

УДК 667.777:547.476.3

СИНТЕТИЧНИЙ ХАРЧОВИЙ БАРВНИК ТАРТРАЗИН (E102): БЕЗПЕКА ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

*Морозова Л. П., к.х.н., старший викладач кафедри
технології виробництва, переробки продукції тваринництва і годівлі
<https://orcid.org/0000-0001-9284-7951>
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна*

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-11>

Предмет дослідження. Одним із найважливіших і складних завдань виокремлюється забезпечення населення земної кулі продуктами харчування. Будучи одним з найважливіших чинників навколишнього середовища, харчування від моменту народження до кінця життя людини впливає на його організм. **Мета.** Проаналізувати дані літературних джерел із результатами наукових досліджень щодо використання синтетичного харчового барвника тартразину (E102) у харчовій промисловості. Інгрєдєнти харчових речовин, потрапляючи в організм людини з їжею й перетворюючись в процесі метаболізму в результаті складних біохімічних реакцій на структурні елементи клітин, забезпечують людський організм пластичним матеріалом і енергією, створюють необхідну фізіологічну і розумову працездатність, визначають здоров'я, активність і тривалість життя людини, його здібність до відтворення. Тому стан харчування визнано одним з найважливіших чинників, що визначають здоров'я нації. Продукти харчування повинні не тільки задовольняти потреби людини в основних харчових речовинах і енергії, а й виконувати профілактичні та лікувальні функції. Серед речовин, що визначають зовнішній вигляд харчових продуктів, найважливіше місце належить харчовим барвникам. Згідно з Директивою Європейського парламенту і Ради ЄС 94/36 харчові барвники – це хімічні синтетичні речовини або природні сполуки, які надають чи посилюють колір харчового продукту або біологічних об'єктів; не вживаються зазвичай як харчовий продукт або складова частина їжі. **Методи.** Під час роботи використовували аналітичні Методи. **Результати.** Проаналізовано та узагальнено літературні дані щодо властивостей, добування та використання синтетичного харчового барвника тартразину (E102) у технологіях виробництва продуктів харчування. Зроблено висновок про доцільність та безпечність застосування тартразину в харчовій промисловості. **Сфера застосування результатів.** Можливість додавання його у ряд харчових продуктів у безпечних кількостях, які не спричиняли б токсичної дії на живий організм, синтетичного харчового барвника тартразину (E102).

Ключові слова: харчова хімія, забарвлення, синтетичні харчові барвники, тартразин, метаболізм, токсичність

SYNTHETIC FOOD DYE TARTRAZINE (E102): SAFETY OF USE AND EFFECT ON THE HUMAN BODY

*Liubov Morozova, Ph.D., Chemistry, Senior Lecturer of the Department
Technologies, Processing of Livestock Products and Feeding
<https://orcid.org/0000-0001-9284-7951>
Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine*

<https://doi.org/10.31073/foodresources2022-19-11>

Subject of research. One of the most important and difficult tasks is to provide the world's population with food. As one of the most important environmental factors, nutrition from birth to the last day of a person's life affects his body. **Purpose.** Analyze the data of literature sources, which are devoted to scientific research on the use of synthetic food dye tartrazine (E102) in the food industry. Nutrient ingredients, entering the human body with food and transformed during metabolism as a result of complex biochemical transformations into structural elements of cells, provide our body with plastic material and energy, create the necessary physiological and mental performance, determine human health, activity and life expectancy, its ability to reproduce. Therefore, the state of nutrition is one of the most important factors determining the health of the nation. Food must not only meet human needs for

essential nutrients and energy, but also perform preventive and curative functions. Among the substances that determine the appearance of food products, the most important place belongs to food dyes. According to the Directive of the European Parliament and the EU Council 94/36, food dyes are chemical synthetic substances or natural compounds that give or intensify the color of a food product or biological objects; not commonly used as a food product or food component. **Methods.** When writing the article, analytical research methods were used. **Results.** The literature data on the properties, extraction and use of synthetic food dye tartrazine (E102) in food production technologies are analyzed and summarized. The conclusion about expediency and safety of tartrazine use in the food industry is made. **Scope of research results.** The multifaceted effect on the human body and experimental animals of various doses of the synthetic food dye tartrazine (E102) is the possibility of adding it to a number of food products in safe quantities that would not cause a toxic effect on the living organism.

