

# INTERNATIONAL ACADEMY JOURNAL WEB of SCHOLAR

6(24), Vol.4, June 2018

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_wos](https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos)

**Chief editor**

**Laputyn Roman**

PhD in transport systems, Associate Professor,  
Department of Transport Systems and Road Safety,  
National Transport University

**Editorial board:**

**Lina Anastassova**

Full Professor in Marketing, Burgas Free University,  
Bulgaria

**Mikiashvili Nino**

Professor in Econometrics and Macroeconomics,  
Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, Georgia

**Alkhawaldeh Abdullah**

Professor in Financial Philosophy, Hashemite  
University, Jordan

**Mendebaev Toktamys**

Doctor of Technical Sciences, Professor, LLP  
"Scientific innovation center "Almas", Kazakhstan

**Yakovenko Nataliya**

Professor, Doctor of Geography, Ivanovo State  
University, Shuya

**Mazbayev Ordenbek**

Doctor of Geographical Sciences, Professor of  
Tourism, Eurasian National, University named after  
L.N.Gumilev

**Sentyabrev Nikolay**

Professor, Doctor of Sciences, Volgograd State  
Academy of Physical Education, Russia

**Ustenova Gulbaram**

Director of Education Department of the Pharmacy,  
Doctor of Pharmaceutical Science, Kazakh National  
Medical University name of Asfendiyarov,  
Kazakhstan

**Harlamova Julia**

Professor, Moscow State University of Railway  
Transport, Russia

**Nyyazbekova Kulanda**

Candidate of pedagogical sciences, Abay University,  
Kazakhstan

**Kalinina Irina**

Professor of Chair of Medicobiological Bases of  
Physical Culture and Sport, Dr. Sci.Biol., FGBOU  
VPO Sibirsky State University of Physical Culture  
and Sport, Russia

**Imagazinov Sagit**

Director, Ph.D, Pavlodar affiliated branch "SMU of  
Semei city"

**Dukhanina Irina**

Professor of Finance and Investment Chair, Doctor of  
Sciences, Moscow State Medical Dental University  
by A. I. Evdokimov of the Ministry of health of the  
Russian Federation

**Orehowskyi Wadym**

Head of the Department of Social and Human  
Sciences, Economics and Law, Doctor of Historical  
Sciences, Chernivtsi Trade- Economic Institute Kyiv  
National Trade and Economic University

**Peshcherov Georgy**

Professor, Moscow State Regional University, Russia

**Mustafin Muafik**

Professor, Doctor of Veterinary Science, Kostanay  
State University named after A.Baitursynov

**Ovsyanik Olga**

Professor, Doctor of Psychological Science, Moscow  
State Regional University

**Nino Abesadze**

Associate Professor Tbilisi State University, Faculty  
of Economics and Business

---

Copies may be made only from legally acquired originals.

A single copy of one article per issue may be downloaded for personal use

(non-commercial research or private study). Downloading or printing multiple copies is not permitted.

Electronic Storage or Usage Permission of the Publisher is required to store or use electronically any material contained in this work, including any chapter or part of a chapter. Permission of the Publisher is required for all other derivative works, including compilations and translations. Except as outlined above, no part of this work may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means without prior written permission of the Publisher.

---

**Publisher –**

RS Global Sp. z O.O.,

Scientific Educational Center  
Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864  
REGON: 367026200  
NIP: 5213776394

**Publisher Office's address:**

Dolna 17,  
Warsaw, Poland,  
00-773

**Website:** <https://ws-conference.com/>

**E-mail:** [rsglobal.poland@gmail.com](mailto:rsglobal.poland@gmail.com)

**Tel:** +4(857) 898 55 10

The authors are fully responsible for the facts mentioned in the articles. The opinions of the authors may not always coincide with the editorial boards point of view and impose no obligations on it.

## CONTENTS

## AGRICULTURE

- Aziz Omonov, Tasuku Kato*  
SOIL AND WATER SALINITY: ANALYSIS BY USING GIS  
AND DEVELOPMENT OF COUNTER MEASURES REGARDING  
IRRIGATION AND DRAINAGE IN BUKHARA, UZBEKISTAN..... 3
- Гульнара Джуманиязова, Хуршида Нарбаева, Камола Махмудова,  
Саидахон Закирьяева, Анастасия Бабина*  
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ БАКТЕРИАЛЬНОГО  
УДОБРЕНИЯ FOSSTIM-3 БИОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ  
И РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ КРАСНОГО ГОРЬКОГО ПЕРЦА..... 10
- Задорожна І. С., Задорожний В. С.*  
УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ З КОРМОВИРОБНИЦТВА..... 13
- Корнийчук А. В.*  
ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ, ЧИСЛЕННОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ  
ПОЧВЕННОЙ МАКРОБИОТЫ И ПОРАЖАЕМОСТЬ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ  
БОЛЕЗНЯМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ЕЕ ВЫРАЩИВАНИЯ..... 17
- Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В., Колісник С. І., Воронецька І. С., Кобак С. Я.*  
ОБҐРУНТУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА  
ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ..... 22

## BIOLOGY

- Жаппарбергенова Э. Б., Каладинов О. И.,  
Жайынбаева С. К., Басар Ж. Р., Мейрамбай А.*  
ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА..... 30
- Захарчук П. Б.*  
ГЕМАТОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ БИЧКІВ СИМЕНТАЛЬСЬКОЇ ПОРОДИ  
НА ВІДГОДІВЛІ ЗА РІЗНИХ СЕЛЕНОВМІСНИХ ДОБАВОК В РАЦІОНІ..... 33
- Ойцюсь Л. В., Костолович М. І., Денисюк Н. В.*  
АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ОСУШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ВОЛИНСЬКОГО  
ПОЛІССЯ НА ПОШИРЕННЯ АДВЕНТИВНИХ ВИДІВ РОСЛИН..... 38
- Шевченко Л. В., Михальська В. М., Яремчук О. С., Варніховський Р. Л.*  
МЕХАНІЗМИ ЗАСВОЄННЯ КАРОТИНОЇДІВ У ТВАРИН (ОГЛЯД)..... 43

# МЕХАНІЗМИ ЗАСВОЄННЯ КАРОТИНОЇДІВ У ТВАРИН (ОГЛЯД)

<sup>1</sup>Шевченко Л. В. д. вет. н., <http://orcid.org/0000-0001-7472-4325>,

<sup>1</sup>Михальська В. М. к. вет. н., <http://orcid.org/0000-0003-0578-8856?lang=ru>,

