



1975-1903

א"ד ברגמן

# אני שמח שנפל בחלקי להיות כימאי

הדברים נאמרו בטקס שבו הוענק לא"ד ברגמן פרס בובליק (2 ביולי 1973) ומובאים כאן לציון מאה שנה להולדתו.

## קורות חיי

נולדתי ביום 18 באוקטובר 1903 בקרלסרוהא (גרמניה) כבן הרב ד"ר יהודה ברגמן. למדתי באוניברסיטה של ברלין בשנים 1921 עד 1924. באוקטובר 1924 עמדתי בבחינות דוקטור לפילוסופיה על סמך עבודתי על "סיפוח מתכות אלקלי לקשרים כפולים פחמן-פחמן", וקיבלתי את הציון *Summa cum laude*. אחרי גמר לימודי עבדתי באוניברסיטה בברלין כעוזר של פרופ' הבר ובייחוד של פרופ' שלנק. בשנת 1928 נתמנית למרצה (*Privatdozent*) בכימיה על סמך עבודת מחקר על "אספקטים חדשים של הסטראוכימיה". עבודתי כעוזר ראשי של פרופ' שלנק וכמרצה נמשכה עד אפריל 1933. בזמן פיטוריי הייתי המועמד הראשון לפרופסורה לכימיה אורגנית בבית ספר גבוה טכני בשרלוטנבורג. ביום 4 באפריל 1933 צירף אותי ד"ר וייצמן לחבר העובדים שהיו צריכים לבוא למכון זיו שתוכנן בתקופה זו, ומינה אותי למנהל המחקר במכון זה. מפתחת מכון זיו באפריל 1934 ועד יולי 1951 הייתי מנהל המכון, ומנובמבר 1949 גם מנהל מכון וייצמן למדע. תפקידי המיוחד במסגרת מכון וייצמן היה ראש המחלקה לכימיה אורגנית וביוכימיה וראש המחלקה האופטית בפועל.

ביולי 1951 יצאתי לשנת שבתון, שהוארכה בעוד שנה לפי דרישת שר הביטחון. במשך תקופה זו התמסרתי לעבודת המחקר במסגרת אגף המחקר והתיכון במשרד הביטחון, שאני עומד בראשו. תפקיד זה מילאתי למעשה משנת 1948. בשנת 1951 נתמנית גם ליועץ המדעי של שר הביטחון. כמו כן אני מכהן כחבר במועצה המדעית לישראל מאז היווסדה, וכיושב ראש ועדת המשנה למחקר יסודי על יד המועצה. ב-1952 נתמנית ליושב ראש הוועדה לאנרגיה אטומית לישראל.

22.2.1953

ארנסט ד' ברגמן

הרומאים לא שילמו לקציניהם בכסף אלא במלח, והרשו להם למכור את המלח באיטליה. המילה הלטינית *Salarium* (משכורת) נובעת ממנהג זה, ובמשך מאות שנים הייתה מכירת המלח בארצות רבות מונופולין ממשלתי ומקור הכנסה למדינה. עד היום יש שבטים שבהם מלח הוא המטבע העובר לסוחר – ומי יודע אולי מנהג זה היה מונע מאתנו את מכת השביתות?

חלק לא קטן של ההיסטוריה של ימי הביניים ושל ההיסטוריה החדשה אפשר לתאר כתוצאה מהחדרת הסוכר ובעיקר קנה הסוכר לחקלאות. קנה הסוכר – מוצאו במזרח הרחוק, אבל הוא עבר לעולם החדש, לצפון אמריקה ולדרומה, והשפעת הצמח הזה על ההיסטוריה של העולם הייתה גדולה למדי. אי אפשר היה לפתח ענף זה של החקלאות בארצות אמריקה בלי פועלים רבים ובלי עבודה זולה, ולכן היה צורך להביא עבדים שחורים מאפריקה. ידועה ההיסטוריה של העבדות ושל המלחמה נגד העבדות, בעיקר באנגליה. אין ספק שהבעיה של עבדות ועבדים שיחקה תפקיד חשוב בהיסטוריה של ארצות-הברית, ועד היום אנו מוצאים בארצות-הברית ובדרום אמריקה שאריות של בעיה גדולה זו, בעיה שביסודה נובעת מתעשיית קנה הסוכר.

