

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ЧЕХ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 637.434

ДИСЕРТАЦІЯ

**РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ
ТЕХНОЛОГІЇ «GREEN ARTICLE» ДЛЯ ОБРОБКИ
ПЕРЕДІНКУБАЦІЙНИХ ТА ХАРЧОВИХ ЯЄЦЬ КУРЕЙ**

204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня

доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ **О.О. Чех**

Науковий керівник **Бордунова Ольга Георгіївна**, доктор
сільськогосподарських наук, професор

Суми – 2021

АНОТАЦІЯ

Чех О.О. Розробка та впровадження інноваційної технології «GREEN ARTICLE» для обробки передінкубаційних та харчових яєць курей. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. – Сумський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2021.

Дисертаційна робота присвячена вивченню впливу, як класичних способів обробки яєць так і сучасних препаратів, які застосовують у спеціалізованих птахівничих господарствах. Експериментально доведено, що електрохімічна та ультразвукова технологія модифікації розчину хітозану у перекисних сполуках (надоцтова кислота, перекис водню), наночастками оксиду цинку та металів: титану, міді, дозволяє створити захисні покриття «подвійної дії» відповідно до технологій: а) подовження терміну зберігання харчових яєць, обробленими завдяки електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь» та б) попередження контамінації інкубаційних яєць патогенною мікрофлорою, підвищення показників виводимості яєць та якості молодняка завдяки обробці композицією на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO).

На першому етапі досліджень важливим було виявити вплив дезінфікантів на робоче обладнання інкубаторію та ступінь корозійної активності робочих розчинів щодо поверхонь зразків, а саме алюмінію та нержавіючої сталі. Робочий розчин хітозану + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ демонструє незначні корозійні пошкодження і залишає поверхні металів майже непошкодженими. Беручи до уваги, що органічні пероксидні сполуки і надоцтова кислота зокрема, є речовинами, що мають корозійну активність, хітозан, що входить до складу робочого препарату забезпечує досить сильну захисну дію шляхом пасивування поверхні металів. Корозійна активність робочої композиції на метали у відсотковому співвідношенні для

алюмінію при дії 3,0% розчину хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% становить – 0,0074%, порівняно з 2% розчином NaOH.

Втрата маси зразків у відсотковому співвідношенні для нержавіючої сталі при дії 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% – 0,0024 %, що у порівнянні з 2 % розчином NaOH.

Експериментально встановлено, що змивання водою температурою 65-80°C, тиску 0,4 МПа та витратах 2 л/м² забезпечує повне видалення складових композиції з поверхонь інкубаційних лотків.

Другим етапом досліджень слугувало вивчення композиції «штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» (artificial cuticle- «article») для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори: композиція на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO. До дослідної групи входила композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂. Виходячи з результатів досліджень встановлено, що 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% мали значний вплив на виводимість яєць та на рівень мікробної контамінації. Поверхня шкаралупи яєць дослідних груп була менш забруднена мікроорганізмами у порівнянні з контрольними групами. Композитні хітозанові наночастинки ZnO позитивно впливають на зменшення забруднення патогенною мікрофлорою на поверхні шкаралупи курячих яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 діб.

Результати інкубації протягом 21 доби показали, що різниця між курячими яйцями кросу Хайсекс Браун контрольної та експериментальної групи становила 4,7%. Так, у контрольній групі цей показник становить 85,5%, а в експериментальній - 89,7%. В дослідній групі, де використовувалися яйця курей кросу Хайсекс Уайт різниця між контрольною та експериментальною групою становить 0,3%. Так, у контрольній групі цей показник становить

84,9%, а в групі, де використовувалась композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O₂ - 90,2%. Встановлено вплив при обробці курячих яєць кросу Хайсекс Браун парами формальдегіду на рівень контамінації грибом *Aspergillus fumigatus*. При вологості 100% рівень контамінації знизився на 61%, при вологості 90-94% показник знизився на 94,3% та при 88% - на 95%. Відповідно при обробці композицією хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ і вологості 100% показник обсіменіння грибок знизився до 95,7%, при 90-94% вологості - на 98,86% та при 88% грибок на поверхні курячих яєць був відсутній.

На третьому етапі проведених досліджень доведено доцільність використання способів обробки харчових яєць від контамінації патогенною мікрофлорою та збільшенню терміну зберігання при температурі 21°C за допомогою методів електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь». З одержаних результатів було встановлено, що в дослідній групі, де курячі яйця кросу Декалб Уайт обробляли водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданому електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) вага яєць стала меншою на 1,3% на 6 добу, 2,4% на 14 добу, 3,1% на 21 добу, 7,5% на 30 добу, що демонструє найкращий результат, порівнюючи із застосуванням інших досліджуваних препаратів на основі хітозану.

Було доведено, що водорозчинний хітозан в комплексі з іншими хімічними речовинами дозволяє зменшити кількість патогенних мікроорганізмів на поверхні харчових яєць протягом зберігання за підвищених рівнів температури і вологи. Екологічно безпечний робочий розчин забезпечує зменшення кількості БГКП, спороутворюючих бактерій та стафілококу протягом тривалого терміну зберігання за температури 21°C. Так у контрольній групі в якій харчові курячі яйця були без обробки, на 14 добу з'являються бактерії групи кишкової палички (БГКП), що становить 15%, на 19 добу - 20%, протягом 28 діб зберігання - 40%, і на 35 добу цей показник становив на рівні 65%. Кількість спороутворюючих бактерій залишалась на

рівні 10% і стафілококу - 5%. При обробці харчових яєць композицією на основі комплексів «хітозан-мідь» доведено, що рівень контамінації зменшився: на 14 і 19 добу БГКП не виявлено, на 28 добу піднявся до 5% і на 35 добу зберігання становив 10%, а спороутворюючі бактерії залишилися на рівні 5%.

Досліджували біохімічний склад харчових яєць протягом тривалого зберігання. Яйця курей Хайсекс Браун, покриті Розчином 5, зберігали значення Хау при 65,83 після 35 діб зберігання, порівняно з 58,12 контрольної групи. Яйця курей Хайсекс Уайт зберігали значення Хау на рівні 60,02 після 35 діб зберігання, порівняно з 51,27 для контрольної групи. Це свідчить про те, що покриття водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) допомагало ущільнити пори на яєчній шкаралупі та уповільнити витік вуглекислого газу та води під час тривалого зберігання, зберігаючи якість білка. У той час, як курячі яйця двох кросів Хайсекс Браун і Хайсекс Уайт, що зберігалися при температурі 24°C, зберігали сорт А (Хау = 71-60) протягом усього 35-добового періоду. Яйця без покриття впали з сорту «А» до «В» після 21 доби зберігання.

Значення ІЖ (Індексу жовтка) під час зберігання при кімнатній температурі зменшувалося внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину. Після 35 доби зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно.

