור הפרה. ארכאות הן מעטות יותר וקטנות יותר, והן לא עושות כל כך הרבה דברים כמו שחיידקים עושים. פטריות טובות בחדירה לדפנות קשות של צמחים. פרוטוזואונים יכולים להחזיק מזון ולאחסן אותו לאורך יותר זמן ממיקרובים אחרים, כך שהם יכולים לשחרר אנרגיה כשהיא נדרשת, ולספק מקורות מהירים של אנרגיה לפרה. כדי שתקבלו מושג על כמות המיקרובים שנמצאים מכל סוג, אם בקבוצת המיקרוביום שלנו יש 20 חברים, עשרה יהיו חיידקים, שמונה יהיו פרוטוזואונים, אחד יהיה פטריה ואחד יהיה ארכאה.

פרות בקר יכולות לאכול הרבה סוגים וחלקים של צמחים. במרבית חייהן, פרות מלכות, כלומר הן אוכלות עשב. אולם כאשר פרות גדלות הן יכולות לאכול דגנים. דגנים, כמו דגני בוקר, מגיעים מזרעי הצמחים. דגנים פחות קשים לפירוק ביחס לדשא, ולכן מיקרובים יכולים לעכל אותם מהר יותר משהם מעלים דשא. אנו יודעים שדיאטה היא כוח חזק שמניע את ההרכב של קבוצת המיקרובים [4]. אם המזון המועדף עליהם לא נמצא בדיאטה של הפרה, המיקרובים לא יגדלו וחברי הקבוצה ישתנו. לדוגמה, חלק מהחיידקים יכולים לחיות ולגדול רק אם הבקר אוכל בעיקר דגנים, אולם אחרים סתגלתיים יותר ויכולים לשרוד [4]. ארכאות לעיתים קרובות נמצאות כאשר חיות אוכלות יותר צמחים. הפרוטוזואונים לא משתנים כל כך כתוצאה מדיאטה, בעוד שפטריות מאוד לא אוהבות דגנים, והן לעיתים ימותו כאשר הבקר אוכל יותר דגנים.

אף על פי שמיקרובים עושים הרבה דברים חשובים עבור הפרות, הם גם יכולים לעשות דברים לא כל כך מועילים. חלק מהמיקרובים מייצרים מְתָאן, שהוא גז שתורם להתחממות הגלובלית והוא גם תוצר פסולת עבור בקר, מה שמונע מהבקר לגדול למלוא הפוטנציאל שלהם. חלק מהמיקרובים לא מייצרים אנרגיה ממזונות מסוימים בצורה טובה כמו מיקרובים אחרים. מדענים רוצים להבין את ההשפעות המועילות של המיקרוביום של הפרה, בעודם מוודאים שהמיקרובים משחררים פחות מתאן.

האם ידעתם שאנו יכולים לסייע למיקרובים לסייע לפרות?

ישנם דברים שמדענים וחקלאים יכולים לעשות כדי לסייע לקבוצת המיקרוביום לעשות את הטוב ביותר שלה על מנת לגדל פרות שמחות ובריאות. כמו שציינו קודם, בקר אוכל בעיקר דשא כשהוא צעיר, אולם כשהוא גדל הוא בדרך כלל אוכל יותר דגנים. דגנים משמשים לא רק כדי להזין את הבקר, אלא גם כדי להפיק מזון או דלק לבני אדם. שאריות של דגנים משימושים אחרים הם מקור מזון מצוין לבקר, מאחר שחלבונים וחומרי מזון נוספים שנמצאים בדגנים יכולים להיות מפורקים על ידי קבוצת המיקרוביום. הדגן המפורק יכול אז לשמש חיות ולסייע להן לגדול ולהיות בריאות. כאשר השינוי בדיאטה משתנה מדשא לדגנים, המיקרוביום מסייע לפרות לעבור בהצלחה מעיכול הצמחים וחלב אימן לאכילת דגנים. כמובן שהמיקרוביום צריך להשתנות כדי לשמור על הפרות הצעירות בריאות. האם אתם זוכרים מה קרה כאשר אימכם או אביכם ניסו להאכיל אתכם במזון חדש בפעם הראשונה? אולי הרגשתם שהמרקם מוזר, אולי אפילו בכיתם. פרות לא בוכות, אולם הן נלחצות כאשר המזון שלהן משתנה. מהסיבה הזו, אם נותנים לפרות לנסות מזונות חדשים בשלב מוקדם בחיים, זה מסייע למיקרוביום שלהן להתרגל לפירוק סוגי מזון שונים. כאשר המיקרוביום התרגל למזון החדש, הפרה יכולה לגדול מהר יותר ולהיות בריאה יותר.

