

**БІОМІМЕТИЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕДІНКУБАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЯЄЦЬ КУРЕЙ «ШТУЧНА КУТИКУЛА»
«GREEN ARTICLE» TiO₂ Fe₂O₃**

Чех Олександр Олександрович

аспірант

Сумський національний аграрний університет

ORCID: 0000-0002-8947-5269

E-mail: olexa0701@mgmail.co

Бордунова Ольга Георгіївна

доктор сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет

ORCID: 0000-0002-7120-1040

E-mail: borhunova.olga59@gmail.com

Чиванов Вадим Дмитрович

кандидат біологічних наук, доцент

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми

ORCID: 0000-0001-5845-2315

E-mail: vadyan58@gmail.com

В роботі представлені докладні відомості про розроблені авторами біоміметичні технології захисту інкубаційних яєць курей, що складається з композиту хітозану, перекисних сполук і фотокаталітичних ультрадисперсних частинок діоксиду титану TiO₂ і жовтого залізоокисного пігменту заліза Fe₂O₃. Розроблені теоретичні та прикладні аспекти концепції використання біоміметичних захисних покриттів «GREEN ARTICLE» («ARTificial cutiCLE») у птахівничій галузі, а саме у виробництві інкубаційних яєць. Базовою матричною складовою захисних покриттів «GREEN ARTICLE» є «зелений», екологічно-безпечний, широко розповсюджений та недорогий і нешкідливий у виробництві матеріал - хітозан. Експериментально доведено, що електрохімічна та ультразвукова технології модифікації розчину хітозану у перекисних сполуках (надоцтова кислота, перекис водню) наночастками оксидів: титану, заліза, та металів: титану, міді, а також кальциту, дозволяє створити захисні покриття «подвійної дії» відповідно до технології попередження контамінації інкубаційних яєць патогенною мікрофлорою, підвищення показників виводимості яєць та якості молодняку «GREEN ARTICLE». Результати інкубації протягом 21 доби показали, що виводимість яєць курей Хайсекс Браун між контрольною та дослідною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі, цей показник становить 85,0%, а в досліді складає 89,7%. Показник інкубації у курей кросу Хайсекс Уайт покращився на 5,3%. У контрольній групі цей показник становить 84,9% та у дослідній групі де яйця обробляли розчином TiO₂ Fe₂O₃ 90,2%. Також композиція позитивно впливає на зниження контамінації патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць до 0,4-0,71% від вихідної кількості бактеріальних колоній протягом 19 днів.

Ключові слова: кутикула, електрохімічна модифікація, наночастки металів, біоцидна активність, інкубаційні яйця, хітозан.

DOI: <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.3.13>

Погіршення сучасного племінного птахівництва, викликані погіршенням якісних показників інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці, зумовили розробку принципово інноваційних підходів для їх вирішення [1, 2]. Зокрема, важливим перспективним напрямком полягає в створенні нових та удосконаленні існуючих технологій інкубації відповідно до біоміметичних (biomimetics, від bios - життя, mimesis - схожість) принципу, основою якого є імітування природних структур клітин, тканин, органів і цілісневільних живих організмів за допомогою натуральних, екологічно безпечних і штучних складових з метою досягнення максимально високого рівня подібності структурно функціональних характеристик курячого яйця [1, 2]. Яскравим прикладом біоміметичні підходу до розроблення сучасних технологій в птахівництві є технологія «GREEN ARTICLE» («ARTificial cutiCLE») [3]. «GREEN ARTICLE» використовується для захисту інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці та полягає в створенні на поверхні яйця біоцидної газопроникної захисної плівки, ідентичною за структурно функціональним параметрами природною глікопротеїнів кутикулі пташиних яєць [1-5].

