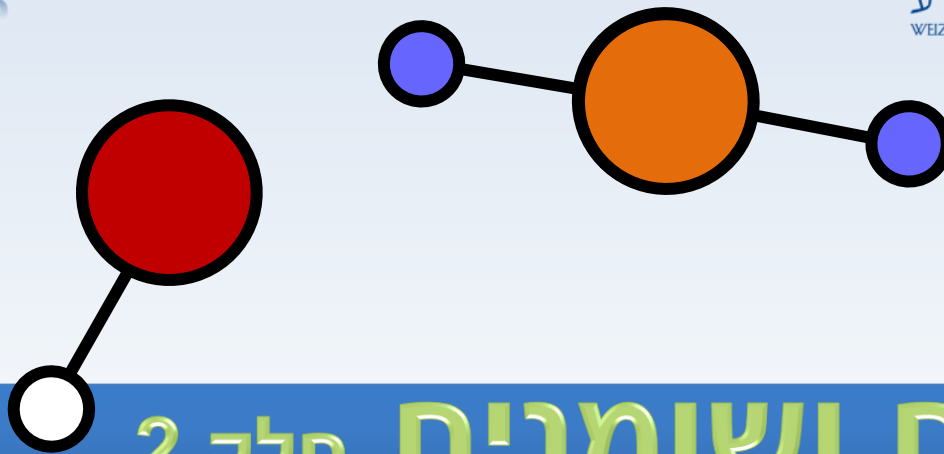
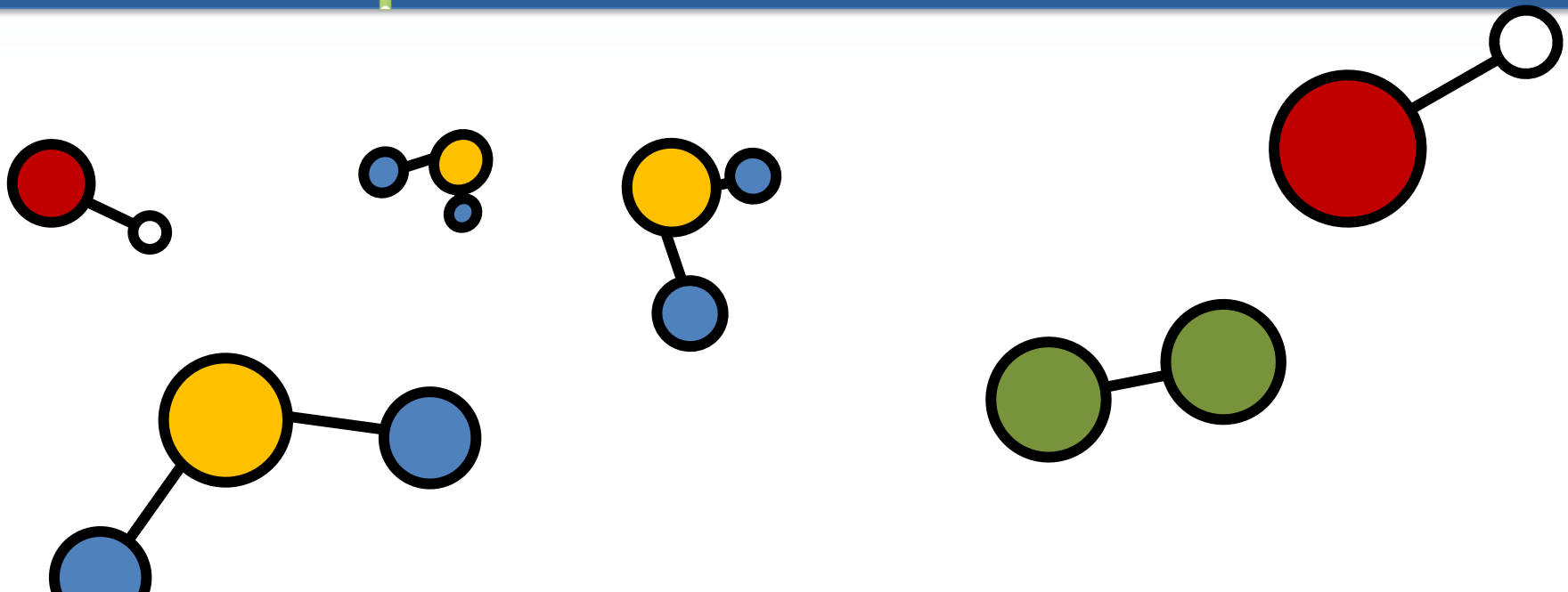




שמנים ושומנים חלק 2

תגובות של חומצות שומן



תזכורת: חומצות שומן, איזומריה גיאומטרית,
נקודות היתוך ורתיחה של חומצות שומן



א. תגובת הידרוגנציה:
חמאה או מרגרינה?



ב. תגובת חמצון:
אנטיאוקסידנטים



ג. תגובת איסטור:
טריגליצרידים



ד. תגובת הידרוליזה:
להיות או לא להיות?



מה אנחנו צריכים כבר לדעת?

הקשר הכימי (לסוגיו) 

לדוגמה: * סריגים / חומרים

קשר קוולנטי 

לדוגמה: * יחיד / כפול

קישור בינמולקולרי 

לדוגמה: * כוחות ו.ד.ו / קשרי מימן

צורות ייצוג של מולקולות 

לדוגמה: * רישום מקוצר ומלא

ליפידים

לא מסתבנים

סטרולים
(סטרואידים)

ויטמינים
הנמסים
בשומנים:
K,E,D,A

מסתבנים

חומצות
שומניות
והאסטרים
שלהם

שעוות

גליצרידים

גליצרידים מורכבים

מונו-דו-
גליצרידים

טריגליצרידים

גליקוליפידים

פוספוליפידים

שמנים

שומנים

1. האם חומצות שומן מסוג אומגה הן רק רב-בלתי רוויות או שיש גם חומצות שומן מסוג אומגה חד-בלתי רוויות?