Доведено, що покриття захисною плівкою ефективно знижує швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

Встановлено, що показник сухої речовини в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливався від 24,44 спочатку до 26,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 24,42 спочатку до 26,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 25,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 26,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

Дисертантом уперше проведена порівняльна оцінка впливу різних типів дезінфікуючих препаратів на основі комплексу «хітозан-мідь» для обробки харчових яєць курей кросу Декалб Уайт, Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт. Досліджено вплив 3% розчину хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3% і перекис водню 5,5% на вплив контамінації патогенною мікрофлорою передінкубаційних яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт та виводимість після інкубації. Основою дослідження є авторські технології модифікації хітозану як матричної речовини. Розроблені шляхи фізико-хімічної модифікації хітозану, як основної складової «зеленої» технології для захисту інкубаційних і харчових яєць курей «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE». Важливо, щоб ці технології мали велику перспективу застосування в країнах, які розробляють «зелені» технології виробництва продукції птахівництва.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO) на поверхню шкаралупи яєць. У дослідній групі вона була менш забруднена мікроорганізмами у порівнянні з контрольною групою. Композитні хітозанові наночастинки ZnO позитивно впливають на зменшення забруднення патогенною мікрофлорою поверхні шкаралупи курячих яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 днів.

Результати інкубації протягом 21 дня показали, що інкубація яєць курей кросу Хайсекс Браун між контрольною та експериментальною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі цей показник становить 85,5%, а в експерименті - 89,7%. Встановлено, що в дослідній групі, де

використовувалися яйця курей кросу Хайсекс Уайт різниця між контрольною та експериментальною групою становить 0,3%. Так, у контрольній групі цей показник становить 84,9%, а в групі, де використовувалась композиція хітозан + надощтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O - 90,2%.

Встановлено вплив при обробці курячих яєць кросу Хайсекс Браун парами формальдегіду на рівень контамінації грибом *Aspergillus fumigatus* при вологості 100% знизився на 61%, а при вологості 90-94% показник знизився на 94,3% та при 88% на 95%. Відповідно при обробці композицією Хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ і вологості 100% показник обсіменіння грибок знизився до 95,7%, при 90-94% вологості на 98,86% та при 88% грибок на поверхні курячих яєць був відсутній.

За допомогою методів електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь» встановлено доцільність використання способів обробки харчових яєць на основі хітозану від контамінації патогенною мікрофлорою харчових яєць та збільшенню терміну зберігання при температурі 24°C. З одержаних результатів в дослідній групі, де курячі яйця кросу Декалб Уайт обробляли водним 5% хітозаном з додаванням надощтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) вага яєць стала меншою на 1,3% на 6 день, 2,4% - 14 день, 3,1% на 21 день, 7,5% на 30 добу, що демонструє найкращий результат, порівнюючи із застосуванням інших досліджуваних препаратів на основі хітозану.

Так у контрольній групі, в якій харчові курячі яйця кросу Декалб Уайт були без обробки, на 14 добу з'являються бактерії групи кишкової палички (БГКП), що становить 15%, на 19 добу - 20%, протягом 28 днів зберігання - 40% і на 33 добу цей показник становив на рівні 65%. Кількість спороутворюючих бактерій становила 10% і стафілококу 5%. Харчові яйця курей, котрі оброблялися композицією на основі комплексів «хітозан-мідь» показало, що на 14 і 19 добу БГКП не було виявлено, на 28 добу піднявся до

5% і на 35 добу зберігання становить 10%, а спороутворюючі бактерії залишилися на рівні 5%.

Біохімічний склад харчових яєць курей кросу Хайсекс Браун протягом тривалого зберігання, покриті Розчином 5, зберігали значення Хау при 65,83 після 35 доби зберігання порівняно з 58,12 контрольної групи яєць. Яйця курей Хайсекс Уайт зберігали значення Хау на рівні 60,02 після 35 доби зберігання, порівняно з 51,27 для контрольної групи яєць. Це свідчить про те, що покриття допомагало ущільнити пори на яєчній шкаралупі та уповільнити витік вуглекислого газу та води під час тривалого зберігання, зберігаючи якість білка. У той час, як курячі яйця двох курячих кросів Хайсекс Браун і Хайсекс Уайт, що зберігалися при температурі 24°C, зберігали сорт А (Хау = 71-60) протягом усього 35-денного періоду. Яйця без покриття впали з сорту «А» до «В» після 21 дня зберігання.

Доведено, що значення ІЖ (Індексу жовтка) під час зберігання при кімнатній температурі зменшувалось внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину. Після 35 діб зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно. Покриття захисною плівкою ефективно знижувало швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

Доведено, що показник СР (сухої речовини) в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливався від 24,44 спочатку до 26,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 24,42 спочатку до 26,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 25,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 26,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

Базуючись на отриманих даних, наші дослідження були впроваджені у виробництво ТОВ «Авіс-Україна», с. Косівщина Сумського району Сумської

області, ФОП ТРЕПАЧЕНКО с. Петрівське Прилуцького району Чернігівської області. Результати досліджень використовуються в навчальному процесі для підготовки технологів біолого-технологічного факультету на кафедрі біохімії та біотехнології Сумського національного аграрного університету. Результати наукових досліджень послужили основою розробки науково–практичних рекомендацій для виробництва «Технології захисту харчових яєць курей з використанням композитів на основі хітозану».

Особистий внесок здобувача.

Здобувачем проведено аналіз і узагальнення матеріалу, опрацьовано літературні джерела за темою виконаної дисертації, проведено аналітичні експериментальні роботи, статистичні обробки отриманих результатів. Разом з науковим керівником було розроблено тематику, удосконалили схеми та напрям досліджень щодо проведення обробки передінкубаційних та харчових яєць, вивчені та практично застосовані відповідні дослідженням методики, проведені всі необхідні дослідження. Частина дослідницької роботи була виконана на базі Інституту прикладної фізики НАН України, м. Суми. Здобувач здійснив низку аналітичних досліджень, частину із яких було виконано спільно з іншими науковцями, за що висловлює їм щиру вдячність. Результати досліджень опубліковано та висвітлено в публікаціях разом із співавторами. Проведено аналіз та обробку отриманих даних, на основі яких сформульовано результати та висновки, що викладені в дисертаційній роботі, що були впроваджені на виробництві і в навчальному процесі.

Апробація результатів дисертації.

Матеріали дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивні відгуки на науково-практичних конференціях: «Науково-практична конференція викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ» (Суми, 17-20 квітня 2018 р.); міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» (м. Київ, 13 березня 2018 р.); Міжрегіональний аграрний форум – Аграрна Сумщина (м. Суми, 15 вересня 2018); XVII Всеукраїнська науково-

практична конференція молодих учених «Молоді учені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (м. Львів, 6-7 грудня 2018); всеукраїнська студентська наукова конференція, присвячена Міжнародному дню студента (Суми, 2019); V Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Актуальні питання технології продукції тваринництва» (м. Полтава, 30-31 жовтня 2019 року; Ukrainian Conference with International Participation chemistry, physics and technology of surface dedicated to the 90th birthday of Academician Aleksey Chuiko (Kyiv 21–22 October 2020) ; XIX Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих вчених «Молоді вчені у розв’язанні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвячена 90-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора Яновича Вадима Георгійовича (1930–2011) (м. Львів, 3–4 грудня 2020 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інновації у забезпеченні якості та безпечності тваринницької продукції» (м. Київ, 19-20 травня 2021 р.); The 11th International Conference «Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021) » that was held (Odessa, 5-11 September, 2021).