Якість шкаралупи яєць завжди була одним з найважливіших параметрів у птахівничій промисловості і це стало ще більш важливим завдяки автоматизації технологічних систем та вдосконаленню кросів сучасної сільськогосподарської птиці. Підвищення кількісних показників яєчної продукції призвело до погіршення якості бар'єрних властивостей захисної біонанокондитної кальцитної структури пташиного яйця – шкаралупи, оскільки підвищення яйценоскості птахів пов'язане з проникністю кальцитного шару щодо патогенної мікрофлори та газів і водної пари негативним корелятивним зв'язком [7,10,16,17,18]. Основну складність у конструюванні штучних захисних структур, подібних за морфо-функціональними показниками природній кутикулі, що складається із глікопротеїнів, є підбір органічної речовини бажано природного походження, яка б легко утворювала б тонкошарову плівку на поверхні яйця і поєднувала у собі такі характеристики: еластичність, здатність модулювати швидкість дифузії газів через неї (керовану газопроникність в

Вісник Сумського національного аграрного університету

залежності від складу), екологічну безпеку та мала б потужну біоцидну активність щодо патогенних бактерій та вірусів. Такою органічною речовиною є добре відома речовина – хітозан (полі-N-ацетил-D-глюкозамін) $(C_6H_{12}O_5N)_n$ [10,11,14,15]. Хітозану притаманні потужні біоцидні властивості щодо контамінації патогенною мікрофлорою (бактерій та вірусів). Захисна плівка з хітозану утворюється на зовнішній поверхні шкаралупи шляхом випаровування розчинника (водні розчини перекисних сполук та органічних кислот) і являє собою полікомпонентне покриття для покращеної активації відновлення та захисту бар'єрних властивостей біокерамічних структур шкаралупи і шкаралупних мембран, якому властива біоцидна дія, а також здатність покращити газообмін ембріонів протягом періоду інкубації та сприяти підвищенню процесів обміну речовин ембріона і удосконалити якість молодняка птиці. Дослідження вчених побудували міцний фундамент для дослідження наведеної тематики та розробки сучасної, природної та безпечної для навколишнього середовища штучної захисної кутикули [6,8,9,12].

Таким чином, метою цієї роботи була розробка напрямків фізико-хімічної модифікації хітозану, як основної складової «зеленої» технології для захисту інкубаційних і харчових яєць курей «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» («ARTificial cutiCLE»), шляхом керованого введення до складу матричної речовини біологічно активних наночасток (оксиди титану, заліза; метали - мідь, титан, ...) електрохімічною та ультразвуковою обробкою. Це дозволить використовувати одну й ту саму базову матричну речовину «штучної кутикули» хітозан в технологіях попередження контамінації патогенною мікрофлорою інкубаційних яєць зберігати протягом завданих проміжків часу високої біоцидної активності та покращити виводимість і якість інкубаційного процесу [13,19].

Матеріали та методи досліджень. У дослідженні використовували інкубаційні яйця курей Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт в кількості 5760 штук. Інкубацію проводили за загальноприйнятою методикою [3]. Курячі інкубаційні яйця контрольної та дослідної групи кросу інкубували в інкубаторі «Універсал» 55 «Фауна», модифікований на 55000 яєць. Країна походження колишнього СРСР в с. Петрівське Прилуцького району Чернігівської області. Перед інкубацією інкубатор калібрували за допомогою стандартного термометра та гігрометра. Температуру і вологість контролювали кожні 3 години протягом усього періоду інкубації. Інкубацію підтримували при температурі $37,8^{\circ}\text{C} \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ і вологості повітря близько 60% до 18-го дня. З 19-го дня яйця переносили в кошики для інкубації, і температуру $37,2^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ та вологість повітря на інкубаторі було встановлено на рівні 70%. Вік курки 45 тижнів.

Проводили біологічний контроль методом овоскопії (на сьому, одинадцяті і дев'ятнадцяті добу). Підраховували кількість незапліднених яєць, виявляли яйця з «кров'яним кільцем», розраховували відходи інкубації, задохликів (завмерлі зародки), слабких та калік після виводимості, та здорових курчат. Рахували відсоток виводимості з числа запліднених яєць.

