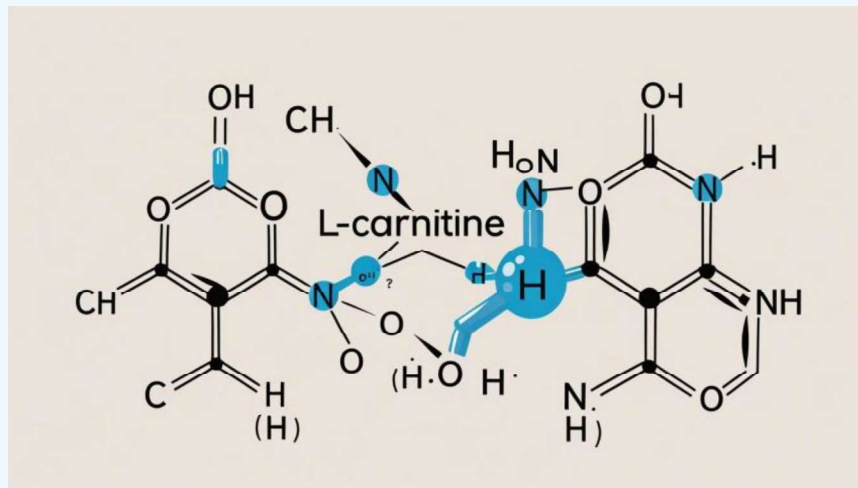


# L-Carnitine

## בריאות וביצועים בעופות

מבט קליני ומחקרי על תוסף התזונה החיוני לעופות



# נושאי המפגש:

- ▶ מהו ל-קרניטין?
- ▶ מה תפקידו בגוף
- ▶ סינתזה ומקורות תזונתיים
- ▶ השפעות קליניות והשפעות על תפקוד עופות
- ▶ מינונים מומלצים
- ▶ אינדיקציות לשימוש
- ▶ שיקולים מסחריים ובחירת תכשירים
- ▶ סיכום ומענה לשאלות

# היסטוריה וגילוי

ל-קרניטין הוא קו-אנזים החיוני במטבוליזם של שומנים, המצויים ברקמות חיות, במיוחד בלב ובשרירי השלד, שם הוא משתתף בייצור אנרגיה ברמת התא. מקור השם, מהמילה הלטינית "carnus" (בשר), - בודד לראשונה מבשר.

## היסטוריה:



1905 - התגלה לראשונה בשריר של חיות (במיוחד בקר)

1927 - שויך בטעות למשפחת הוויטמינים (B11) בשל פעילותו הפיזיולוגית הייחודית.

1952 - זוהה כי מדובר בחומר חיוני לחימצון חומצות שומן.

1955 - הוכח כי קרניטין מזרז חמצון חומצות שומן בהומוגנאטים של כבד

1973 - ייצור תעשייתי ראשון של L-Carnitine בצורת תוסף תזונה לבני אדם.

שנות ה-80-90 -המחקרים בעופות ובעלי חיים מתרחבים - זיהוי תועלות בגידול פטמים ורבייה.

2020 והלאה -עלייה בשימוש תעשייתי בעופות וברבייה - תגבור מערכות אנרגיה, חיסון, ופוריות.

# היסטוריה וגילוי (המשך)

| Year    | Discovery                                                                                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1905    | Carnitine was isolated from muscle                                                                                                                |
| 1927    | The chemical structure of carnitine was established                                                                                               |
| 1952    | Carnitine was shown to be a vitamin (B <sub>T</sub> ) for a meal worm ( <i>Tenebrio molitor</i> )                                                 |
| 1955    | Carnitine was shown to stimulate fatty acid oxidation in liver homogenates<br>Reversible enzymatic acetylation of carnitine in liver was detected |
| 1961    | Butyrobetaine was shown to be a carnitine precursor                                                                                               |
| 1962-63 | Fatty acid esters of carnitine were shown to be intermediates in fatty acid oxidation                                                             |
| 1965    | High concentration of carnitine were found in epididymis and sperm                                                                                |

