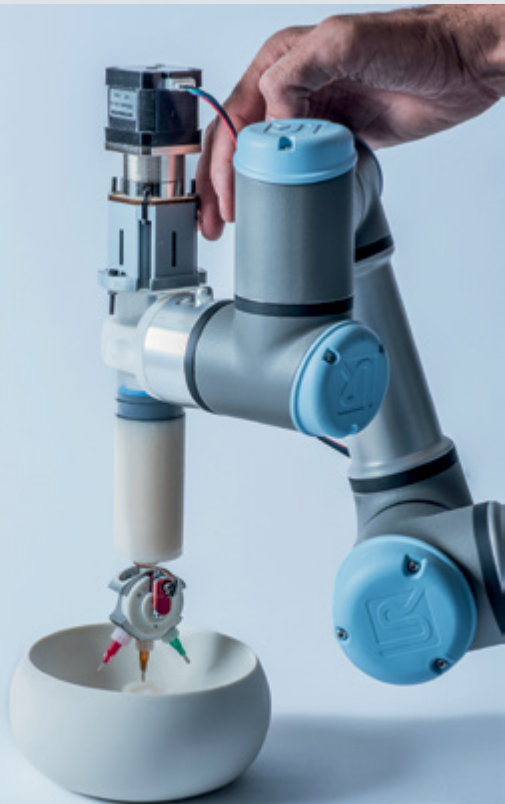


### תמונה 1

למעלה: הדמיה של מבנה מרובה  
רובוטים המכינים מנה (הדמיה: עמית  
צורן, תוכנות ריינו וויררי); מימין למטה:  
מנת מרק עם אטריות מודפסות (צילום:  
סיוון מולוקו רוסיאנו, הדפסה רובוטית;  
אריאל בצלילי מזרחי, מנה: שף אלכסנדר  
לחניש); משמאל למטה: זרוע רובוטית  
שהוסבה לתפקד כמדפסת תלת-ממד  
של אטריות (צילום: סיוון מולוקו רוסיאנו,  
רובוט: אריאל בצלילי מזרחי)



# דיגיטלי וטרופי: בישול ממוחשב באי תאילנד

— אילת סלע, עמית צורן

גסטרונומיה דיגיטלית היא שדה מחקר חדש, המתעתד לסלול את הדרך למטבח עבור מחשבים וכלי ייצור דיגיטליים כגון מדפסות תלת-ממד, רובוטים, חותכי לייזר דיגיטליים וכיו"ב. עם זאת, אחד האתגרים החשובים במחקר על בישול דיגיטלי עוסק דווקא ביצירת גשר בין הטכנולוגיות הממוחשבות למסורות קולינריות ולשיטות וטעמים של תרבויות אוכל ותיקות. המאמר מציג את ההיבטים הטכניים של בישול דיגיטלי לצד תיאור חוויה סובייקטיבית של מימוש מנה תאילנדית מסורתית מחומריים מקומיים על אי בדרום תאילנד, המיישמת חזון דיגיטלי של מעברי טעם רציפים.

**עמית צורן**, פרופסור בבית הספר להנדסה ומדעי המחשב, האוניברסיטה העברית, ירושלים. בוגר הנדסת מערכות תקשורת, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, מוסמך בעיצוב, בצלאל ירושלים, ובעל תואר דוקטור Media Lab, MIT. במחקרו הוא מפגיש בין שני תחומי עשייה שונים ואף מנוגדים: טכנולוגיות המחשוב המתקדמות למול כישורי מלאכת-יד קלאסיים, בניסיון למצוא דרכי חשיבה חדשות המגשרות בין שני סוכני יצירתיות שונים במהותם – המכונה הדיגיטלית והיד האנושית. בשנים האחרונות מחקרו מתמקד בבישול ובאוכל, בחיפוש אחר מרחב היברידי המשלב תהליכי בישול מסורתיים עם כלים דיגיטליים חדשים. [www.amitz.co](http://www.amitz.co)

**אילת סלע**, מעצבת חזותית ועורכת וידאו, בוגרת המחלקה לתקשורת חזותית בשנקר ויוצרת רב תחומית, אשר נעה בין תחומי עשייה הקושרים עיצוב, בישול וטכנולוגיה. בעלת רקע מקצועי בבישול וכמה שנות ניסיון בעבודה במסעדות.

קו־לון (Ko Lone) הוא אי קטן בים אנדמן, השייך למחוז פוקט, הנמצא בדרום תאילנד. באי גרה קהילה קטנה המונה כשלושים משפחות, ויש בו אתר אירוח קטן (תמונה 2). באביב 2018 אירח האי קו־לון כנס יוצא דופן תחת הכותרת *Digital Naturalism Conference*: קבוצה של מדענים, חוקרים, מעצבים, אקטיביסטים ואמנים התארחו במקום שבועות מספר, כשהמכנה המשותף של פעילותם הוא ליצור משהו – כל דבר אשר מקשר בין טכנולוגיה מתקדמת לטבע המקומי.<sup>1</sup>