Key words: food chemistry, coloring, synthetic food dyes, tartrazine, metabolism, toxicity

Постановка проблеми. Людське око здатне розрізняти 10 мільйонів відтінків і кольорів. Колір харчового продукту має для споживача величезне значення: це не тільки показник свіжості та якості продукту, а й необхідна характеристика його пізнаваності. За колір продукту відповідальні присутні в ньому барвники. Вони можуть міститися у продукті природним чином (буряк, морква, яєчний жовток і т.д.) або можуть бути додані в процесі переробки.

Барвники – це забарвлені органічні сполуки, які синтезуються рослинами та іншими живими організмами (природні), або отримані методами органічного синтезу (синтетичні) та застосовуються для надання бажаного кольору різним виробам. Технологічна функція застосування харчових барвників спрямована швидше на завоювання симпатії споживача, ніж на користь здоров'ю [1].

У процесі виробництва продукти харчування часто змінюють колір, особливо змінюється колір консервованих фруктів та овочів. Плодові консерви під час виробництва підлягають тепловій обробці, одним з небажаних ефектів якої є деградація пігментів рослинної сировини, що досягає 40%. Тому консерви за кольоровими характеристиками значно поступаються вихідній сировині. Погіршення органолептичних показників консервів зумовлює зниження конкурентоспроможності та споживчого попиту на такі цінні в біологічному відношенні консерви, як овочеві натуральні, плодові пюре, соки з м'якоттю, напої, сиропи.

Харчові барвники додають до харчових продуктів для наступних цілей: відновлення природного забарвлення, втраченого під час технологічного процесу чи зберігання; збільшення терміну зберігання без погіршення зовнішнього вигляду; підвищення інтенсивності природного забарвлення; надання кольору безбарвним продуктам (до прикладу, безалкогольним напоям, морозиву, кондитерським виробам, консервній продукції); створення більш привабливих продуктів і ширшого колірного різноманіття.

До харчових барвників висуваються наступні вимоги, вони повинні: бути нешкідливими у застосованих дозах (не канцерогенами, мутагенами) та не мати яскраво вираженої біологічної активності; володіти стійкістю наданого кольору до впливу технологічних чинників (стійкість до дії світла, окислювачів і відновників, зміни кислотно-лужного середовища, підвищення температури тощо); володіти високим ступенем забарвлення при низьких концентраціях харчового барвника; добре розчинятися у воді або жирах, а також рівномірно розподілятися в масі харчових продуктів.

При цьому ні в якому разі не допускається за допомогою харчових барвників приховувати зміну кольору продукту, викликану його псуванням, порушенням технологічного режиму чи використанням недоброякісної сировини [2].

На сьогодні визначена класифікація харчових барвників. Так, харчові барвники за походженням поділяють на: натуральні (природні); синтетичні (органічні та неорганічні) барвники.

За призначенням харчові барвники поділяються на: їстівні барвники; стабілізатори кольору; поверхневі барвники; барвники для неїстівних оболонок.

До прикладу, для маркування м'яса, сирів, яєць використовують такі синтетичні барвники: метилвіолет, родамін, фуксин кислий тощо.

Барвники за міжнародною класифікацією маркуються індексами від E100 до E182, причому тільки деякі з них – натуральні. Натуральні барвники дуже швидко руйнуються, мають обмежений термін придатності, тьмяні на вигляд. Тому кожен виробник намагається зробити продукт якомога красивішим. Але з натуральної сировини зробити гарний і з довготривалим терміном зберігання продукт фактично неможливо. Синтетичні барвники на вигляд дуже привабливі та яскраві, проте найбільш шкідливі серед всіх харчових добавок [3].

