**מדינת ישראל**

**משרד החינוך**

המזכירות הפדגוגית

###### אגף מדעים

**הפיקוח על הוראת הכימיה**

שאלון 37303 תשע"ד 2014

שאלה 8

כימיה של מזון

שמן זית הוא אחד משמני המאכל הנפוצים בעולם ובמיוחד באזור הים התיכון.

מרבית חומצות השומן שבשמן זית נמצאות בטריגליצרידים, ומקצתן מצויות כחומצות שומן חופשיות.

בטבלה שלפניך מוצגות חומצות השומן העיקריות המצויות בשמן שמן זית.

|  |  |
| --- | --- |
| חומצת השומן | רישום מקוצרשל חומצת שומן |
| פלמיטית | C16:0 |
| סטארית | C18:0 |
| אולאית | C18:1ω9, cis |
| לינולאית | C18:2ω6, cis, cis |

**סעיף א'**

טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה מטמפרטורת ההיתוך של חומצה אולאית.

הסבר מדוע.

**התשובה:**

(במולקולות של שתי חומצות השומן יש אותו מספר של אטומי פחמן ובשתיהן יש קשרים כפולים

במבנה ציס.)

במולקולה של חומצה לינולאית יש שני קשרים כפולים במבנה ציס, בעוד שבמולקולה של חומצה

אולאית יש רק קשר כפול אחד במבנה ציס.

קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.

בגלל הכיפוף, המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה (או: הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות).

ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס יש יותר אזורים כפופים במולקולה, ולכן בין המולקולות של חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר.

נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא אנליזה.**

הציון נמוך יחסית. תלמידים רבים התקשו להסביר את ההבדל בין טמפרטורות ההיתוך של שתי החומצות. הבעיה העיקרית בסעיף זה היא חוסר שלב אחד או יותר בהסבר:

⬩ רוב התלמידים שטעו ציינו שבמולקולה של חומצה לינולאית יש יותר קשרים כפולים מאשר במולקולה של חומצה אולאית, אך מכאן המשיכו להבדל בטמפרטורות היתוך, ללא אזכור של מבנה ציס, צפיפות אריזה ואינטראקציות ון-דר-ואלס:

• "טמפרטורת היתוך נמוכה, כי יש יותר קשרים כפולים."

• "טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר, כי במולקולה שלה יש יותר קשרים כפולים."

טעויות נוספות שאותרו הן:

⬩ הסברים שגויים של תפקיד קשרים כפולים:

התייחסות לקשרים קוולנטיים:

• "קשר כפול גורם למולקולה להיות מסועפת."

• "קשר כפול במולקולה חזק מקשר יחיד."

התייחסות לגודל ענני אלקטרונים:

• "ענן אלקטרונים שמכיל פחות אטומי מימן גורם לטמפרטורת היתוך נמוכה יותר."

⬩ חוסר הבחנה בין חומר לבין מולקולה בודדת שלו:

• "קשר כפול במבנה ציס גורם לכיפוף במולקולה, ולכן היא פחות צפופה."

• "אינטראקציות ון-דר-ואלס במולקולה."

⬩ ציון "קשרים בין מולקולריים" במקום אינטראקציות ון-דר-ואלס.

במהלך לימוד הנושא "חומצות שומן" חוזרים להיבטים רבים של הנושא "מבנה וקישור".

כדי למנוע בלבול בין צורות הייצוג השונות של מולקולות, מומלץ לתרגל עם התלמידים מעבר בין צורות ייצוג שונות בפרק מבנה וקישור ולאחר מכן לחזור על התרגול ולהוסיף את צורות הייצוג הייחודיות למבנית "טעם של כימיה".

רוב הגורמים, שמשפיעים על טמפרטורות היתוך של חומצות שומן, מוכרים לתלמידים. כדי להשוות את טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן, תלמידים צריכים להכיר מספר גורמים נוספים, כגון השפעת קשרים כפולים במולקולות, מבנה של קשרים כפולים - ציס וטרנס, צפיפות האריזה.

מומלץ לבנות עם התלמידים את שלבי הפתרון להשוואה בין טמפרטורות ההיתוך של חומצות שומן בצורת טבלה:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| חומצת שומן | אולאית | לינולאית |
| נוסחה מולקולרית | C18H34O2 | C18H32O2 |
| רישום מקוצר | C18:1ω9, cis | C18:2ω6, cis, cis |
| ייצוג מקוצר שלנוסחת מבנה | חומצה אולאית:OHOOHOחומצה לינולאית: |
| גודל יחסי של ענני האלקטרונים במולקולות | הגודל של ענני האלקטרונים במולקולות של שתי החומצות דומה. |
| מספר קשרים כפולים במולקולה | 1 | 2 |
| מבנה של קשרים כפולים | מבנה ציס |
| סוגי הכוחות הבין מולקולריים | אינטראקציות ון-דר-ואלסומעט קשרי מימן |
| החוזק היחסי של כוחות בין מולקולריים | קשר כפול במבנה ציס יוצר כיפוף במולקולה של חומצת השומן.הכיפוף מפריע להתקרבות המולקולות, המולקולות לא יכולות להסתדר באריזה צפופה. ככל שיש יותר קשרים כפולים במבנה ציס יש יותר אזורים כפופים במולקולה, ולכן בין המולקולות של חומצה לינולאית יש אינטראקציות ון-דר-ואלס חלשות יותר. |
| טמפרטורת היתוך | נדרשת פחות אנרגיה להחלשת הקשרים הבין מולקולריים ולכן טמפרטורת ההיתוך של חומצה לינולאית נמוכה יותר. |

**סעיף ב'**

לפניך ייצוג מקוצר לנוסחת המבנה של טריגליצריד המצוי בשמן זית.

O

O

O

O

O

O

היעזר בנתונים שבטבלה וקבע מאילו חומצות שומן מורכב הטריגליצריד זה.

**התשובה:**

חומצה פלמיטית, חומצה אולאית וחומצה לינולאית.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

הציון גבוה מאוד. התלמידים זיהו, על פי ייצוג מקוצר לנוסחת מבנה של טריגליצריד, מאילו חומצות שומן נוצר טריגליצריד זה. כמעת ולא הופיעו טעויות.

מומלץ לפתור עם התלמידים שאלות מבחינות הבגרות הקודמות העוסקות בחומצות שומן ובטריגליצרידים:

בגרות תשע"ב - שאלה 8

בגרות תשע"א - שאלה 8

בגרות תשס"ט - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8

בגרות תשס"ח - שאלה 1 סעיף ח', שאלה 8

בגרות תשס"ז - שאלה 8

בגרות תשס"ו - שאלה 9 חלק א'

**סעיף ג'**

שמן זית מכיל גם ויטמינים. לפניך שתי נוסחאות מבנה I-II , של ויטמינים.

OH

H

O

HO

OH

O

N

# II I

קבע איזו מהנוסחאות, I או II , מתאימה לוויטמין המצוי בשמן זית. נמק.

**התשובה:**

נוסחה II .

במולקולות של הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו יש חלק הידרופובי גדול (או: שייר פחמימני גדול) שיכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס עם מולקולות הטריגליצרידים שבשמן הזית. ויטמין זה יהיה מסיס בשמן.

או:

במולקולות של הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו יש מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכן ויטמין זה יהיה מסיס במים ולא בשמן.

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

הציון נמוך יחסית. בסעיף זה הופיעו טעויות אופייניות משני סוגים עיקריים:

1. קביעה שגויה וניסיון לנמקה:

• "נוסחה ***I*** מתאימה לוויטמין המתמוסס בשמן זית, מכיוון שיש בו מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן עם החלק הקרבוקסילי של הטריגליצרידים."

2. קביעה נכונה המלווה בנימוק שגוי:

• "נוסחה ***II*** היא נוסחת הוויטמין שנמס בשמן זית, כי אטומי חמצן בוויטמין זה יוצרים קשרי מימן עם מולקולות טריגליצרידים."

 או בנימוק חלקי:

• "וויטמין שנוסחתו ***II*** יוצר הרבה קשרי ון-דר-ואלס, ולכן מתמוסס בשמן."

מומלץ לבנות עם התלמידים טבלאות המציגות את שלבי הקביעה של מסיסות הוויטמינים בממסים:

טבלה 1: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו | הממס:מים |
| סוג החלקיקים שמהםמורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | קשרי מימןואינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רביםואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | קשרי מימן |
| המסקנה | במולקולות הוויטמין יש מוקדים רבים ליצירת קשרי מימן, ולכןוויטמין זה מסיס במים |

טבלה 2: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, בשמן

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:הוויטמין שנוסחה I מתאימה לו | הממס:שמן זית (המרכיבים העיקריים הם טריגליצרידים) |
| סוג החלקיקים שמהםמורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | קשרי מימן רביםואינטראקציות ון-דר-ואלס | אינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות טריגליצרידיםיש אטומי חמצן מעטים.  |
| המסקנה | המסיסות של וויטמין זה בשמן זית זניחה. |

טבלה 3: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, במים

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו | הממס:מים |
| סוג החלקיקים שמהםמורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | קשרי מימן רביםואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | אפשרות ליצירת קשרי מימן זניחה, כי במולקולות הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, יש אטומי חמצן מעטים.  |
| המסקנה | המסיסות של וויטמין זה במים זניחה. |

טבלה 4: קביעת המסיסות של הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, בשמן זית

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | המומס:הוויטמין שנוסחה II מתאימה לו | הממס:שמן זית (המרכיבים העיקריים הם טריגליצרידים) |
| סוג החלקיקים שמהםמורכב החומר | מולקולות | מולקולות |
| הקשרים בין חלקיקי החומר | אינטראקציות ון-דר-ואלס | ואינטראקציות ון-דר-ואלס |
| סוגי הקשרים הנוצרים בין חלקיקים במהלך ההמסה | במולקולות של הוויטמין יש חלק הידרופובי, שיכול ליצור אינטראקציות ון-דר-ואלס עם מולקולות הטריגליצרידים שבשמן הזית.  |
| המסקנה | וויטמין זה מסיס בשמן זית. |

לאחר בניית הטבלה מומלץ לבצע עם התלמידים ניסוי מאשר: לבדוק מסיסות של כל אחד משני הוויטמינים הנתונים במים ובשמן זית, ובכך להדגים את המסיסות של הוויטמינים הנתונים בשני הממסים.

הוויטמין, שנוסחה I מתאימה לו, הוא ויטמין B5 . הוויטמין, שנוסחה II מתאימה לו, הוא

ויטמין K1 . ניתן לרכוש את הוויטמינים בבית מרקחת.

**סעיף ד'**

לקחו דגימה של 20 גרם שמן זית והמיסו אותה בכוהל מתאים

לתמיסה זו הוסיפו תמיסת אשלגן הידרוקסידי, KOH(aq) .

חומצות השומן החופשיות בשמן הזית הגיבו על פי התגובה:

 R−COOH(כוהל) + OH−(aq) → R−COO−(כוהל) + H2O(l)

R מסמל את השרשרת הפחמימנית במולקולה של חומצת שומן.

נדרשו 8.5 מ"ל תמיסת KOH(aq) בריכוז 0.1 M לסתירה מלאה של חומצות השומן החופשיות

בדגימת השמן.

**תת-סעיף i**

מהו מספר המולים של יוני OH−(aq)הגיבו? פרט את חישוביך.

**התשובה:**

ריכוז יוני OH−(aq) בתמיסת KOH(aq) 0.1 M הוא: 0.1 M

מספר המולים של יוני OH−(aq) שהגיבו:

mol

liter

0.1 × 0.0085 liter = 8.5·10−4 mol

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.**

הציון די גבוה. רוב התלמידים שולטים בחישובים סטויכיומטריים בסיסיים.

תלמידים מעטים לא רשמו יחידות או טעו בהן - רשמו מ''ל במקום ליטרים.

**תת-סעיף ii**

הנח כי חומצת השומן החופשית העיקרית בשמן הזית היא חומצה אולאית.

המסה המולרית של חומצה אולאית היא 282 .

חשב את המסה של החומצה האולאית בדגימה. פרט את חישוביך.

**התשובה:**

יחס המולים בניסוח התגובה בין חומצה אולאית לבין יוני OH−(aq) הוא 1:1 .

לכן מספר המולים של חומצה אולאית שהגיב : 8.5·10−4 mol

gr

mol

8.5·10−4 mol × 282 = 0.24 gr

המסה של חומצה אולאית בדגימה:

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא הבנה.**

הטעות העיקרית בתת-סעיף זה היא אי התייחסות ליחס המולים בניסוח התגובה בין חומצה

אולאית לבין יוני OH−(aq) .

**תת-סעיף iii (הציון 69)**

אחד המדדים לאיכות של שמן זית הוא אחוז החומציות. מחשבים את אחוז החומציות

על פי הנוסחה:

מסת חומצה אולאית בדגימה (גרם)

מסת הדגימה (גרם)

∙ 100% = אחוז החומציות

על פי התקן הישראלי, אחוז החומציות המרבי בשמן זית באיכות גבוהה (כתית מעולה) היא 0.8% .

קבע אם שמן הזית שבדגימה הוא שמן באיכות גבוהה. פרט את חישוביך ונמק.

**התשובה:**

שמן הזית שנבדק אינו שמן זית באיכות גבוהה.

אחוז החומציות בשמן הזית שנבדק:

אחוז החומציות גבוה מ- 0.8% , לכן שמן הזית שנבדק אינו שמן באיכות גבוהה (או: אינו "כתית

0.24 gr

20 gr

 אחוז החומציות = ∙ 100% = 1.2%

מעולה").

**לדעתנו, רמת חשיבה על פי הטקסונומיה של בלום היא יישום.**

רוב התלמידים הצליחו ליישם את המידע החדש וביצעו חישוב על פי הנוסחה החדשה הנתונה.

הטעות האופיינית בתת-סעיף זה היא התעלמות מכך שעל פי הנוסחה יש להכפיל ב- 100%:

•  ***= 0.012%***

***0.24 gr***

***20 gr***

על מנת להרגיל את התלמידים ליישם את המידע החדש הנתון בשאלה, מומלץ לפתור איתם שאלות מסוג זה. לדוגמה, אפשר לפתור את שאלה17 - בנושא "מיומנויות בנושאי מעבדות חקר", בשאלון 37202 בבגרות תשע"ג - השלמה מ- 3 ל- 5 יחידות לימוד. תלמידי כיתה י"א הלומדים מעבדות חקר

מסוגלים לפתור שאלה זו.

מומלץ להיעזר במצגת של ד"ר אורית הרשקוביץ וד"ר צביה קברמן "מה אנו יודעים על שמני מאכל? הזמנה לחקר", ולבצע את הניסויים המומלצים בה.

המצגת נמצאת באתר של קבוצת הכימיה, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, הטכניון, בדף:

 <http://edu.technion.ac.il/chemical-education/yehidot/taste/presentations/PPoils.pdf>