בחיי היום־יום שלנו אנו, כותבי המאמר, עוסקים ביצירה ובמחקר במרחב טכנולוגי ועיצובי. אנו באים מרקע של עיצוב וטכנולוגיה, ובעלי עניין וניסיון בבישול. הזמנו להצטרף לכנס וליצור משהו בסביבה הטروفית, סביבה עשירה בחומרי גלם ובנופים מרהיבים, אשר אוכלסה בעושר טכנולוגי ויצירתי. לצד יוצרים כמו מייקל קנדי (Candy), המפתח רובוטים המטפסים על עצים, האנה פרנר ווילסון (Perner-Wilson), שבונה סטודיו תת־מימי למלאכת אלקטרוניקה, או מדלן שוורצמן (Schwartzman), שמעצבת מסכות קינטיות מאלמוגים, החלטנו לנצל את החופש היצירתי, לחקור גסטרונומיה דיגיטלית בתנאי שטח ולבשל אוכל בהשפעה מקומית מחומרי גלם שנאספו באי (או במקרה הצורך, במרכול המקומי על החוף של פוקט). להלן נתעד את העשייה היצירתית שלנו בכנס בקו־לון, בד בבד עם פריסת החזון של גסטרונומיה דיגיטלית.

### מבוא לגסטרונומיה דיגיטלית

גסטרונומיה דיגיטלית היא טריטוריית מחקר חדשה, המתעתדת לסלול את הדרך למטבח עבור מחשבים וכלי ייצור דיגיטליים כגון מדפסות תלת־ממד, רובוטים, חותכי לייזר דיגיטליים וכד' (תמונה 1). לצד פרויקטים רבים המפתחים יכולות אוטונומיות למכונות בישול כמו רובוט המבשל ללא מגע אדם, אנו חוקרים כיוון חלופי. במקום לעסוק באוטומציה, תהליך שעלול לייתר את הטבחים האנושיים, אנו מעוניינים להתחקות אחר יתרונות המחשב עבור שפים וטבחים, ומפתחים שיטות וכלים דיגיטליים לבישול אשר יאפשרו לטבחים ליצור מנות שללא מחשב אין אפשרות להכין אותן. המוטיבציה לכך היא פשוטה: בהנחה שהמטבח לא יתחמק מהשתלטות הטכנולוגיה הדיגיטלית, אנו מאמינים שעדיף להשאיר את השליטה בתהליך בידי היצירתיות האנושית. לטעמנו, הדרך הנכונה לעשות זאת היא להתפתח בשני אפיקים מקבילים: להתחקות אחר התרומה הייחודית של המחשב לבישול, אשר מספקת עומק יצירתי חדש לחלוטין, ובו־זמן להתפשר וליצור מרחב היברידי,

1. ראו: אתר *Digital Naturalism Conference*, נדלה ב־12 ביוני 2019 מ: [www.dinacon.org](http://www.dinacon.org)



המאפשר לקיים בישול מסורתי לצד בישול דיגיטלי.

הרעיון של מחשוב המטבח מעורר התנגדויות לא־מעטות, ולא בכדי. בישול ואוכל הם עמודי התווך של כל תרבות, ולהבדיל ממלאכות מסורתיות רבות אשר אבדו לבלי שוב והוחלפו במכונות ובמפעלי ייצור, המטבח המסורתי עדיין נפוץ בכל בית. רובנו עדיין מבשלים, והעניין הציבורי בבישול מגובה בשגשוג של מסעדות יוקרה ותכניות בישול.<sup>2</sup> עם זאת, עם גידול האוכלוסייה העולמית והשינויים בהשפעות האקלים, אנו עומדים בפני אתגרים לא־מעטים ונדרשת דרך ליעל את השימוש שלנו בחומרי גלם ולהקטין את הפחת הרב הנובע מבישול וצריכת מזון לא־יעילים. כמובן, מחשבים עשויים לתרום בכל שלבי עיבוד חומרי הגלם והבישול, כאשר אחת הדרכים ליעול התהליך היא הסתמכות על חומרי גלם יבשים והומוגניים בעלי זמן מדף ארוך. דוגמאות מוכרות הן אבקות שונות (קמח, אבקת אפיייה) או פירורים/גבישים קטנטנים (מלח דק, סוכר ותבלינים יבשים), וכיום ישנן חברות המשווקות אבקות תזונה המכילות את כל הערכים התזונתיים עבור אדם בגיר בדומה לאבקות תחליף חלב לתינוקות.<sup>3</sup> הרעיון שלפיו האדם צורך בדיוק את חומרי הגלם שגופו זקוק להם משתלב בחזון של תזונה אישית ורפואה מותאמת גנטית, ורבים מאמינים שבעתיד ינהלו מחשבים את דרכי צריכת המזון של מרבית האוכלוסייה ויפקחו עליהן. כדי לייצר מזון באמצעות מחשבים, החוקרים מתמקדים בשתי טכנולוגיות עיקריות: האחת, שימוש ברובוטים המחקים פעילות אנושית במטבח;<sup>4</sup> האחרת,

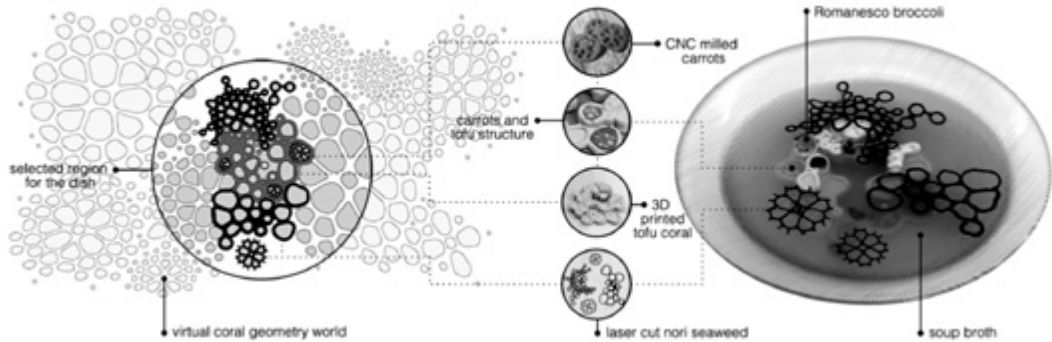
## תמונה 2

החוף בקורלון, מקום הכנס  
Digital Naturalism  
Conference

2. להרחבה, ראו: Michael Pollan, "Out of the Kitchen, Onto the Couch", *The New York Times Magazine*, July 29, 2009