***Ключові слова:** технологія, хітозан, інкубаторій, захисні покриття, продуктивність, мікроклімат, наночастки металів, біоцидна активність, дезінфектант, концентрація, мікрофлора, харчові та передінкубаційні яйця, GREEN ARTICLE.*

ABSTRACT

Chekh O.O. Development and implementation of innovative technology «GREEN ARTICLE» for processing pre-incubation and edible eggs of chickens. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 204 - Technology of manufacture and processing of production of animal husbandry. - Sumy National Agrarian University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2021.

The dissertation is devoted to the study of the influence of both classical methods of egg processing and modern drugs used in specialized poultry farms. It is experimentally proved that electrochemical and ultrasonic technology of modification of chitosan solution in peroxide compounds (peracetic acid, hydrogen peroxide), nanoparticles of zinc oxide and metals: titanium, copper, allows to create protective coatings "double action" according to technologies: a) prolongation of shelf life eggs treated by electrochemical synthesis of drugs based on chitosan-copper complexes and b) prevention of contamination of hatching eggs with pathogenic microflora, increase of egg hatchability and quality of young due to treatment of compositions based on chitosan and nanodispersed zinc oxide (ZnO).

At the first stage of the research it was important to identify the effect of disinfectants on the working equipment of the incubator and the degree of corrosion activity of the working solutions on the surfaces of the samples, namely aluminum and stainless steel. A working solution chitosan + ZnO + H₂O₂ shows minor corrosion damage and leaves metal surfaces almost undamaged. Given that organic peroxide compounds and peracetic acid in particular are substances with corrosive activity, chitosan, which is part of the working preparation provides a strong protective effect by passivating the surface of metals. Corrosion activity of the working composition on metals in percentage for aluminum under the action of 3,0% solution of chitosan in 2% peracetic acid (PAA) pH 3,6, zinc oxide (ZnO) 3,0% and hydrogen peroxide 5,5% is – 0,0074%, compared with 2% NaOH solution.

Loss of sample weight as a percentage for stainless steel under the action of 3,0% solution of chitosan in 2% peracetic acid (PAA) pH 3,6, zinc oxide (ZnO) 3,0% and hydrogen peroxide 5,5% - 0,0024 %, compared with 2% NaOH solution.

It has been experimentally established that rinsing with water at a temperature (65-80°C), a pressure of 0,4 MPa and a flow rate of 2 l/m² provides complete removal of the components of the composition from the surfaces of the incubation trays.

The second stage of research was the study of the composition "artificial cuticle" «GREEN ARTICLE» (artificial cuticle- "article") to protect hatching eggs of chickens from pathogenic microflora: a composition based on chitosan and nanodispersed zinc oxide ZNO. The experimental group included the composition chitosan + peracetic acid (PAA) and + ZnO + H₂O₂. Based on the results of studies, it was found that 3,0% solution of chitosan in 2% peracetic acid (PAA) pH 3,6, zinc oxide (ZnO) 3,0% and hydrogen peroxide 5,5% had a significant effect on egg hatchability and level of microbial contamination. The surface of the eggshell of the experimental groups was less contaminated with microorganisms compared to the control groups. Composite chitosan ZnO nanoparticles have a positive effect on reducing the contamination of pathogenic microflora on the surface of the shell of chicken eggs of cross Hisex Brown and Hisex White to 0,3-0,71% of the initial number of bacterial colonies within 19 days.

The results of incubation for 21 days showed that chicken eggs cross Hisex Brown between the control and experimental groups differed by 4,7%. Thus, in the control group this figure is 85,5%, and in the experimental – 89,7%. In the experimental group where the eggs of Hisex White cross hens were used, the difference between the control and experimental groups is 0,3%. Thus, in the control group this indicator is 84,9%, and in the group where the composition chitosan + peracetic acid (PAA) + ZnO + H₂O₂ - 90.2%. The effect of formaldehyde vapors on the level of contamination with the fungus *Aspergillus fumigatus* during the treatment of Hisex Brown cross chicken eggs was established. At 100% humidity the level of contamination decreased by 61%, at 90-94% humidity the indicator

decreased by 94,3% and at 88% by 95%. Accordingly, when treated with the composition chitosan + PAA + ZnO + H₂O₂ and 100% humidity, the fungal contamination rate decreased to 95,7%, at 90-94% humidity by 98,86% and at 88% the fungus on the surface of chicken eggs was absent.

At the third stage of the research the expediency of using methods of processing food eggs from contamination with pathogenic microflora and increasing the shelf life at a temperature of 21°C using methods of electrochemical synthesis of drugs based on «chitosan-copper» complexes was proved. From the obtained results it was found that in the experimental group, where chicken eggs were treated with aqueous 5% chitosan with the addition of peracetic and acetic acid (1:1 by volume) and subjected to electrolysis using titanium as an anode and cathode (Solution 5) weight eggs decreased by 1,3% on day 6, 2,4% on day 14, 3,1% on day 21, 7,5% on day 30, which shows the best result compared to the use of other studied drugs based on chitosan.

It was proved that water-soluble chitosan in combination with other chemicals can reduce the number of pathogenic microorganisms on the surface of egg eggs during storage at elevated levels of temperature and humidity. The working environmentally friendly working solution reduces the amount of E.coli, spore-forming bacteria and staphylococcus during a long storage period at a temperature of 21°C. So in the control group in which edible chicken eggs were untreated, on the 14th day there are bacteria of the Escherichia coli group (E.coli), which is 15%, on the 19th day 20%, within 28 days of storage 40%, and on the 35th day this the figure was 65%. The number of spore-forming bacteria remained at 10% and staphylococcus - 5%. When processing edible eggs with a composition based on chitosan-copper complexes, it was proved that the level of contamination decreased: on the 14th and 19th days E.coli was not detected, on the 28th day it rose to 5% and on the 35th day of storage was 10%, and spore-forming bacteria remained on levels of 5%.

The biochemical composition of edible eggs was studied during long-term storage. The eggs of Hisex Brown chickens coated with Solution 5 kept the value of

HU at 65,83 after 35 days of storage compared with 58,12 control group. Eggs of Hisex White chickens kept the HU value at 60,02 after 35 days of storage, compared with 51,27 for the control group. This indicates that the coating with aqueous 5% chitosan with the addition of peracetic and acetic acid (1: 1 by volume) and subjected to electrolysis using titanium as an anode and cathode (Solution 5) helped to seal the pores on the eggshell and slow down leakage carbon dioxide and water during long-term storage, while maintaining the quality of protein. While the two-cross chicken eggs of Hisex Brown and Hisex White, stored at 24°C, retained grade A (HU = 71-60) throughout the 35-day period. Uncoated eggs fell from grade «A» to «B» after 21 days of storage.

The value (Yolk Index) of YI during storage at room temperature decreased due to the gradual weakening of the membranes of the vitelin and the liquefaction of the yolk, caused mainly by the diffusion of water from the protein into the yolk. After 35 days of storage, the YI of uncoated eggs decreased from 0,48 to 0,33, while the eggs coated with the protective composition showed a YI value of 0,40 in Hisex Brown hens and 0,39 in Hisex White hens, respectively.