בימי קדם, בימי הביניים ועד היום הבשמים והתבלינים ממלאים תפקיד לא מבוטל בחיינו. פעם היה צורך בהם כדי לכסות על ריחות – בתקופה שבה הסבון טרם היה ידוע – ולהגן נגד ההשפעה של אוכל מקולקל. התבלינים היו כעין חומרים אנטיביוטיים המיוצרים על ידי צמחים. עדיין בדורנו התבלינים הם מוצרים חשובים למדי. במלחמת העולם הראשונה, כשהופסקה אספקת התבלינים מהמזרח לאירופה, עשה אחד מגדולי הכימיה באירופה, פרופ' Ruzicka, מחקר מקיף על

מדעי הטבע נמצאים בימינו בעמדת הגנה. במיוחד מותקפת הכימיה, כאילו היא המקור לכל הדברים הרעים המכערים את פני החברה האנושית. הכימאים הם שפיתחו את התהליכים שאפשרו את הפצצה האטומית, הם שהמציאו את אמצעי הלחימה הכימיים; הם שייצרו את קוטלי החרקים שבמרוצת הזמן מרעילים את הסביבה שאנו חיים בה; והם גורמים לזיהום האוויר, המים והאדמה על ידי תוצרי הלוואי של התעשייה הכימית.

אבל האם מוכנים אנו לוותר על הישגי הכימיה? האם אנו מוכנים לוותר על האינסקטיצידים ולהגיע למצב שבו החרקים ישתלטו על סביבתנו? האם נוותר על השימוש בחשמל כיוון שתחנות הכוח פולטות דו-תחמוצת הגפרית? או על השימוש בחומרים פלסטיים – בזמן שמתחיל להתברר שאין לנו חומרים טבעיים שיוכלו למלא את מקומם של חומרים פלסטיים אלו? יתר על כן, מי בראש ובראשונה יוכל לתקן תופעות שליליות – ויש כאלה בטכנולוגיה – אם לא אותם החוקרים, אותם הכימאים שביססו טכנולוגיה זו?

אני בא לטעון שלחומרים כימיים היה בעבר ויהיה בעתיד מעמד קובע גם בהיסטוריה של האנושות, וברצוני להדגים זאת בכמה דוגמות מן העבר ובכמה דוגמות מן ההווה. בימינו המלח הרגיל אינו נחשב לחומר כימי חשוב ומעניין. הוא עומד לרשותנו בשפע. אבל לא תמיד היה המצב כך. כשהמין האנושי פיתח את החקלאות במקום הצייד כמקור למזון, התברר ההכרח להשלים את המזון במלח. האדם הקדמון סיפק אותו לעצמו על ידי אכילת בשר של חיות פרא. ייצור המלח היה אחת מן התעשיות הראשונות שאנו יודעים עליהן (יחד עם תעשיית התסיסה – היין) והחיפוש אחרי המלח היה הבסיס למלחמות בימי קדם.

החומרים הכימיים החריפים בפלפל מתוך תקווה שיוכל להכניס בדרך סינתטית. גם הבשמים והתבלינים מוצאים במזרח, בעיקר במזרח הרחוק, וחשיבותם הייתה כה רבה עד שקנייתם ומכירתם גרמו להסכמים מדיניים מחד ולמלחמות מאידך. בתחילת ספירת הנוצרים ריכזו הרומאים את העברת הסחורות היקרות האלה לאירופה באלכסנדריה שבמצרים, ואפשר לבסס את ההיסטוריה של נוציה, את עלייתה ואת דעיכתה כמעצמה קובעת באגם ים התיכון ואף רחוק ממנו, על כך שהיא הפכה לסוחרת העיקרית בתבלינים.