לאחר חיפושם רבים, המסקנה היא שכל חומצות האומגה (למיניהן) הן

רב בלתי רוויות.

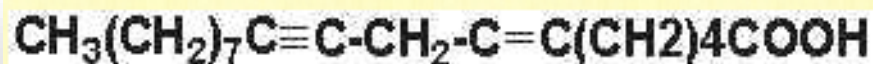
הערה: יש מצגות ומקורות מידע באינטרנט שבהן ניתן למצוא רישום של חומצות שומן עם קשר כפול אחד כחומצות מסוג אומגה.

2. האם חומצות שומן יכולות להיות בעלות קשרים משולשים או שהן בעלות קשרים יחידים וכפולים בלבד?

מסתבר שיש!! (ותודה לדפנה מנדלר על המידע!)



Santalbic acid

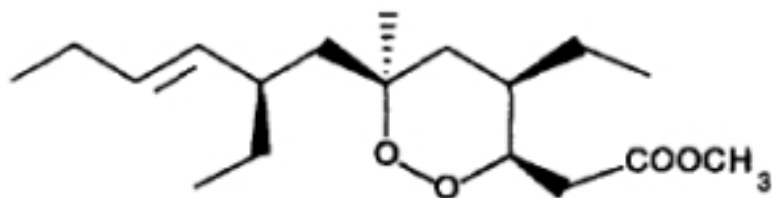


6,9-octadecenynoic acid



Crepenynic acid

ועוד.....



plakortin



Epoxy acids

המשותף לכולם:

- הם אינם מסיסים במים.
- שומן הוא מוצק ואילו שמן הוא נוזלי.
- תפקיד תזונתי- בעלי ערך קלורי גבוה.
- מאגר אנרגיה עיקרי של הגוף.
- משמש להגנה מפני נזקים מכאניים (נפילות ושברים)
- ומונע אובדן חום.
- יש בטבע כ-100 חומצות שומן שונות.

חומצות שומן רוויות ובלתי רוויות- תזכורת

- חומצת שומן רוויה אינה מכילה קשרים כפולים בין פחמנים. הנוסחה הכללית:



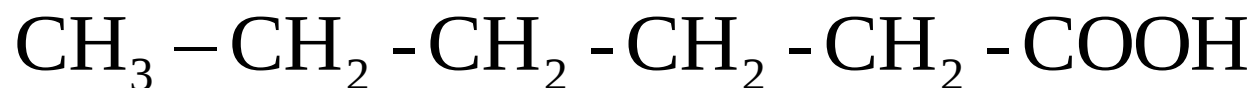
- חומצת שומן בלתי רוויה מכילה עד שלושה קשרים כפולים בין פחמנים. הנוסחה הכללית:



- חומצות שומן חיוניות מהמזון: מקבוצת אומגה

צורות ייצוג של חומצות שומן- תזכורת

שם החומצה במילים: חומצה קפרואית



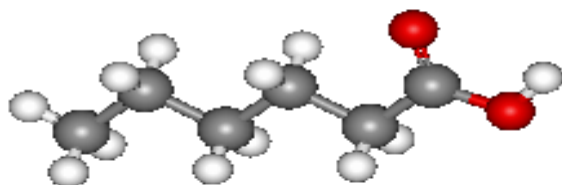
נוסחת מבנה מקוצרת



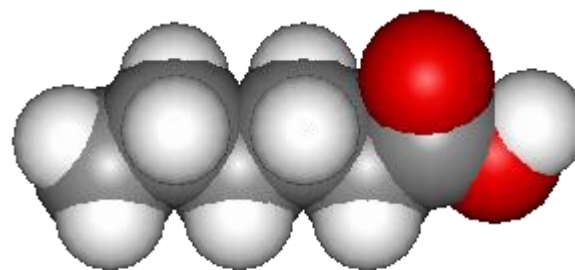
נוסחה מולקולרית



מודל כדור מקל



מודל ממלא מרחב



צורות רישום של חומצות שומן- תזכורת

C	מספר אטומי הפחמן בשרשרת	:	מספר הקשרים הכפולים	ω	מיקום הקשר הכפול הראשון*	סידור האטומים סביב הקשר הכפול
---	-------------------------------	---	---------------------------	---	--------------------------------	-------------------------------------

*מהפחמן המרוחק מהקצה הקרבוקסילי

צורות רישום של חומצות שומן- תזכורת

C	מספר אטומי הפחמן בשרשרת	:	מספר הקשרים הכפולים	ω	מיקום הקשר הכפול הראשון*	סידור האטומים סביב הקשר הכפול
---	-------------------------------	---	---------------------------	---	--------------------------------	-------------------------------------

*מהפחמן המרוחק מהקצה הקרבוקסילי

אם החומצה היא רב בלתי רוויה (יש יותר מקשר כפול אחד), בדרך כלל הקשרים הכפולים ימצאו במרחק של 3 פחמנים זה מזה (**הפרעת מתילן**) ולכן מקובל לסמן את מיקום הקשר הכפול הראשון בלבד. עם זאת, יש צורך לסמן את האיזומריה הגיאומטרית עבור כל קשר בנפרד.