<sup>2</sup>Яремчук О. С. д. с. - з. н., <https://orcid.org/0000-0002-3283-6107>,

<sup>2</sup>Варпиховський Р. Л. к. с. - з. н., <https://orcid.org/0000-0002-9315-7343>

<sup>1</sup>Україна, м. Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Україна, м. Вінниця, Вінницький національний аграрний університет

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_wos/12062018/5773](https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/12062018/5773)

## ARTICLE INFO

Received: 25 April 2018

Accepted: 19 May 2018

Published: 12 June 2018

## KEYWORDS

carotene,  
xanthophylls,  
antioxidants,  
sources,  
metabolism in animal tissues

## ABSTRACT

The main sources of carotenoids for the body of animals are the plant and animal origin feeds and biotechnological synthesis products. Carotenoids have provitamin, antioxidant and immunomodulating effects and influence on free radical responses, stimulate the immune system, regulate the intercellular bonds, induce the differentiation, regeneration and cell apoptosis. In the process of growing, preserving, and processing and using plant origin feeds there are significant losses of carotenoids associated with physical and chemical processes that cause their destruction or decrease of biological availability to the animal organism. For the carotenoids preservation in feed and biologically active additives the antioxidants of vegetable and synthetic origin are used, and the carotene-based preparations are encapsulated. The biological activity of carotenoids in the organism of animals is determined by their origin, dose, specific features of the organism and existence of factors that stimulate assimilation in the tissues (feed content of lipids, hepatotoxic system state, intestinal digestion) and factors that reduce metabolism (oxidized fats, mycotoxins, nitrates, nitrites, etc.).

**Citation:** Шевченко Л. В., Михальська В. М., Яремчук О. С., Варпиховський Р. Л. (2018) Механізми засвоєння каротиноїдів у тварин (огляд). *Web of Scholar*. 6(24), Vol.4. doi: 10.31435/rsglobal\_wos/12062018/5773

**Copyright:** © 2018 Шевченко Л. В., Михальська В. М., Яремчук О. С., Варпиховський Р. Л. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Вступ.** В усьому світі приблизно 250 мільйонів дітей віком до 5 років страждають на дефіцит вітаміну А, що є причиною зниження напруги неспецифічного та специфічного імунітету, підвищення захворюваності та смертності людей (Lopez-Teros et al. 2017). Одним з ефективних джерел вітаміну А в організмі людей і тварин є як сам ретинол синтетичного і природного походження, так і його попередники – каротиноїди, які здатні трансформуватися в організмі під дією ферментів (Darwish et al., 2016). Однак, на сьогодні, серед вчених ведеться дискусія щодо користі каротиноїдів, особливо β-каротину у А-вітамінному забезпеченні різних верств населення. Основний предмет дискусії – це токсичність продуктів неферментативного розщеплення β-каротину для людей, які зловживають тютюнопалінням, а також працівників азбестових виробництв, у яких підвищені дози β-каротину проявляли негативний ефект при виникненні ризику онкологічних захворювань. Останнє пов'язують з утворенням значної кількості сильно окислених β-каротинових полімерів і їх впливом на організм людей (Schaub et al., 2017). Дискусійне питання також щодо впливу каротиноїдів на імунний статус організму різних тварин. Ряд дослідників відмічають позитивний вплив β-каротину, його метаболітів і ксантофілів на імунний статус організму людей і тварин (Chew & Park, 2004; Lucas et al., 2014; Dhinaut et al., 2017), тоді як інші виявляли імуносупресію у відношенні неспецифічного

імунітету тварин, особливо при застосуванні підвищених доз препаратів  $\beta$ -каротину біотехнологічного синтезу (Shevchenko *et al.*, 2017), а деяким дослідникам не вдалося виявити вплив каротиноїдів на імунну функцію дорослої птиці (фітогемаглютинін-індуковану шкірну імунну відповідь, продукування антитіл у відповідь на новий гемоцінін хромової мембрани антигену (KLH) або окислювальний сплеск, оцінений змінами рівнів циркулюючого оксиду азоту), каротиноїд-пігментне забарвлення дзьоба, розвиток яєчників, рівні циркулюючих каротиноїдів або концентрацію жовчних пігментів у жовчному міхурі (Butler & McGraw, 2013).

Тому проблема застосування каротиноїдів при виробництві кормів для тварин і продуктів харчування для людей з метою профілактики оксидантного стресу, стимуляції репродуктивної функції, якості антиканцерогенних препаратів, а також барвників для продукції тваринництва залишається актуальною і потребує подальшого теоретичного і практичного вирішення.

До нинішнього часу прийнято вважати, що значення каротиноїдів для організму тварин і людини полягає лише в їх провітамінній активності. Виходячи з цього, основна кількість досліджень присвячена вивченню процесів їх трансформації у тканинах тварин і людини у вітамін А (Ford *et al.*, 2017). Методи оцінки біодоступності та біоконверсії каротиноїдів у вітамін А суттєво просунулися протягом останніх 10 років, зокрема через застосування методології ізотопів, що включає в себе використання маркованих рослинних продуктів. Нещодавно було повідомлено про вплив продовольчої матриці на біоконверсію каротиноїдів у вітамін А, дієтичні ефекти жиру та ефект генотипу на абсорбцію та метаболізм  $\beta$ -каротину. Одержані дані показують, що ефективність перетворення  $\beta$ -каротину в ретинол у людини становить від 3,6 – 28: 1 у ваговому співвідношенні. Існує велика різниця коефіцієнтів перерахунку, про які повідомляють не тільки в різних дослідженнях, але також між різними індивідуумами в конкретному дослідженні (Chichili *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2005; Tang, 2010).

Уява про те, що біосинтез вітаміну А з каротину відбувається головним чином у печінці, останнім часом також піддана значним сумнівам. Якщо молоко і молозиво корів, а також кров містять поряд з вітаміном А певну кількість каротиноїдів, то молоко, молозиво і кров овець, свиней, кіз і кролів їх не містять. Виявилось, що каротиноїди у цих тварин зовсім не надходять до внутрішнього середовища організму, а з кишечника по лімфатичній і кровоносній системах до печінки надходить лише вітамін А. Таким чином, місцем біосинтезу вітаміну А з каротину у названих вище тварин, ймовірно, є слизова оболонка кишечника (Green & Fascetti, 2016).