מעניין להתייחס לרגע לעובדה שארץ ישראל קשורה לתופעות היסטוריות אלו במידה לא קטנה. אף שהאנושות התרגלה לחשוב על ארץ ישראל כעל ארץ התנ"ך, החכמה, ולא על חלק העולם שתרם להתפתחות הטכנולוגיות ולקידום הידע – אין ספק שארץ ישראל העתיקה הייתה – יחד עם סין – הארץ הראשונה שהתמחתה בייצור התעשייתי של מלח ואף בייצוא של מלח. הכיבוש הרומאי התכוון לא רק לשליטה על פרשת דרכים היסטורית זו בין שלוש יבשות, אלא גם לשליטה על החיטה והמלח. המלח היה אחד ממקורות ההכנסה של הממשל הרומאי. כפי שאנו יודעים היום, מומחיות בני ארץ-ישראל בהפקת מלח נקי מים המלח עמדה על רמה גבוהה ביותר. פחות ידועה העובדה שקנה-הסוכר בא לאירופה ומשם לארצות אמריקה – מעמק הירדן. אחד ההיסטוריונים של הצלבנים (או אולי נכון יותר: אחד העיתונאים) מספר "שיש שם צמח אשר ממנו נוסף עסיס מתוק מאוד; זה הדבש שאותו אוכלים עם לחם וממיסים במים; והוא מזין לדעתם יותר מדבש דבורים."

כבר הזכרנו שמזמן הרומאים היה השוק המרכזי לבשמים ותבלינים במזרח, באלכסנדריה שבמצרים, דהיינו באזורנו אנו. חלק מן הבשמים היקרים האלה נוצרו גם בארץ ישראל עוד בימי קדם. ואין חלקם של חומרים כימיים בקביעת דרכי ההיסטוריה מוגבל לעבר הרחוק. גם בימינו יש חומרים כימיים שעשויים לא רק לתרום להתפתחות ההיסטורית של העולם אלא גם לקבוע אותה, ולכן יהיו – או כבר יהיו – למוצרים בעלי חשיבות מדינית יתרה, והם המים. ואנו שוכחים לעתים תכופות שגם המים הם חומר כימי וגם הנפט והאורניום. אספקת מים מתוקים היא בעיה לא רק אצלנו אלא גם בארצות שנחשבות לעשירות במים, עשירות במקורות מים טבעיים או בגשם, כמו אנגליה ונורווגיה. אחד התעשיינים הגדולים באירופה אמר לי לפני זמן קצר שלפי דעתו אנו חייבים לחולל מהפכה בתעשייה הכימית ולפתח תהליכים חסכניים במים, כי מים יהיו חומר נדיר בעתיד הלא רחוק. אם נחשוב על חיזוי הסטטיסטיקאים שעד סוף המאה הזו תגדל אוכלוסיית העולם משלושה מיליארד וחצי לשבעה מיליארד, לא נוכל לספק את המזון לאוכלוסייה זו אלא על ידי הרחבת שטחי החקלאות והמרעה, ואין לנו דרך בטוחה יותר מניצול המדבר והאזורים הצחיחים. ברור שדרישה זו זהה עם הדרישה להמתקת מים. אסור שבעיה זו תהיה לבעיה של כדאיות כלכלית. בעבור מוצר כמו מים – בדיוק כמו בעבור אנרגיה – תשלם החברה האנושית כל מחיר שהוא כאשר יהיה הכרח בכך. מדוע אנו מקבלים בשקט יחסי את העובדה שמחירי כל המוצרים וכל חומרי הגלם יעלו בצורה ניכרת, אבל מסרבים לחשוב על צעדים העשויים להעלות את מחיר המים? חשובים כל האמצעים שהמדע פיתח או שהמדע מחפש המסוגלים להביא לידי חיסכון במים, אבל הבעיה תיפתר רק על ידי הוספת כמות עצומה של מים מתוקים לרזרבות שיש לעולם כולו.

הבעיה עמוקה ורחבה יותר משהיא נראית במבט ראשון. כי המתקת מי ים בכל שיטה שהיא דורשת אנרגיה בכמויות עצומות. יתר על כן, הרחבת החקלאות בלתי אפשרית בלי זבלים, והפקתם הרי היא בעיה

של אנרגיה. המקור העיקרי של אנרגיה חשמלית היום הוא הנפט הגולמי, גם זה חומר כימי מובהק. ולכן אם מדברים היום על משבר האנרגיה, אנו מדברים למעשה על משבר הנפט. נכון שצריכת הנפט הולכת וגדלה במהירות מסחררת, וזאת גם מסיבה נוספת: הנפט אינו רק המקור העיקרי של האנרגיה החשמלית אלא גם הבסיס לתעשייה כימית ענפה הכוללת בין השאר את ההפקה של דלק למכוניות ואווירונים – תהליך כימי לא פשוט – ייצור חומרים פלסטיים וסינתטיים אחרים ועוד.