It is proved that the coating with a protective film effectively reduces the rate of mass transfer (water and CO₂ loss) from the protein through the eggshell during long-term storage. Therefore, this process inhibits the liquefaction of protein and the absorption of water by the yolk and minimizes the decrease in the quality of the yolk.

It was found that the rate of DM (dry matter) in the control group (uncoated) in egg whites of Haysex Brown chicken eggs ranged from 24.44 initially to 26.98, and Haysex White chicken eggs - from 24.42 initially to 26.80, respectively. For treated eggs, the values of CP protein reached 25.95 eggs of Highsex Brown chickens and 26.58 eggs of Highsex White chickens, respectively.

For the first time, the dissertation conducted a comparative assessment of the impact of different types of disinfectants based on the "chitosan-copper" complex for the treatment of edible eggs of crossbred chickens Hisex Brown, Dekalb White and Hisex White. The effect of 3% solution of chitosan in 2% peracetic acid (PAA) pH 3,6, zinc oxide (ZnO) 3% and hydrogen peroxide 5,5% on the effect of

contamination with pathogenic microflora of pre-incubation eggs of cross Hisex Brown and Hisex White and excretion after incubation. The basis of the study is the author's technology of modification of chitosan as a matrix substance. Ways of physicochemical modification of chitosan as the main component of «green» technology for protection of hatching and food eggs of hens «artificial cuticle» «GREEN ARTICLE» are developed. It is important that these technologies have great potential for use in countries that are developing "green" technologies for poultry production.

The practical significance of the obtained results. The effect of the composition based on chitosan and nanodispersed zinc oxide (ZnO) on the surface of the egg shell was established. The experimental group was less contaminated with microorganisms compared to the control group. Composite chitosan ZnO nanoparticles have a positive effect on reducing the contamination of pathogenic microflora on the surface of the shell of chicken eggs of cross Hisex Brown and Hisex White to 0,3-0,71% of the initial number of bacterial colonies within 19 days.

The results of incubation for 21 days showed that the incubation of eggs of Hisex Brown cross chickens between the control and experimental groups differed by 4,7%. Thus, in the control group, this figure is 85,5%, and in the experiment – 89,7%. It was found that in the experimental group where the eggs of Hisex White cross hens were used, the difference between the control and experimental groups is 0,3%. Thus, in the control group this figure is 84,9%, and in the group where the composition chitosan + peracetic acid (PAA) + ZnO + H₂O – 90,2%.

The effect of formaldehyde vapors on the level of contamination with the fungus *Aspergillus fumigatus* at 100% humidity decreased by 61%, and at 90-94% humidity the indicator decreased by 94,3% and at 88% by 95%. Accordingly, when treated with the composition Chitosan + PAA + ZnO + H₂O₂ and 100% humidity, the fungal contamination rate decreased to 95,7%, at 90-94% humidity by 98,86% and at 88% the fungus on the surface of chicken eggs was absent.

Using the methods of electrochemical synthesis of drugs based on «chitosan-copper» complexes, the expediency of using methods of processing food eggs based

on chitosan from contamination with pathogenic microflora of food eggs and increasing the shelf life at 24°C. From the results obtained in the experimental group, where chicken eggs cross Decalb White was treated with aqueous 5% chitosan with the addition of peracetic and acetic acid (1:1 by volume) and subjected to electrolysis using titanium as an anode and cathode (Solution 5) weight eggs decreased by 1,3% on day 6, 2,4% - on day 14, 3,1% on day 21, 7,5% on day 30, which shows the best result compared with the use of other studied drugs based on chitosan.

So in the control group in which the edible chicken eggs of the cross Decalb White were untreated, on the 14th day there are bacteria of the Escherichia coli group (E.coli), which are 15%, on the 19th day 20%, within 28 days of storage 40% and 33 day, this figure was 65%. The number of spore-forming bacteria was 10% and staphylococcus 5%. Edible eggs of chickens treated with a composition based on "chitosan-copper" complexes showed that the level of contamination decreased: on the 14th and 19th days E.coli was not detected, on the 28th day rose to 5% and on the 35th day of storage is 10%, and spore-forming bacteria remained at 5%.

The biochemical composition of the egg eggs of Hisex Brown cross hens during long-term storage coated with Solution 5 kept the value of How at 65,83 after 35 days of storage compared with 58,12 control group of eggs. The eggs of Hisex White chickens maintained a HU value of 60,02 after 35 days of storage, compared with 51,27 for the control group of eggs. This indicates that the coating helped to seal the pores on the eggshell and slow down the leakage of carbon dioxide and water during long-term storage, while maintaining the quality of the protein. While the chicken eggs of two chicken crosses Hisex Brown and Hisex White, stored at 24°C, kept grade A (HU = 71-60) throughout the 35-day period. Uncoated eggs fell from grade «A» to «B» after 21 days of storage.

It was proved that the value of YI (Yolk Index) during storage at room temperature decreased due to the gradual weakening of the membranes of the vitelin and the liquefaction of the yolk, caused mainly by the diffusion of water from the protein into the yolk. After 35 days of storage, the YI of uncoated eggs decreased from 0,48 to 0,33, while eggs coated with the protective composition showed a YI

value of 0,40 in Hisex Brown hens and 0,39 in Hisex White hens, respectively. The protective film coating effectively reduced the rate of mass transfer (water and CO₂ loss) from the protein through the eggshell during long-term storage. Therefore, this process inhibits the liquefaction of protein and the absorption of water by the yolk and minimizes the decrease in the quality of the yolk.

It was proved that the DM (dry matter) in the control group (uncoated) in the egg whites of Hisex Brown chicken eggs ranged from 24,44 initially to 26,98, and Hisex White chicken eggs - from 24,42 initially to 26,80, respectively. For treated eggs, the values of DM protein reached 25,95 eggs of Hisex Brown chickens and 26,58 eggs of Hisex White chickens, respectively.

Based on the obtained data, our research was implemented in the production of TOV "Avis-Ukraine", p. Kosivshchyna, Sumy district, Sumy region, FOP TREPACHENKO s. Petrovske, Pryluky district, Chernihiv region. The research results are used in the educational process for the training of technologists of the Faculty of Biology and Technology at the Department of Biochemistry and Biotechnology of Sumy National Agrarian University.

Personal contribution of the applicant.

The applicant analyzed and generalized the material, worked on literature sources on the topic of the dissertation, conducted analytical experimental work, statistical processing of the results. Together with the supervisor, the topics were developed, schemes and directions of research on processing of pre-incubation and food eggs were improved, methods relevant to the research were studied and practically applied, all necessary researches were carried out. Part of the research work was performed on the basis of the Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Sumy. The applicant has carried out a number of analytical studies, some of which were performed in conjunction with other scientists, for which he expresses his sincere gratitude. The results of the research are published and covered in publications together with co-authors. The analysis and processing of the received data on the basis of which the results and the conclusions

stated in the dissertation work which have been introduced on manufacture and in educational process are formulated are carried out.

Approbation of dissertation results.