3. ראו לדוגמה, אתר *Huel*, נדלה ב־12 ביוני 2019: <https://uk.huel.com>

4. ראו לדוגמה, מולי רובוטיקס, נדלה ב־12 ביוני 2019 מ: <http://www.moley.com>



**תמונה 3**  
**מנת מרק (מימין) שיוצרה**  
**במעבדה היברידיית**  
**באוניברסיטה העברית,**  
**בהתבסס על מודל גרפי**  
**ממוחשב (משמאל)**  
**ובמגוון שיטות ומכונות**  
**(במרכז). ייצור דיגיטלי:**  
**אריאל בצלצלי מזרחי**  
**ועמית צורן, מנה: שף**  
**אלכסנדר לחניש ועמית**  
**צורן, מודל ממוחשב:**  
**מורן מזרחי ועמית צורן**

הדפסת תלת־ממד של מזון, אשר לרוב מגיע כמשחה או אבקה.<sup>5</sup> שתי הטכנולוגיות האלה בעייתיות: האחת מושתתת על סינתזה וחקיקוי של טבח אנושי, ועלולה לפתח תלות בינינו לבין הרובוטים, תלות שלא תעודד יצירתיות ואת התפתחות הבישול; ואילו האחרת, שבה מדפסות תלת־ממד וחומרים חדשים מייצרים מזון בשיטות חדשות, אינה מעוררת תיאבון רב אצל רובנו ונשמעת מלאכותית. לפיכך, בשנת 2016 פרסמה המעבדה להיברידיים עיצוביים באוניברסיטה העברית בראשות עמית צורן מאמר על גסטרונומיה דיגיטלית, הכולל שיטות ומתכונים לבישול היברידי, כלומר, בישול המשלב מחשב עם שיטות מסורתיות.<sup>6</sup> אחת ממטרות המחקר הייתה ליישם שיטות דיגיטליות בבישול דרך עבודה עם טבחים מיומנים ויצירתיים (אלכסנדר לחניש ועמוס גולן), על מנת לייצר מנות משכנעות, מעניינות ומעוררות תיאבון. טענת החוקרים הייתה שכדי לשלב מחשב באופן אורגני בבישול, אל לנו לראותו כמשהו טוטלי ואוטונומי המחליף את כל הבישול המסורתי, אלא ככלי נוסף לצד כלים אחרים. ואמנם, במהלך ההיסטוריה עברו טכניקות וכלים מתרבות לתרבות, ואט־אט חדרו למטבח פיתוחים טכנולוגיים חדשים, מסכין החיתוך, דרך תנור, כיריים ומיקרוגל ועד שיטות מודרניות לבישול באמצעות טכניקות מעולם מעבדות הכימיה.<sup>7</sup> המחשב אינו שונה: הוא כלי שצריך להשתלב במטבח המסורתי ולתרום דבר־מה משמעותי לתהליך. בהקשר זה, התרומה העיקרית של המחשב

5. ראו לדוגמה, "3D Food Printing", נדלה ב־12 ביוני 2019 מ: <https://3dprinting.com/food>

6. Mizrah, Moran, Amos Golan et al., "Digital Gastronomy: Methods & Recipes for Hybrid Cooking", To appear in *The 29th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16)*, ACM, New York, NY, USA, 2016

7. Myhrvold, N., Young, C. et al., "Modernist Cuisine: The Art and Science of Cooking", *The Cooking Lab*; Spi Har/Pa edition (March 7, 2011)

לתהליך היצירתי היא יכולות תכנון ועיצוב פרמטריות ואלגוריתמיות (תמונה 3), ועבודה דיסקרטית ברזולוציות של פיקסלים ווקסלים. בעזרת מחשב, טוענים חוקרים מהאוניברסיטה העברית, יהיה ניתן לחשוב על דפוסים וצורות של טעם כמו פיקסלים של צבע וגרפיקה ממוחשבת.<sup>8</sup> אם כן, זה רעיון חדש לחלוטין לבישול: האפשרות של השגת שליטה מדויקת בהתפתחות הטעם מנקודה אחת על הצלחת לנקודה אחרת והיכולת להגדיר מבני טעם ואת המעברים ביניהם פותחת מרחב שלם של אפשרויות חדשות. מבנים כאלו, שתוכננו ויוצרו בתהליך ממוחשב, הם כלי אחד ולא יחיד לצד אוסף כלי הבישול המסורתיים, והשפים יכולים לבחור מתי ואיך להשתמש בהם.