Питання біосинтезу вітаміну А у тканинах птиці поки що мало вивчені. Відомо, що молекула  $\beta$ -каротину може розщеплюватися як за центральним, так і за боковими зв'язками двома різними ферментами. Утворені при цьому апо-каротинали можуть у подальшому перетворюватися у ретиноєву кислоту чи ретинол. Ретиналь, що утворюється при розщепленні  $\beta$ -каротину за центральним зв'язком, ймовірно, відновлюється редуктазою до ретинолу. Ретинол являє собою жовті призми, ретиналь – оранжеві кристали, ретиноєва кислота – жовті голки, які розчинні у тваринних та рослинних жирах і надають їм відповідного забарвлення (Chetyrkin, 2000).

Органи птахів (печінка, кров), а також яєчний жовток містять поряд із каротином і інші біологічно активні пігменти, а саме ксантофіли: лютеїн та зеаксантин (Khan *et al.*, 2017). Дослідження останніх років свідчать про те, що у птиці  $\beta$ -каротин у тканини організму з кормів не надходить, у той час як  $\alpha$ -каротин всмоктується у кишечнику повністю. Отже можна передбачити, що у них за аналогією з іншими тваринами в тканини надходить лише вітамін А, а його біосинтез із  $\beta$ -каротину відбувається у кишечнику.

Вітамін А у курчат засвоюється значно краще каротину. Запаси цього вітаміну в печінці птиці досягають максимуму через 3 – 5 годин після споживання, у той час як після споживання такої ж кількості каротину вміст вітаміну А в їх печінці в 3 – 4 рази нижчий. Дослідники стверджують, що у курчат при А-авітамінозному стані і повній відсутності вітаміну А в кишечнику і печінці виявляється постійний рівень  $\beta$ -каротину.  $\beta$ -каротин, в основному, трансформується у вітамін А в епітеліальних клітинах стінки тонкої кишки тварин (Reboul, 2013). При цьому вітамін А можна виявити в цих клітинах уже через 5 хвилин після введення  $\beta$ -каротину, а в крові і печінці – через 45 – 60 хвилин.

Суттєвий вплив на трансформацію  $\beta$ -каротину в кишечнику має величина рН середовища і наявність у ньому вітаміну А. Так, кисла реакція середовища (рН = 5), висока концентрація каротину і дефіцит вітаміну А пригнічують активність  $\beta$ -каротиндіоксигенази кишечника свиней. В середовищі з величиною рН > 5 знижується активність  $\beta$ -каротиндіоксигенази печінки, тоді як дефіцит вітаміну А не впливає на її активність у цьому органі. Фермент  $\beta$ -каротиндіоксигеназа

каталізує розщеплення  $\beta$ -каротину перед його окисненням у ретиноєву кислоту, яка впливає на проліферацію і диференціацію м'язової тканини (Praud et al., 2017).

Засвоєння  $\beta$ -каротину, а також  $\alpha$ -каротину в кишечнику тварин залежить також від наявності жиру (Roodenburg et al., 2000). При відсутності в кормах жиру з екскрементами виділяється понад 95 % спожитих каротиноїдів. Введення у корми оливкової олії знижує екскрецію каротиноїдів у тварин до 55 %. Оптимальна кількість жиру в кормах для тварин, достатня для засвоєння каротиноїдів, повинна бути на рівні 5 %. Збільшення вмісту жиру в кормах до 10 – 25 % не впливає на ефективність біотрансформації каротину у вітамін А.

На засвоєння  $\beta$ -каротину організмом впливає також розмір частинок його емульсії. Особливо ефективною виявилася наноемульсія  $\beta$ -каротину на основі органогелю, у якому кукурудзяна олія була основою масляної фази, а Tween 20 – емульгатор (Fan et al., 2017).

Суттєве значення у засвоєнні і трансформації  $\beta$ -каротину у вітамін А має склад і співвідношення жирних кислот в оліях, що входять до складу кормів раціону тварин. Так, у печінці шурів ретинол знаходиться, в основному у вигляді ефірів пальмітинової і олеїнової (80 – 85 %), стеаринової – 10 – 15 %, лауринової, пальмітоолеїнової, міристинової, лінолевої та пентадеканової кислот – 5 % (Nagao et al., 2013).

Всмоктування і трансформація  $\beta$ -каротину в кишечнику тварин визначається його дозою. У телят цей процес стимулюють стеаринова і олеїнова кислоти. Оптимальне співвідношення у кормах стеаринової і олеїнової кислот для засвоєння  $\beta$ -каротину становить 0:100, а для лютеїну – 1:3 (Chen et al., 2000). У телят ефективність засвоєння каротину підвищується при додаванні до молочної дієти речовин ліпотропної дії, а саме метіоніну, холіну та лецитину. За допомогою мічених атомів було доведено, що в цьому процесі приймає участь кисень повітря, а не води. Це свідчить про те, що  $\beta$ -каротин перетворюється у вітамін А не шляхом гідролізу молекули, а шляхом її окислення.

У дослідях на курчатах доведено, що ефективність перетворення  $\beta$ -каротину у вітамін А була 1:1 при згодовуванні його в кількості 0,3 мг і 5:1 – при згодовуванні в дозі 1,2 мг на 0,45 кг корму. З цього випливає, що найефективнішим є згодовування тваринам кормів, багатих на каротин, невеликим порціями. Щодо інтенсивності трансформації  $\beta$ -каротину у ретинол у людей, то встановлено дозозалежне його перетворення, а саме зі збільшенням дози  $\beta$ -каротину знижується інтенсивність його трансформації у ретинол, що і пояснює відсутність токсичного ефекту вітаміну А за високих доз каротиноїдів у раціоні (Novotny et al., 2010; Tang, 2010).