The materials of the dissertation were reported, discussed and received positive feedback at scientific and practical conferences: conference at Sumy National Agrarian University "scientific and practical conference of teachers, graduate students and students of Sumy NAU" (April 17-20, 2018); international scientific-practical conference «Climate change and agriculture. Challenges for Agricultural Science and Education», Kyiv (March 13, 2018); Interregional Agrarian Forum - Agrarian Sumy Region 2018. September 15, SNAU, Sumy; XVII All-Ukrainian scientific-practical conference of young scientists "Young scientists in solving current problems of biology, animal husbandry and veterinary medicine" December 6-7, 2018, Lviv; All-Ukrainian student scientific conference dedicated to the International Student Day (Sumy, 2019); V All-Ukrainian scientific-practical Internet conference "Current issues of livestock technology". Collection of articles on the results of the IV All-Ukrainian scientific-practical Internet conference on October 30-31, 2019. - Poltava, 2019. 210 p .; Ukrainian Conference with International Participation Chemistry, Physics And Technology Of Surface dedicated to the 90th birthday of Academician Aleksey Chuiko. 21-22 October 2020 Kyiv Ukraine; XIX All-Ukrainian scientific-practical internet-conference of young scientists «Young scientists in solving current problems of biology, Animal Protection and Veterinary Medicine» December 4, 2020; International Scientific and Practical Conference "Innovations in Quality and Safety of Livestock Products" May 19-20, 2021, The 11th International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021)" that was held 5-11 September, 2021. Odessa, Ukraine.

Key words: *technology, chitosan, incubator, protective coatings, productivity, microclimate, metal nanoparticles, biocidal activity, disinfectant, concentration, microflora, food and pre - incubation eggs, GREEN ARTICLE.*

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях України:

1. Астраханцева О. Г., Бордунова О. Г., **Чех О. О.** Визначення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях обладнання інкубаторію у виробничих умовах. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2018. Вип. 7 (35). С. 76-78.
2. **Чех О. О.**, Самохіна, Є. А., Бордунова, О. Г. «Штучна кутикула» (ARTIFICIAL CUTICLE - «ARTICLE») для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори: композиція на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO). *Актуальні питання технології продукції тваринництва: Збірник статей за результатами IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції 30-31 жовтня 2019 року. – Полтава, 2019. С. 141-145.*
3. **Чех О. О.**, Бордунова О. Г. Захисні покриття на основі хітозану від патогенної мікрофлори харчових яєць. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2020. Вип. 3 (42). С. 87-92.
4. **Чех О. О.**, Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «Хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2020. Вип. 4 (43). С. 113-118.
5. **Чех О. О.**, Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Біоміметична технологія передінкубаційної обробки яєць курей «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» TiO_2 Fe_2O_3 . *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2021. Вип. 3 (46). С. 94-98.

**Статі у виданнях які індексуються у міжнародній науково-
метричній базі даних Scopus:**

6. Chekh O., Bordunova O., Chivanov V., Yadgorova E., Bondarchuk L. Nanocomposite coatings for hatching eggs and table eggs. *Open Agriculture*, vol. 6, no. 1, 2021, pp. 573-586. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0046> (Здобувачем зроблено дослідження, проведено статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та взято безпосередню участь у підготовці до друку).

Тези наукових доповідей:

7. Чех О. О. Бордунова О. Г. Вивчення впливу обсіменіння плісневим грибом *Aspergillus fumigatus* на бар'єрні системи яєць курей. *«Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ» (17-20 квітня 2018 року)*. Суми. С. 259.

8. Чех О. О., Бордунова О. Г. Вплив освітлення на продуктивність та біокерамічний шар шкаралупи яєць кросу Хайсекс Браун. *Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» м. Київ (13 березня 2018 року)*. Київ. С. 323-326.

9. Астраханцева О., Бордунова О., **Чех О.** Обумовлення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях устаткування інкубаторію у виробничих умовах. *XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді учені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» 6-7 грудня 2018 м. Львів. Біологія тварин, 2018, т. 20, № 4. С.85.*

10. Чех О. О., Бордунова О. Г. Моніторинг дезінфікуючих засобів для обробки передінкубаційних яєць в Україні та світі. *Всеукраїнська студентська наукова конференція, присвячена Міжнародному дню студента (Суми, 2019)*. Суми. С. 234-235.

11. Чех. О. О., Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Прогнозування міцності шкаралупи яєць методом термопрограмованої мас-спектрометрії. *Міжнародна науково-практична конференція «Інновації у забезпечені якості*

та безпечності тваринницької продукції» 19-20 травня 2021 року. Онлайн-конференція. Миколаїв. 2021.

12. Bordunova O.G., Samokhina Y. A., **Chekh O. O.**, Chivanov V. D. et al. Psysico - Geometric Approach to the Processes of Thermal Decomposition of the Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Eggshell`s Bionanocomposites. *The 11th International Conference «Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021)» that was held 5-11 September, 2021. Odessa, Ukraine.* P. 112-129.

13. Bordunova O.G., **Chekh O.O.**, Dolbanosova R.V., Astrakhantseva E.G., Chivanov V.D. et al. TPD-MS study of the ostrich (*Struthio camelus*) eggshell. Ukrainian Conference with International Participation chemistry, physics and technology of surface dedicated to the 90th birthday of Academician Aleksey Chuiko (Kyiv 21–22 October 2020). Київ, 2020. С. 39.

Науково–практичні рекомендації:

14. Бордунова О.Г., **Чех О.О.**, Коваленко Л.М., Долбаносова Р.В., Ядгорова Є.М. Технології захисту харчових яєць курей з використанням композитів на основі хітозану. Науково–практичні рекомендації - Суми, 2019 р., 20 с.

Патент:

15. Бордунова О. Г., **Чех О. О.**, Долбаносова Р. В., Чиванов В. Д. Композиція для обробки харчових яєць курей: пат. на корисну модель № 142669, Україна. № у 2019 11021; подання 08.11.2019; чинний 25.06.2020, бюл. № 12. (*Дисертант провів частину експериментальних досліджень, підготувала матеріали до патентування*).

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	24
ВСТУП	25
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	35
1.1. Сучасний стан та розвиток птахівництва в Україні та світі	35
1.2. Технологія обробки передінкубаційних та харчових яєць	39
1.2.1. Засоби дезінфекції передінкубаційних яєць	40
1.2.2. Засоби дезінфекції харчових яєць	47
1.2.3. Вимоги та недоліки дезінфікуючих засобів для обробки курячих яєць	51
1.3. Класифікація та санітарно-гігієнічні вимоги передінкубаційних та харчових яєць	53
1.4. Біохімічна та морфологічна характеристика яєць курей та зміни при тривалому зберіганні	57
1.5. Композиція хітозан для обробки харчових та передінкубаційних яєць	62
1.6. Обґрунтування напрямків власних досліджень	66
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	70
2.1. Загальна схема та методика проведення дослідів	70
2.2. Методи досліджень	72
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	91
3.1. Вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори	92

3.2. Вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO на процес інкубації яєць курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт	96
3.3. Дослідження дії складових речовин штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO на рівень газопроникності біокерамічного шару інкубаційних яєць курей	99
3.4. Вивчення впливу обсіменіння плісневим грибом <i>Aspergillus fumigatus</i> на бар'єрні системи передінкубаційних яєць курей	102
3.5. Визначення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях обладнання інкубаторію у виробничих умовах	108
3.6. Захисні покриття на основі хітозану від патогенної мікрофлори харчових яєць	110
3.7. Вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць Декалб Уайт протягом зберігання	112
3.8. Біохімічні дослідження харчових яєць курей під час зберігання	116
3.9. Економічна ефективність застосування композиції на основі хітозану для обробки	122
РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	129
ВИСНОВКИ	141
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	145
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	146
ДОДАТКИ	164