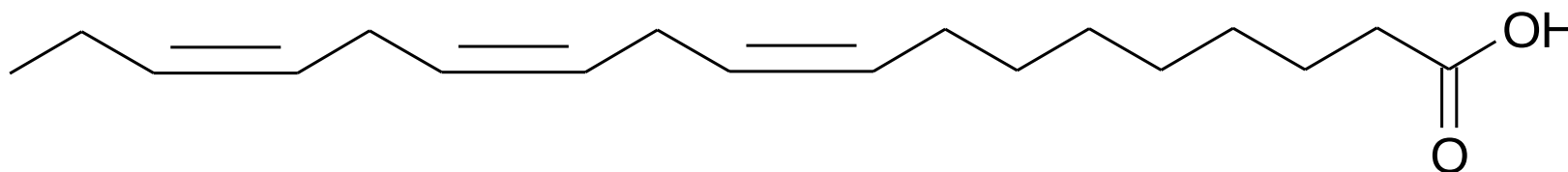
צורות רישום של חומצות שומן- תזכורת

C	מספר אטומי הפחמן בשרשרת	:	מספר הקשרים הכפולים	ω	מיקום הקשר הכפול הראשון*	סידור האטומים סביב הקשר הכפול
---	-------------------------------	---	---------------------------	---	--------------------------------	-------------------------------------

*מהפחמן המרוחק מהקצה הקרבוקסילי

אם החומצה היא רב בלתי רוויה (יש יותר מקשר כפול אחד), בדרך כלל הקשרים הכפולים ימצאו במרחק של 3 פחמנים זה מזה (**הפרעת מתילן**) ולכן מקובל לסמן את מיקום הקשר הכפול הראשון בלבד. עם זאת, יש צורך לסמן את האיזומריה הגיאומטרית עבור כל קשר בנפרד.

חומצה לינולנית: 18 פחמנים, 3 קשרים כפולים (3-4, 6-7, 9-10).



C18:3ω3CisCisCis

השוואה בין קשר יחיד לכפול

קשר כפול C=C	קשר בודד C-C	גורם ההשוואה
?	?	מבנה מרחבי סביב הקשר
?	?	יכולת סיבוב בין האטומים סביב הקשר
גמישות חלקית עקב חוסר יכולת הסיבוב סביב הקשר הכפול.	גמישות מלאה.	גמישות המולקולה
1.34 Å	1.55 Å	?
120°	109.8°	?

השוואה בין קשר יחיד לכפול

קשר כפול $C=C$	קשר בודד $C-C$	גורם ההשוואה
משולש מישורי	טטראדר	מבנה מרחבי סביב הקשר
אין סיבוב חופשי	סיבוב חופשי	יכולת סיבוב בין האטומים סביב הקשר
גמישות חלקית עקב חוסר יכולת הסיבוב סביב הקשר הכפול.	גמישות מלאה. ניתן להגיע למצב כדורי	גמישות המולקולה
1.34 Å	1.55 Å	אורך הקשר
120°	109.8°	זוויות סביב הקשר

הגורמים המשפיעים על נקודות ההיתוך של חומצות השומן- תזכורת

גורם ההשוואה	גורם משפיע	הסבר
?	שינוי בגודל הענן האלקטרוני	ככל שאורך השרשרת גדל, הענן האלקטרוני גדל וחוזק אינטראקציות ו.ד.ו. מתחזקות. כתוצאה – טמפרטורת ההיתוך גדלה.
?	הפרעה לגמישות המולקולה ולצפיפות האריזה	ככל שמספר הקשרים הכפולים גדל, גמישות המולקולה קטנה ולכן צפיפות האריזה של המולקולות קטנה, המרחק בין המולקולות גדל ואינטראקציות ו.ד.ו. נחלשות. כתוצאה טמפרטורת ההיתוך קטנה.
?	מידת הפרעה לגמישות המולקולה ולצפיפות האריזה	במעבר מאיזומר ציס לטרנס, יש "התיישרות" של המולקולה, עובדה המאפשרת אריזה צפופה יותר. המרחק בין המולקולות קטן ואינטראקציות ו.ד.ו. מתחזקות. כתוצאה טמפרטורת ההיתוך עולה.

הגורמים המשפיעים על נקודות ההיתוך של חומצות השומן- תזכורת

גורם ההשוואה	גורם משפיע	הסבר
אורך השרשרת	שינוי בגודל הענן האלקטרוני	ככל שאורך השרשרת גדל, הענן האלקטרוני גדל וחוזק אינטראקציות ו.ד.ו. מתחזקות. כתוצאה – טמפרטורת ההיתוך גדלה.
מספר הקשרים הכפולים	הפרעה לגמישות המולקולה ולצפיפות האריזה	ככל שמספר הקשרים הכפולים גדל, גמישות המולקולה קטנה ולכן צפיפות האריזה של המולקולות קטנה, המרחק בין המולקולות גדל ואינטראקציות ו.ד.ו. נחלשות. כתוצאה טמפרטורת ההיתוך קטנה.
המבנה המרחבי סביב הקשר הכפול – ציס או טרנס	מידת הפרעה לגמישות המולקולה ולצפיפות האריזה	במעבר מאיזומר ציס לטרנס, יש "התיישרות" של המולקולה, עובדה המאפשרת אריזה צפופה יותר. המרחק בין המולקולות קטן ואינטראקציות ו.ד.ו. מתחזקות. כתוצאה טמפרטורת ההיתוך עולה.

עד כאן תזכורת.

שאלות?



הקשר הכפול הוא אתר פעיל שמגיב "בקלות"
בתגובות שונות.