$\beta$ -каротин є важливим джерелом вітаміну А не лише для дорослих тварин, але й для ембріонів. У тканинах ссавців  $\beta$ -каротин 15, 15'-оксигеназа (BCO1) перетворює  $\beta$ -каротин у ретинальний альдегід, який потім окислюється до ретиноєвої кислоти, біологічно активної форми вітаміну А, яка діє як ліганд транскрипційного фактора для регулювання експресії генів.  $\beta$ -каротин також може бути розщеплений  $\beta$ -каротиною 9', 10'-оксигеназою (BCO2) з утворенням  $\beta$ -апо-10'-каротина, попередника ретиноєвої кислоти і регулятора транскрипції *per se*. Зародок ссавця отримує  $\beta$ -каротин від материнського організму, однак молекулярні механізми, які дозволяють його переносити через материнський плацентарний бар'єр, не зрозумілі. З огляду на те, що  $\beta$ -каротин транспортується у дорослих тварин ліпопротеїнами крові, а плацента концентрує, збирає і виділяє ліпопротеїни, припускають, що вищезгаданий процес вимагає біосинтезу плацентарного ліпопротеїну. Доступність  $\beta$ -каротину регулює транскрипцію і активність транскрипційного білка плацентарного мікосомального тригліцериду, а також експресію плацентарного аполіпопротеїну В, двох ключових учасників біосинтезу ліпопротеїнів. При цьому  $\beta$ -апо-10'-каротенол опосередковує транскрипційну регуляцію мікосомального трансферного білка тригліцеридів через печінковий ядерний фактор 4 $\alpha$  і фактор транскрипції I / II транскрипції курячого овальбуміну (Costabile et al., 2016).

Доведено, що цитозольна фракція слизової оболонки тонкої кишки курчат є місцем трансформації  $\beta$ -каротину, оскільки містить високомолекулярний ліпопротеїдний комплекс, що володіє високою каротинрозщеплюючою активністю у середовищі з величиною рН 7,4. Він має молекулярну масу 100-200 кДа. Причому при інкубації в середовищі з температурою 37 °С відбувалася його дисоціація з відщепленням металопротеїду з молекулярною масою 10 кДа. Цей металопротеїд також має високу каротинрозщеплюючу активність (Green & Fascetti, 2016). Підтвердження цього факту є дослідження, які показали, що для засвоєння каротину в організмі тварин необхідні також жовчні кислоти та їх солі, особливо глікохолат натрію, адже максимальна інтенсивність засвоєння каротину відбувається за межами впадіння жовчної протоки в дванадцятпалу кишку. Про це свідчить досить висока інтенсивність всмоктування



вітаміну А (як продукту трансформації  $\beta$ -каротину) у проксимальній ділянці тонкої кишки тварин (Sklan, 1983).

Трансформація  $\beta$ -каротину в організмі тварин не завжди супроводжується утворенням вітаміну А. Так, в умовах *in vitro*  $\beta$ -каротин у присутності 15, 15'-каротиндіоксигенази розщеплюється з утворенням ретинолу, ретинолу чи ретиноєвої кислоти, тоді як в умовах неферментативного розщеплення з  $\beta$ -каротину утворюється незначна кількість апокаротиналей. Інтенсивність перетворення  $\beta$ -каротину у вітамін А в печінці щурів певною мірою визначається співвідношення його транс- та цис-форм у тканинах. Так, у суміші з 13-цис-ізомером транс-форма  $\beta$ -каротину значно інтенсивніше трансформується у ретинол ніж у суміші з 9-цис- $\beta$ -каротином (Costa et al., 2001).

До факторів, що впливають на засвоєння  $\beta$ -каротину в організмі тварин і людини, належить також рівень забезпечення їх такими мікроелементами як марганець, цинк та залізо, а також їх композицій. Застосування цинку, заліза та заліза + цинк суттєво впливало на засвоєння каротиноїдів і утворення ретинолу у тканинах організму людей. Введення до складу раціону заліза сприяло підвищенню рівня ретинолу в хіломікронах. При цьому найвищу ефективність засвоєння  $\alpha$ -каротину,  $\beta$ -каротину та  $\beta$ -криптоксантину мали добавки цинку та композиції залізо + цинк (Kana-Sop et al., 2015).

Інтенсивність розщеплення  $\beta$ -каротину в організмі тварин залежить також від наявності інших каротиноїдів, які надходять з кормами. При цьому на інтенсивність розщеплення  $\beta$ -каротину у клітинах слизової оболонки кишечника *in vitro* не впливає концентрація  $\beta$ -каротину і кантаксантину, тоді як *in vivo* у сітківці ока курчат спостерігається залежність між накопиченням лютеїну, зеаксантину та  $\beta$ -каротину за умов їх підвищеного надходження з кормами (Wang et al., 2010).

Механізм всмоктування, розподілу і перетворення  $\beta$ -каротину в організмі тварин достатньо складний і залежить не лише від дози його введення, але й шляху надходження в організм. Так, на щурах було доведено, що внутрішньошлункове введення міченого  $\beta$ -каротину, розчиненого в кукурудзяній олії, в дозі 7,5 мкмоль за 24 години у відтікаючу від кишечника лімфу всмоктується 3,6 % введеної речовини, в тому числі 20 % у вигляді незміненого  $\beta$ -каротину і 80 % у вигляді утворених з нього ретинолу і його ефірів. Попереднє згодовування щурам протягом двох тижнів по 4 мг  $\beta$ -каротину за добу у вигляді 10 % препарату в желатинових мікрогранулах посилювало всмоктування  $\beta$ -каротину в 2 рази, не впливаючи на співвідношення незміненого  $\beta$ -каротину і утвореного з нього ретинолу в лімфі. Через 16 годин після внутрішньовенного введення щурам хіломікронів лімфи, що містили 100 нмоль міченого каротину, вміст мітки в печінці, легенях, плазмі крові, жировій тканині і нирках складав 34,8; 16,6; 2,6; 1,2 і 0,4 % від введеної дози відповідно, із яких у печінці і легенях на частку незміненого  $\beta$ -каротину припадало 80 – 87 %. Однак розподіл в органах  $\beta$ -каротину має свої особливості: 44,4 % міченого  $\beta$ -каротину печінки і 26,8 % легень виявляли в цитозолі, на частку ядер і клітинних уламків печінки припадало 19,4 %, а в легенях – 3,5 % мітки. При цьому 22 % мітки печінки тварин контрольної групи зосереджено в паренхіматозних і 78 % – в зірчастих клітинах. У щурів, що одержували додатково  $\beta$ -каротин з кормом, цей розподіл складав 48 і 52 % відповідно (Lakshman et al., 1989; Krinsky et al., 1990).