### תרבות נגד בעולם ההיי־טק

בישול מתקיים בכל מרחב בחברה: בישול עילי, בישול משפחתי, בישול טקסי וחגיגי, בישול רחוב. הקשר בין בישול לתרבות הוא עמוק. אחת הסכנות בבישול דיגיטלי נובעת מהצימוד בין הטריטוריה הטכנית של המחשבים לעולם הממסדי של איגודים וארגונים, אשר מתעדפים ערכים שונים מאלו שיבחר היחיד בבואו לבשל. אנו חיים במרחב טכנולוגי, שבו בדרך כלל טכנולוגיות מפותחות על ידי חברות בעלות ממון. השפעתן של חברות גדולות ועשירות על השוק היא רחבה, ואינטרסים כלכליים הם הכוח המניע של רוב הפיתוחים הטכנולוגיים. אבל — האם מן ההכרח שמשמעותו של בישול דיגיטלי תהא שליטה של תעשיית ההיי־טק על הצלחת שלנו? הרבה נכתב ונאמר על השפעת חברות ההיי־טק על המזון המעובד הרב שאנו צורכים ועל איכותו.<sup>9</sup> על כן, בעבודתנו התחקינו אחר כיוון שיחבר בישול ממוחשב למסורת ויאפשר חופש יצירתי ובחירה על ידי הבשלנים, היות שאיננו מאמינים בפיתוח כלים יצירתיים עבור גופי כוח אלא עבור היחיד ומשתמשי הקצה. מטרתנו היא להשתמש בטכנולוגיה על מנת להעשיר את החופש היצירתי של הטבח והשפית, ולא על מנת ליצור שליטה של גופי כוח כאמזון וגוגל על מכונות ייצור המזון המותקנות בבתינו.

8. Amit Zoran and Dror Cohen, "Digital Konditorei Programmable Taste Structures using a Modular Mold", in *Proceedings of the 36th Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*. ACM, New York, NY, USA, 2018

9. Hong, Harry, "Modern Industrial Foods and Their Effects on the Human Body", *Natural Medicine Journal*, 8:4 (2016), Retrieved September 1, 2019, from: <https://www.naturalmedicinejournal.com/journal/2016-04/modern-industrial-foods-and-their-effects-human-body>

הקשר בין חופש הבחירה של היחיד לעיצוב סביבת החיים והתרבות הטכנולוגית שבה אנחנו חיים מעסיק אקטיביסטים רבים. ליחיד, גם לזה שמאמין שהוא חי בחברה חופשית, נתונה יכולת מוגבלת בלבד להשפיע על ההתפתחות הטכנולוגית, אשר משפיעה במישרין על התרבות. נוסף על כך, האפיסטמולוגיה של התרבות הטכנולוגית הדומיננטית מושפעת מגופי הכוח העיקריים — מוסדות הלימוד (אקדמיה), השלטון והכלכלה — ולרוב אינה נגישה לאנשים מחוץ למעגלי ההשפעה. על כן, ההגמוניה הכלכלית-טכנולוגית הריכוזית אינה נחלת הרוב, ומעלה התנגדויות ויצירת תרבויות נגד.

בימינו, פעילים המאמינים בביזור ההגמוניה הטכנולוגית והכלכלית וביצירת פרטוקולים חלופיים ללימודי מדע וטכנולוגיה מפתחים מוצרים בקוד פתוח, כאשר התוכניות (והתכנות) חשופים לכול.<sup>10</sup> תרבות נגד כלכלית של "עשה-זאת-בעצמך" מעודדת יצירה עצמאית של מוצרים, שיתוף מידע חינם והנגשת טכנולוגיות ומוצרים מגוונים דרך פלטפורמות שיתופיות של קוד פתוח למגזרי אוכלוסייה רחבים.<sup>11</sup> כך נוצרים אפיקי יצירה חלופיים, המשתמשים בטכנולוגיה לאו דווקא כגורם מכניס כלכלית אלא כיצירה לשמה, כמו מלאכות יד מסורתיות (קרמיקה, נגרות).

הכנס בקולון אורגן על ידי חוקרים הפעילים במרחב של יצירה טכנולוגית מתקדמת חלופית, על מנת ליצור חוויה יצירתית לשמה ולפעול מתשוקה למלאכה, לטכנולוגיה ולטבע. מארגני הכנס טזמין קאן (Khan) ואנדרו קוויטמיייר (Quitmeyer) הזמינו יוצרים במגוון תחומים לפעול במרחב הטרופי ללא מטרה כלכלית או תפקודית מוגדרת לטווח הקרוב, כדי ליצור עוד אפיק של פעילות נגד לריכוזיות של הכלכלה הטכנולוגית. המטרה הייתה ליצור מאהבה לסביבה וליצירה עצמה ולהגדיר מרחב בטוח לעשייה ולכישלון. לפיכך, כשהוזמנו להצטרף, היה לנו ברור שנעסוק בבישול מקומי, בטכניקות מקומיות, ובחומרי גלם מקומיים ככל שניתן, ונתחקה אחר אפשרויות החיבור של היצירה בשטח לשאלות מהותיות: האם ניתן לחשוב על בישול דיגיטלי כבישול מקומי? כיצד לשלב מחשב בתכנון גסטרונומי בלי להפוך את האוכל לסינטטי? מה התרומה של מחשב לתהליך? כיצד ניתן להשתמש בעבודה כדי לשבור את הדימוי הסינטטי של כל עיסוק ממוחשב בבישול?