1) Заплідненість яєць рахували за формулою, %:

$$\frac{\text{Кількість запліднених яєць}}{\text{Загальна кількість яєць що закладені на інкубацію}} \times 100\%;$$

2) Виводимість яєць, %:

$$\frac{\text{Кількість виведеного молодняка}}{\text{Кількість запліднених яєць}} \times 100\%;$$

3) Вивід молодняка, %:

$$\frac{\text{Кількість виведеного молодняка}}{\text{Загальна кількість яєць що закладені на інкубацію}} \times 100\%;$$

4) Відсоток ембріональної патології та незапліднених яєць за період інкубації:

$$\text{Кількість закладених яєць} = 100\% - \text{вивід молодняка};$$

Дослідження біоцидної активності «GREEN ARTICLE» для знищення патогенної мікрофлори на поверхні інкубаційних яєць курей проводили загальноприйнятими мікробіологічними методами [4]. Для утворення «GREEN ARTICLE» («ARTificial cutiCLE») на основі композиту $\text{TiO}_2 \text{Fe}_2\text{O}_3$. Склад (мас. %): кислоторозчинний хітозан (pH 1% розчину у 2% надоцтовій кислоті 3,0. Сорбційна активність за іонами міді 80,3 mg/r), 3,0; діоксид титану (TiO_2) у анатазній кристалічній формі (діаметр часток 2,0-мкм) 3,0; жовтий залізоокисний пігмент (оксид заліза (III) Fe_2O_3 3,0; Перекис водню (H_2O_2) -5,5; Сульфат міді (CuSO_4) 2,5; ЕДТА 0,1; Мікроелементи (магній, кобальт, цинк) 0,1; вода, та ін. Обробка результатів проведена з використанням пакету StatSoft Statistica v.6.0.

Результати досліджень. У серії експериментів використовували варіант «Штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» на основі композиту « $\text{TiO}_2 \text{Fe}_2\text{O}_3$ ». Для розробки слугувало те, що екологічно безпечна, нетоксична і в той же час біоцидна речовина діоксид титану (TiO_2) у нано- та ультрадисперсному вигляді притаманні такі характеристики: на поверхні часток TiO_2 розміром від 50-500 нм під дією світла видимого діапазону патогенна мікрофлора та органічні забруднювачі піддаються руйнуванню за фотокаталітичним механізмом. В той же час є відомості щодо високої перспективності композицій для знищення забруднень органічної природи, у тому числі і патогенної мікрофлори, на основі варіанту процесу ефективного окиснення (advanced oxidation processes AOP), що базується на комбінуванні перекису водню H_2O_2 та іонів три- або двовалентного заліза Fe (III), Fe (II). Такі процеси обумовлені, зокрема, добре відомою реакцією Фентона між органічними перекисними сполуками (надоцтова кислота, перекис водню H_2O_2) та іонами перехідних металів, зокрема заліза (Fe) яка призводить до утворення високореакційноздатних іонів: OH^{\cdot} , $\text{O}_2^{\cdot-}$, та молекул кисню O_2 , що здатні руйнувати патогенні мікроорганізми шляхом окиснення. Зважаючи на наведене, нами створена композиція для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори на основі кислоторозчинного хітозану, а також надоцтової кислоти, перекису водню (H_2O_2), діоксиду титану (TiO_2) у нано- та ультрадисперсному стані та анатазній кристалічній формі, жовтого залізоокисного пігменту (Fe_2O_3), пом'якшувача води, мікроелементів (магнію, кобальту, цинку) та води. Результати випробувань дії «штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» на результати виводимості яєць подані в табл. 1.