Відомо, що вітамін А відрізняється локалізацією від  $\beta$ -каротину. Ця відмінність полягає в тому, що основна частина ефірів ретинолу може бути локалізована в мітохондріально-лізосомальній фракції печінки, ядрах і клітинних уламках, тоді як вміст ефірів ретинолу в мікосомах і цитозолі значно менший. Відомо, що 50 % вільного ретинолу і більша частина його ефірів зосереджені в цитоплазматичній і 30 % – в мікосомальній фракції печінки щурів. Динаміка накопичення  $\beta$ -каротину у тканинах при пероральному введенні тваринам залежить також від співвідношення у кормах раціону інших біологічно активних речовин некаротиноїдної природи. Так, при введенні щурам міченого  $\beta$ -каротину в кількості 0,5 мг в розчині оливкової олії сумісно з  $\alpha$ -токоферолом максимальну кількість  $\beta$ -каротину в плазмі крові відмічали через 4 години, після чого вона швидко знижувалась, зникаючи зовсім через 48 – 72 години. При цьому 95 % його рівня у сироватці крові спостерігали протягом всього часу і вона належала ретинолу і його ефірам, а незмінений  $\beta$ -каротин не виявляли. У печінці щурів знаходили незначну кількість міченого  $\beta$ -каротину, тоді як 88 – 94 % його вмісту припадало на ретинол і його ефіри (Chew et al., 1991).

Існують також видові особливості трансформації  $\beta$ -каротину у тканинах тварин (Green & Fascetti, 2016). Всеїдні та травоядні тварини здатні ефективніше засвоювати і трансформувати  $\beta$ -каротин у вітамін А, ніж м'ясоїдні. Поглинання і накопичення  $\beta$ -каротину в тканинах

змінюються залежно від виду тварин і потребують деталізації. Так, згодовування  $\beta$ -каротину шурам у дозі 4 чи 20 мг/кг маси тіла щоденно протягом двох тижнів не сприяло його накопиченню у печінці і жировій тканині, а його концентрація у сироватці крові змінювалась незначною мірою. При пероральному введенні міченого  $\beta$ -каротину макакам-резусам концентрація останнього в сироватці крові досягала максимуму через 8 – 24 години. При цьому через 4 години вміст міченого  $\beta$ -каротину складав 40 % концентрації міченого ретинолу, а через 24 години їх концентрації знаходились на одному рівні. Більша частина  $\beta$ -каротину у цих тварин накопичується у печінці у вигляді ретинолу, а 2 – 8 % – у вигляді незміненого  $\beta$ -каротину. При цьому печінка мавп містить, крім  $\beta$ -каротину, також невелику кількість лютеїну, зеаксантину,  $\alpha$ -криптоксантину та  $\beta$ -криптоксантину (Krinsky et al., 1990).

Не зважаючи на значну кількість досліджень, присвячених використанню організмом тварин  $\beta$ -каротину, питання впливу на організм, а також метаболізм інших каротиноїдів, які часто становлять більшість червоних і жовтих пігментів рослин і тварин і не володіють провітамінною активністю, залишаються до кінця нез'ясованими.

Останнім часом обговорюється потенційний ефект кантаксантину у захисті холестерину від окислення у тканинах організму. Крім того він здатний активувати каталазу і супероксиддисмутазу, підвищувати проліферацію і поліпшувати функцію імунокомпетентних клітин (Esatbeyoglu & Rimbach, 2017).

Здатність каротиноїдів накопичуватися у шкірі і підшкірному жиру, а також у жовтках яєць птахів використовують для одержання привабливого товарного вигляду продукції тваринництва. Так, в дослідях на курях вивчали перетравність лютеїну, оскільки він є основним пігментом, що визначає колір жовтків яєць, шкіри, жиру та інших тканин. Встановлено, що за вмісту в кормах раціону 33 % каротиноїдів календули від рівня всіх каротиноїдів, їх перетравність була максимальною у перший день, а потім поступово знижувалась, тоді як за вмісту в кормах 1,25 % каротиноїдів календули від їх загального рівня, перетравність даних сполук збільшувалась протягом першої половини дослідження, а потім знижувалась. При цьому після гідролізу і всмоктування каротиноїди, головним чином лютеїн, транспортувалися кров'ю до різних тканин, де в деяких випадках відбувалася їх реетерифікація. Пігменти відкладалися переважно в печінці і шкірі тазових кінцівок курей, причому розподіл каротиноїдів не залежав від введеної дози лютеїну (Zaheer, 2017).

Здатність каротиноїдів транспортуватися і включатися в метаболічний цикл організму тварин також обумовлена їх формою кон'югації, особливо у вигляді ефірів з вищими жирними кислотами. Так, за додавання неетерифікованого лютеїну в кількості 5 – 80 мкг/г корму у вмістимому кишечнику курчат він перетворювався у дві форми: моноефір і диефір, а також знаходився у незміненому стані. При цьому в кишечнику найінтенсивніше всмоктувався моноефір, неетерифікований лютеїн і найменшу здатність до всмоктування мав його диефір (Tyclkowski & Hamilton, 1986).

Існує і протилежне твердження, яке свідчить, що ксантофіли в кишечнику птиці всмоктуються і транспортуються лише у вільній формі. Про це свідчить той факт, що в сироватці крові курчат-бройлерів вміст незміненого лютеїну складає 96 %, тоді як концентрація моноефіру лютеїну досягала лише 4 %. В печінці вміст неетерифікованого лютеїну складав 80 % і 20 % моноефіру, тоді як його диефір знаходився у цьому органі лише в слідових кількостях. У шкірі перетинки пальців ніг курчат виявлено приблизно однакову кількість як незміненого лютеїну, так і його моноефіру, а вміст диефіру був дещо вищим. На основі одержаних даних зроблено висновок, що у тканинах курчат рівень лютеїну визначається його вмістом у кормах (Pérez-Vendrell et al., 2001). При цьому надлишок ксантофілів птахи виділяють з яєчними жовтками (Skibsted, 2012). Особливо це актуально за виробництва органічних харчових яєць, яке передбачає забезпечення курей умовами для моціону і доступу до зелених соковитих кормів, що сприяє підвищеному накопиченню каротиноїдів у жовтках яєць (Castellini et al., 2002; Castellini, 2014).

Важливе значення має також видовий склад як власне суміші каротиноїдів, так і їх поєднання з іншими біологічно активними речовинами, що поступають з кормами до організму курей, яке визначає їх подальшу ефективність у процесах метаболізму. Так, виявлено, що комбінація лютеїну, зеаксантину та мезо-зеаксантину має вищий антиоксидантний потенціал у порівнянні з будь-яким з цих каротиноїдів в ізоляції (Nolan et al., 2016; Phelan et al., 2018). За різного рівня і співвідношення каротиноїдів у кормах для курей,  $\beta$ -каротин переважно транспортувався до печінки і відносно менше в яйця, тоді як інші каротиноїди транспортувалися у яйця навіть тоді, коли в печінці їх запаси вичерпувалися. За включення ретинолу в дієту, він

більше накопичувався у яйцях, ніж у печінці, тоді як концентрація каротиноїдів мала протилежну закономірність. Одержані дані дозволяють припустити, що у процесі транспортування каротиноїдів з кишечника до яєчників курей відбувається розділення каротиноїдів на різні класи і визначається їх подальша участь у процесах метаболізму (Moreno et al., 2016).