מדענים יצרו מזונות ותרופות מיוחדות שיכולות להינתן לפרות במטרה להגביל את גדילת המיקרובים שלהן שמייצרים דברים שעשויים להיות תוצרי פסולת עבור הפרה, כמו מתאן. אולם ההשפעות החיוביות של סוג המזון או התרופה בדרך כלל לא נשארים זמן רב. מדענים מנסים למצוא דרכים מתמשכות יותר וזולות יותר לסייע למיקרובים לסייע לפרות להשתמש במזון בצורה טובה יותר [5]. לדוגמה, האם אתם אוהבים את הריח של רוזמרין או של תימין? הארומות של התבלינים האלה מוכלות בשמנים החיוניים שמגיעים מהצמחים האלה, מה שיכול למנוע ממיקרובים מסוימים מלייצר פסולת במעיים של הפרות. מדענים מנסים ללמוד אם סיפוק השמנים האלה לפרות יכול לסייע להן להשתמש במזון שלהן בצורה טובה יותר, מאחר שהם עשויים לסייע להפסיק את הפעילויות של המיקרובים הפחות טובים.

האם יש דרכים אחרות שבאמצעותן מדענים מנסים לסייע לחיות ולסביבה?

כפי שהראינו, המיקרוביום של הפרה חשוב מאוד כדי לסייע לפרה לגדול, מאחר שהמיקרובים משתתפים בפירוק המזונות שהפרה אוכלת, ומספקים לפרה חומרי מזון. דיאטה וגורמים אחרים בסביבה של הפרה יכולים לשנות את טיב העבודה של המיקרוביום, אולם אנו עדיין צריכים לברר כיצד בדיוק זה מתרחש, כך שנוכל לגרום לייצור הבקר להיות הכי טוב שניתן. חוקרים מנסים לקבוע אם חלק מהמיקרובים מייצרים חומרי מזון שונים שעשויים לסייע לפרות

לאכול פחות, אולם לעלות במשקל. סוג הידע הזה יסייע לשפר את חקלאות המִקְנָה. יָדַע על המיקרוביום של הפרה יכול גם לסייע לנו לטפל בסביבה, מאחר שאנו יכולים לשמר או לסייע לגדילה של הפרה, בעודנו מפחיתים את תוצרי הפסולת שמשוחררים לאטמוספירה ולסביבה.

מקורות

1. Myer, P. R., Clemmons, B. A., Schneider, L. G., and Ault, T. B. 2019. Microbiomes in ruminant protein production and food security. *CAB Rev.* 14:1–11. doi: 10.1079/PAVSNNR201914008
2. Hernandez-Sanabria, E., Goonewardene, L. A., Li, M., Mujibi, D. F., Stothard, P., Moore, S. S., et al. 2010. Correlation of particular bacterial PCR-denaturing gradient gel electrophoresis patterns with bovine ruminal fermentation parameters and feed efficiency traits. *Appl. Environ. Microbiol.* 76:6338–50. doi: 10.1128/AEM.01052-10
3. Clemmons, B. A., Martino, C., Schneider, L. G., Lefler, J., Embree, M. M., and Myer, P. R. 2019. Temporal stability of the ruminal bacterial communities in beef steers. *Sci. Rep.* 9:9522. doi: 10.1038/s41598-019-45995-2
4. Hernandez-Sanabria, E., Goonewardene, L. A., Wang, Z., Durunna, O. N., and Moore, S. S. 2012. Impact of feed efficiency and diet on adaptive variations in the bacterial community in the rumen fluid of cattle. *Appl. Environ. Microbiol.* 78:1203–14. doi: 10.1128/AEM.05114-11
5. Clemmons, B. A., Voy, B. H., and Myer, P. R. 2019. Altering the gut microbiome of cattle: considerations of host-microbiome interactions for persistent microbiome manipulation. *Microb. Ecol.* 77:523–36. doi: 10.1007/s00248-018-1234-9