Вплив обробки яєць курей розчином для утворення на поверхні шкаралупи «штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» на основі композиту $TiO_2Fe_2O_3$ на результати інкубації

Методи обробки	Закладено, шт	Незапліднені яйця, шт/%	«Кров'яне кільце», шт/%	Завмерлі, шт/%	Задохлими, шт/%	Слабкі та каліки, шт/%	Вивід курчат, шт/%	Виводимість яєць, шт/%
Хайсекс Браун								
Формальдегід	770	63/8,2	32/4,2	44/5,7	27/3,5	4/0,5	600/77,9	655/85,0
«GREEN ARTICLE» $TiO_2 Fe_2O_3$	770	72/9,5	22/2,9	32/4,2	14/1,8	5/0,6	624/81,1	690/89,7
Хайсекс Уайт								
Формальдегід	770	60/8,1	35/4,3	41/5,6	30/3,5	4/0,5	601/77,9	654/84,9
«GREEN ARTICLE» $TiO_2 Fe_2O_3$	770	70/9,4	24/3,0	34/4,3	12/1,7	3/0,4	627/81,3	693/90,2

Ефективність дії «штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» щодо інкубаційних яєць курей залежить від вихідного стану яєць – високоякісні яйця птиці високопродуктивних кросів, що відповідають стандартам і вимогам передінкубаційного зберігання, в першу чергу терміну та температури зберігання, не потребують підвищення показнику виводимість яєць; в той же час яйця, отримані від птиці середньо- та низькопродуктивних кросів, з подовженим терміном зберігання за умов підвищених температур за застосування технології «штучна кутикула» показують значне підвищення показнику виводимості.

Результати інкубації протягом 21 доби показали

(табл. 1), що виводимість яєць курей Хайсекс Браун між контрольною та дослідною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі, цей показник становить 85,0%, а в досліді складає 89,7%. Показник інкубації у курей кросу Хайсекс Уайт покращився на 5,3%. У контрольній групі цей показник становить 84,9% та у дослідній групі де яйця обробляли розчином $TiO_2 Fe_2O_3$ 90,2%. Також композиція позитивно впливає на зниження контамінації патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць до 0,4-0,71% від вихідної кількості бактеріальних колоній протягом 19 днів (табл. 2).

Таблиця 2

Рівень мікробної контамінації інкубаційних яєць курей за умов використання технології «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» $TiO_2 Fe_2O_3$ протягом інкубації (МПА, колонії, шт., в середньому, $M \pm m$, $n=10$)

		Методи обробки	
		Пара формальдегіду	Штучна кутикула «GREEN ARTICLE»
Хайсекс Браун			
До обробки		257,20±7,61	
Після обробки	2 години	2,16±0,02	0,04±0,02*
	5 діб	6,05±1,06	1,03±0,01*
	11 діб	13,24±1,11	2,16 ±0,03*
	19 діб	27,44±3,09	4,12±0,05*
Хайсекс Уайт			
До обробки		248,23±9,21	
Після обробки	2 години	2,41±0,01	0,07±0,01*
	5 діб	10,63±0,05	0,16±0,01*
	11 діб	27,62±3,14	2,90±0,11*
	19 діб	32,25±3,15	5,41±0,01*

Примітка: * $p < 0,05$

Висновки. 1) Експериментально доведено, що використання нанокоспозити «штучна кутикула» у птиці забезпечує збільшення виводимості яєць курей кросу Хайсекс Браун на 4,7%, порівняно з формальдегідом та виводимість курей кросу Хайсекс Уайт підвищилась на 5,3% порівняно з формальдегідом.

2) Зменшує кількість патогенної мікрофлори на поверхні яєць під час інкубації на 99,19 – 99,6% від необробленого контролю. Ефективність дії «GREEN ARTICLE» на основі композиту « $TiO_2 Fe_2O_3$ » щодо інкубаційних яєць курей залежить від вихідного стану яєць – високоякісні яйця птиці висо-

копродуктивних кросів, що відповідають стандартам і вимогам передінкубаційного зберігання, в першу чергу терміну та температури зберігання, не потребують підвищення показнику виводимість яєць; в той же час яйця, отримані від птиці середньо- та низькопродуктивних кросів, з подовженим терміном зберігання за умов підвищених температур за застосування технології «штучна кутикула» показують значне підвищення показнику виводимості.