Рівень каротиноїдів у жовтках птахів залежить не лише від їх надходження з кормами, а й від способу та температури зберігання чи кулінарної обробки. Так, кип'ятіння і обжарювання знижують вміст лютеїну і зеаксантину в жовтках яєць, а оптимальний термін зберігання каротиноїдів у жовтках становить до 6 тижнів за зберігання в охолодженому стані (Barbosa et al., 2011; Nimalaratne & Schieber, 2016).

У жуйних тварин метаболізм каротиноїдів має свої особливості і залежить від дози введення в організм (Noziera et al., 2006). При цьому концентрація вітаміну А в печінці залежала від дози  $\beta$ -каротину у кормах, і не залежала у підшкірному і нирковому жирі тварин. Перетравність  $\beta$ -каротину за згодовування різних його доз бугайцям-кастратам складала 66,26; 84,39 і 88,14 % відповідно. В організмі великої рогатої худоби, ймовірно, існує висока здатність тканин до депонування  $\beta$ -каротину і обмежена здатність  $\beta$ -каротину до трансформації у вітамін А. Рівень забезпечення тварин  $\beta$ -каротином тварин залежить не лише від його вмісту в кормах, але і від біологічної доступності. В зимово-весняний, а часто і в літній періоди утримання основним кормом для корів є кукурудзяний силос, який має низьку біологічну цінність. Із силосу засвоюється в організмі жуйних 30 %  $\beta$ -каротину, а за наявності в силосованій масі значної кількості нітритів у них спостерігається А-гіповітаміноз. При цьому втрати каротину в травному апараті складають 4,2 – 15,0 %, а за згодовування кукурудзи у фазі молочної стиглості каротин у корів практично не засвоюється.

До факторів, що порушують засвоєння каротиноїдів в організмі тварин, а саме лютеїну, відноситься ряд мікотоксинів, у тому числі афлатоксин, який в шкірі перетинки пальців тазових кінцівок курчат знижував вміст моно- і диефіру лютеїну, а в печінці птиці значно підвищував їх концентрацію (Schaeffer et al., 1988).

Магній також здатний знизити біодоступність каротиноїдів в організмі тварин, утворюючи нерозчинні комплекси з жовчними солями (жирними кислотами) і пригнічуючи утворення міцел. Збільшення концентрації магнію негативно впливало на доступність картоноїдів і ліполіз у модельному експерименті (Corte-Real et al., 2018). Катіони металів, такі як  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Cd}^{+2}$  і  $\text{Hg}^{+2}$  можуть утворювати з астаксантином металеві іонні комплекси, що надає їм перевагу як донорам електронів, так і електронним акцепторам (Hernández-Marin et al., 2012), а сульфат заліза не впливає на інтенсивність засвоєння як  $\beta$ -каротину, так і лютеїну та лікопіну в шлунково-кишковому тракті тварин (Корес et al., 2017).

Таким чином, одержані результати досліджень з вивчення механізмів засвоєння  $\beta$ -каротину та інших каротиноїдів в організмі тварин до цього часу до кінця не розкривають лімітуючі фактори їх всмоктування, трансформації і накопичення у тканинах та продукції. Потребує також уточнення механізм впливу як окремих каротиноїдів, так і їх суміші в різних співвідношеннях на клінічний стан, метаболічний статус, неспецифічний імунітет сільськогосподарських тварин.

**Висновки.** Таким чином, основними джерелами каротиноїдів для організму тварин є корми рослинного, тваринного походження, а також продукти біотехнологічного синтезу. Біологічна активність каротиноїдів в організмі тварин визначається їх походженням, співвідношенням ізомерів, дозою, наявністю кон'югатів, видовими особливостями організму та наявністю факторів, що стимулюють засвоєння у тканинах (вміст ліпідів у кормі, стан гепато-біліарної системи, кишкового травлення), а також факторів, що знижують метаболізм (окислені жири, мікотоксини, нітрати, нітроти тощо).

## ЛІТЕРАТУРА

1. Barbosa, V. C.; Gaspar, A., Calixto, L. F. L., & Agostinho, T. S. P. (2011). Stability of the pigmentation of egg yolks enriched with omega-3 and carophyll stored at room temperature and under refrigeration. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(7). <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000700020>

2. Butler, M.,W., & McGraw, K.J. (2013). Immune function is related to adult carotenoid and bile pigment levels, but not to dietary carotenoid access during development, in female mallard ducks. *The Journal of Experimental Biology*, 216 (Pt 14), 2632-40. doi: 10.1242/jeb.082982