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

БГКП – бактерії групи кишкових паличок;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ІЖ – індекс жовтка;

КУО – колонієутворюючі одиниці;

МПА – Мегапаскаль, одиниця вимірювання тиску;

НОК – надощтова кислота;

ПАР – поверхнево активні речовини;

СР – суха речовина;

УФ – ультрафіолет;

ЧАС – четвертинні амонієві сполуки;

GREEN ARTICLE – «зелена технологія», штучна кутикула;

n – чисельність вибірки;

p – рівень вірогідності статистичного параметру;

S – похибка середньої арифметичної величини;

X – середня арифметична величина x;

ZnO – оксид цинку;

\bar{X} – середня арифметична кількісної ознаки;

°C – градусів за Цельсієм;

ВСТУП

Сучасне птахівництво має перевагу у швидкому темпі розвитку і відтворення, більшу доступність за ціною, користується підвищеним попитом на свою продукцію у населення. Розробка новітніх комплексів для запобігання зниження якісних показників курячих яєць та підвищення терміну зберігання харчових яєць внаслідок їх контамінації патогенними бактеріями, вірусами та іншими шкідливими мікроорганізмами - один із пріоритетних напрямків птахівництва. Одним з перспективних напрямків, що мають високі перспективи в технології інкубації та зберіганні курячих яєць, є створення захисних покриттів, які захищатимуть природні захисні біокомпонентні структури пташиного яйця, а саме кальцитної шкаралупи, надшкарлупної і підшкарлупної мембрани за допомогою хімічних речовин, що покращують фізико-хімічні параметри такі, як міцність та газопроникність оболонок, а також підвищують біоцидну активність зовнішньої поверхні курячого яйця по відношенню до контамінації патогенною мікрофлорою [28, 54, 128, 144, 153]. Теоретичним обґрунтуванням такого підходу служать новітні біоміметичні принципи конструювання штучної кутикули.

Пошук сучасних дезінфікуючих препаратів пов'язаний з тим, що жоден дезінфікуючий засіб має як позитивні так і негативні властивості і не є ідеальним, щоб відповідати безліч вимогам, що ставляться до нього. Досягнення в науці та прогресивного виробництва дозволяють значно покращити відсоток виводимості яєць та якість добового молодняку. Для отримання позитивних результатів для покращення інкубаційного процесу необхідно виконати складну підготовку, до яких відноситься наявність сучасних інкубаторів, відбірних та біологічно повноцінних курячих яєць, кваліфікованого персоналу та суворе дотримання технологічного процесу.

Впровадження високоефективних технологічних процесів інкубування шляхом застосування різних високоефективних хімічних, фізичних і технічних засобів є першочерговим завданням сучасної науки і практики [77, 131].

Харчові курячі яйця входять до високоцінних, корисних дієтичних продуктів щоденного харчування, як джерела високоякісного, збалансованого, з чималим вмістом амінокислот білку, жирів, вітамінів, мінералів, мікроелементів тощо. Але є й недоліки курячих яєць, як продукту харчування: це обмежені терміни умов зберігання і міцність шкаралупи, оскільки природні захисні бар'єри яйця (шкаралупа та підшкаралупні оболонки), дуже вразливі до зміни температурного режиму, вологості, рівня контамінації бактеріальною мікрофлорою.

Виходячи з цього та аналізуючи останні дослідження питанням розробки інноваційної технології способів застосування хітозану в композиції для обробки передінкубаційних та харчових курячих яєць з іншими методами та дезінфікантами для зниження бактеріального та вірусного обсіменіння, підвищення виводимості молодняку та терміну зберігання харчових яєць є актуальним та потребує поглибленого дослідження [111, 112, 151].

Актуальність теми. Негативні тенденції в сучасному племінному птахівництві потребують використання нових та сміливих підходів для їх вирішення. В сучасному птахівництві набули поширення технології покриття поверхні харчових та передінкубаційних яєць штучними композитними покриттями на основі екологічно безпечних для людини і птиці речовин. До таких відноситься хітозан. Останнім часом увага світових дослідників прикута до «зелених» технологій синтезу препаратів для зниження контамінації хвороботворними агентами (бактеріями, вірусами). До таких «зелених» технологій з певними обмеженнями належить електрохімічний синтез. Мідні комплекси на основі хітозану розробляються з різними концентраціями міді за допомогою електрохімічного методу окислення у водно-оцтовому середовищі, який працює при постійній напрузі (2 вольт) при кімнатній температурі та різному періоді електроокислення.

Таким чином **метою дисертації** є розробка інноваційної технології захисту передінкубаційних та харчових яєць курей різних кросів за допомогою

екологічно безпечних захисних композицій «хітозан - перекисні сполуки – біологічно активні наночастки» «GREEN ARTICLE».

Для реалізації поставленої мети вирішувались наступні завдання:

- розробити нові методи фізико-хімічної модифікації хітозану, як основної складової іноваційних нанокompatитних покриттів у «зелених» технологіях для захисту передінкубаційних і харчових яєць курей «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» («ARTIficial cutiCLE»);
- розробити методи електрохімічного синтезу композицій для отримання нанокompatитних покриттів на основі комплексів «хітозан-мідь»;
- встановити вплив мікрофлори на поверхню шкаралупи передінкубаційних яєць курей, обробленої композицією на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO);
- удосконалити технології передінкубаційної обробки яєць курей-несучок кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт;
- дослідити вплив корозійної активності та вплив дезінфікуючих препаратів на залишкову кількість її окремих хімічних складових на поверхнях обладнання;
- вивчити вплив обсіменніння плісневим грибом *Aspergillus fumigatus* на бар'єрні системи яєць курей кросу Хайсекс Браун;
- дослідити дію складових речовин штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO на рівень газопроникності біокерамічного шару інкубаційних яєць курей;
- розробити методи обробки харчових яєць на основі хітозану від патогенної мікрофлори харчових яєць;
- оптимізувати процеси застосування комплексів «хітозан-мідь» на масу харчових курячих яєць кросу Декалб Уайт протягом зберігання;
- провести біохімічні дослідження якості харчових яєць кросу Хайсекс Уайт та Хайсекс Браун;
- оцінити якість впливу захисних препаратів на обробку передінкубаційних і харчових курячих яєць;

Об'єкт дослідження: процеси утворення сучасних інноваційних штучних захисних нанокompозитних покриттів «хітозан - перекисні сполуки – біологічно активні наночастки» на поверхні інкубаційних та харчових яєць курей різних кросів, що використовуються в технологіях обробки яєць; механізм утворення та розробка методів керування параметрами композиції.