Для надання стравам того чи іншого кольору люди багато століть користувалися виключно природними засобами, проте на початку XX сторіччя з'явилися яскраві, стійкі синтетичні барвники, за допомогою яких можна отримати будь-який колір і відтінок. Порівняно з натуральними вони мають такі технологічні переваги: добре розчинні у воді, що полегшує їх дозування; менш чутливі до умов технологічної переробки і зберігання (до температури, світла, зміни рН середовища тощо); стабільні яскраві кольори; значно дешевші (рис. 1).



Рис. 1. Яскраві синтетичні барвники

Синтетичні барвники – це органічні сполуки, яких немає у природі, їх отримують методом органічного синтезу. Це азо- і нітросполуки, дифенілметанові сполуки, хінони, хіноліни, піразолони тощо. Синтетичні харчові барвники, на відміну від натуральних, не володіють біологічною активністю і не містять смакових речовин. Стабільність та інтенсивність забарвлення залежить від дозування, жирності, ступеня «збитості» продукту, вмісту спирту і редукуючих цукрів, використання мезофільних кислomолочних заквасок, мікробіологічних показників [4].

Разом із фарбувальними речовинами природного походження часто використовують штучні. Вони популярні завдяки невисокій вартості. Незважаючи на відсутність смаку і запаху, ці хімічні речовини роблять харчові продукти більш яскравими і привабливими. Вони не містять корисних речовин і часто завдають тільки шкоди людському організму. Синтетичні барвники не мають гострої токсичності, але багато з них є канцерогенними, мутагенними або алергенними, особливо барвники лужного характеру та жиророзчинні. Тому серед синтетичних барвників практично немає безпечних. Зважаючи на це Комітет експертів ФАО-ВООЗ встановив МДР синтетичних харчових барвників: 50-500 мг/кг готового продукту [5].

Мета. Проаналізувати літературні джерела, з наявними науковими дослідженнями властивостей і застосування тартразину (E102) у харчовій галузі та вивченню впливу такого на організм людини.

Матеріали і методи. Під час роботи використовували аналітичні методи.

Результати. Синтетичний харчовий барвник тартразин (E102) – найбільш шкідлива речовина, за своєю природою є кам'яновугільним дьогтем, яку виробляють з промислових відходів. Це сильний алерген, що використовується для створення жовтих відтінків. Разом

із тартразином (E102) часто застосовують барвник діамантовий синій (E133) для одержання різних відтінків зеленого кольору [4].

Тартразин досить дешевий у виробництві, тому використовують його дуже широко. Тартразин входить у список дозволених харчових добавок, але результати деяких досліджень показують, що він може провокувати алергію і знижувати концентрацію уваги. Проте у готових продуктах цього барвника міститься дуже мало, тому ризик негативного впливу тартразина мінімальний. Тартразин (E102) дозволений до вживання в дозі до 7,5 мг/кг. Серед переліку харчових продуктів, у які додається тартразин, слід вказати морозиво, гірчицю, йогурти, газовані напої, кондитерські вироби, алкогольні та безалкогольні напої, макарони, молочні вироби, сири, кетчупи, соуси, драже, джеми, пюре тощо (рис. 2).

Тартразин за хімічною природою азобарвник, хімічна назва якого – тринатрій 5-гідрокси-1-(4'-сульфонатоеніл)-4-(4"-сульфонатофенілазо)-1Н-піразол-3-карбоксилат, емпірична формула: $C_{16}H_9N_4O_9S_2Na_3$ (рис. 3).



Рис. 2. Харчовий барвник тартразин (E102)

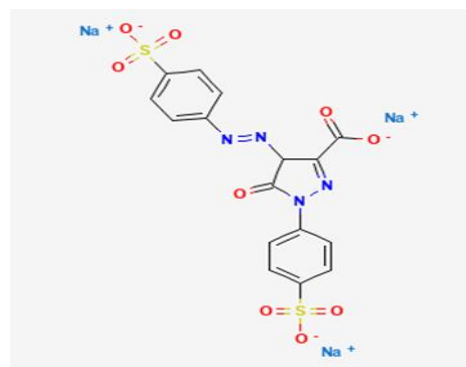
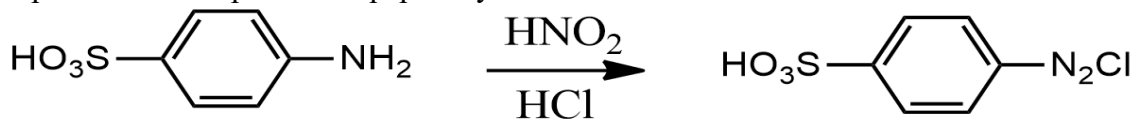


