

# אנטיאוקסידנטים

נוגדי חמצון

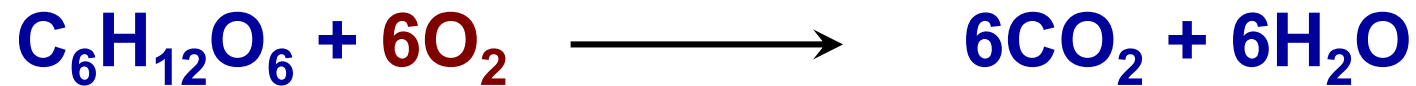


כימיה ... זה בתוכנו

# החמצן מקור הבעיה



בתהליך הנשימה התאית מתרחש התהליך הבא:

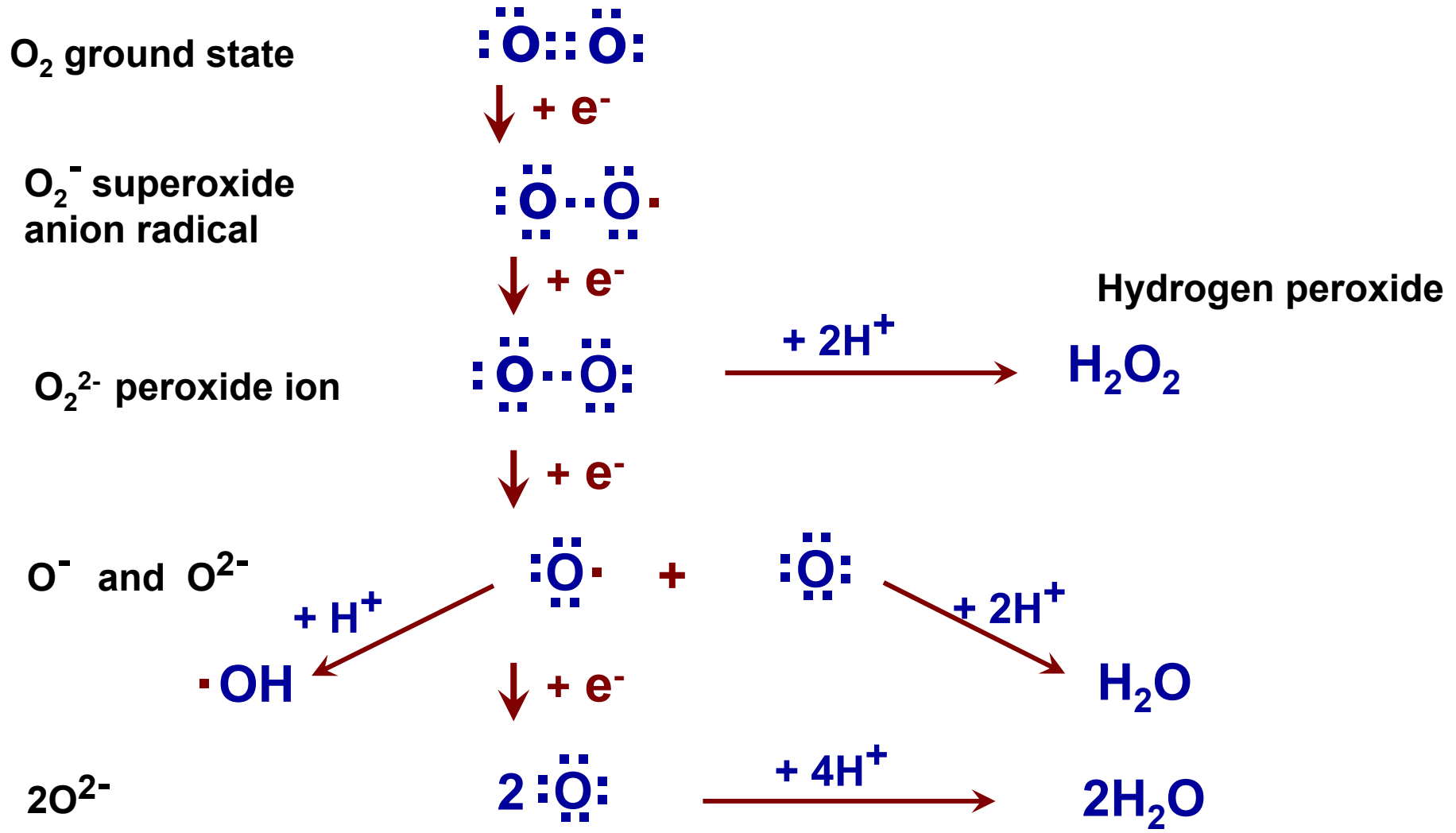


בשלב האחרון של תהליך הנשימה התאית, אשר נקרא שרשרת מעבר האלקטרונים מתרחש התהליך הבא:



אך 3-4% ממולקולות החמצן אינן יוצרות מים אלא תוצרים פעילים הנקראים: **Reactive Oxygen Species - ROS**