Gershenfeld, N., *FAB: The Coming Revolution on Your Desktop — From Personal Computers to Personal Fabrication*, .10 Basic Books, 2005

Craig, William, "What Is 'Maker Culture,' And How Can You Put It To Work?", *Forbes*, Feb 27, 2015 .11

### אפיקים חדשים בבישול וייצוג דיגיטלי

בישול במהותו הוא תהליך אנלוגי. חיתוך, אידוי, ערבוב, טיגון — תהליכי הבישול עוסקים במניפולציות על חומרי גלם כדי לקבל תוצר בעל תכונות שונות מחומרי הגלם המקוריים. כל חומר תורם מגוון תכונות כגון טעם, טקסטורה או ריח, ומקצת התכונות נשמרות במניפולציות השונות. במתכון אנו מאזנים בין התכונות כדי לקבל את התוצר הרצוי: מאזנים בין מליחות למתיקות ולחומציות, בין טמפרטורת הגשה לחריפות, בין חוזק טעמים לאלמנטים בסיסיים. האיזון נעשה בכל המנה או בחלקים גדולים שלה: הוספת מלח לתבשיל בסיר, המתקת קינוח וכיו"ב.

בזמן ארוחה, הסועד חווה תהליכים שונים הקשורים למבני הטעם במנה כגון מעבר מטעמים מסוימים לאחרים. שילוב טעמים הוא המיומנות החשובה בבניית מנה. ישנה סיבה לכך שהקינוח מגיע בסוף הארוחה ומתאים לאספרסו, או לכך שיון אדום משתלב בארוחה בשרית. עלים טריים וירוקים מנקים את פלטת הטעמים וטובים לרענון הפה בין מנה למנה וכיו"ב. עם זאת, טכניקות הבישול האנלוגיות לא מאפשרות מניפולציה מורכבת על המעברים והשינויים האלה. ניתן לעבור בין רכיבי טעם שונים במנה, אבל קשה ליצור מאה רכיבים כאלה במנה אחת ולשלוט בהם.

בתהליך העבודה ביקשנו לחשוב על בישול כאנלוגיה לצילום, וללמוד ממהפכת המחשוב בעולם הצילום. כיום הבישול נמצא במקום דומה לצילום בעידן האנלוגי. מניפולציות וטרנספורמציות רבות אכן אפשריות, אבל קשה לקבל שליטה על כל נקודה קטנטנה (פיקסל) ללא ייצוג דיגיטלי וכלי עריכה מתאימים. חזון הבישול הדיגיטלי מניח שבעזרת מכוונות ממוחשבות נוכל לשלוט בכל נקודת טעם על הצלחת. באמצעות יצירת קוביות טעם ופיזורן או ספרות קטנטנות בגודל של מילימטר ומטה, נוכל לשלוט בדיוקנות מרבית ברכיבי הטעם המרכיבים אותן. בקרה מדויקת של מליחות, שומניות, חריפות, מתיקות, חומציות, לחות, מבנה וצבע של כל נקודת טעם קטנטנה, תאפשר לבנות מבני טעם מורכבים וליצור מעברים מורכבים בין מבנים כאלה. שליטה כזו פותחת אופק יצירתי חדש לחלוטין עבור שפים: שליטה במעבר בין טעם אחד לאחר (כמו שליטה במעברים הדרגתיים בצבע התמונה באמצעות תוכנת עריכה כגון פוטושופ), שליטה במבני טעם (כמו יצירת מבנים פרמטריים מורכבים בעיצוב דיגיטלי, הנפוצים בארכיטקטורה מודרנית), וקבלת מגוון ענק של מנות מאותו המתכון. לפתע, מתכון אינו רק אופציה יחידנית לשלב בין חומרי גלם. בעזרת מחשב יגדירו המתכונים חוקיות ולא יחסים קבועים, דרך ניסוחים מתמטיים המתארים את התלות בין החומרים (לדוגמה, אפשר להוריד מינון של מליחות אם מעלים את שיעור המונוסודיום גלוטמט, אפשר לוותר על חלק משמן לטיגון אם משתמשים בבשר שומני). באמצעות שליטה מדויקת בחומרי הגלם יוכלו השפים



להתאים מתכון בדיוק לצרכיו ולטעמו של הסועד ועם זאת, יהיה בידם כלי תכנוני רב־עוצמה ליצירת מבני טעם דיגיטליים.

בבישול, לעיתים חוקיות ויחסי גומלין בין חומרים עשויים להיות מורכבים מאוד. לדוגמה, במקרה של יחסים בין שמרים, מים, סוכר מלח וקמח בתפיחת בצק: התפיחה היא פונקציה של היחסים הכוללים בין כל חומרי הגלם — הוספת סוכר מעודדת תפיחה, הוספת מלח מעכבת תפיחה, ללא מים התפיחה אינה אפשרית ולא ייווצרו קשרי הגלגולטון בבצק וכו'. כדי לדעת כיצד ישפיע שינוי של חומר אחד על התוצר, נדרש מודל מתמטי שיכול לייצג את הקשרים באופן ברור וקל להבנה. מבנה כזה עשוי לעזור בתכנון מנות מורכבות מחומרי גלם בסיסיים כגון אבקות ולאפשר יצירת מנות מורכבות ועשירות.