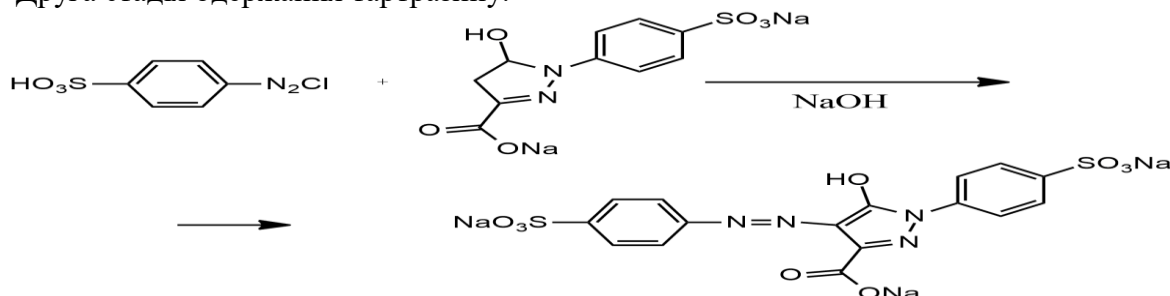
Рис. 3. Структурна формула тартразину

Реакції одержання тартразину починаються з діазотування сульфанілової (4-амінобензенсульфонатної) кислоти до відповідної солі діазонію. Остання бере участь у реакції азосполучення з піразолоновмісною кислотою, або 1-(4'-сульфофеніл)-піразол-5-он-3-карбоною кислотою. Утворений азобарвник дією луку переводять у тартразин IV, піразолонове ядро якого приймає одну з можливих таутомерних форм – енольну:

Перша стадія одержання тартразину:



Друга стадія одержання тартразину:



Вміст основного барвника у кінцевому продукті становить не менше 85% [6].

У процесах метаболізму молекули азобарвника розщеплюються, продукти розщеплення під дією ензимів відновлюються і поглинаються в кишечнику з подальшим виділенням із сечею та калом.

Токсична дія тартразину на організм людини визначена предметом дослідження для багатьох дослідників [7-14].

У роботі [9] наведено дослідження тартразину (E102), який використовується в харчовій галузі, виробництві ліків та косметики. Оцінку безпеки тартразину проведено на щурах Wister обох статей з 13-тижневим дослідженням субхронічної пероральної токсичності. При цьому тварини були розділені на 5 груп по 6 тварин у кожній, 3 кожної статі, яких годували дією з вмістом 5, 7,5 та 10 мг/кг тартразину. Пов'язаних із введенням тартразину побічних ефектів щодо маси тіла, споживання їжі та води не було. Їхні зразки крові були проаналізовані за допомогою гематологічних вимірювань вмісту глюкози, креатиніну, азоту сечовини крові, загального холестерину, тригліцериду, аланінамінотрансферази, аспартату амінотрансферазу. Тканини шлунка, тонкої кишки, печінки, нирок також були оброблені для гістологічного дослідження. Проведене дослідження показує, що тартразин викликав морфологічну зміну форми еритроцитів щурів від дискоїдної до ехіноцитарної (рис. 4).