# קבלת תוצרי החמצן הפעילים



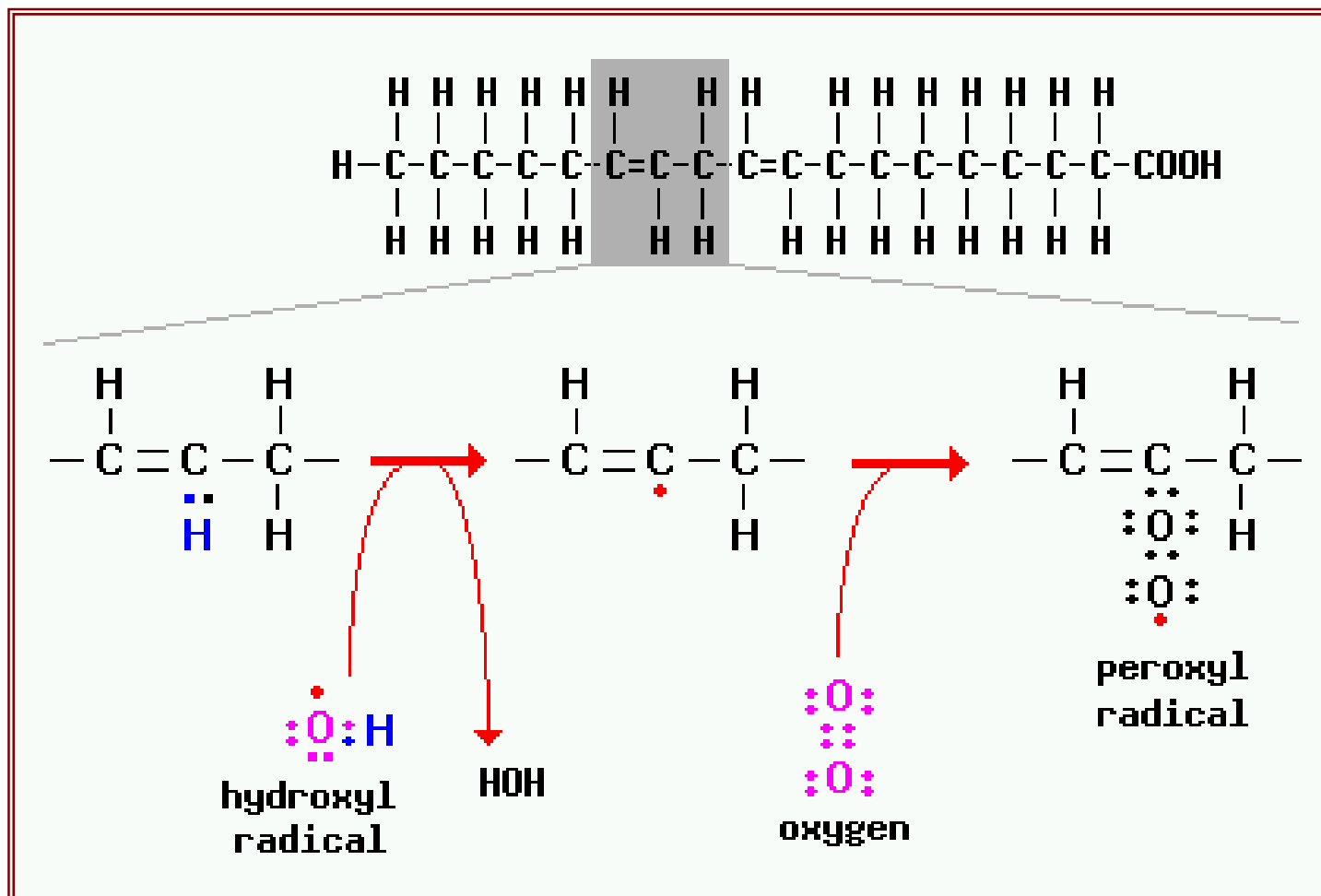
כימיה ... זה בתוכנו

# סכנות



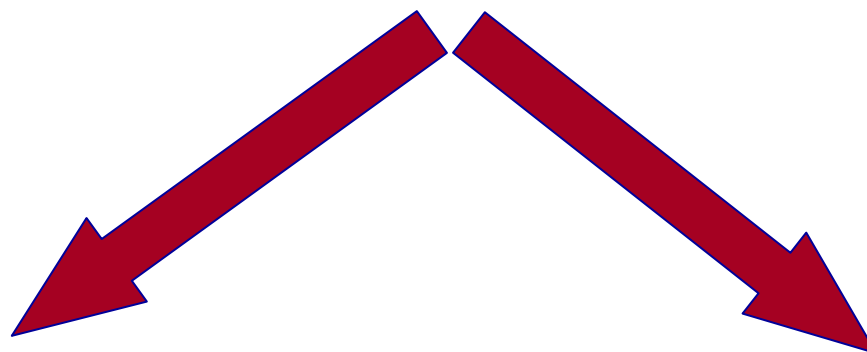
- יצירת רדיקלים היא תגובת שרשרת בה כל רדיקל יוצר רדיקלים אחרים.
- כל אחד מהרדיקלים הללו יכול לפעול על כל מולקולה אחרת בגוף וליצור רדיקל פראוקסי  $ROO^\bullet$  או אלקוקסי  $RO^\bullet$ , רדיקלים אלו נוצרים בתגובות עם שומנים (בעיקר PUSA), DNA, חלבון או סוכר. לדוגמא פגיעה בשומנים הבונים את קרום התא יכולה לגרום למותו של התא.
- עליה ברמת הרדיקלים החופשיים מעבר לרמה טוקסית מסויימת,  $10^4$  לתא, נקראת עקה חמצונית – Oxidative Stress, היא גורמת להזדקנות, טרשת עורקים, סרטן, והגברת דלקות שונות.