3. Castellini, C. (2014). The effects of husbandry system on the grass intake and egg nutritive characteristics of laying hens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 459–467. doi:10.1002/jsfa.6269
4. Castellini, C., Mugnai, C., & Dal Bosco, A. (2002). Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. *Meat Science*, 60, 219–225. doi:10.1016/S0309-1740(01)00124-3
5. Chen, B., Zhou, G., & Liu, Q. (2000). Effect of free fatty acids and Tween 20 on the consumption of carotenoids in vitro cells of the mucous of the small intestine of calves and broiler chickens. *Journal Nanjing Agricultural University*, 23(4), 67-70
6. Chetyrkin, S.V. (2000). Transport i metabolism vitamina A. [Transport and metabolism of vitamin A]. *Ukrai'ns'kyj biohimichnyj zhurnal*, 72 (3), 12-22 (in Russian).
7. Chew, B. P., & Park, J. S. (2004). Carotenoid action on the immune response. *Journal of Nutrition*, 134(1), 257–261. doi: 10.1093/jn/134.1.257S
8. Chew, B.P., Wong, T.S., Michal, J.J., Standaert, F.E., Heirman, L.R. (1991). Subcellular distribution of beta-carotene, retinol, and alpha-tocopherol in porcine lymphocytes after a single injection of beta-carotene. *Journal of Animal Sciences*, 69(12), 4892-7
9. Chichili, G.R., Nohr, D., Schäffer, M., von Lintig J., & Biesalski, H.K. (2005). Beta-Carotene conversion into vitamin A in human retinal pigment epithelial cells. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46(10), 3562-9. doi: 10.1167/iovs.05-0089
10. Corte-Real, J., Desmarchelier, C., Borel, P., Richling, E., Hoffmann, L., & Bohn, T. (2018). Magnesium affects spinach carotenoid bioaccessibility in vitro depending on intestinal bile and pancreatic enzyme concentrations. *Food Chemistry*, 239, 751-759. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.147
11. Costa, M. A. L. da, Ortega-Flores, C. I., P., & Marilene De V. C. (2001). Interação dos isômeros todo-trans, 9-cis e 13-cis do «BETA»-caroteno na bioconversão desses em vitamina A / Interaction between the 9-cis, 13-cis and all-trans «BETA»-caroteno isomers on their bioconversion into vitamin A. *RBCF: Revista brasileira de ciências farmacêuticas (Impresso)*, 37(1), 19-25
12. Costabile, B.K., Kim, Y.K., Iqbal, J., Zuccaro, M.V., Wassef, L., Narayanasamy, S., Curley, R.W. Jr., Harrison, E.H., Hussain, M.M., & Quadro, L. (2016).  $\beta$ -Apo-10'-carotenoids Modulate Placental Microsomal Triglyceride Transfer Protein Expression and Function to Optimize Transport of Intact  $\beta$ -Carotene to the Embryo. *The Journal of Biological Chemistry*, 291(35), 18525-35. doi: 10.1074/jbc.M116.738336
13. Darwish, W. S., Ikenaka, Y., Morshdy, A. E., Eldesoky, K. I., Nakayama, S., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. (2016).  $\beta$ -carotene and retinol contents in the meat of herbivorous ungulates with a special reference to their public health importance. *The Journal of Veterinary Medical Science*, 78(2), 351–354. http://doi.org/10.1292/jvms.15-0287
14. Dhinaut, J., Balourdet, A., Teixeira, M., Chogne, M. & Moret, Y. (2017). A dietary carotenoid reduces immunopathology and enhances longevity through an immune depressive effect in an insect model. *Scientific Reports*, 7, Article number: 12429, doi:10.1038/s41598-017-12769-7
15. Esatbeyoglu, T., & Rimbach, G. (2017). Canthaxanthin: From molecule to function. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61 (6), 1600469. doi: 10.1002/mnfr.201600469
16. Fan, Y., Gao, L., Yi J., Zhang, Y., & Yokoyama, W. (2017). Development of  $\beta$ -Carotene-Loaded Organogel-Based Nanoemulsion with Improved In Vitro and In Vivo Bioaccessibility. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(30), 6188-6194. doi: 10.1021/acs.jafc.7b02125
17. Ford, J.L., Green, J.B., Lietz, G., Oxley, A., & Green, M.H. (2017). A Simple Plasma Retinol Isotope Ratio Method for Estimating  $\beta$ -Carotene Relative Bioefficacy in Humans: Validation with the Use of Model-Based Compartmental Analysis. *The Journal of Nutrition*, 147(9), 1806-1814. doi: 10.3945/jn.117.252361
18. Green, A. S. & Fascetti, A. J. (2016). Review Article Meeting the Vitamin A Requirement: The Efficacy and Importance of  $\beta$ -Carotene in Animal Species. *The Scientific World Journal*, 2016, Article ID 7393620, 22 pages http://dx.doi.org/10.1155/2016/7393620
19. Hernández-Marin, E., Barbosa, A., & Martínez, A. (2012). The metal cation chelating capacity of astaxanthin. Does this have any influence on antiradical activity? *Molecules (Basel, Switzerland)*, 17(1), 1039–1054, doi: 10.3390/molecules17011039
20. Kana-Sop, M.M., Gouado, I., Achu, M.B., Van Camp, J., Amvam, Zollo P.H., Schweiger, F.J., Oberleas, D., & Ekoe, T. (2015). The Influence of Iron and Zinc Supplementation on the Bioavailability of Provitamin A Carotenoids from Papaya Following Consumption of a Vitamin A-Deficient Diet. *Journal of Nutrition Science and Vitaminology (Tokyo)*, 61(3), 205-14. doi: 10.3177/jnsv.61.205