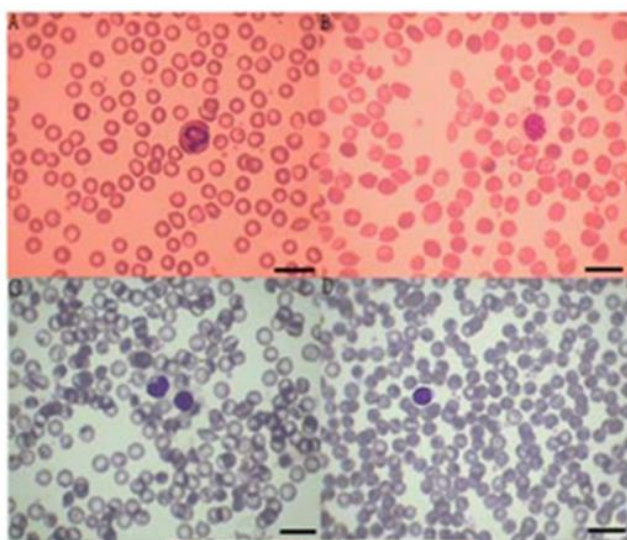


Рис. 4. Вплив тартразину на морфологію еритроцитів щурів: необроблені еритроцити (A) та оброблені еритроцити (B): 5 мг/кг маси тіла, (C): 7,5 мг/кг, (D): 10 мг/ (кг ваги). Ехіноцити можна спостерігати в (B), (C) і (D) [9]

тартразину призвело до значного збільшення активності аспартаттрансамінази плазми крові, аланінтрансамінази та лужної фосфатази порівняно з контролем. Також результати показали значне підвищення рівня сечової кислоти, сечовини та креатиніну у плазмі крові після вживання тартразину тваринами. Крім того, у щурів спостерігалось значне підвищення рівня продуктів перекисного окислення ліпідів у плазмі та нітрогену оксиду (NO), а також значне зниження загальної кількості антиоксидантів у групі тварин, яким вводили тартразин. Підвищений рівень активності печінкових ферментів у крові є ознакою можливого пошкодження тканин. Ці результати відповідають даним, повідомленим іншими дослідниками [16], які пов'язують подібні зміни з порушенням функції печінки. Це пошкодження печінки призводить до викиду внутрішньоклітинних ферментів, що перевищує їх нормальний рівень у крові. Автори роботи [17] дослідили вплив власне тартразину та в комбінаціях з іншими барвниками на імунологічні реакції організму піддослідних тварин та людини (табл. 2).

Відносна маса печінки було значно збільшена в групі, яка отримувала 10 мг/кг тартразину. Також проведені дослідження показали значне збільшення глюкози, креатиніну, азоту сечовини крові, загального холестерину, тригліцериду, аланінамінотрансферази і загального білка в сироватці крові щурів, які отримували тартразин порівняно з контрольною групою і ці значні зміни були надто очевидні у високих дозах.

Дані роботи [9] узгоджуються з результатами, одержаними авторами роботи [15], в якій визначено й порівняно основні біохімічні показники сироватки крові контрольної і дослідної груп тварин (табл. 1).

Як свідчать наведені дані, споживання піддослідними тваринами

Таблиця 1

Вплив тартразину на біохімічні показники сироватки крові та окиснювальні біомаркери у самців щурів Wister [15]

Досліджуваний параметр	Контрольна група	Група після споживання
------------------------	------------------	------------------------

		тартразину
Аспартаттрансаміназа (U/мл)	48.40 ± 4.26	128.40 ± 18.97
Аланінтрансаміназа (U/мл)	29.40 ± 4.07	71.20 ± 7.75
Лужна фосфатаза (U/л)	47.0 ± 5.18	89.40 ± 6.66
Креатинін (мг/дл)	0.36 ± 0.07	0.72 ± 0.06
Сечовина (мг/дл)	38.20 ± 1.77	46.0 ± 2.12
Сечова кислота (мг/дл)	0.59 ± 0.07	0.92 ± 0.07
Малондіальдегід (нМ/мл)	17.33 ± 2.03	46.67 ± 5.61
Нітрогену оксид (µМ/л)	16.67 ± 2.85	41.0 ± 3.79
Загальні антиоксиданти (мМ/л)	66.67 ± 4.63	28.33 ± 4.06

Таблиця 2

Вплив харчових барвників на гіперчутливість та імунологічні маркери [17]