בחיפושיו אחר מודל שיכול לתאר חוקיות מורכבת, התוודענו לתחום בטופולוגיה (ענף במתמטיקה העוסק בחקר התכונות של המרחב) שנקרא קומפלקסים סימפליסטיים (simplicial complex), ומתאר קשרי השפעה ותלות הדדיים בין רכיבים בדידים.<sup>12</sup> דוגמה לקשר בין רכיבים בדידים היא רשת כבישים: הקשרים נקראים קשתות ומתארים כבישים, והצמתים נקראים קודקודים. בבישול, אנחנו יכולים לתאר חומרי גלם כקודקודים, אבל לעיתים ישנה השפעת גומלין מורכבת בין חומרי הגלם, הכוללת אינטראקציה רב־ממדית בין יותר משני מרכיבים. לשם כך בחרנו במודל מורכב יותר מרשת פשוטה. סימפלקס הוא "מבנה גיאומטרי או קומבינטורי פשוט, המאופיין במספר הקודקודים הקטן ביותר האפשרי לגוף מאותו הממד", ועונה בדיוק על הצורך התיאורי שלנו.<sup>13</sup> לדוגמה, משולש הוא סימפלקס בין שלושה קודקודים, והמשולש מתאר את הקשר המורכב בין שלושתם. פירמידה משולשת מתארת את הקשר בין ארבעה קודקודים, וכן הלאה.<sup>14</sup> לדוגמה, פונקציה המתארת מרירות קפה יכולה להיות מיוצגת כסימפלקס שהוא פרמידה משולשת בעלת ארבעה קודקודים בסך הכול, והקודקודים הם: סוכר, רכיבי קפה, מים וחלב. כדי ליצור ייצוג חדש למתכון אשר יכול לשמש בישול דיגיטלי ולמצות את פוטנציאל הטמון בו, החלטנו לשלב בין תרשים זרימה מסורתי למבנה של סימפלקסים (תמונה 4). תרשים הזרימה, עם כיוון ההתקדמות מלמעלה למטה, יתאר את הפעולות הטכניות — חומרי הגלם (כדורים) יעברו טרנספורמציות באמצעות פונקציונלים (ריבועים) עד להתאמה לכלים גיאומטריים (חישוקים). סימפלקסים יתארו יחסי

12. נדלה ב־12 ביוני 2019 מ: <http://mathworld.wolfram.com/SimplicialComplex.html>

13. "סימפלקס", ויקיפדיה, נדלה ב־12 ביוני 2019 מאתר ויקיפדיה.

14. הניסוח המדויק מורכב יותר וכולל את כל החלופות האפשריות בקשרים רב־ממדים בין הקודקודים.

גומלין וחוקיות בין חומרי גלם שונים ו/או פונקציונלים וכלי ההגשה. למרות מורכבות הייצוג הזה, הוא סולל את הדרך לחשיבה ולתיאור של תהליכי בישול מורכבים ככל הניתן באופן מופשט. הפעולות המתרחשות בתהליך (פונקציונלים) עשויות להיות ידניות או אוטומטיות, אבל ברגע שישנו ייצוג מתמטי מסודר ניתן להפעיל כלי חישוב בנייתו ומניפולציה של התהליך בדרך נגישה, כולל בניית מודל מתמטי המתאר איך מנה אחת מתמזגת לאחרת, ולשלוט באופני המיזוג. המודל מזמין אותנו להתערב ולחשוב מחדש על הדרך שבה אנחנו בונים מנה, גם ללא נוכחות מדפסות תלת־ממד ורובוטים.

### פיצול ומיזוג בצלחת

לפני היציאה לתאילנד, תוך כדי תכנון והכנה של הפעילות בקו־לון, הבנו שהסעת רובוטים ומכונות דיגיטליות מסורבלות לאי כרוכה בקשיים רבים. עם זאת, חיפשנו דרך לקדם את מחקרנו על בישול דיגיטלי ולהעמיק את הפוטנציאל התרבותי שלו דרך מיזוג של גישות חדשות עם בישול תאילנדי מסורתי. החשיפה והלימוד של מבני הייצוג החדשים העלו אפשרות חליפית לעבודת מכונות: נשתמש בשיטות מסורתיות ומודרניות יחד, ללא מכונות, ונתכנן מנה דיגיטלית במהותה, גם אם יידרשו כמה ימים כדי לייצרה ולהרכיבה. אמנם המנה המוצגת בהמשך אינה אידיאלית לבישול ללא מכונות, אבל כדי להדגים את הרעיון החלטנו להשקיע זמן בחקר חומרי גלם מקומיים וליצור מבנים מורכבים בעבודת־יד, כל עוד התוצר ממחיש בבירור את הרעיון. על כן, מחקרנו בקו־לון התבסס במישרין על התפיסה הדיגיטלית החדשה אשר תוארה לעיל, והסתמך על מודל שנשמך על חזון דיגיטלי לחלוטין.

החלטנו להתמקד ביצירת מנה מאבני בניין בדידות — יחידות טעם קטנות מחומרים וטעמים מקומיים המדמות קוביות בדידות — שניתן לבנות מהן מנות שונות עם ייצוג דיגיטלי. בקו־לון השתמשנו בחומרי גלם חתוכים ליחידות קטנות כמו קוביות מנגו, עלים קטנטנים עבור הסלט, טבעות שאלוט ודיסקיות בננה. נוסף על כך, בעזרת טכניקת ספריפיקציה, הלקוחה מטכניקות הבישול המודרניות (שלעיתים נקראות "בישול מולקולרי"), יצרנו יחידות טעם קטנטנות ובדידות אשר ישמשו כאבני־בניין למנה (תמונה 5).<sup>15</sup>