מה הקשר של התמונה לנושא הנלמד...?

הקשר הכפול הוא אתר פעיל שמגיב "בקלות"
בתגובות שונות.



Double (James) Bond.....

חומצות שומן עשויות להגיב ב-2
תהליכים סביב הקשר הכפול:

א. הידרוגנציה – סיפוח מימן

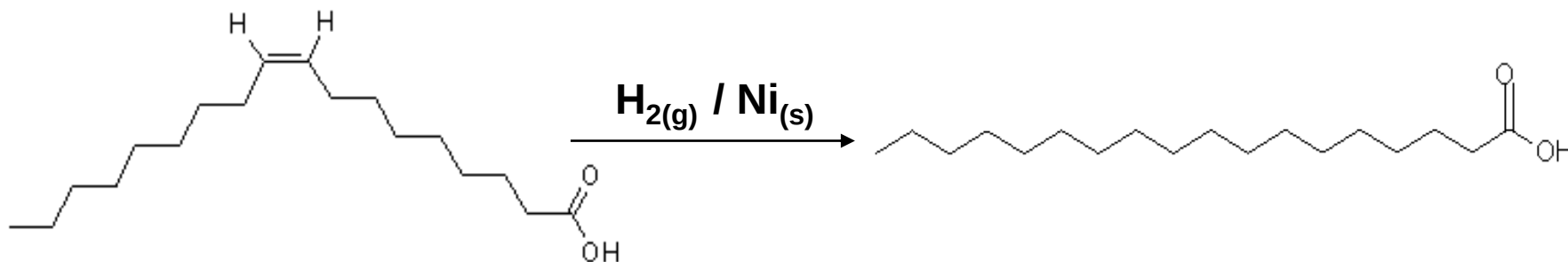
ב. חמצון חומצות שומן

הריוית הקשרים הכפולים על ידי מימן, $H_{2(g)}$.

הקשרים הכפולים נפתחים ומסתפחת מולקולת מימן לכל קשר כפול.

בתהליך נדרשים תנאים מיוחדים:

- זרז (בדרך כלל מתכת כגון ניקל, $Ni_{(s)}$)
- טמפרטורה גבוהה ($160-220^{\circ}C$)
- לחץ גבוה (2-10 אטמוספירות)



חומצות שומן עשויות להגיב עם חמצן פעיל (שעורר והפך לרדיקל חופשי על ידי קרינת שמש).

רדיקל חופשי הוא חלקיק בעל אלקטרון בלתי מזווג (אלקטרון יחיד ללא בן זוג). חלקיק זה בעל אנרגיה גבוהה מאד ובעל נטייה "לתקוף" חלקיקים אחרים על מנת לקחת אלקטרון מהם. דרך תהליך זה, נגרם קלקול מזון למשל.

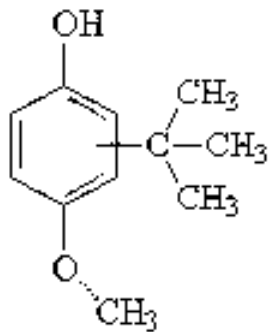
תוצר תהליך זה אינו יציב והוא מתפרק בעצמו לרדיקלים חופשיים. חומצות שומן רדיקליות אלה, יכולות להגיב עם חומצות שומן שכנות או עם רדיקלים חופשיים אחרים. תהליך חמצון חומצות השומן גורם להבאשת המזון ולקלקולו.

ניתן למנוע חמצון של חומצות שומן על ידי הוספת נוגדי חמצון (אנטיאוקסידנטים).

תרכובות הגורמות להאטה ולעיתים אף לבלימה של תהליך החימצון של חומצות השומן ושל כולסטרול.

אנטיאוקסידנטים הם מחזרים חזקים ולכן יכולים להופיע גם בנושא "חמצון-חיזור".
לאנטיאוקסידנטים (מונעי חמצון) ישנה יכולת גבוהה לתת אלקטרונים (מחזר) לתרכובות אחרות היכולות לקלוט אלקטרונים (מחמצן).

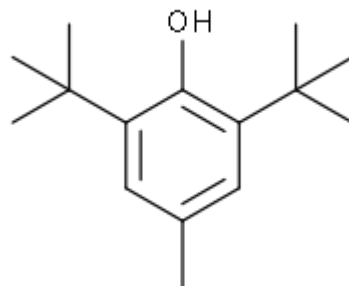
תרכובות היכולות לשמש כאנטיאוקסידנטים:



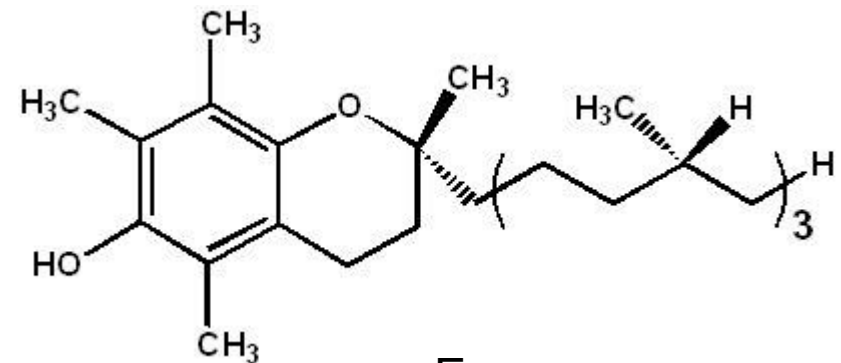
BHA

butylated hydroxyanisole

2001 A.M. Helmersline
Licensed to Abou, Inc.

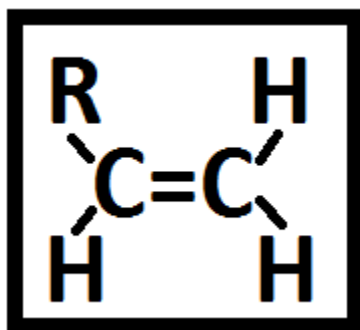


BHT

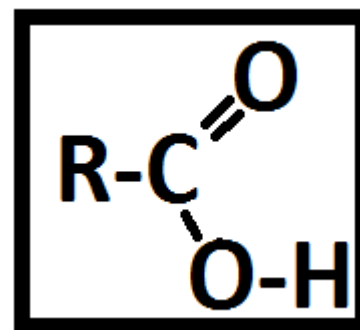


E ויטמין

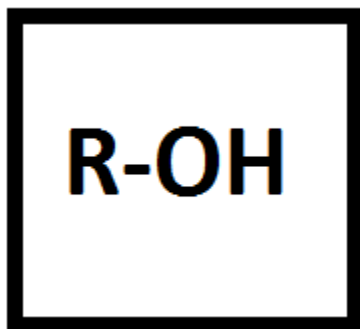
קבוצות פונקציונליות חשובות לנושא זה



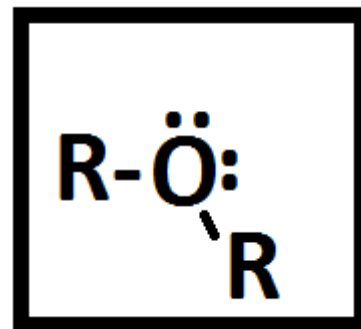
קשר כפול



חומצה
קרבוקסילית

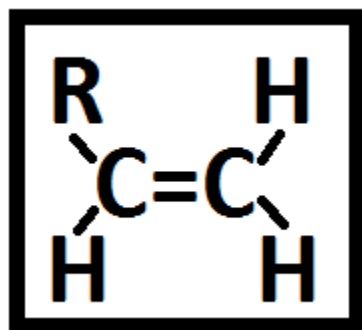


כהל

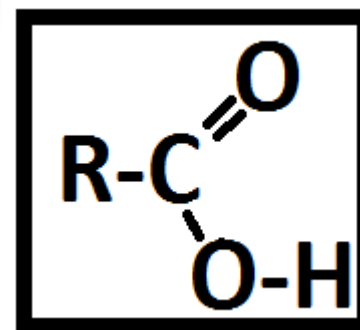


אתר

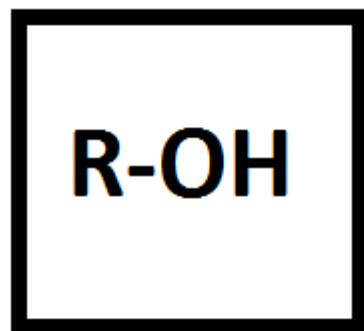
קבוצות פונקציונליות חשובות לנושא זה



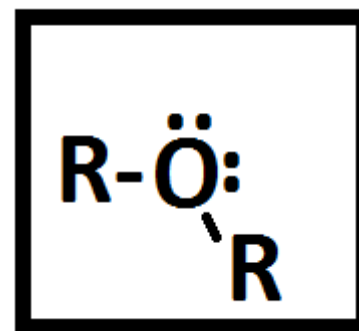
קשר כפול



חומצה
קרבוקסילית



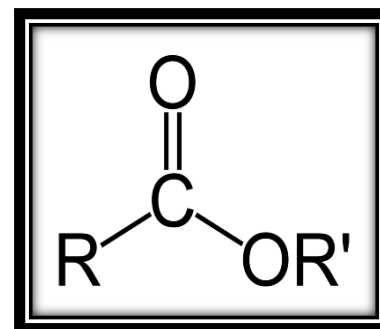
כהל



אתר

$R =$ שרשרת פחמימנית 1
 $R' =$ שרשרת פחמימנית 2

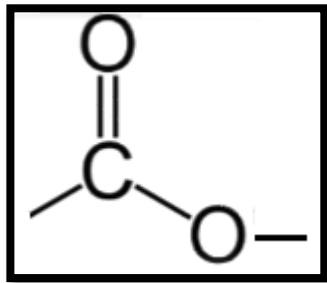
$R \neq R'$ או $R = R'$



אסטר

תגובת דחיסה בין חומצה קרבוקסילית (RCOOH) לכוהל (ROH).
תוצרי התגובה הם אסטר (RCOOR') ומים (H_2O).

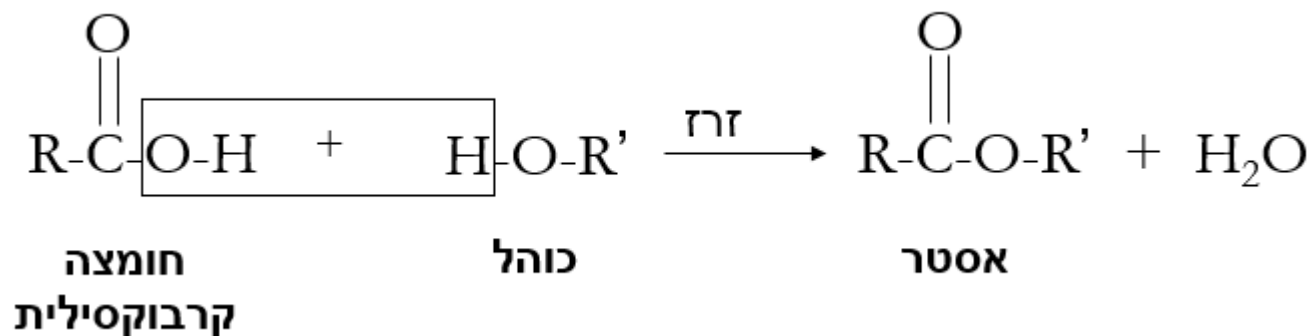
קשר אסטרי נוצר בין החומצה הקרבוקסילית התורמת לקשר האסטרי את קבוצת הקרבוניל (C=O), ואילו הכוהל תורם לקשר זה את אטום החמצן הבודד.