21. Khan, M. S. Islam, Md. R. Amin & Florian, J. Schweigert, (2017). Carotenoid Status of Poultry Egg under Different Feeding System in Bangladesh. *International Journal of Poultry Science*, 16, 228-232. doi: 10.3923/ijps.2017.228.232
22. Kopec, R.E., Gleize, B., Borel P., Desmarchelier C., & Caris-Veyrat C. (2017). Are lutein, lycopene, and  $\beta$ -carotene lost through the digestive process? *Food & Function*, 8(4), 1494-1503. doi: 10.1039/c7fo00021a.
23. Krinsky, N.I., Mathews-Roth, M.M., Welankiwar, S., Sehgal, P.K., Lausen, N.C., Russett, M. (1990). The metabolism of [ $^{14}$ C] beta-carotene and the presence of other carotenoids in rats and monkeys. *The Journal of Nutrition*, 120(1), 81-7. doi:10.1093/jn/120.1.81
24. Lakshman, M.R., Asher, K.A., Attlesey, M.G., Satchithanandam, S., Mychkovsky, I., & Coutlakis, P.J. (1989). Absorption, storage, and distribution of beta-carotene in normal and beta-carotene-fed rats: roles of parenchymal and stellate cells. *Journal of Lipid Research*, 30(10), 1545-50
25. Lopez-Teros, V., Ford, J.L., Green, M.H., Tang, G., Grusak, M.A., Quihui-Cota, L., Muzhingi, T., Paz-Cassini, M., & Astiazaran-Garcia, H. (2017). Use of a "Super-child" Approach to Assess the Vitamin A Equivalence of Moringa oleifera Leaves, Develop a Compartmental Model for Vitamin A Kinetics, and Estimate Vitamin A Total Body Stores in Young Mexican Children. *The journal of nutrition*, 147(12), 2356-2363. doi: 10.3945/jn.117.256974
26. Lucas, A., Morales, J., Velando, A. (2014). Differential effects of specific carotenoids on oxidative damage and immune response of gull chicks. *Journal of Experimental Biology*, 217, 1253-1262. doi: 10.1242/jeb.098004
27. Moreno, J. A., Díaz-Gómez, J., Nogareda, C., Angulo, E., Sandmann, G., Portero-Otin, M., Serrano, J. C. E., Twyman, R. M., Capell, T., Zhu, C., & Christou, P. (2016). The distribution of carotenoids in hens fed on biofortified maize is influenced by feed composition, absorption, resource allocation and storage. *Scientific Reports*, 6, 35346. doi: 10.1038/srep35346
28. Nagao, A., Kotake-Nara, E., & Hase, M. (2013). Effects of Fats and Oils on the Bioaccessibility of Carotenoids and Vitamin E in Vegetables. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 77(5), 1055-1060. doi: 10.1271/bbb.130025
29. Nimalaratne, C., & Schieber, A. (2016). Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs. *Food Chemistry*, 194(1), 111-116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.116>
30. Nolan, J. M., Meagher, K. A., Howard, A. N., Moran, R., Thurnham, D. I., & Beatty, S. (2016). Lutein, zeaxanthin and meso-zeaxanthin content of eggs laid by hens supplemented with free and esterified xanthophylls. *Journal of Nutritional Science*, 5, e1. doi: 10.1017/jns.2015.35
31. Novotny, J. A., Harrison, D. J., Pawlosky, R., Flanagan, V. P., Harrison, E. H., & Kurilich, A. C. (2010).  $\beta$ -Carotene Conversion to Vitamin A Decreases As the Dietary Dose Increases in Humans. *The Journal of Nutrition*, 140(5), 915–918. doi: 10.3945/jn.109.116947
32. Noziere, P., Graulet, B., Lucas, A., Martin, B., Grolier, P., & Doreau, M. (2006). Review Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 131, 418–450. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018
33. Pérez-Vendrell, A. M., Hernández, J. M., Llauradó, L., Schierle, J., & Brufau, J. (2001). Influence of Source and Ratio of Xanthophyll Pigments on Broiler Chicken Pigmentation and Performance. *Poultry Science*, 80(3), 320–326. <https://doi.org/10.1093/ps/80.3.320>
34. Phelan, D., Prado-Cabrero, A., & Nolan, J. M. (2018). Analysis of Lutein, Zeaxanthin, and Meso-Zeaxanthin in the Organs of Carotenoid-Supplemented Chickens. *Foods*, 7(2), 20. <http://doi.org/10.3390/foods7020020>
35. Praud, C., Al Ahmadieh, S., Voldoire, E., Le Vern, Y., Godet, E., Couroussé, N., Graulet, B., Le Bihan, Duval E., Berri, C., & Duclos, M.J. (2017). Beta-carotene preferentially regulates chicken myoblast proliferation withdrawal and differentiation commitment via BCO1 activity and retinoic acid production. *Experimental Cell Research*, 15, 358(2), 140-146. doi: 10.1016/j.yexcr.2017.06.011
36. Reboul, E. (2013). Absorption of Vitamin A and Carotenoids by the Enterocyte: Focus on Transport Proteins. *Nutrients*, 5(9), 3563–3581. <http://doi.org/10.3390/nu5093563>
37. Roodenburg, A. J. C., Leenen, R., van het Hof, K. H., Weststrate, J. A., & Tijburg, L. B.M. (2000). Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene, and vitamin E in humans. *Journal Clinical Nutrition*, 71, 1187–93. Printed in USA. American Society for Clinical Nutrition

38. Schaeffer, J.L., Tyczkowski, J.K., Riviere, J.E., & Hamilton, P.B. (1988). Aflatoxin-impaired ability to accumulate oxycarotenoid pigments during restoration in young chickens. *Poultry Science*, 67(4), 619-25. doi:10.3382/ps.0670619
39. Schaub, P., Wüst, F., Koschmieder, J., Yu, Q., Virk, P., Tohme, J., Beyer, P. (2017). Nonenzymatic  $\beta$ -Carotene Degradation in Provitamin A-Biofortified Crop Plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(31), 6588-6598. doi: 10.1021/acs.jafc.7b01693
40. Shevchenko, L.V., Jaremchuk, O.S., & Myhal's'ka, V.M. (2017). Produktivnist' ta nespecyfichna rezystentnist' kurchat-brojleriv za dii'  $\beta$ -karotynu. [Productivity and non-specific resistance of chicken broilers to the action of  $\beta$ -carotene]. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(3), 90-95. doi: 10.15421/2017\_54 (in Ukrainian).
41. Skibsted, L.H. (2012). Carotenoids in antioxidant networks. colorants or radical scavengers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(10), 2409-2417, doi: 10.1021/jf2051416
42. Sklan, D. (1983). Vitamin a Absorption and Metabolism in the Chick: Response to High Dietary intake and to Tocopherol. *British Journal of Nutrition*, 50(2), 401-7, doi: 10.1079/BJN19830107
43. Tang, G. (2010). Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans..*The American Journal of Clinical Nutrition*, 91(5), 1468S-1473S. doi: 10.3945/ajcn.2010.28674G
44. Tang, G., & Suter, P. M. (2011). Vitamin A, Nutrition, and Health Values of Algae: Spirulina, Chlorella, and Dunaliella. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 1, 111-118. doi: <http://dx.doi.org/10.6000/1927-5951.2011.01.02.04>
45. Tang, G., Qin, J., Dolnikowski, G. G., Russell, R. M., & Grusak, M. A. (2005). Spinach or carrots can supply significant amounts of vitamin A as assessed by feeding with intrinsically deuterated vegetables. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(4), 821-828. doi: 10.1093/ajcn/82.4.821
46. Tyczkowski, J. K. & Hamilton, P. B. (1986). Lutein as a model dehydroxycarotenoid for the study of pigmentation in chickens, *Poultry Science*, 65(6), 1141-1145. <https://doi.org/10.3382/ps.0651141>
47. Wang, Y., Roger, Illingworth D., Connor, S.L., Barton, Duell P., & Connor, W.E. (2010). Competitive inhibition of carotenoid transport and tissue concentrations by high dose supplements of lutein, zeaxanthin and beta-carotene. *European Journal of Nutrition*, 49(6), 327-36. doi: 10.1007/s00394-009-0089-8
48. Zaheer, K. (2017). Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review, *CyTA. Journal of Food*, 15(3), 474-487. doi: 10.1080/19476337.2016.1266033

# INTERNATIONAL ACADEMY JOURNAL Web of Scholar

ISSN 2518-167X

6(24), Vol.2, June 2018

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_wos](https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos)

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



Passed for printing 07.06.2018. Appearance 12.06.2018.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

RS Global Sp. z O.O., Warsaw, Poland, 2018