ספריפיקציה היא טכניקה נפוצה בבישול המודרני, אשר פותחה לראשונה במסעדת אלבולי (elBulli) על ידי השף פראן אדריאה (Adrià). טכניקה זו מאפשרת

Bilet, Maxime, and Nathan Myhrvold, "Modernist Cuisine | The Art and Science of Cooking", *The Cooking Lab*, .15  
Spi Har/Pa edition, March 8, 2011

יצירת ספרות קטנטנות כגון קוויאר מלאכותי בטעמים שונים או (בשינוי קטן בטכניקה) ספרות בגדלים שונים (כגון חלמון ביצה מלאכותי). מכל נוזל על בסיס מימי וחומציות נמוכה ניתן להכין ספרות, וכך לייצר רכיבי טעם קטנטנים הניתנים לפיזור במנה – פיקסלים של טעם, כגון ספרות אדומות קטנות וחריפות מפלפל צ'ילי תאילנדי או ספרות גדולות שחורות מציר דגים מרוכז.

כמו כל מטבח מקומי, הבישול התאילנדי מסתמך על חומרי גלם מקומיים, טעמים וטקסטורות.<sup>16</sup> אורז וחלב קוקוס נוכחים בו לרוב, ובכל סוגי המנות. לצד מרכיבים הנמצאים בשימוש גם במערב כגון טופו וטעמים טריים מן הים, בתאילנד נעשה שימוש רב בסוכר דקלים במקום סוכר, בסויה וברוטב דגים במקום מלח, בליים ובתמר הינדי במקום לימון וחומץ, בירקות ובפירות טרופיים, בפלפלים חריפים וחריפים מאוד ועוד. ישנן מנות מוקפצות עם אטריות וביצים (המפורסמת מכולן היא פאד תאי), מנות קארי (כמו קארי מסמאן), מרקים (כמו טום-יאם) סלטים ייחודיים (כמו סלט פאפאיה ירוקה), מנות מאודות, קינוחים עשויים טפיוקה או אורז והרבה חלב קוקוס. טעמים מגוונים מופיעים בכל המנות: חלב קוקוס עשוי להופיע בקינוח, במרק, בקארי. הוא עשוי להיות מומתק עבור המרק ומומלח עבור הקינוח. רוטב דגים עשוי להופיע במרק, בסלט, בפאד תאי וכו'. בזיליקום עשוי להופיע כמעט בכל מקום. סוכר דקלים יופיע בסלט, במרק ובקינוח. שילובים וניגודים של טעמי אוממי, מתוק, חמוץ על בסיס של חלב קוקוס ועלים טריים הם הבסיס של המטבח התאילנדי.

כדי להדגים כיצד ייצוג דיגיטלי עשוי לשמש תכנון של מעברי טעם, החלטנו למזג בין שלוש מנות קלאסיות שונות אשר לרוב פורסות ארוחה שלמה, וליצור מנה אחת המדגימה מעברי טעם מורכבים בין שלושה מרכיבים. המנה המוצגת פה היא מיזוג בין מרק טום-יאם, סלט מרענן וקינוח מנגו-בננה בחלב קוקוס. מרכיבים מהותיים במנות שעליהן הסתמכנו עברו הפרדה, בידוד ומידול מחדש, והשתלבו במנה באופן בדיד כיחידות עצמאיות (אבני-בניין), כאשר כל אחת תורמת משהו אחר. התחקינו אחר מרכיבים המשותפים ליותר ממנה אחת וחיפשנו דרך ליצור קשר בין מרכיבים אלו, אשר יספקו המשכיות למנה אשר תתחיל כמרק, תהפוך לסלט ותסתתים בקינוח. מיקום הסלט (או נכון יותר, העלים הטריים) בין המרק לקינוח נועד לנקות את הפלטה מהטעמים החזקים של המרק ולהכין את הסועד לשלב האחרון של הארוחה, אבל להבדיל מחוויית סעודה רגילה של מנות מופרדות, אנו מנגישים מנה בודדת שהיא גם שלוש מנות שונות המשתלבות זו בזו באופן בלתי ניתן להפרדה.

<sup>16</sup> Pailin Chongchitnant, *Hot Thai Kitchen: Demystifying Thai Cuisine with Authentic Recipes to Make at Home*, Canada: Appetite by Random House, 2016

את מרק הטום-יאם, אשר לרוב מתבסס על ציר של רוטב דגים וחלב קוקוס, הפרדנו לחלב קוקוס ולאלמנט טעם מרוכז מציר של דגים מיובשים מקומיים המונגש בספרה של טעם. הציר נצבע שחור ונארז כספרה בגודל של חלמון ביצה. ללא חלב הקוקוס, הציר הדחוס עשוי לתפקד גם כרוטב לסלט, ואכן, סלטים תאילנדים מתובלים לרוב ברוטב דגים וממותקים (לאיזון חמיצות הרוטב). במקרה שלנו, "שאלנו" את ההמתקה מהקינח. חלב הקוקוס שלנו הופיע גם בתחילת המנה (מרק הטום-יאם) וגם בסופה (קינח), אבל נעדר מהסלט. המרק ליווה שרימפס צרובים עם ציר דגים, ורכיבי טעם חריפים (ספרות של פלפל אדום חריף) התפלגו בצפיפויות משתנות מהמרק לסלט, כאשר רכיבי המתקה ירקרקים (טפיקות סוכר ועלי פנדו, הנפוצים בקינחים) התפלגו מהקינח לסלט. בדרך זו, בכל נקודה על הצלחת ישנם מרכיבים מגוונים, שהמקבץ שלהם יוצר חוויה הדומה למרק, לסלט או לקינח, אבל אינם באמת ניתנים להפרדה, ומדגימים מעברים רציפים ומורכבים בין אזורי עניין. חדות היצירה בסביבה הטרופית העשירה את המנה, ושילבנו בתהליך טכניקות רבות שלמדנו באי כגון הכנת חלב קוקוס טרי מאגוזים שמצאנו שם וכיו"ב. המנה הוגשה על עלי בננה (תמונה 4) וזכתה לתגובות תומכות מחברינו לכנס, כולל תגובות משועשעות כשהראינו את הייצוג הדיגיטלי המלווה את המנה. לטעמנו, תגובות אלו הן צעד ראשון בהנגשה של רעיונות מורכבים לסועדים ובפירוק המרחק בין עבודת מחשב וייצוגים מתמטיים ליצירת תרבות בישול חיה ואנושית. אנחנו מאמינים שהשימוש במחשב בבישול יגדל בשנים הקרובות, על מנת לאפשר שימוש אופטימלי וחסכוני בחומרי גלם אגב התאמת המנות לצרכים האישיים של סועדים. כדי שתהליך זה יהיה בעל עומק תרבותי, נדרש עלינו, החוקרים, לאפשר לשפים ולטבחים עומק יצירתי מקורי וייחודי למחשב, על מנת להצדיק שימושים דיגיטליים בתהליך.

חשוב להדגיש, שאיננו מעודדים את השתלטות המחשב על המטבח, ואני מקווים שתהליכי בישול דיגיטליים ימצאו את מקומם לצד טכניקות בישול מסורתיות וישתלבו בבישול ההיברידי. לשם כך, עוד עבודה רבה לפנינו, וחלקה הגדול אפילו אינו צורך מחשבים. כפי שהצגנו לעיל, על מנת להפיק את המרב מטכניקות הבישול הדיגיטליות, נדרש שינוי מהותי בתפיסות בישול כגון חשיבה מחדש על מנות, על טעמים וייצוגם וגם על תפיסה של מהו מתכון. חלק ניכר מהמחקר בתחום יכול להתקיים בשיטות מסורתיות, ללא מכונות ואפילו ללא מחשב, אשר בוחנות גישות חדשות ומכילות את המטבח למחשב – ומכילות אותנו, הבשלנים האנושיים, לשינויי תפיסה בבישול. עלינו להמשיך לפעול וליצור במרחב ההיברידי ולא להשאיר את ניתוב העתיד היצירתי של המטבח לתאגידי טכנולוגיה ומידע. כפי שמאז ומעולם התקיים הבישול בכל הרבדים החברתיים, אנו מתעתדים להמשיך ולפעול על מנת

שהבישול הממוחשב יהיה קודם כולו לפיתוח יצירתי של טבחים אנושיים ולא להפך. יש לזכור, שהמחשב אינו סמכות אלא כלי, וככזה הוא מרתיע פחות ועשוי להעשיר יותר. יתרונותיו של המחשב רבים, וכך גם חסרונותיו. תרבות מאוזנת, בין שזו תרבות בישול או כל טריטוריה יצירתית אחרת, עשויה להרוויח משילוב של טכניקות ומסורות באופן שמבטא את היתרונות היחסיים של כל טכניקה. יתרונות המחשב הם ייצוגים בדידים וכלי עיצוב ותכנון מתמטיים, המאפשרים מבנים שלא ניתן להשיג בטכניקות בישול אנלוגיות ופותחים עתיד חדש לבישול דיגיטלי והיברידי. אנו נמשיך לפתח את כלי הייצוג והתכנון החדשים, ונמשיך להטמיע ולשלב אותם בבישול המסורתי באופן שיעניק אפשרויות ועומק חדש לגסטרונומיה ההיברידית: מרק שמתחיל בטעמים אירופיים ונהפך למרק אסייתי, מנה אשר כל פעם מוגשת במרקם אחר ובטעמים אחרים ולעולם אינה חוזרת על עצמה, מבני טעם המשתנים בין ביס לביס ויוצרים מנה דינמית; כלי תכנון, אינטראקציה ושליטה חדשים; מטבח המשלב רובוטים ואנשים – אנו מאמינים שהבישול נמצא בפתחו של עידן חדש, ונרגשים לעשות את הצעדים הראשונים בטרטוריה החשובה והמאתגרת הזאת, ודרכה לעצב תרבות בישול חדשה ועם זאת, מאוזנת.

כלי בישול דיגיטליים מסוגלים לעזור במידה ניכרת בהתמודדות עם רבים מאתגרי המזון של העתיד, באמצעות שיפור היעילות בשימוש בחומרי הגלם ובהתאמת המנות לצרכים האישיים והמשתנים של סועדים. אנו מאמינים כי פיתוח כלים דיגיטליים המעודדים חשיבה חדשה בבישול ומאפשרים לשפים, לטבחים ולבשלנים ביתיים חקירה חדשה של מרחבים יצירתיים בד בבד עם שמירה על מסורות קולינריות, הוא הדרך המתאימה ביותר לצעוד לעבר עתיד מסקרן ומאתגר, שבו רובוטים ומחשבים מקבלים אחריות הולכת וגדלה על ערכי תרבות ועל עשייה מסורתית ואנושית.