# היסטוריה וגילוי (המשך)

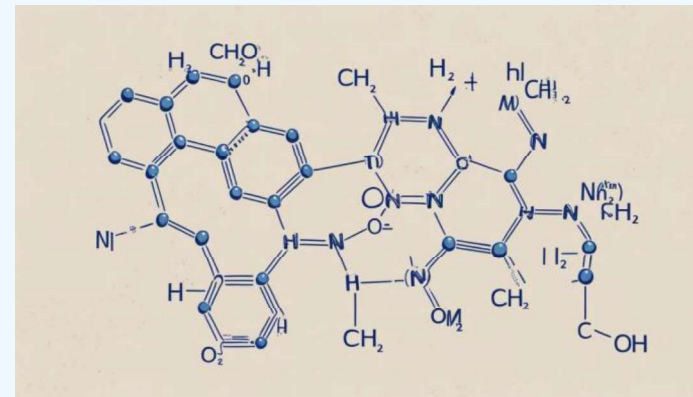
|      |                                                                                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1966 | Carnitine palmitoyltransferase (CPT) was localised the inner mitochondrial membrane and acyl-CoA synthetase in the outer mitochondrial membrane |
| 1971 | Lysine was shown to be a precursor of carnitine                                                                                                 |
| 1973 | Carnitine acyltransferases were detected in peroxisomes                                                                                         |
| 1975 | Carnitine translocase was demonstrated in mitochondria                                                                                          |
| 1987 | CPT-I was shown to be localised in the outer membrane of the mitochondria                                                                       |
| 1995 | Direct evidence was obtained for the function of carnitine in the transfer of acyl groups from peroxisomes to mitochondria                      |



# מהו ל-קרניטין ?

ל-קרניטין הינו חומר טבעי המצוי כמעט בכל יצור חי, ומשמש מרכיב חיוני במטבוליזם של שומנים.

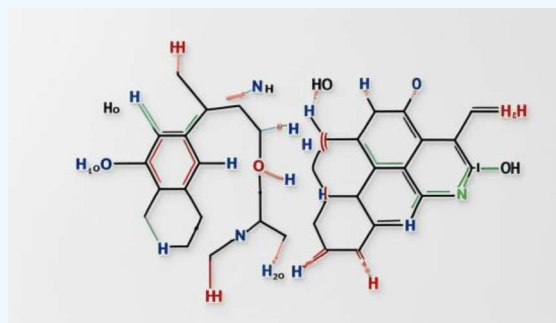
- **יונקים:** ריכוזים גבוהים במיוחד בשריר, כבד וכליות - בהתאם לפעילות אנרגטית
  - **עופות:** רמות משתנות - תלויות בגיל, תזונה, וסוג העקה.
  - **צמחים:** מצוי באבוקדו, אספרגוס וסויה - אך ברמות נמוכות מאוד
- המשמעות:** מדובר ברכיב ביוכימי בסיסי - החיוני לתפקוד תקין ולביצועים מיטביים.



# כימיה ותכונות

## ל-קרניטין ממלא תפקיד מכריע בייצור אנרגיה

- ל-קרניטין ממלא תפקיד מרכזי בהובלת שרשרת חומצות שומן ארוכות לתוך המיטוכונדריה (מפעלי האנרגיה של התא), שם הן מתחמצנות (נשרפות) לייצור אנרגיה (ATP).
- בנוסף, הוא מסייע בהוצאת תרכובות רעילות שנוצרות מתהליך זה מחוץ למיטוכונדריה כדי למנוע את הצטברותן.
- ל-קרניטין מצוי בריכוז גבוה ברקמות המשתמשות בחומצות שומן כדלק, כגון שרירי השלד ושריר הלב.
- **רק איזומר L פעיל ביולוגית**, איזומר D אינו פעיל ועלול להיות מזיק במינונים גבוהים.



# כימיה ותכונות (המשך)

## איך ה-ל-קרניטין עוזר בהפקת אנרגיה מחומצות שומן?

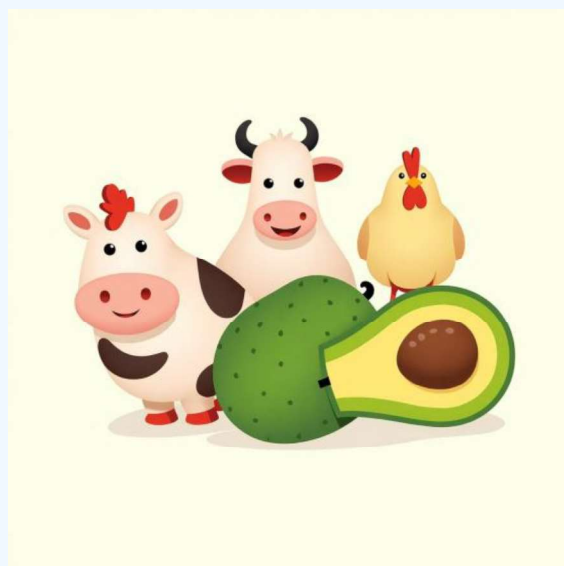
- מערכת הקרניטין, אחראית על העברת קבוצות אציל, כוללת משפחת אנזימים בשם קרניטין אצילטרנספרזות (CAT) ונשאיות תוך-תאיות.
  - פעולת האנזימים CAT1 (ממוקם על הממברנה החיצונית של המיטוכונדריה) ושל האנזימים CAT2 (ממוקם על הממברנה הפנימית) - מאפשרים המרה של אציל-CoA לאצילקרניטין, ובכך מאפשרים לחומצות שומן לחצות את ממברנות המיטוכונדריה.
  - חומצות שומן הופכות לאציל-CoA
  - CPT1 מחליף את CoA ב-L-Carnitine
  - המעבר למיטוכונדריה והחזרה ל-CoA ב-CPT2
  - מאפשר חמצון שומנים, ייצור ATP, חסכון בגלוקוז
- ללא הקרניטין - חומצות השומן היו נשארות מחוץ למיטוכונדריה**