עם זאת יש לראות את משבר האנרגיה שכה מפחיד את העולם כדבר מלאכותי לגמרי, כתחבולה של ארצות ערב וחברות הנפט הקשורות להן. יש עוד מספיק נפט בעולם, רק יש לדאוג לחלוקתו הצודקת ולמניעת מונופולין בלתי צודק.

מאידך, ברור שנגיע בעתיד – אולי הלא רחוק – לנקודה שבה יתרוקנו אוצרות הנפט הקיימים, ואז יעמוד העולם לפני משבר נפט אמתי. בחיפוש אחרי פתרון לבעיה זו צריך להתחיל עכשיו. מעטות האלטרנטיבות שיש לנו – אין ספק שאת הייצור של חשמל נצטרך לבסס לגמרי על כורים אטומיים, זאת אומרת על אורניום. הכימיה של אורניום, הפקתו ממחצבים עניים ותכונותיו יהיו נושאים ואתגר לאנשי המדע ולכימאים במיוחד. מעניין לזכור את העובדה שבשטח החומר הכימי הזה, האורניום, יש מנגנון רגולטורי לחלוקה, מנגנון בין-לאומי שגם הערבים משתתפים בו ואף נהנים ממנו, והוא הסוכנות הבין-לאומית לאנרגיה אטומית. האם לא כדאי לחשוב על מנגנון כזה גם לגבי הנפט כמקור האנרגיה – ואני מעיז להגיד שהגיע הזמן שהקהילה הבין-לאומית לא רק תחשוב אלא גם תפעל בכיוון זה ותקים סוכנות בין-לאומית לנפט.

הפניה לאנרגיה גרעינית אינה פותרת את השאלה של הזדקקותנו לנפט כחומר מוצא כימי, את השאלה של הפטרוכימיה. הכימיה מסוגלת לענות על שאלה זו בשתי דרכים שאינן נוגדות זו את זו. יש בעולם פחם בכמויות גדולות מאוד, אבל חציבתו מסובכת ויקרה. אם נוכל להפוך את הפחם, בלי לחצוב אותו, לנוזל או לגז שאפשר בנקל לשאוב גם ממעמקים, יש לנו תחליף הדומה לנפט ולגז טבעי. מאידך, יש חומר כימי אחד העומד לרשותנו בכמויות בלתי מוגבלות, והוא הסוכר למינו: סוכר, עמילן, צלולוזה. על ידי תסיסה אפשר להפוך סוכר לשורת חומרים כימיים שעליהם מתבססת התעשייה הכימית הסינתטית באותה צורה שהיא מתבססת על הנפט הגולמי ועל תעשיית פיצוח הנפט.

פיתוח הכורים האטומיים להספקת אנרגיה זולה וכן מים מתוקים ופיתוח תעשייה כימית-סינתטית המבוססת על סוכרים יאפשרו להאט את דלדול אוצרות הנפט. פיתוחים אלו, אם נקדיש להם את המאמץ הדרוש, יהיו גם קלף רציני, אולי הקלף היחיד שהעולם מסוגל לשים על השולחן מול האיום הערבי – ואין צורך לפרט את האספקטים המדיניים של תכנית זו. אבל ברור גם שכל הדברים האלה דורשים עוד עבודה מדעית מרובה – ובעיקר את עבודת הכימאים. לפני הכימיה הישראלית עומד אתגר רציני ומלהיב, כי רוב הבעיות שעליהן דיברנו אמנם הן בעיות גלובליות, אבל הגורל רצה שלנו הן רציניות יותר משהן למדינות אחרות.

בקהילת האקדמיה בישראל יש הידע שיאפשר פתרון לבעיות סבוכות כאלה. בטוחני שלשלטונות תהיה החכמה והתבונה להפנות את העבודה לאפיקים אלו של התכניות לעתיד. לכן אני שמח שנפל בחלקי להיות כימאי בתקופה זו שבה מדינת ישראל גרמה למהפכות רבות בשטחים שונים ועוד עומדים לפני פתרונות ואפשרויות למהפכות נוספות במחשבה ובמעשה.