פורסם אונליין: 23 ביוני 2022

נערך על ידי: Liesel G. Schneider

מנחות מדעיות: Luisa Falcon and Lea Rempel

ציטוט: Clemmons BA and Hernandez-Sanabria E (2022) קבלת פרות גדולות על ידי הזנת המיקרובים הזעירים שלהן. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00117-he

Clemmons BA and Hernandez-Sanabria E (2020) Getting Big Cows by Feeding Their Tiny Microbes. *Front. Young Minds* 8:117. doi: 10.3389/frym.2020.00117

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

COPYRIGHT © 2020 © Clemmons and Hernandez-Sanabria. 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.

סוקרים צעירים

MADDIE, גיל: 15

קוראים לי Maddie. אני בת 15, גרה ליד סן פרנסיסקו.



MATÍAS, גיל: 14

אני בן 14 שאוהב מדע, תכנות, ויקינגים, מיתולוגיה, ג'יו ג'יטסו, רוק אנד רול, שירה ונגינה על תופים.



SADIE, גיל: 15

Sadie פעילה בכדורעף, באתלטיקה ובלהקה. היא נהנית ממדע וממתטיקה, ומצפה לשיעורים בביולוגיה ובאנטומיה ופיזיולוגיה. בזמנה הפנוי, היא מתאמנת ומתחרה באירועי רודיאו כולל כיפוף מוטות ומשיכת חבל עם הסוסים שלה: אוטום, קליפסו וקוקו.



SEBASTIAN, גיל: 10

אני אוהב ספורט, קריאה, מתמטיקה וחיות.



TACY, גיל: 13

היי, אני Tacy. אני בת 13, גרה ליד סן פרנסיסקו. אני אוהבת ציור, משחקי וידיאו ונגינה על גיטרה.



הכותבות

BROOKE A. CLEMMONS

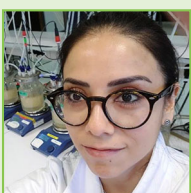
אני דוקטורנטית למדעי החיות בנוקסוויל, טנסי. גדלתי בערים, אולם תמיד אהבתי חיות משק. כיום אני עובדת עם חיות, וחוקרת כיצד דברים שונים בסביבה שלהן משפיעים על האופן שבו פרות משתמשות במזון. אני מתמקדת במיוחד באופן שבו דברים כמו היריון וגנטיקה משפיעים על המיקרובים שחיים במעייהם של חיות, וכיצד אנו יכולים להשתמש במיקרובים האלה כדי לאפשר לחיות לגדול טוב יותר ולהיות בריאות יותר.

*Brooke.Clemmons@tamuc.edu



EMMA HERNANDEZ-SANABRI

אני וטרינרית ואני אוהבת פרות ואת החיידקים שחיים במעייהם שלנו. התשוקה שלי לחקר את שני הדברים האלה הביאה אותי לאוניברסיטת אברדין (בסקוטלנד), ולאוניברסיטת אלברטה (בקנדה) למחקר פוסט-דוקטורט. החלטתי להמשיך לראות את העולם ועברתי לבלגיה, שם אני עובדת כפוסט-דוקטורנטית במכון פלמיש לביוטכנולוגיה (VIB) בלאובן. אני משתמשת בהדמיות



של סביבת המעיים שלנו כדי לראות כיצד המיקרוביום שלנו משתנה במצבים של בריאות וחולי.
*emma.hernandezsanabria@kuleuven.vib.be

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK