

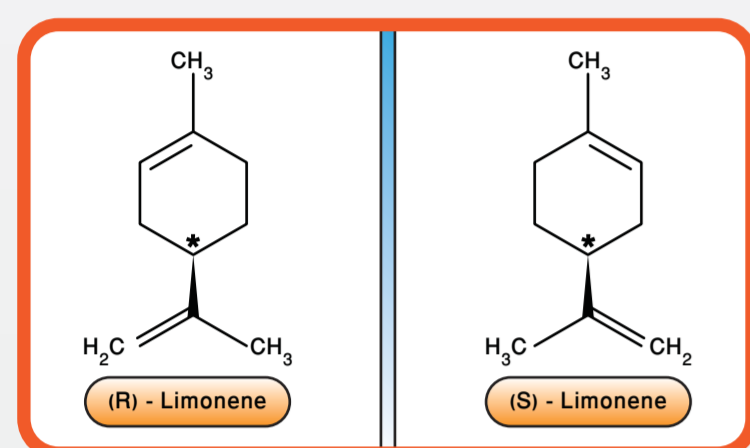
# אקוויוולנט של קרבוקטיון והסוד של ריח התפוז!

## פאדיה חטיב, בית-ספר תיכון טירה, עמל 1

### הקדמה

בפוסטר נדגים באמצעות החומר לימון את חשיבות הכיראליות בתעשייה והשפעתה על הטעם ועל הריח של המוצר. וגם נדגים שימוש באקוויוולנט של קרבוקטיון להכנה סלקטיבית של המוצר.

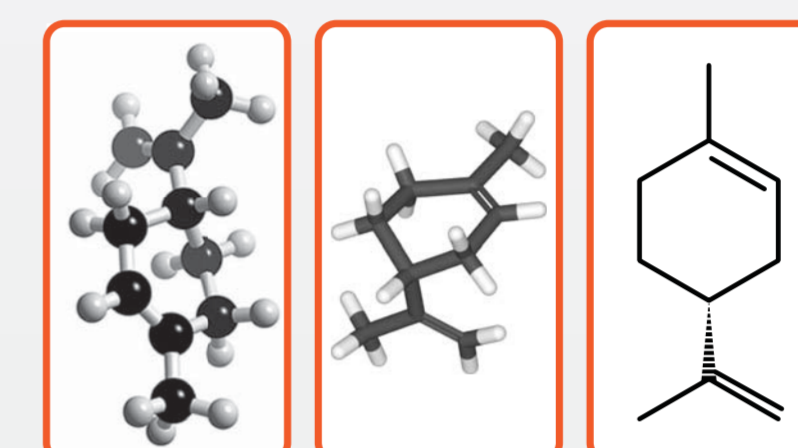
הלימון הוא נוזל חסר צבע בטמפרטורת החדר, ויש לו ריח חזק של תפוזים. לימון נמצא בכמויות גדולות כשמן בקליפת הלימון ושאר ההדרים ומהווה מקור לריח שלהם ומכאן שמו. כמו כן, הוא נמצא בתבלינים קימל (caraway) ושמיר (dill).



שתי המולקולות השונות המהוות תמונת ראי אחת של השנייה מכונות אנטיזומרים (Enantios) פירושו "הפוך" ביונית.



לימון הוא מולקולה כיראלית (chiral) פירושו "יד" ביונית, כלומר מולקולה שאינה חופפת את תמונת הראי שלה - ממש כמו כפות הידיים שלנו.



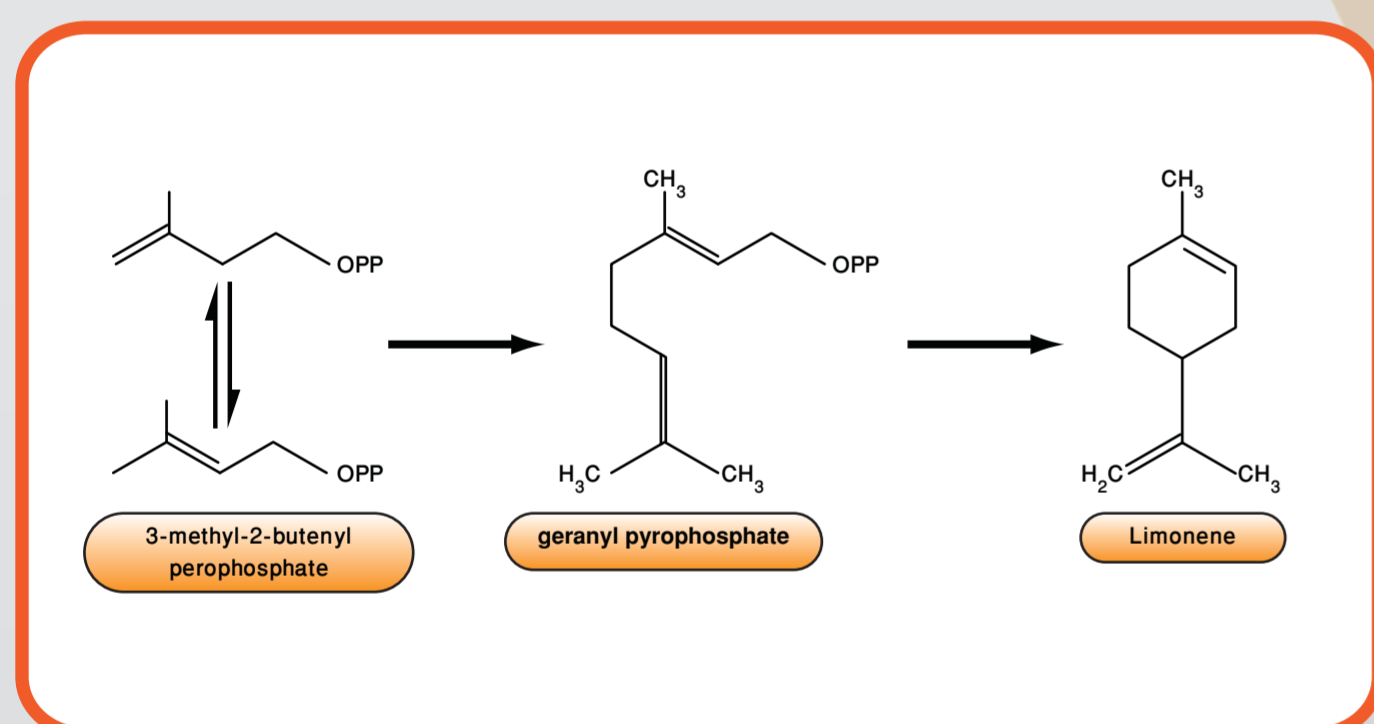
לימון: הוא פחמימן בעל נוסחה מוליקולרית  $C_{10}H_{16}$  ונוסחת מבנה שניתן להציג בכמה דרכים:

לאנטיזומרים, בניגוד לאיזומרים אחרים, תכונות פיזיקליות זהות: הם בעלי נקודות רתיחה והתכה זהות, יש להם צפיפות זהה וכן הלאה. מצב זה נובע מכך שהגורמים הקובעים את התכונות הפיזיקליות, כמו הקשרים הכימיים בין אטומי האנטיזומרים, מיקום האטומים, אורכי הקשרים, הזוויות וכן הלאה, זהים לגמרי. אבל ישנן תכונות אשר מבדילות בין שני אנטיזומרים: כך למשל המולקולה אספרטיים ידועה כממתק מלאכותי, ואילו האנטיזומר שלה מר, גם תגובות שנובעות מאינטראקציה עם מערכת ביולוגית (כמו ריח, רעילות או ריפוי). הדוגמה הנוספת היא המולקולה לימון שנכיר בפוסטר. לכן חשוב לדעת כיצד להכין חומר כיראלי נקי. תגובה כימית נקראת אנטיסלקטיבית אם נוצר במהלכה עודף משמעותי של אחד האנטיזומרים. שני האנטיזומרים מסומנים כ- (+) ו- (-) או R-S. תערובת המכילה כמויות שוות של שני אנטיזומרים מכונה תערובת רצמית (Racemic), התערובת הרצמית של לימון מוכרת בשם דיפנטן.

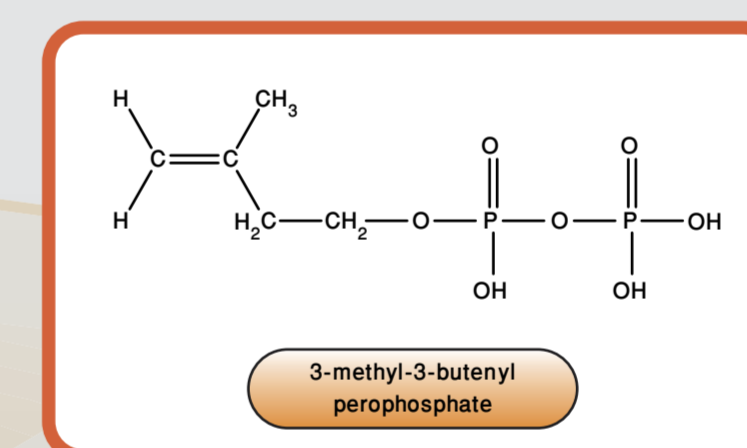


### מהכיראליות נובעים שימושים מגוונים

הלימון שימושי בייצור מוצרי קוסמטיקה, כמרכיב ריח לימון עיקרי. R- לימון שימושי בייצור מוצרי מזון, תרופות, קוטלי חרקים, תוסף לחומרי ניקוי כמו סבון כלים ושמפו לקבלת ריח לימון - תפוז. S-לימון הוא המרכיב העיקרי בביוסנתזה של החומר העיקרי במנטה שהוא S-מנטול. מזיקוק של שמן תפוזים שנמצא בקליפות ההדרים מפיקים R-לימון. כלומר, ל-R-לימון ול-S-לימון תכונות ושימושים שונים.

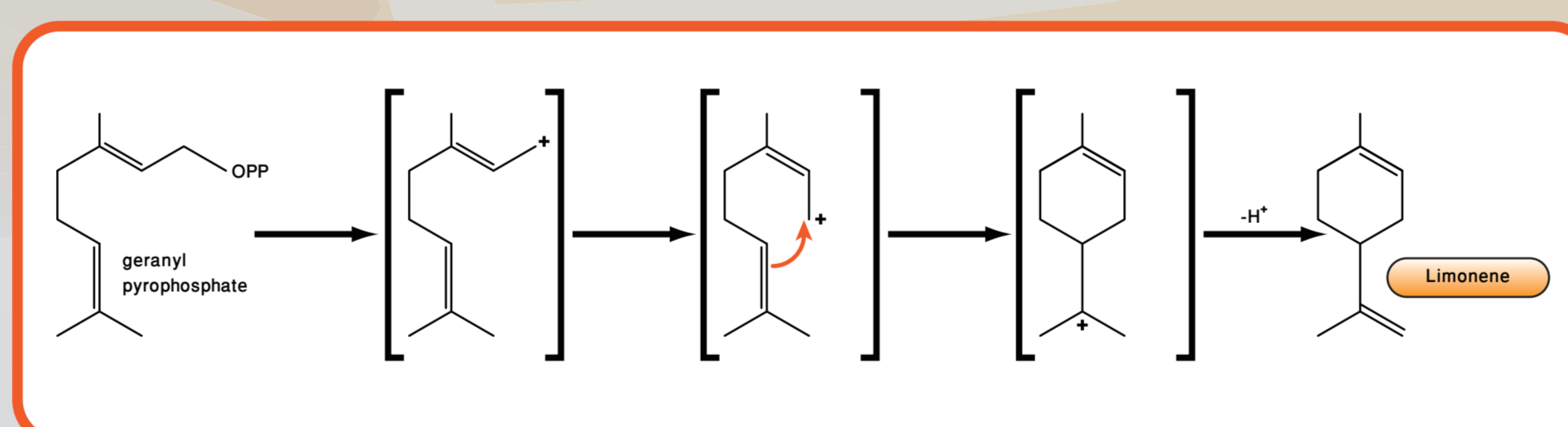


3-מתיל-3-בוטיניל-פירופוספט הופך על ידי האנזים Geranyltransferase לאיזומר 3-מתיל-2-בוטיניל פירופוספט. שני האיזומרים מתחברים באמצעות אנזים אחר מאותה קבוצה ונותנים גרניל פירופוספט שעובר ציקליזציה (יוצר טבעת) כדי לתת את הלימון:  
(Mann et al. (1994). Natural products: their chemistry and biological significance)



בביוסנתזה (בטבע) מיוצר הלימון מחומר זה ומתקבל לימון נקי כיראלי!!

יצירת הטבעת מתוארת בתרשים הבא:



בתעשייה משתמשים ב-אקוויוולנט של קרבוקטיון כדי לייצר אנטיזומר מסוים (ראו הסבר בהמשך). גרניל פירופוספט הוא אקוויוולנט של קרבוקטיון, אשר משתתף בתהליך קבלת הלימון. השימוש באיקוויוולנטים רחב מאוד והוא נותן אפשרות ליצירת חומרים במעבדה בדרך שהיא חיקוי לסנתזה הטבעית כך שמחליפים את חומר המוצא בחומר אחר שהוא אקוויוולנט לו והוא יציב ובהישג יד.

קרבוקטיונים: נוצרים כתוצאה מחוסר באלקטרונים על גבי אטום פחמן בתרכובת אורגנית והם חומרי ביניים נפוצים בתגובות כימיות רבות, אשר הבולטות שבהן הן התמרה נוקלאופילית ואלימנציה מסדר ראשון. זמן מחצית החיים של קרבוקטיונים הוא מסדר גודל של מילישניות, אך בתנאים מסוימים הוא יכול להגיע אף לשניות בודדות. כלומר, קרבוקטיון הוא צורן מאוד לא יציב. לכן מחפשים חומרים בעלי תכונות דומות אך יציבות גבוהה יותר, לחומרים אלו קוראים אקוויוולנט של קרבוקטיון.

איקוויוולנט של הקרבוקטיון - כל חומר שמתנהג כאילו היה קרבוקטיון. כלומר, שהפחמן החיובי קשור לקבוצה עוזבת שתשאיר אותו חיובי.

### סיכום

ראינו שלכיראליות יש חשיבות רבה, כך שהיא יכולה להשפיע על השימושים של החומר למשל בתעשיית התרופות ידועות מולקולות כיראליות שונות, שרק גרסה אחת שלהן מבצעת את פעולת הריפוי, ואילו הגרסה השנייה אינה מועילה, ולעתים אפילו מזיקה. ובתעשיית המזון, תכונת הכיראליות יכולה להשפיע על הטעם ועל הריח של המוצר. במולקולה לימון שהכרנו בפוסטר, הריח של לימון בצורה R הוא הסוד של ריח התפוז, ואילו האנטיזומר S-לימון הוא בעל ריח של לימון. בגוף האדם נמצאים קולטנים שמזהים את שני האנטיזומרים ומבדילים ביניהם. ובתעשייה משתמשים בשיטות מתחום הכימיה האורגנית כדי לייצר את האנטיזומרים בצורה סלקטיבית שתאפשר את השימושים השונים. תחום הכימיה האורגנית פורש את ידיו למדענים הצעירים וקורא להם להמשיך במחקר.