Подяки. Робота виконана за фінансової підтримки Міністерства освіти і науки України (номер державної реєстрації 0119U100551).

Список використаної літератури:

1. Авдосьева І. К., Пономарьова С. А., Чайковська О. І., Крушельницька Н. В. Сучасний стан обробки інкубаційних яєць птиці дезінфікуючими засобами. *Науково-технічний бюлетень Державного науково-дослідного контрольного інституту ветеринарних препаратів та кормових добавок і Інституту біології тварин*. 2019. Вип. 20(1), С. 65-75.
2. Астраханцева О. Г., Самохіна Є. А., Бордунова О. Г., Чіванов В. Д. Композиція для захисту інкубаційних яєць курей на основі хітозану, перекисних сполук і сульфату заліза (FeSO₄ 5H₂O). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Тваринництво»*. Суми: СНАУ, 2016. Вип.(7). С. 207-213.
3. Інкубація: Метод. посібник / В.О.Бреславець, М.І.Сахацький, Б.Т.Стегній та інші. ІП УААН. Харків, 2001. С. 56.
4. Лабораторные исследования в ветеринарии: биохимические и микологические: Справочник. Под ред. Антонова Б.И. М.: Агропромиздат, 1991.
5. Araújo, W. A. G., Albino L. F. T. Incubação comercial. *Transworld Research Network*. 2011. P. 105-138.
6. Ayman S. Elmezayyen, Fikry M. Reicha. Preparation of Chitosan copper complexes: Molecular dynamic studies of Chitosan and Chitosan copper complexes. *Open Journal of Applied Sciences* Vol.05 No.08(2015), Article ID:58545,12 pages 10.4236/ojapps.2015.58041.
7. Alleoni A.C. C., Antunes A.J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Sci. Agric.*, 2001. Issue 8, pp. 681-685.
8. Al-Natour M. Q., Alaboudi A. R., Al-Hatamelh N. A., and Osaili T. M. Escherichia coli O157:H7 Facilitates the Penetration of Staphylococcus aureus into Table Eggs. *Journal of Food Science*, 2011. Issue 77(1), pp. 29–34.
9. Brake J., Walsh T.J., Benton C. E. Jr., Petite J. N., Meijerhof R., Peñalva G. Egg handling and storage. *Poult. Sci.*, 1997. Issue 76, pp. 144-151.
10. Figueiredo T. C., Cançado S. V., Viegas R. P., Rêgo I. O. P., Lara L. J. C., Souza M. R. and Baião N. C. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2011. Issue 63(3), pp. 712–720.
11. Figueiredo T. C., Viegas R. P., Lara L. J. C., Baião N. C., Souza M. R., Heneine L. G. D., andCancado S. V. Bioactive amines and internal quality of commercial eggs. *Poultry Science*, 2013. Issue 92(5), pp. 1376–1384.
12. Gole V. C., Roberts J. R., Sexton M., May D., Kiermeier A. and Chousalkar K. K. Effect of egg washing and correlation between cuticle and egg penetration by various Salmonella strains. *International Journal of Food Microbiology*, 2014. Issue 182-183, pp. 18–25.
13. Jones D. R., et al. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poultry science*, 2018. Issue 97(2), pp.716-723.
14. Leleu S., Messens W., De Reu K., De Preter S., Herman L., Heyndrickx M., and Bain M. Effect of egg washing on the cuticle quality of brown and white table eggs. *Journal of Food Protection*, 2011. Issue 74(10), pp. 1649-1654.
15. Liu Y.-C., Chen T.-H., Wu Y.-C., Lee Y.-C., and Tan F.-J. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, 2016. Issue 211, pp. 687–693.
16. Lublin A., Maler I., Mechani S., Pinto R., and Sela-Saldinger S. Survival of Salmonella enterica serovar infantis on and within stored table eggs. *Journal of Food Protection*, 2015. Issue 78(2), pp. 287–292.
17. Linden J. New in the hatchery. *Poultry. International*. 2002. Issue 41(3). P. 16-19.
18. Gritsch L., Lovell C., Goldmann W. H., Boccaccini A. R. Fabrication and characterization of copper(II)-chitosan complexes as antibiotic-free antibacterial biomaterial. *Carbohydrate Polymers*, 2018 Volume 179, 1 January, pp. 370-378 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.095>.