Предмет дослідження: фізико-хімічні та морфологічні параметри нанокompозитних покриттів «хітозан - перекисні сполуки – біологічно активні наночастки», рівень мікробного забруднення інкубаційних та харчових яєць курей різних кросів, рівні біоцидної активності захисних структур щодо патогенної мікрофлори, вплив різних складових «хітозан - перекисні сполуки – біологічно активні наночастки» на біохімічні показники і виводимість яєць.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано згідно тематичних планів науково-дослідних робіт кафедри біохімії та біотехнології Сумського національного аграрного університету у період з 2017-2021 р.: НДР 0117U004090 «Адаптація інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць з використанням захисних біокompозитних покриттів до сільськогосподарської птиці різних видів». НДР 0119U100551 «Впровадження нанокompозитних матеріалів у інноваційні технології інкубації яєць сільськогосподарської птиці».

Методи досліджень. Для досягнення поставлених нами завдань використовувались наступні методи дослідження: аналітичні (аналіз літературних джерел, аналіз і узагальнення отриманих результатів), зоотехнічні (вибір кросу птиці для досліджень), біометричні (визначення маси яйця, середніх величин та їх похибок, коефіцієнтів варіації), бактеріологічні (індикація, ідентифікація та підрахунок мікроорганізмів), фізико-хімічні (визначення концентрацій дезінфектантів, мас-спектрометрія та растрова електронна мікроскопія), комп'ютерна обробка цифрових зображень, економічні (розрахунок економічної ефективності досліджень) та статистичні (обробка отриманих даних).

Наукова новизна одержаних результатів.

Вперше:

- науково обґрунтовані та експериментально підтверджені засади створення за біоміметичним принципом захисних композитних покриттів «*GREEN ARTICLE*» на основі екологічно безпечного матеріалу хітозану для інкубаційних та харчових яєць у промисловому птахівництві;
- експериментально доведено, що електрохімічна та ультразвукова технологія модифікації розчину хітозану у перекисних сполуках (надоцтова кислота, перекис водню) наночастками карбонату кальцію, оксидів металів (титану, міді, цинку) дозволяє створити захисні покриття «подвійної дії» відповідно до технологій: а) подовження терміну зберігання харчових яєць, обробленими завдяки електрохімічного синтезу препаратами на основі комплексів «хітозан-мідь» та б) попередження контамінації інкубаційних яєць патогенною мікрофлорою, підвищення показників виводимості яєць та якості молодняку завдяки обробці композицією на основі хітозану, перекисних сполук і ультра-нанодисперсних оксиду цинку (ZnO);
- поглиблено теоретичні знання щодо особливостей впливу інноваційних захисних композитних покриттів для інкубаційних та харчових яєць «*GREEN ARTICLE*» на структуру шкаралупи та вологопроникність захисних оболонок яєць, на розвиток ембріонів та виводимість курчат.

Удосконалено технологію зберігання харчових яєць та передінкубаційної обробки яєць курей, що впливає на зниження контамінації патогенною мікрофлорою до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 днів, забезпечує подовження терміну зберігання та уповільнює втрату ваги, має позитивний вплив на розвиток ембріона курей та підвищення виводимості від 0,3% до 4,7% для курей кросу Хайсекс Уайт та Хайсекс Браун.

Практичне значення одержаних результатів. Встановлено вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO) щодо мікрофлори на поверхні шкаралупи передінкубаційних яєць курей. Поверхня

шкаралупи яєць дослідних груп була менш забруднена мікроорганізмами у порівнянні з контрольними групами. Композитні хітозанові наночастинки ZnO позитивно впливають на зменшення патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 днів.

Результати інкубації протягом 21 дня показали, що інкубація яєць курей кросу Хайсекс Браун між контрольною та експериментальною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі цей показник становить 85,5%, а в експерименті - 89,7%. В дослідній групі, де використовувалися яйця курей кросу Хайсекс Уайт різниця між контрольною та експериментальною групою становить 0,3%. Так, у контрольній групі цей показник становить 84,9%, а в групі де використовувалась композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O - 90,2%.

Встановлено вплив при обробці курячих яєць кросу Хайсекс Браун парами формальдегіду на рівень контамінації грибом *Aspergillus fumigatus* при вологості 100% знизився на 61%, при вологості 90-94% на 94,3% та при 88% становить 95%. Відповідно при обробці композицією Хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ і вологості 100% становила 95,7%, 90-94% вологості на 98,86% та при 88% грибок був відсутній. Ефективність дії штучної кутикули по відношенню до інкубаційних яєць курей залежить від початкового стану якості яєць птиці високопродуктивних кросів, що відповідають стандартам та вимогам передінкубаційного зберігання, насамперед, період і температура зберігання. Використання хітозанової плівки «GREEN ARTICLE» для захисту передінкубаційних яєць курей від негативних чинників довкілля та патогенної мікрофлори дозволяє підвищувати показники виводимості з одночасним зниженням рівня мікробного обсіменіння поверхні яєць під час інкубації.

Виходячи з результатів проведених нами досліджень встановлена доцільність використання способів обробки харчових яєць на основі хітозану від контамінації патогенною мікрофлорою харчових яєць та збільшенню терміну зберігання при температурі 24°C за допомогою методів

електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь». З одержаних результатів було встановлено, що в дослідній групі, де курячі яйця кросу Декалб Уайт обробляли водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) вага яєць стала меншою на 1,3%, 2,4% на 14 добу, 3,1% на 21 добу, 7,5% на 30 добу, що демонструє найкращий результат порівнюючи із застосуванням інших досліджуваних препаратів на основі хітозану.

Було доведено, що водорозчинний хітозан в комплексі з іншими хімічними речовинами дозволяє зменшити кількість патогенних мікроорганізмів на поверхні харчових яєць протягом зберігання їх за підвищених рівнів температури і вологи, екологічнобезпечний робочий розчин забезпечує зменшення кількості БГКП, спороутворюючих бактерій та стафілококу протягом тривалого терміну зберігання за температури 24°C. Так у контрольній групі, в якій харчові курячі яйця були без обробки, на 14 добу з'являються бактерії групи кишкової палички (БГКП), що становлять 15%, на 19 добу 20%, протягом 28 діб зберігання - 40% і на 35 добу цей показник знаходиться на рівні 65%. Кількість спороутворюючих бактерій, становила 10% і стафілококу 5%. Харчові яйця курей, котрі оброблялися композицією на основі комплексів «хітозан-мідь» показало, що на 14 і 19 добу БГКП не було виявлено, на 28 добу піднявся до 5% і на 35 добу зберігання становить 10%, а спороутворюючі бактерії залишилися на рівні 5%.

Досліджували біохімічний склад харчових яєць протягом тривалого зберігання. Яйця курей Хайсекс Браун, покриті Розчином 5, зберігали значення Хау при 65,83 після 35 діб зберігання, порівняно з 58,12 контрольної групи яєць. Яйця курей Хайсекс Уайт зберігали значення Хау на рівні 60,02 після 35 днів зберігання, порівняно з 51,27 для контрольної групи яєць. Це свідчить про те, що покриття водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) допомагало ущільнити пори на

яєчний шкаралупі та уповільнити витік вуглекислого газу та води під час тривалого зберігання, зберігаючи якість білка. У той час, як курячі яйця двох курячих кросів Хайсекс Браун і Хайсекс Уайт, що зберігалися при температурі 24°C, зберігали сорт А (Хау = 71-60) протягом усього 35-денного періоду. Яйця без покриття впали з сорту «А» до «В» після 21 дня зберігання.