קשר אסטרי

מולקולת מים קטנה נפלטת החוצה כאשר המימן היחיד מגיע ממולקולת הכוהל ואילו קבוצת ההידרוקסיל (OH), מגיעה ממולקולת החומצה הקרבוקסילית.

תגובת דחיסה בין חומצה קרבוקסילית, RCOOH , לכוהל, R'OH .
תוצרי התגובה הם אסטר, RCOOR' , ומים, H_2O .



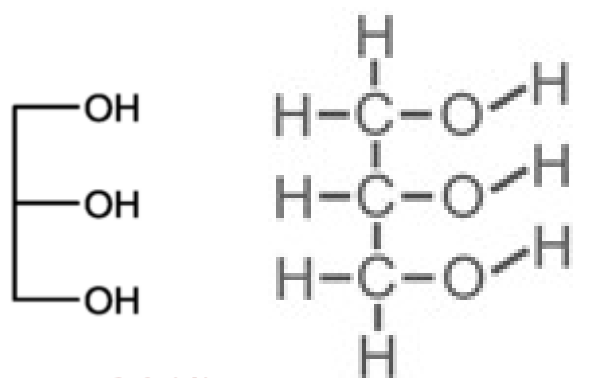
הידעת

**אסטרים אחראיים לכל הריחות הנעימים בטבע:
ריח הפרחים והפירות.**

טריגליצרידים הם אסטרים של כוהל גליצרול ושל חומצות שומן.

גליצרול הינו כוהל בעל שלושה אטומי פחמן שמכיל שלוש קבוצות הדרוקסיליות: כל אחת על אטום פחמן אחר.

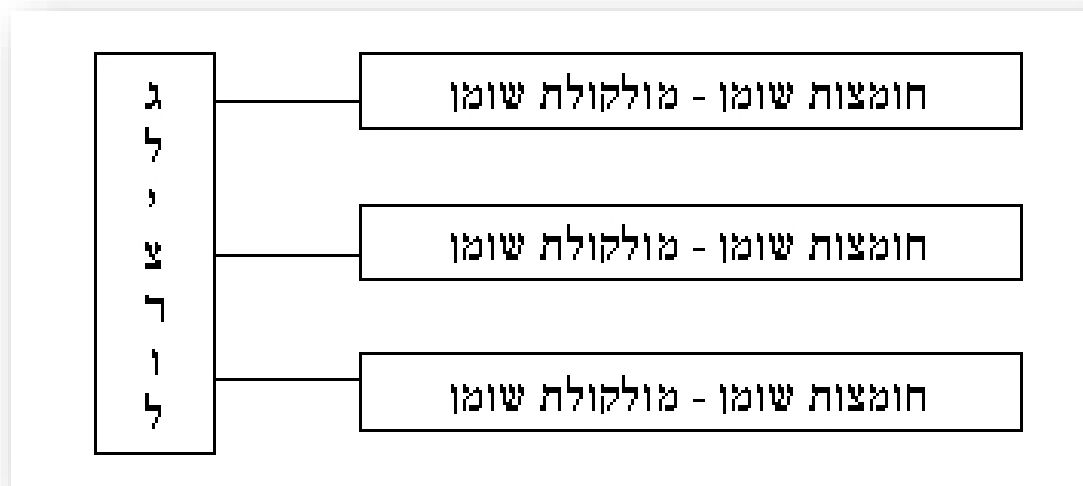
טריגליצריד מורכב מ"ראש" גליצרול ושלושה זנבות חומצות שומן. מאגרי השומן בגוף האדם מכילים בעיקר גליצרידים מסוג זה.