Reference:

1. Avdoseva I. K., Ponomarova S. A., Chaikovska O. I., Krushelnytska N. V. 2019. Suchasnyi stan obrobky inkubatsiinykh yaiets ptytsi dezinfikiuichymy zasobamy.[The current state of treatment of poultry hatching eggs with disinfectants]. *Naukovo-tekhnychnyi biuleten Derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu veterynarykh preparativ ta kormovykh dobavok i Instytutu biolohii tvaryn*. issue 20(1), pp. 65-75.
2. Astrakhantseva, O. H., Samokhina, Ye. A., Bordunova, O. H. and Chivanov, V. D., 2016. Kompozytsiia dlia zakhystu inkubatsiinykh yaiets kurei na osnovi khitozanu, perekysnykh spolk i sulfatu zaliza (FeSO₄ 5H₂O) [Composition for protection of hatching eggs of chickens based on chitosan, peroxide compounds and ferrous sulfate (FeSO₄ 5H₂O)]. *Visnyk Sumskoho natsionalno ahrarnoho universytetu. Seriia: «Tvarynytsstvo»*. Sumy: SNAU, issue (7), pp. 207-213.
3. Inkubatsiia: Metod. posibnyk / V.O.Breslavets, M.I.Sakhatskyi, B.T.Stehniy ta inshi. – IP UAAN.-Kharkiv, 2001.-S. 56.
4. Laboratornie yssledovanyia v veterynaryi: byokhymycheskye y mykolohycheskye: Spravochnyk. 1991. Pod red. Antonova B.Y. M.: Ahropromyzzdat.
5. Araújo, W. A. G., Albino L. F. T. 2011. Incubação comercial. *Transworld Research Network*. P. 105-138.
6. Ayman, S. Elmezayyen, Fikry, M. Reicha 2015. Preparation of Chitosan copper complexes: Molecular dynamic studies of Chitosan and Chitosan copper complexes. *Open Journal of Applied Sciences* Vol.05 No.08, Article ID:58545,12 pages 10.4236/ojapps.2015.58041.
7. Alleoni, A. C. C., Antunes, A. J. 2001. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. *Sci. Agric.*, issue (8), pp. 681-685.
8. Al-Natour, M. Q., Alaboudi, A. R., Al-Hatamelh, N. A., and Osaili, T. M. 2011. Escherichia coli O157:H7 Facilitates the

Penetration of *Staphylococcus aureus* into Table Eggs. *Journal of Food Science*, issue 77(1), pp. 29–34.

9. Brake, J., Walsh, T. J., Benton, C. E. Jr., Petitte, J. N., Meijerhof, R., Peñalva, G. 1997. Egg handling and storage. *Poult. Sci.*, issue (76), pp. 144-151.

10. Figueiredo, T. C., Cançado, S. V., Viegas, R. P., Rêgo, I. O. P., Lara, L. J. C., Souza, M. R., and Baião, N. C. 2011. Qualidade de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, issue 63(3), pp.712–720.

11. Figueiredo, T. C., Viegas, R. P., Lara, L. J. C., Baiao, N. C., Souza, M. R., Heneine, L. G. D., and Cancado, S. V. 2013. Bioactive amines and internal quality of commercial eggs. *Poultry Science*, issue 92(5), pp.1376–1384.