Харчові барвники	Доза	Тривалість	Види	Спосіб введення	Ефекти
Тартразин	Тартразин, що міститься у психіатричних препаратах	2 роки	Здоровий дорослий із схильністю алергії на тартразин	Оральна їжа	Підвищується алергічна реакція
Тартразин Еритрозин	10, 10, 20, 10, 40 мг 50, 50, 100, 50, 200 мг	2 тиж.	Дорослі з алергією	Оральна їжа	Нежить і алергія проявляються із збільшенням дозування. Закладеність носа, свербіж, чхання
Захід сонця жовтий Тартразин Кармуазин Понсо 4R	20 мг	4 тиж.	Діти дошкільного віку	Оральна їжа	Гіперактивність. Поведінкові проблеми
Тартразин	7,5 мг	2 міс.	Самці щурів	Оральна їжа	Значний приріст числа лімфоцитів і еозинофілів в слизовій оболонці антрального відділу шлунка
Амарант Еритрозин Тартразин Захід сонця жовтий			Алергічні пацієнти	Оральна їжа	Кропив'янка, періорбітальні набряки та сверблячка обличчя
Амарант Еритрозин Тартразин	8 мМ, 4 мМ, 2 мМ	72 год.	Здорова людина (периферичні клітини крові)		Генотоксичність, цитостатичність, цитотоксичність
Тартразин	1%	13 тиж.	Самці і самки мишей	Оральна їжа	Гуморальна імунна відповідь у самців мишей, отже це змінює функції імунної системи
Тартразин	300 мг	4 тиж.	Самці щурів Wister	Оральна їжа	Зменшення периферичних лімфоцитів і Т CD8-лімфоцитів у селезінці

Вважають, що у людей з алергічною реакцією на аспірин при оральному прийому тартразину можливі псевдоалергічні реакції на зразок кропив'янки. [18,19].

Висновки. Таким чином, синтетичний харчовий барвник жовтого кольору тартразин (E102) є дешевим замінником куркуміну та шафрану і найбільш широко використовуваним харчовим барвником з формулою C₁₆H₉N₄Na₃O₉S₂, отриманий з

кам'яновугільної смоли, який міститься в харчових продуктах, фармацевтичних і косметичних засобах. Цей барвник окремо або у сумішах з іншими барвниками використовується для фарбування кондитерських виробів, морозива, напоїв тощо у кількості 0,05-0,5 г/кг. Змішуванням із синіми барвниками отримують зелений відтінок, який при додаванні червоних барвників дає кольори від коричневого до чорного. В ЄС та США тартразин дозволений і використовується для фарбування усіх лікарських засобів, використовується для фарбування шампуні, пін для ван та душу, рідкого мила, засобів для миття посуду, рідких засобів для чищення, як текстильний барвник шовку. Тартразин може бути мутагенним і впливати на життєздатність клітин. Рада експертів ФАО/ВООЗ із харчових продуктів у 1996 році розробили допустиме добове споживання тартразину в дозах 0-7,5 мг/кг на добу