נוסחת
מבנה מקוצרת

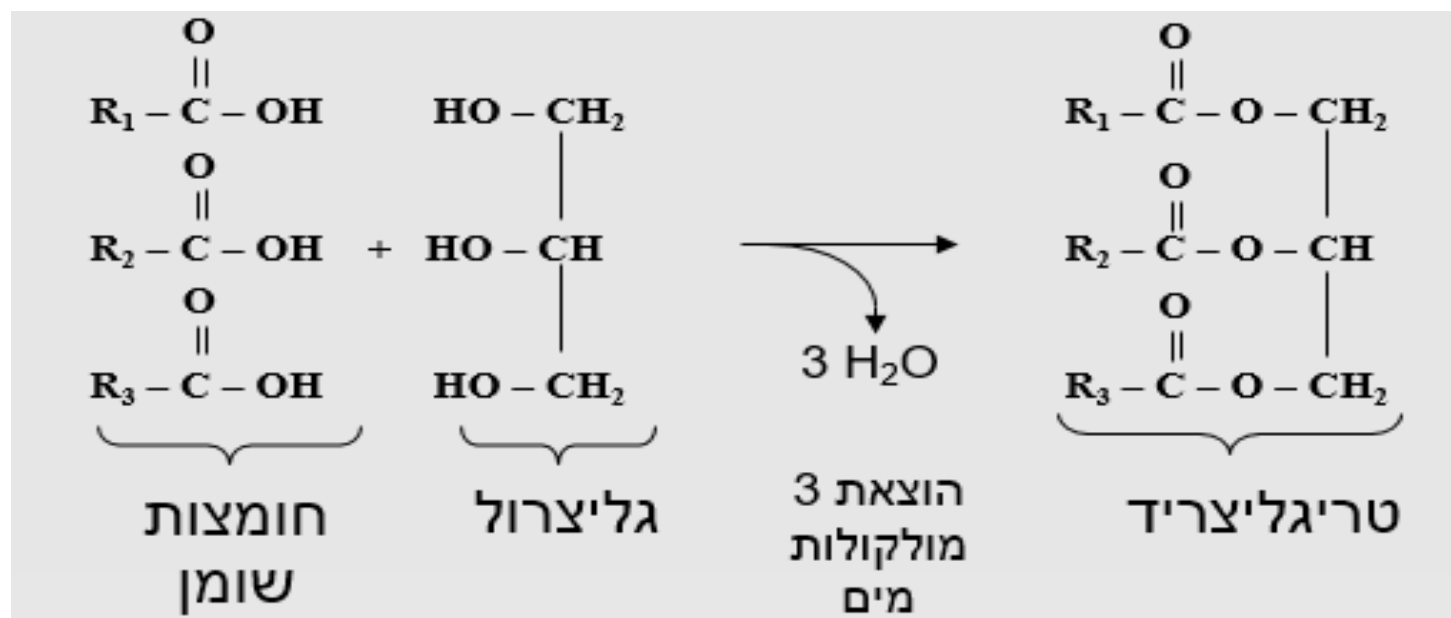
נוסחת
מבנה מלאה

גליצרול

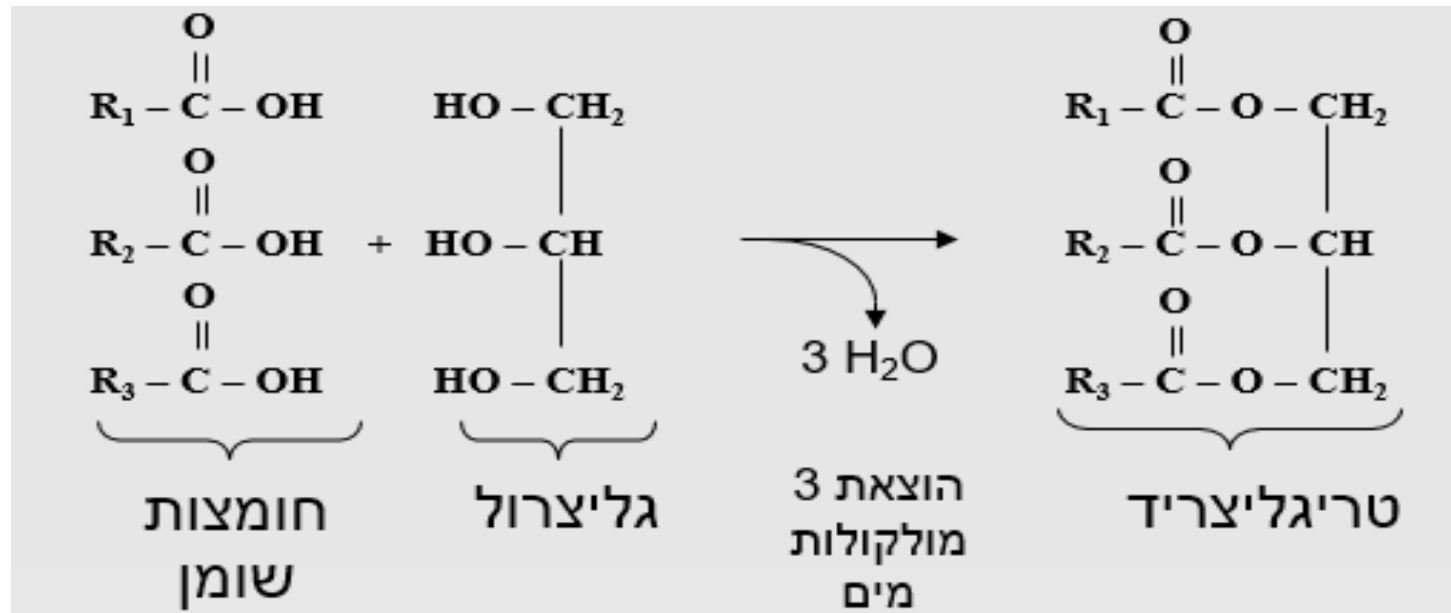
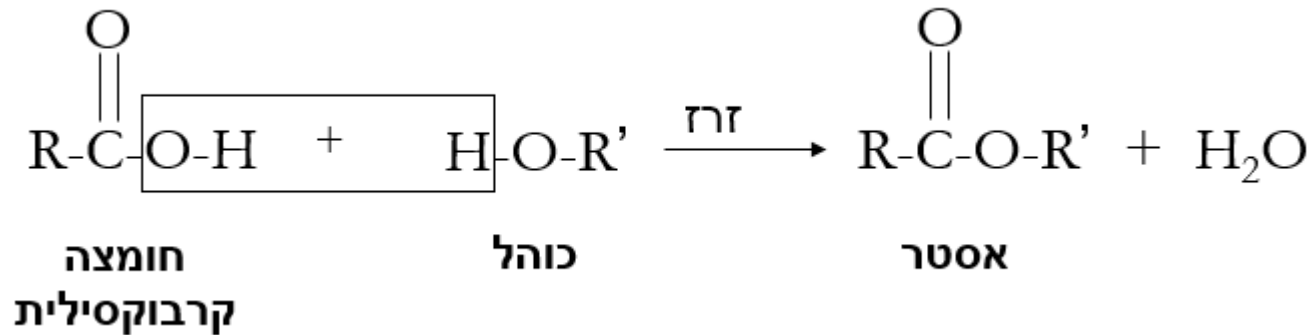


טריגליצריד – איור כללי

הטריגליצרידים הם צורת אחסון האנרגיה העיקרית בגוף. כאשר אוזלים מאגרי האנרגיה הזמינים האחרים של הגוף, הגוף מפרק תרכובות אלה לגליצרול וחומצות שומן, משחרר אותם לדם ואנזימים מסוימים בתאים מפרקים אותם ומפיקים מהם אנרגיה.