12. Gole, V. C., Roberts, J. R., Sexton, M., May, D., Kiermeier, A., and Chousalkar, K. K. 2014. Effect of egg washing and correlation between cuticle and egg penetration by various *Salmonella* strains. *International Journal of Food Microbiology*, issue (182-183), pp. 18–25.

13. Jones, D. R., Ward, G. E., Regmi, P., and Karcher, D. M. 2018. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poultry science*, issue 97(2), pp. 716-723.

14. Leleu, S., Messens, W., De Reu, K., De Preter, S., Herman, L., Heyndrickx, M., and Bain, M. 2011. Effect of egg washing on the cuticle quality of brown and white table eggs. *Journal of Food Protection*, issue 74(10), pp. 1649-1654.

15. Liu, Y.-C., Chen, T.-H., Wu, Y.-C., Lee, Y.-C., and Tan, F.-J. 2016. Effects of egg washing and storage temperature on the quality of eggshell cuticle and eggs. *Food Chemistry*, issue 211, pp. 687–693.

16. Linden J. New in the hatchery. *Poultry. International*. 2002. Issue 41(3). P. 16-19.

17. Lublin, A., Maler, I., Mechani, S., Pinto, R., and Sela-Saldinger, S. 2015. Survival of *Salmonella enterica* serovar infantis on and within Stored Table Eggs. *Journal of Food Protection*, issue 78(2), pp. 287–292.

18. Gritsch, L., Lovell, C., Goldmann, W. H., and Boccaccini, A. R. 2018. Fabrication and characterization of copper(II)-chitosan complexes as antibiotic-free antibacterial biomaterial. *Carbohydrate Polymers* issue (179), 1 January, pp. 370-378 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.095>.

Chekh Oleksandr Oleksandrovich, graduate student

Bordunova Olga Georgievna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Chivanov Vadym Dmytrovich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Sumy National Agrarian University (Sumy, Ukraine)

Biomimetic technology of pre-incubation processing of eggs of chickens "artificial cuticula" "GREEN ARTICLE" TiO_2 Fe_2O_3 .

The paper presents detailed information on the biomimetic technologies developed by the authors for the protection of hatching eggs of chickens, consisting of a chitosan composite, peroxide compounds and photocatalytic ultrafine particles of titanium dioxide TiO_2 and yellow iron oxide pigment iron Fe_2O_3 . Theoretical and applied aspects of the concept of using biomimetic protective coatings "GREEN ARTICLE" ("ARTificial cutiCLE") in the poultry industry, namely in the production of hatching eggs. The basic matrix component of protective coatings "GREEN ARTICLE" is "green", environmentally friendly, widespread and inexpensive and harmless in production material - chitosan. It is experimentally proved that electrochemical and ultrasonic technologies of modification of chitosan solution in peroxide compounds (peracetic acid, hydrogen peroxide) by nanoparticles of oxides: titanium, iron, and metals: titanium, copper, and calcite, allow to create protective coatings "double action" according to technology prevention of contamination of hatching eggs with pathogenic microflora, increase of hatchability of eggs and quality of young "GREEN ARTICLE". The results of incubation for 21 days showed that the hatchability of eggs of Haysex Brown chickens between the control and experimental groups differed by 4.7%. Thus, in the control group, this figure is 85.0%, and in the experiment is 89.7%. The incubation rate in Hicex White cross hens improved by 5.3%. In the control group, this figure is 84.9% and in the experimental group where the eggs were treated with a solution of TiO_2 Fe_2O_3 90.2%. The composition also has a positive effect on reducing the contamination of pathogenic microflora on the surface of the shell of chicken eggs to 0.4-0.71% of the initial number of bacterial colonies for 19 days.

Key words: cuticle, electrochemical modification, metal nanoparticles, biocidal activity, hatching eggs, chitosan.

Дата надходження до редакції: 19.08.2021 р.