Бібліографія

1. Пасальський Б. К. Хімія харчових продуктів: Навчальний посібник. Київ: Держ.торг.-екон.ун-т. 2000. 196 с.
2. Харчова хімія: Навчальний посібник. Євлаш В. В., Торяник О. І., Коваленко В. О. та ін. Харків: Світ книг. 2019. 504 с.
3. Харчова хімія: Навчальний посібник. Дуленко Л. В., Горяйнова Ю. А., Полякова А. В. та ін. Київ: Кондор. 2012. 248 с.
4. Скоробогатий Я. П., Гузій А. В., Заверуха О. М. Харчова хімія: Навчальний посібник. Львів: Новий світ 2000. 2015. 516 с.
5. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: Підручник. Дубиніна А. А., Малюк Л. П., Селютіна Г. А та ін. Київ: ВД «Професіонал». 2007. 384 с.
6. Ластухін Ю. О. Харчові добавки. Е-коди. Будова. Одержання. Властивості: Навчальний посібник. Львів: Центр Європи. 2009. 836 с. ISBN 978-966-7022-83-9.
7. Reyes F. G., Valim F. C., Vercesi A. E. Effect of organic synthetic food colours on mitochondrial respiration. *Food Addit Contam.* 1996. № 13 (1). P. 5-11.
8. Koutsogeorgopoulou L., Maravellas C., Methenitou G. Immunological Aspects of the Common Food colorants, Amaranth and Tartrazine. *Vet. Hum. Toxicol.* 1998. № 40 (1). P. 1-4.
9. Himri I., Bellahcen S., Souna F., Belmekki F., Aziz M., Bnouham M., Zoheir J., Berkia Z., Mekhfi H., Saalaoui E. A 90 day oral toxicity study of tartrazine, a synthetic food dye, in Wistar rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* 2011. № 3. Vol. 3. P. 159-169.
10. Mehedi N., Ainad-Tabet S., Mokrane N., Addou S., Zaoui C., Kheroua O., Saidi D. Reproductive Toxicology of Tartrazine (FD and C Yellow No. 5) in Swiss Albino Mice. *American Journal of Pharmacology and Toxicology.* 2009. № 4 (4). P. 128-133.
11. Neuman I., Elian R., Nahum H., Shaked P., Creter D. The danger of 'yellow dyes' (Tartrazine) to allergic subjects. *Clin. Allergy.* 1978. № 8(1). P. 65-82.
12. Jones R., Ryan A.J., Wright S. The metabolism and excretion of Tartrazine. *Food Cosmet . Toxicol.* 1964. № 2. P. 447-452.
13. Roxon J., Ryan A., Wright S. Enzymatic reduction of Tartrazine by *Proteus vulgaris* from rats. *Food Cosmet. Toxicol.* 1967. № 5 (5). P. 645-656.
14. Patterson R.M., Butler J.S. Tartrazine induced chromosomal aberrations in mammalian cells. *Food Chem. Toxicol.* 1982. № 20 (4). P. 461-465.
15. Khayyat L., Essawy A., Sorour J., Soffar A. Tartrazine induces structural and functional aberrations and genotoxic effects in vivo . *PeerJ.* 2017. № 5. P. 1-14.
16. Amin K. A., Abdel Hameid H., Abdelsttar A.H. Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal, hepatic function and oxidative stress biomarkers in young male rats. *Food and Chemical Toxicology.* 2010. № 48 (10). P. 2994-2999.
17. Shakoor S., Ali F., Ismail A., Rahman Z. U., Sabran M. R., Mohtarrudin N. Toxicity of tartrazine, curcumin and other food colorants; possible mechanism of adverse effects. *Online Journal of Veterinary Research.* 2019. Volume 23 (6). P. 466-486.
18. Stenius B. S. M., Lemola M. Hypersensitivity to acetylsalicylic acid (ASA) and Tartrazine in patients with asthma. *Clin. Allergy.* 1976. № 6. P. 119-125.

19. Johnson H. M., Smith B. G., Kauffman P. E. Tartrazine: Solid-Phase Radioimmunoassay Studies of an Azo Dye Implicated in Allergic Reactions (Azo Dyes and Allergy). Proceeding of the society for experimental biology and medicine. 1975. № 150. P. 278-281.