תגובת איסטור לקבלת טריגליצריד



להרכב חומצות השומן בטריגליצריד תהיה השפעה על תכונותיו:

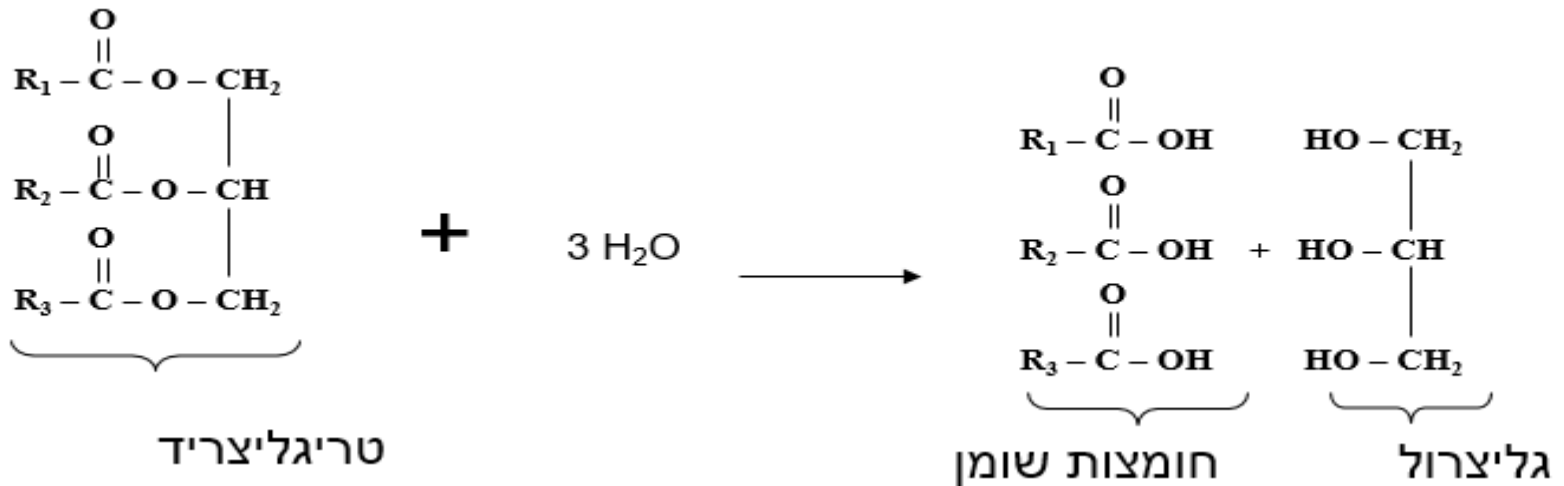
- **אורך השרשרת של חומצות השומן**
המרכיבות אותו ככל שהשרשרת ארוכה יותר , קשרי הו.ד.ו. רבים יותר וטמפרטורת ההיתוך עולה.
- **מס' הקשרים הכפולים בחומצות השומן**
ככל שמספר הקשרי הכפולים עולה, קשרי הו.ד.ו. מוגבלים יותר וטמפרטורת ההיתוך יורדת.
- **הסידור סביב הקשר הכפול בחומצות השומן בטריגליצריד**
במקרה של קשרים כפולים- במבנה טרנס השרשרות פרושות יותר, נארזות טוב יותר וטמפרטורת ההיתוך עולה (יחסית לציס).
כשיש יותר קשרים כפולים בשרשרת במבנה ציס- השרשרות מפותלות יותר וטמפ' היתוך נמוכה יותר.

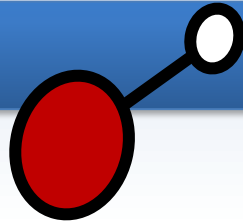
ד. תגובת הידרוליזה של טריגליצרידים

הידרו = מים; ליזיס = פירוק; הידרוליזה = פירוק באמצעות מים

**טריגליצרידים עשויים לעבור פירוק לחומצות שומן ולגליצרול
בסביבה חומצית ($\text{H}_2\text{O} / \text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+$). תהליך זה נקרא הידרוליזה
חומצית.**

**בתהליך זה נשברים הקשרים האסטרטגיים בטריגליצריד
ו"מוכנסות" 3 מולקולות:**





נזכרנו בחומר שלמדנו מהשיעור הקודם.

הדגשנו את חשיבות הקשר הכפול ולמדנו שתי תגובות
היכולות להתרחש אם יש קשרים כפולים:
א. הידרוגנציה (לקבלת חומצות שומן רוויות)
ב. חמצון (לקבלת רדיקלים חופשיים).

למדנו מהי תגובת איסטור (לקבלת טריגליצרידים)

למדנו מהי תגובת הידרוליזה (לפירוק טריגליצרידים)