# דוגמא לתגובת שרשרת של רדיקלים



כימיה ... זה בתוכנו

# הגנה בפני רדיקלים חופשיים



## הגנה אקסוגנית

אנטיאוקסידנטים הנקלטים מהמזון:

ויטמין E לשומנים

ויטמין C לשחזור ויטמין E ואחרים בתמיסה

בתא-קרוטן וקרטנואידים אחרים

פלבונואידים

חומצות אמינו ציסטאין

סלניום

## הגנה אנדוגנית

אנטיאוקסידנטים אנזימטיים:

**Free Radical Scavenging Enzyme Activity**

שומרים על רמת רדיקלים חופשיים מתחת לרמה הטוקסית.

סופראוקסיד דיסמוטז – SOD

קטאלז, מפרק  $H_2O_2$

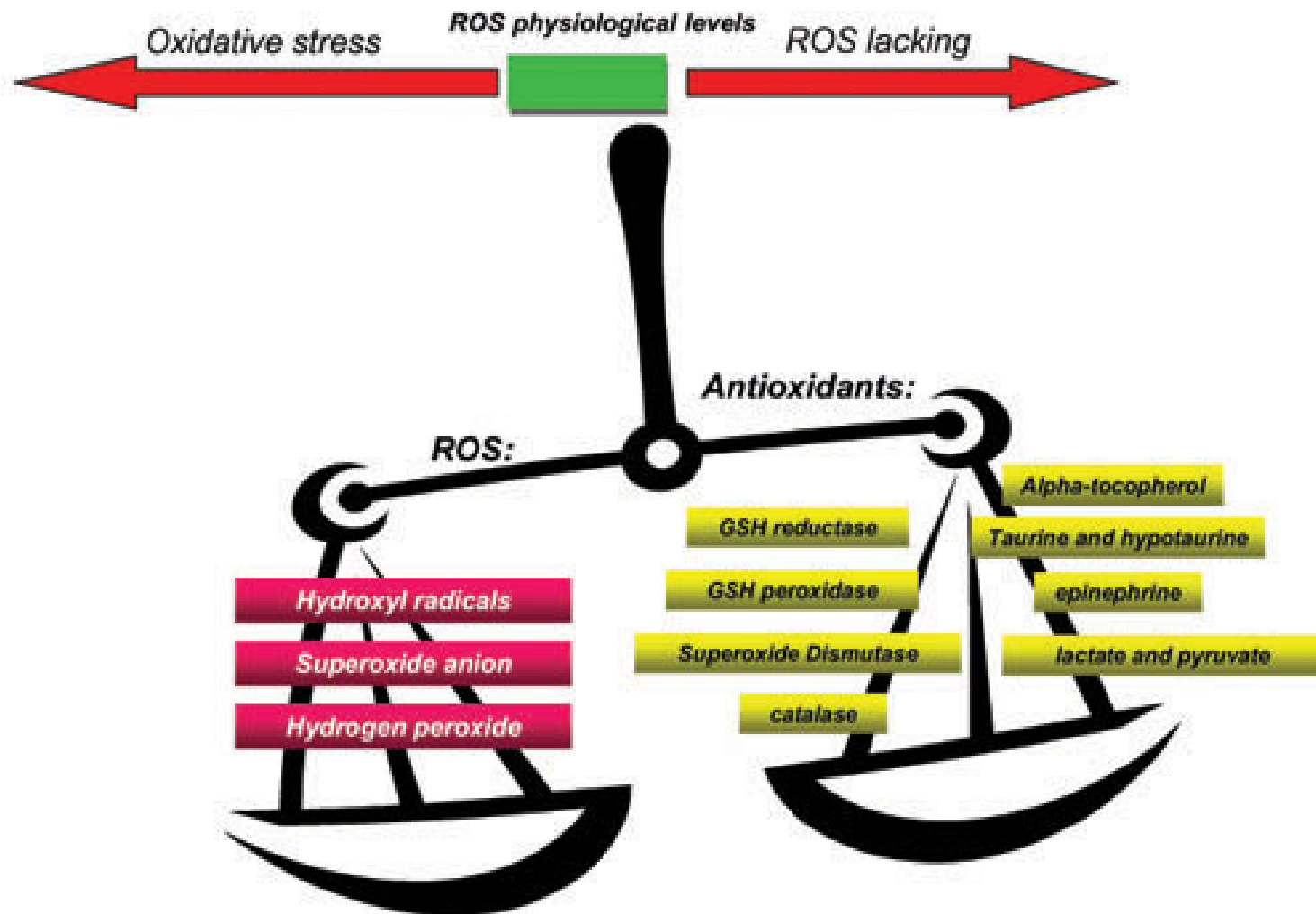
גלוטתיון פראוקסידז – GSH-PX עם גלוטתיון מחוזר

GSH –

# מערכת הגנה מפני הרדיקלים החופשיים

ההתגוננות	השלב
<p><b>SOD</b> – סופראוקסיד דיסמוטז, הופך את הרדיקל ל <math>H_2O_2</math> שהוא פחות הרסני</p> $O_2^{\bullet -} + O_2^{\bullet -} \xrightarrow{SOD} O_2 + H_2O_2$	יצירת סופראוקסיד $O_2^-$
<p><b>קטלז</b> – פירוק <math>H_2O_2</math> למים. <b>גלוטטיון פראוקסידז</b> - פירוק <math>H_2O_2</math> למים, מנקה אחרי קטלז, פעיל גם על ליפידים (דורש סלניום)</p>	יצירת $H_2O_2$ - לא מסוכן כשלעצמו, אלא כמקור ליצירת רדיקל הדרוקסילי
<p>אין מנגנון התגוננות ישיר נגדו! ההתגוננות היא ע"י מניעת היווצרותו וע"י תיקון הנזקים שנוצרו.</p>	יצירת רדיקל הידרוקסילי – $OH\cdot$ המסוכן ביותר
<p><b>אנטיאוקסידנטים אנדוגניים (אנזימים) ואקסוגניים מהמזון.</b></p>	פגיעה בשומנים בעיקר <b>PUFA</b> – יצירת פרוקסידים שומניים

# מאבק מתמיד



כימיה ... זה בתוכנו

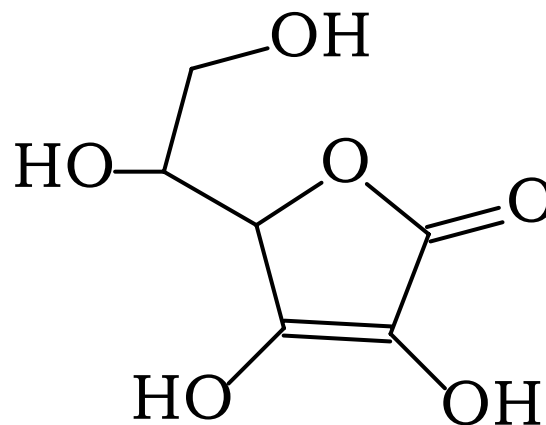
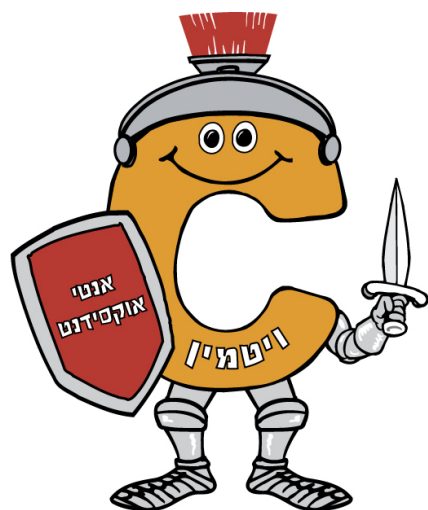


# גורמים המשפיעים על מערך ההגנה האנדוגני



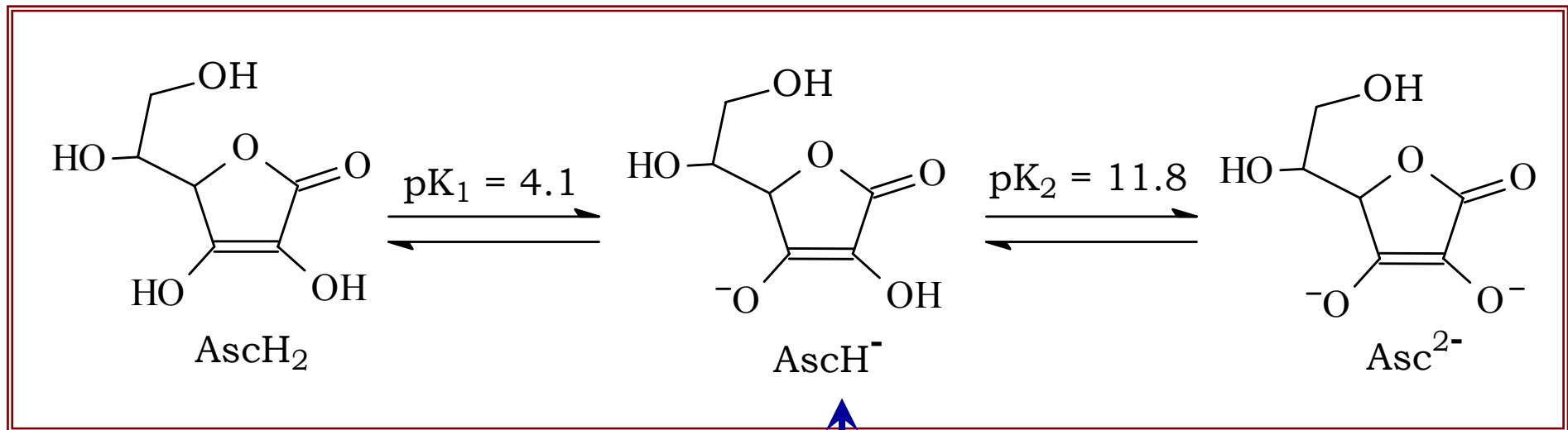
- גנטיקה – הבדלים אינדיבידואלים בייצור וברמות האנזימים
- תזונה – חשיבות מיוחדת ליסודות קורט כגון סלניום
- תרופות וגורמים סביבתיים - משפיעים על רמת הרדיקלים החופשיים

# ויטמין C חומצה אסקורבית



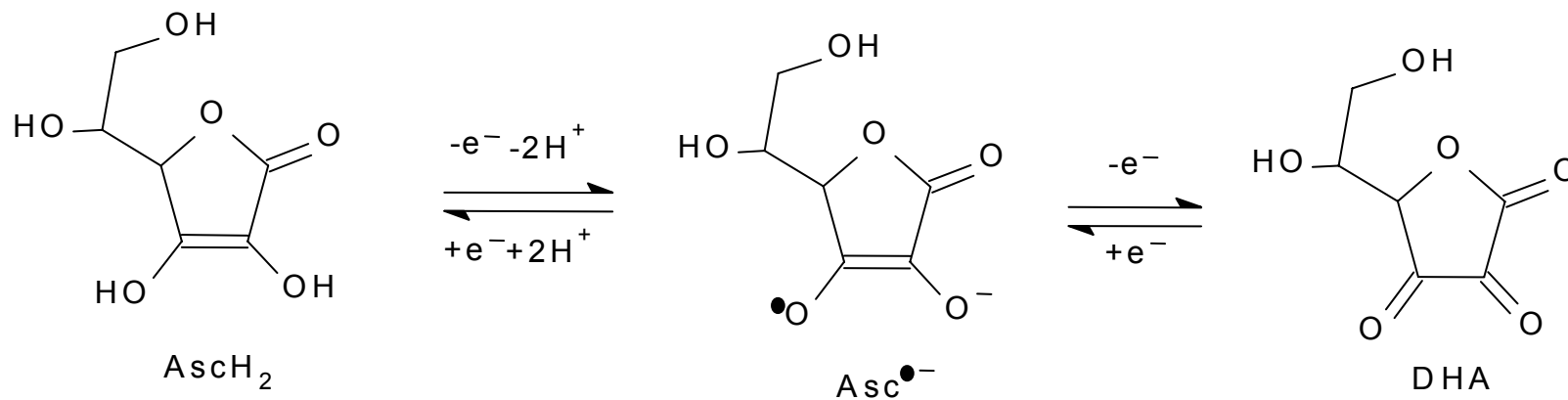
כימיה ... זה בתוכנו

# היכן החומצה?



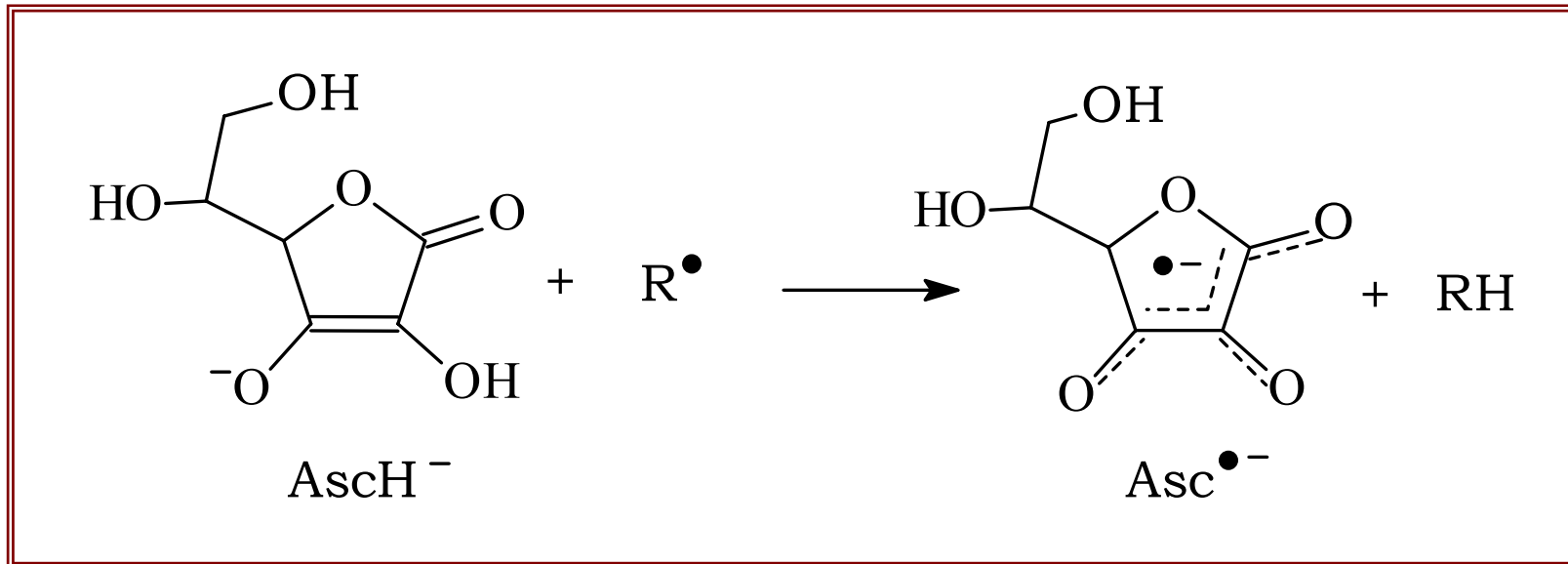
הצורה הפעילה כאנטיאוקסידנט

# חומצה אסקורבית כמחזור



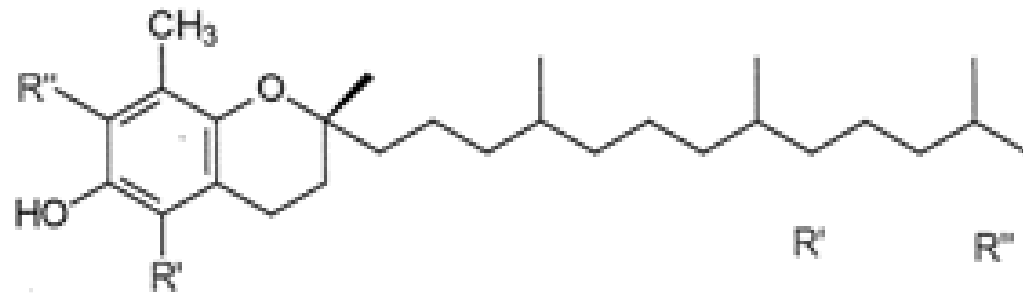
כימיה ... זה בתוכנו

# חומצה אסקורבית מגיבה עם רדיקלים

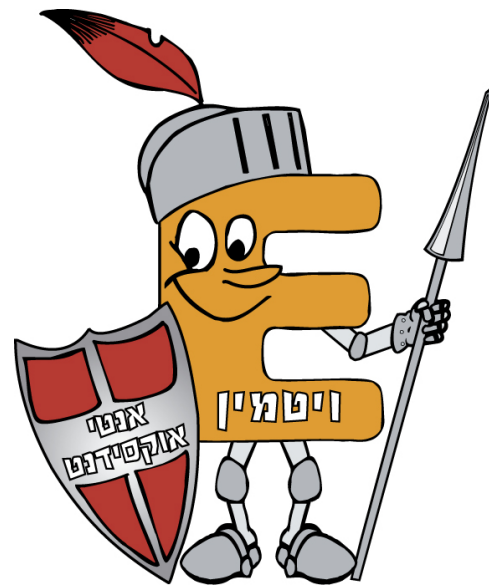


האניון  $\text{AscH}^-$  תורם מימן לרדיקל תוך כדי יצירת רדיקל אסקורבי שמיוצב ע"י אל-איתור אלקטרוני

# ויטמין E



	R'	R''
<i>alpha</i> -tocopherol	—CH <sub>3</sub>	—CH <sub>3</sub>
<i>beta</i> -tocopherol	—CH <sub>3</sub>	—H
<i>gamma</i> -tocopherol	—H	—CH <sub>3</sub>
<i>delta</i> -tocopherol	—H	—H



כימיה ... זה בתוכנו

# ויטמין C וויטמין E עובדים כקו-אנטיאוקסידנטים

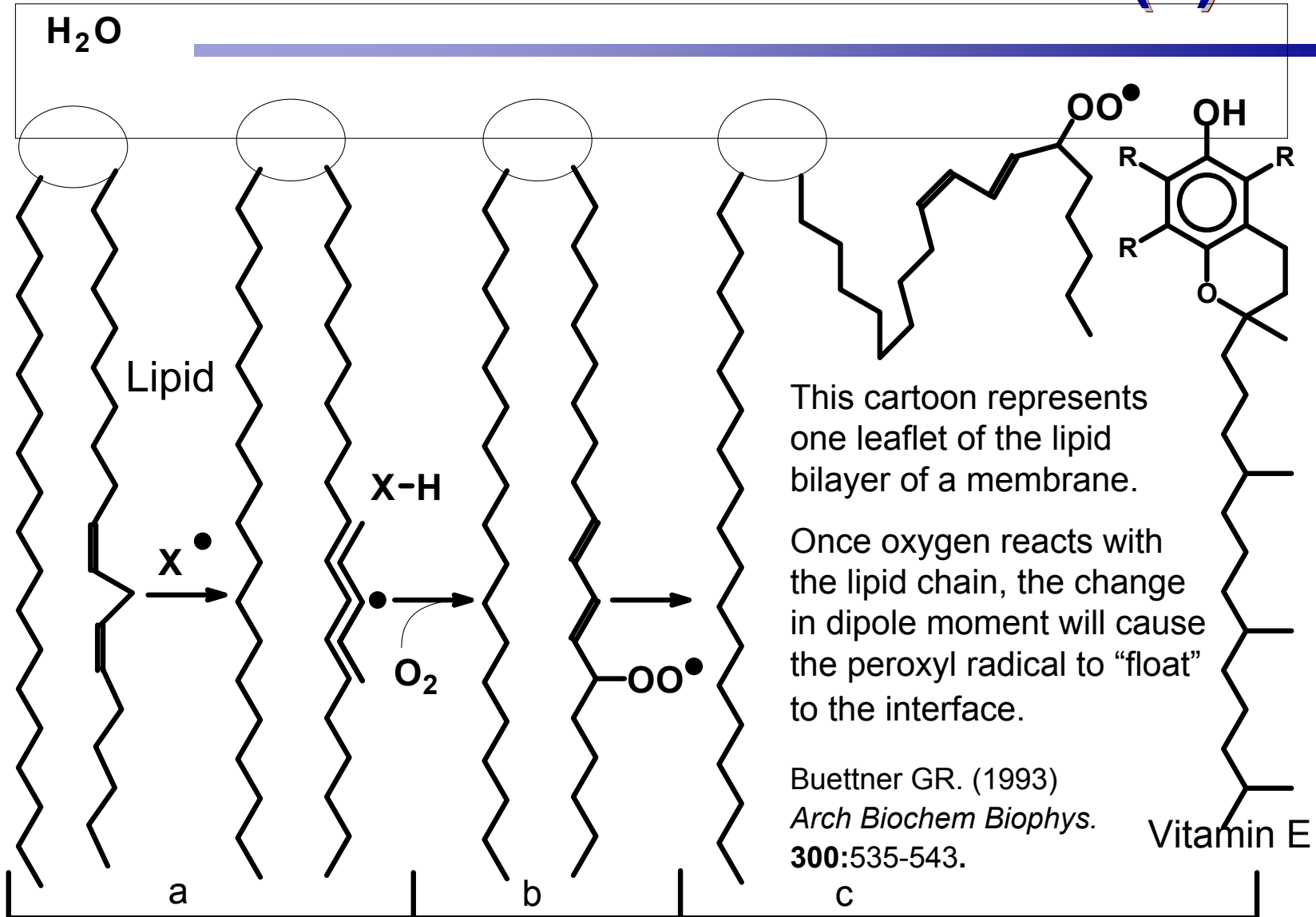


רדיקל של ויטמין E -  
tocopherol radical

רדיקל של  
ויטמין C

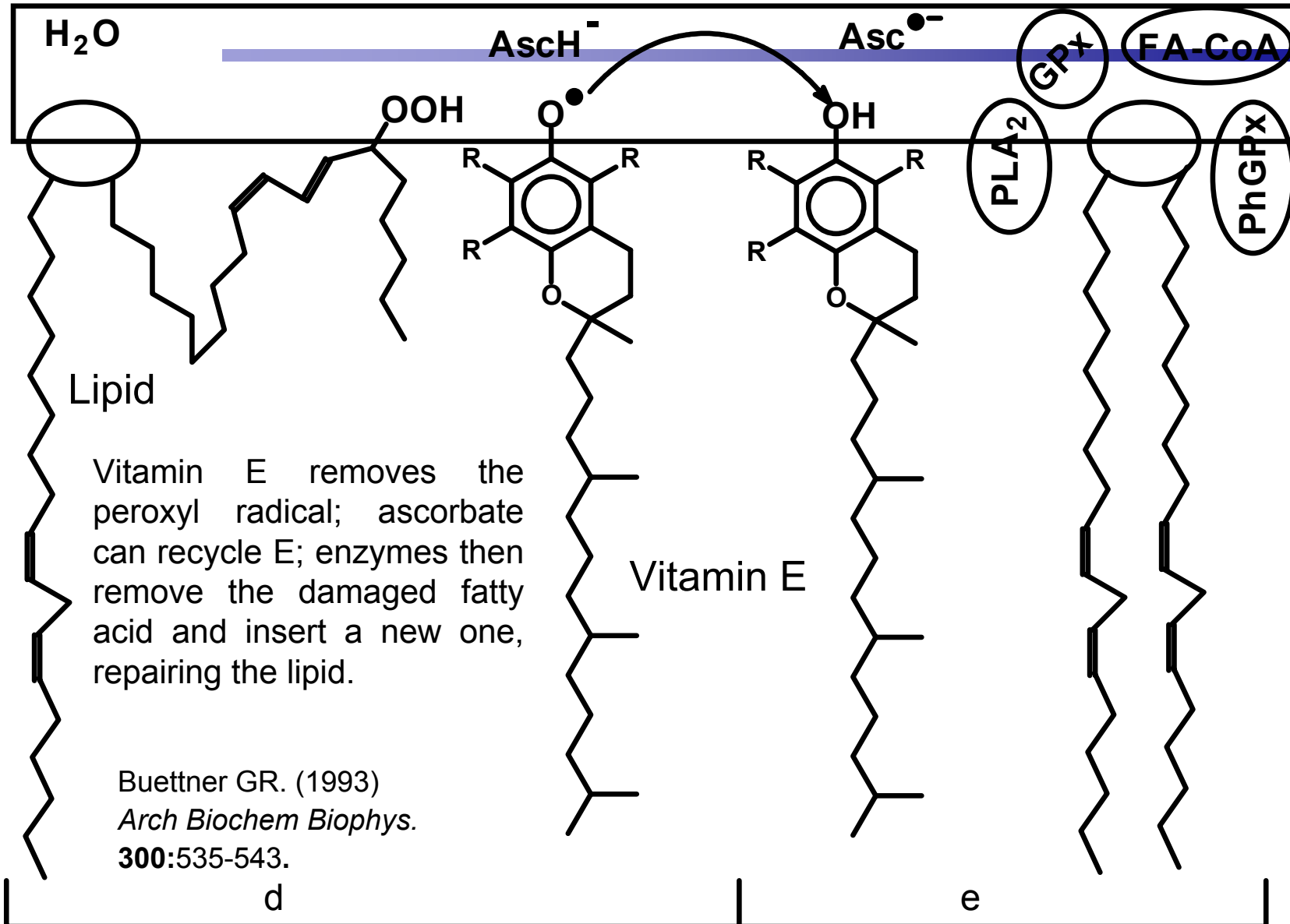
אניון של חומצה אסקורבית משחזר את ויטמין E

# C and E as Co-Antioxidants (1)

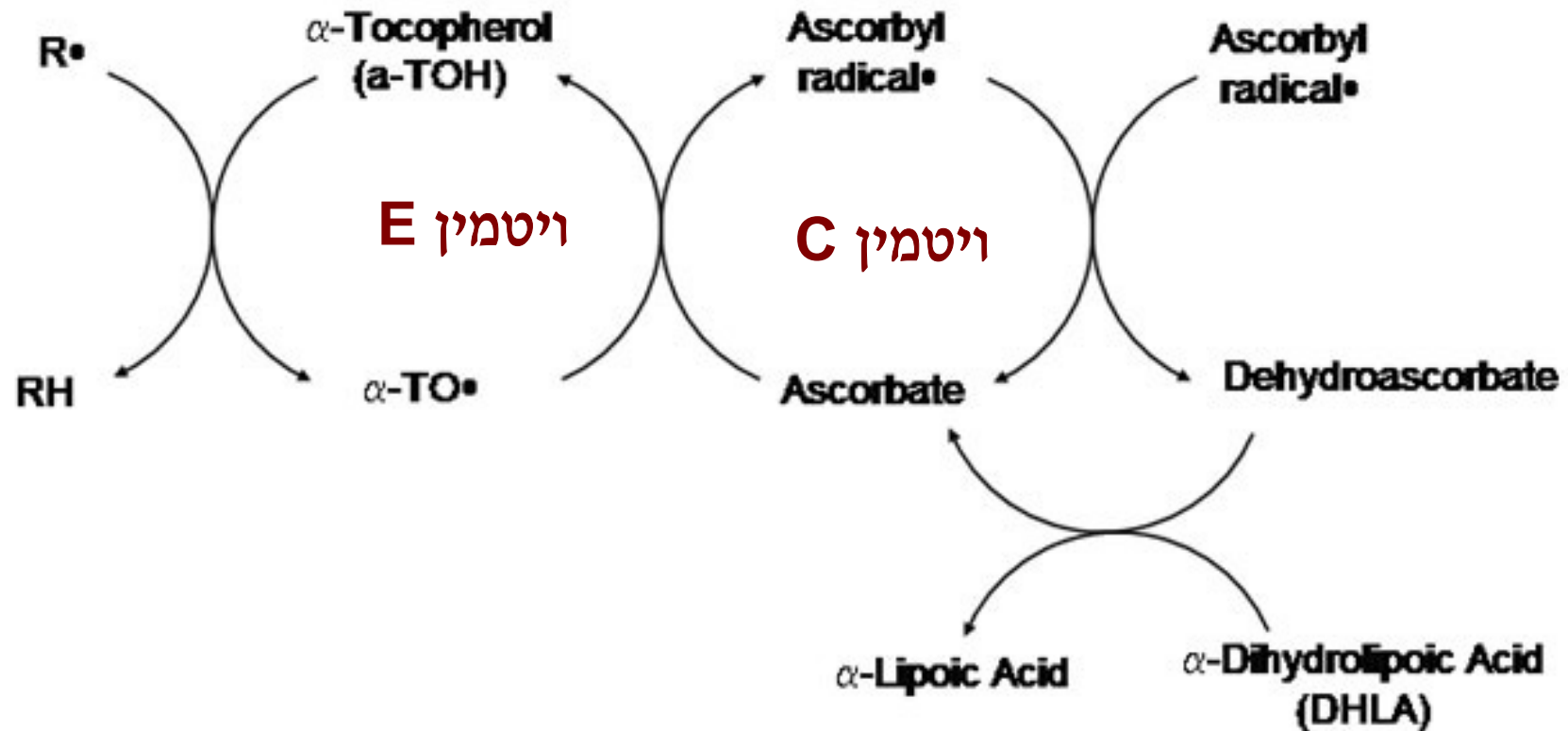




# C and E as Co-Antioxidants (2)



# דוגמה להגנה ע"י אנטיאוקסידנטים



כימיה ... זה בתוכנו