# כימיה ותכונות (המשך)

- ל-קרניטין מעביר חומצות שומן ארוכות שרשרת למיטוכונדריה - והוא גם תורם ל"detox" תאי.
- הצטברות של קבוצות אציל- CoA עלולה להיות רעילה, הקרניטין נקשר לתרכובת ויוצר תרכובת של אציל - carnitine תרכובת אשר מועברת החוצה דרך טרנספורטרים זהו מנגנון הגנה תאי - במיוחד בשריר, בכבד ובמוח.
- הוא משמש כמאגר של קבוצות אציל פעילות, הזמינות באופן מידי כאשר המקורות של האנרגיה החיצוניים אינם מספיקים.
- ל-ל-קרניטין תפקיד בתהליך הגלוקונאוגנזה (ייצור גלוקוז מחומרים שאינם פחמימות), במיוחד במצבי עקה או מאמץ.
- מחקרים מצביעים על כך שהוא עשוי לשפר רגישות לאינסולין על ידי הפחתת רמות שומן בשריר, ובכך להוריד רמות גלוקוז בדם.
- ל-קרניטין תורם לזמינות אנרגיה כוללת, גם כאשר מקורות השומן אינם המרכיב הדומיננטי בתזונה

# מקורות טבעיים ואנדוגניים

בעלי חיים מקבלים ל-קרניטין דרך המזון או באמצעות סינתזה אנדוגנית (בתוך הגוף).



דוגמא למקורות מזון:

- בשר אדום (מקור עשיר),
- עופות, דגים, מוצרי חלב
- צמחים (אבוקדו, אספרגוס, סויה) - כמויות נמוכות בלבד

- תערובות צמחיות הנפוצות בתעשיית הלול אינן מספקות קרניטין בכמות מספקת

# מחסור וסימנים

**מחסור ב ל-קרניטין** עלול להיגרם כאשר:

- התזונה דלה בקרניטין או בחומרי המוצא הדרושים לסינתזה שלו , כגון: ליזין, מתיונין, ויטמין C, ויטמין B6, ניאצין וברזל.
- במצבי עקה (סטרים) - הגוף לא מצליח לייצר את הכמויות הנדרשות.
- **סימני מחסור כוללים**, פגיעה ביכולת להשתמש בחומצות שומן ליצירת אנרגיה ומתבטאים בתסמינים כמו:
  - חולשת שרירים
  - ליקוי בתפקוד שרירי שלד
  - הגדלה של הלב, אי ספיקת לב והפרעות קצב
  - תפקוד כבד ירוד.

# יתרונות במתן תוספת של ל-קרניטין בעופות

תרומה לבריאות הכללית של העופות:

- שיפור ניצולת המזון (FCR) : תורם ליעילות מטבולית גבוהה יותר - פחות בזבז, יותר תוצרת.
- הרכב גוף בריא יותר: ירידה בשומן בטני ועלייה במסת שריר - תורם לאיכות בשר גבוהה יותר
- עמידות לעקה: מפחית השפעות של סביבתית או מטבולית (כגון גדילה מהירה או תנאי סביבה מאתגרים) ..
- שיפור תפקודי רבייה: עליה באיכות הביצים (חוזק, גודל, צבע) ובחיוניות אפרוחים, כולל במצבי עקה.
- חיזוק המערכת החיסונית - ל-קרניטין תורם לחיזוק המערכת החיסונית, הוא מעלה את רמות הנוגדנים נגד נגיפים כמו ניוקאסל ושפעת.
- שיפור כלכלי כולל: גידול אחיד, שיפור ROI

# אינדיקציות קליניות למתן (הרחבה)

רקע:

- מיימת (Ascites) בעופות - היא הצטברות של נוזל בחלל הבלעי של העופות, הנובעת מתסמונת יתר לחץ דם ריאתי (PHS).
- PHS נגרמת מחוסר זמינות חמצן, במיוחד בסביבות של גובה רב או צפיפות המובילה להתכווצות כלי דם ריאתיים, הגברת ההתנגדות וכתוצאה מכך הגברת הלחץ בכלי הדם בריאות
- לאורך זמן, מצב זה עלול לגרום לשינויים מבניים בלב, בפרט היפרטרופיה (הגדלה והתעבות) של החדר הימני, ועלול להוביל לבעיות בריאותיות חמורות כמו אי ספיקת לב ומיימת.
- מדד ה RV:TV הינו יחס משקל חדר ימני למשקל כלל החדרים בלב. משמש כאינדיקטור ל- PHS. כאשר היחס עולה על 0.25 - מצביע על יתר לחץ דם ריאתי

# אינדיקציות קליניות למתן (הרחבה)

כיצד ל-קרניטין מפחית נטייה למיימת?

- **שיפור תפקודי הלב והריאות.** במחקרים, נצפתה ירידה ביחסי RV:TV-המעידים על שיפור ב PHS-בקבוצות שקיבלו ל-קרניטין..ההשפעה נובעת כנראה משיפור בתפקוד המיטוכונדריאלי, המפחית כיווץ כלי דם הנגרם מחוסר חמצן ומשפר את ניצול החמצן. בנוסף, הקרניטין מסייע בייצור אנרגיה ברקמות הלב והריאות, ובכך מפחית את העומס על הלב ומונע היפרטרופיה של החדר הימני PHS
- **הפחתת עקה חימצונית**
- **הגברת זמינות תחמוצת החנקן (NO) - קרניטין מפחית עקה חמצונית ומגביר את יכולת נוגדת החמצון.**

# אינדיקציות קליניות למתן (הרחבה)

רקע:

מהו MDA ? MDA או (Malondialdehyde) הוא תוצר של חמצון שומנים ומשמש כסמן ביולוגי לעקה חמצונית ונזק חמצוני ברקמות. רמות גבוהות של MDA מצביעות על נזק חמצוני משמעותי בגוף.

כיצד ל--קרניטין מפחית MDA ומגביר יכולת נוגדת חמצון?

- ממחקרים עולה כי תוספת של ל-קרניטין בתזונה של אפרוחי פטם מובילה להפחתה ברמות MDA , הפחתה זו מצביעה על צמצום הנזק החימצוני בתאים וברקמות
- שיפור יעילות פעילות המיטוכונדריה.
- הגברת הגנה אנזימטית נוגדת חמצון.
- מסייע בהתמודדות עם עקה חמצונית על ידי הפחתת ייצור רדיקלים חופשיים, הגברת פעילות אנזימים נוגדי חמצון והפחתת סמני נזק כמו MDA, ובכך תורם לבריאות הכללית של העופות, במיוחד בתנאי סביבה מאתגרים.

# המלצות ליישום - מינונים

▶ התאמת המינון היא המפתח - כשמתחשבים בגזע, גיל, תנאים בשטח והמטרה הקלינית, מקבלים את מלוא היתרונות של הקרניטין

- תרנגולי פטם (Broilers)

- שיפור משקל הגוף ויחס המרה מזון משקל גוף סופי 125-800 מ"ג/ק"ג מזון.

- המלצות לכלל תקופת הגידול:

- סטארטר (1-10 ימים): 50-100 מ"ג/ק"ג

- גידול (11-22 ימים): 25-50 מ"ג/ק"ג

- גמר (23-42 ימים): 20-40 מ"ג/ק"ג.

- להפחתת שומן בטני: 50-900 מ"ג/ק"ג מזון

- לשיפור חסינות: 250 מ"ג/ק"ג מזון נמצא כיעיל (נבדק על מחלת הניוקאסל)



# המלצות ליישום - מינונים (המשך)

- מטילות (Laying Hens)
- לשיפור האיכות והמשקל של הביצה:  
מינון של 24 מ"ג/ק"ג מזון: העלה את משקל הביצה ל- 65.68 גרם לעומת 63.35 גרם בקבוצת הבקרה. ואת עובי קליפת הביצה בשבוע 90 (ללא שינוי מובהק בתטולה, צריכת מזון או איכות פנימית) בנוסף, נצפה שיפור בכמות ובאיכות האלבומן (חלבון הביצה), וכן עלייה בריכוזי-L קרניטין באלבומן ובחלמון הביצה, מה שמבטיח התפתחות עוברית טובה יותר.
- במינון של 50 ו-100 מ"ג/ק"ג מזון - יכולת הבקיעה עלתה מ-83% ל-87% ומ-82.4% ל-85.3% בתרנגולות רבייה של פטם.