References

1. Pasalskyi, B. K. (2000). *Khimiia kharchovykh produktiv: Navchalnyi posibnyk* [Food Chemistry: A Textbook]. K.: Kyiv. Derzh.torh.-ekon.un-t [State Trade and Economic University]. 196. [in Ukrainian].
2. Yevlash, V. V., Torianyk, O. I., Kovalenko, V. O. (2019). *Kharchova khimiia: Navchalnyi posibnyk* [Food Chemistry: A Textbook]. Kharkiv: Svit knyh [The world of books]. 504. [in Ukrainian].
3. Dulenko, L. V., Horiainova, Yu. A., Poliakova, A. V. ta in. (2012). *Kharchova khimiia: Navchalnyi posibnyk* [Food Chemistry: A Textbook]. Kyiv: Kondor [Kondor]. 248. [in Ukrainian].
4. Skorobohaty, Ya. P., Huzii, A. V., Zaverukha, O. M. (2015). *Kharchova khimiia: Navchalnyi posibnyk*. [Food Chemistry: A Textbook]. Lviv: Novyi svit 2000 [New World 2000]. 516. [in Ukrainian].
5. Dubynina, A. A., Maliuk, L. P., Seliutyna, H. A ta in. (2007). *Toksychni rechovyny u kharchovykh produktakh ta metody yikh vyznachennia: Pidruchnyk* [Toxic substances in food and methods for their determination: Textbook]. K.: Profesional [Professional]. 384. [in Ukrainian].
6. Lastukhin, Yu. O. (2009). *Kharchovi dobavky. E-kody. Budova. Oderzhannia. Vlastyvoli: Navchalnyi posibnyk* [Nutritional supplements. E-codes. Building. Obtaining. Properties: Tutorial]. Lviv: Tsentri Yevropy [Center of Europe]. 836 s. ISBN 978-966-7022-83-9 [in Ukrainian].
7. Reyes, F. G., Valim, F. C., Vercesi, A. E. (1996). Effect of organic synthetic food colours on mitochondrial respiration. *Food Addit Contam.* № 13 (1). P. 5-11.
8. Koutsogeorgopoulou, L., Maravellas, C., Methenitou, G. (1998). Immunological Aspects of the Common Food colorants, Amaranth and Tartrazine. *Vet. Hum. Toxicol.* № 40 (1). P. 1-4.
9. Himri, I., Bellahcen, S., Souana, F., Belmekki, F., Aziz, M., Bnouham, M., Zoheir, J., Berkia, Z., Mekhfi, H., Saalaoui, E. (2011). A 90 day oral toxicity study of tartrazine, a synthetic food dye, in Wistar rats. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.* № 3. Vol. 3. P. 159-169.
10. Mehedi, N., Ainad-Tabet, S., Mokrane, N., Addou, S., Zaoui, C., Kheroua, O., Saidi, D. (2009). Reproductive Toxicology of Tartrazine (FD and C Yellow №. 5) in Swiss Albino Mice. *American Journal of Pharmacology and Toxicology.* № 4 (4). P. 128-133.
11. Neuman, I., Elian, R., Nahum, H., Shaked, P., Creter, D. (1978). The danger of 'yellow dyes' (Tartrazine) to allergic subjects. *Clin. Allergy.* № 8 (1). P. 65-82.
12. Jones, R., Ryan, A.J., Wright, S. (1964). The metabolism and excretion of Tartrazine. *Food Cosmet. Toxicol.* № 2. P. 447-452.
13. Roxon, J., Ryan, A., Wright, S. (1967). Enzymatic reduction of Tartrazine by *Proteus vulgaris* from rats. *Food Cosmet. Toxicol.* № 5 (5). P. 645-656.
14. Patterson, R. M., Butler, J. S. (1982). Tartrazine induced chromosomal aberrations in mammalian cells. *Food Chem. Toxicol.* № 20 (4). P. 461-465.
15. Khayyat, L., Essawy, A., Sorour, J., Soffar, A. (2017). Tartrazine induces structural and functional aberrations and genotoxic effects in vivo. *PeerJ.* № 5. P. 1-14.
16. Amin, K. A., Abdel, Hameid H., Abdelsttar, A. H. (2010). Effect of food azo dyes tartrazine and carmoisine on biochemical parameters related to renal, hepatic function and oxidative stress biomarkers in young male rats. *Food and Chemical Toxicology.* № 48 (10). P. 2994-2999.
17. Shakoor, S., Ali, F., Ismail, A., Rahman, Z. U., Sabran, M. R., Mohtarrudin, N. (2019). Toxicity of tartrazine, curcumin and other food colorants; possible mechanism of adverse effects. *Online Journal of Veterinary Research.* Vol. 23 (6). P. 466-486.
18. Stenius, B. S., Lemola, M. (1976). Hypersensitivity to acetylsalicylic acid (ASA) and Tartrazine in patients with asthma. *Clin. Allergy.* № 6. P. 119-125.
19. Johnson, H. M., Smith, B. G., Kauffman, P. E. (1975). Tartrazine: Solid-Phase Radioimmunoassay Studies of an Azo Dye Implicated in Allergic Reactions (Azo Dyes and Allergy). Proceeding of the society for experimental biology and medicine. № 150. P. 278-281.