**ניטור -** מומלץ לנטר פרמטרים רלוונטיים כגון, FCR משקל גוף, שיעור תמותה ואחידות הלהקה כדי להעריך את יעילות הטיפול.

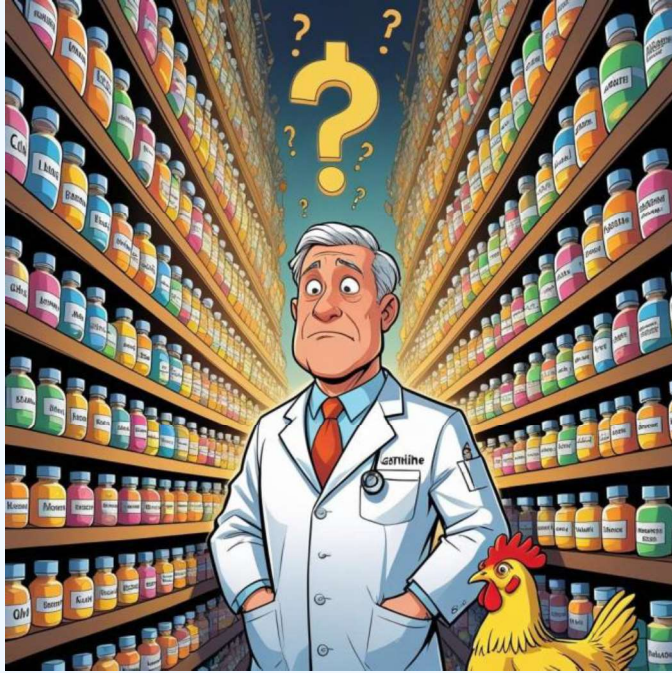
# המלצות ליישום- מתן בשילוב עם תוספי מזון נוספים

הקרניטין פועל בצורה מיטבית כאשר משולב עם רכיבים תזונתיים תומכים כגון:

- מתחלבים (Emulsifiers) - מנגנון משלים הקרניטין משפר מטבוליזם תוך-תאי ויכולת נוגדת חמצון, בעוד מתחלבים משפרים עיכול וספיגת שומן.
- ויטמין C (חומצה אסקורבית)
- ניאצין
- חומצות אמינו (ליזין ומתיונין) - חומצות אמינו אלו הן פרקורסורים לסינתזת ל-קרניטין



# תוספי מזון לבעלי חיים איך בוחרים נכון?



- בעולם קיים מגוון רחב של תוספי מזון - ועומס מידע
- יש צורך בנתונים אמינים וניסיון קליני בשטח.
- יש לחץ כלכלי: איך התוסף הזה משפיע על הרווח שלי?
- יש רצון להמליץ נכון (החלטה שגויה גורמת להפסד כספי).

ה ל-קרניטין, הינו תוסף מוכר וותיק שעבר את מבחן המדע והשטח.



# שימושים מסחריים

תוספי תזונה המכילים ל-קרניטין, זמינים למגוון רחב של בעלי חיים:

- בני אדם - שיפור סיבולת, תפקוד לבבי, פוריות וגיל מבוגר
- **עופות - לשיפור ניצולת מזון, תפקוד חיסוני, רבייה**
- סוסים - לשיפור ביצועים, סיבולת והתאוששות
- כלבים - לטיפול בהשמנת יתר, מחלות לב וחולשת שרירים
- חתולים - בעיקר למצבים של ליפוליזה בכבד (hepatic lipidosi)



# קרניטין - תוסף מזון

רכיבים: ל-קרניטין 100%

**הוראות שימוש ומינון:** 100 גרם ל- 1,000 מ"ל מי שתייה/ 125 גרם לטון תערובת.  
להגשה דרך המים, חלב או מזון יבש! לא למאכל אדם

**מכיל: 500 גרם**



# סיכום:

- ▶ ל-קרניטין הינו תוסף יעיל עם תועלות אשר מגובות מדעית לעופות
- ▶ יש להתאים את המינון לפי הגיל ומצב קליני
- ▶ השילוב עם תוספים נוספים כגון: ויטמינים, חומצות אמינו, מגביר את היעילות שלו.

# שאלות לדיון

- ▶ האם אתם משתמשים בתוספי ל-קרניטין בשגרה?
- ▶ האם נרשמו שיפורים מדידים בגידול/ביצים/אחידות?
- ▶ מהם הקשיים ביישום בשטח?
- ▶ האם יש צורך בפתרונות נוספים?

# תודה על ההקשבה שאלות?