Значення (індексу жовтка) ІЖ під час зберігання при кімнатній температурі зменшувалося внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину. Після 35 днів зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно. Покриття захисною плівкою ефективно знижувало швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

Загальна концентрація білка в СР (сухий речовині) - показник свіжості яєць, що пов'язано з розрідженням або зрідженням білка. Збільшення СР під час зберігання пояснюється зрідженням жовтка та подальшим змішуванням з білком. Суха речовина в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливалася від 11,44 спочатку до 18,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 11,42 спочатку до 18,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 14,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 14,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

Базуючись на отриманих даних, дані дослідження були впроваджені у виробництво ТОВ «Авіс-Україна», с. Косівщина Сумського району Сумської області, ФОП ТРЕПАЧЕНКО, с. Петрівське Прилуцького району Чернігівської області.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі для підготовки технологів біолого-технологічного факультету на кафедрі біохімії та біотехнології Сумського національного аграрного університету. Результати

наукових досліджень послужили основою розробки науково–практичних рекомендацій для виробництва «Технології захисту харчових яєць курей з використанням композитів на основі хітозану».

Особистий внесок здобувача.

Здобувачем проведено аналіз і узагальнення матеріалу, опрацьовано літературні джерела за темою виконаної дисертації, проведено аналітичні експериментальні роботи, статистичні обробки отриманих результатів. Разом з науковим керівником було розроблено тематику, удосконалили схеми та напрям досліджень щодо проведення обробки передінкубаційних та харчових яєць, вивчені та практично застосовані відповідні дослідженням методики, проведені всі необхідні дослідження. Частина дослідницької роботи була виконана на базі Інституту прикладної фізики НАН України, м. Суми. Здобувач здійснив низку аналітичних досліджень, частину із яких було виконано спільно з іншими науковцями, за що висловлює їм щиру вдячність. Результати досліджень опубліковано та висвітлено в публікаціях разом із співавторами. Проведено аналіз та обробку отриманих даних, на основі яких сформульовано результати та висновки, що викладені в дисертаційній роботі, що були впроваджені на виробництві і в навчальному процесі.

Апробація результатів дисертації.

Матеріали дисертаційної роботи доповідалися, обговорювалися та отримали позитивні відгуки на науково-практичних конференціях: «Науково-практична конференція викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ» (Суми, 17-20 квітня 2018 р.); міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» (м. Київ, 13 березня 2018 р.); Міжрегіональний аграрний форум – Аграрна Сумщина (м. Суми, 15 вересня 2018); XVII Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Молоді учені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» (м. Львів, 6-7 грудня 2018); всеукраїнська студентська наукова конференція, присвячена Міжнародному дню студента (Суми, 2019); V Всеукраїнська

науково-практична інтернет-конференція «Актуальні питання технології продукції тваринництва» (м. Полтава, 30-31 жовтня 2019 року; Ukrainian Conference with International Participation chemistry, physics and technology of surface dedicated to the 90th birthday of Academician Aleksey Chuiko (Kyiv 21–22 October 2020) ; XIX Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція молодих вчених «Молоді вчені у розв’язанні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини», присвячена 90-річчю від дня народження доктора біологічних наук, професора Яновича Вадима Георгійовича (1930–2011) (м. Львів, 3–4 грудня 2020 р.); Міжнародна науково-практична конференція «Інновації у забезпеченні якості та безпечності тваринницької продукції» (м. Київ, 19-20 травня 2021 р.); The 11th International Conference «Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021) » that was held (Odessa, 5-11 September, 2021).

Публікації. Основні положення та результати проведених досліджень опубліковано у 15 наукових працях, із них 6 статей – у наукових фахових виданнях України, з яких 4 включено до міжнародних наукометричних баз даних, 1 стаття – у виданні індексованому Scopus, 7 публікацій у матеріалах міжнародних, всеукраїнських, регіональних науково-практичних конференцій, 1 науково–практична рекомендація, та 1 патент.

Обсяг та структура дисертації. Дисертація складається із вступу, огляду літератури, загальної методики та основних методів досліджень, результатів досліджень та їх узагальнення, висновків і пропозицій виробництву, списку використаної літератури та 11 додатків. Робота викладена на 175 сторінках комп’ютерного тексту, містить 23 таблиці та 24 рисунків. Список використаних літературних джерел включає 166 найменувань, з яких 47 – латиницею.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ І ВИБІР НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Сучасний стан та розвиток птахівництва в Україні та світі

Прагнення до високих прибутків спонукають виробників обирати види діяльності, що характеризуються високим темпом обороту вкладених коштів. Важливим пріоритетом для подальшого ефективного розвитку птахівничої галузі, полягають у впровадженні технологічних інновацій з підвищення генетичного потенціалу, селекції та племінної роботи, автоматизації й механізації процесів, удосконалення кормової бази та покращення умов утримання птиці, що відповідає ветеринарно-санітарним вимогам з метою прискореного розвитку і заповнення внутрішнього та світового ринку високоякісною українською продукцією, що в свою чергу гарантуватиме продовольчу безпеку країни. Сучасну птахівничу галузь України важко уявити без штучної інкубації яєць за допомогою спеціальних машин – інкубаторів, що дають змогу збільшити виробництво продукції птахівництва.

Вчені довели, що для отримання одного кілоджоуля енергії в яйцях і м'ясі птиці необхідно витратити у два рази менше кормових одиниць, ніж при виробництві молока, і в три рази менше, ніж при виробництві свинини та яловичини [53].

Підвищення конкурентоспроможності продукції на світовому ринку, полягає у сертифікації якості відповідно до світових стандартів, що дає можливість виробнику активно рухати власну продукцію, розширити ринки збуту, адже це одна з найбільш високопродуктивних галузей тваринництва, яка при незначних затратах праці й кормів дає можливість отримати наступне: дорослу птицю, молодняк, інкубаційні й харчові яйця, продукти забою і перероблювання, пух та пір'я, використовуючи у харчовій, легкій, парфумерній промисловості та медицині. У зв'язку з подорожчанням вартості енергетичних ресурсів, кормів, ветеринарних препаратів та обмеженістю

утримання ВРХ, для яких потрібні великі території, розведення курей, гусей, індиків у птахівництві є вигідною справою і є найбільш скоростиглою галуззю серед тваринництва, де велику увагу приділяють збільшенню поголів'я курей для отримання м'яса та яєць, з найкоротшим відтворювальним циклом. Зі зростанням населення у світі, птахівництво розвивається досить стрімко, тому на перший план виходить проблема забезпечення його продовольчої безпеки [9, 51, 58, 59, 66, 74].

За чотири місяці початку 2018 року з України було експортовано м'яса птиці та субпродуктів загальною вартістю 150,163 млн USD, що на 18,6% перевищує вартість експорту за аналогічний період 2017 року (122,3 млн USD). Головними покупцями української курятини у січні-квітні 2018 року виступали такі країни: Словаччина – 16,6 млн USD (11,08%), Нідерланди – 37,7 млн USD (25,13% всього експорту), Ірак – 15,7 млн USD (10,47%), частка інших країн складала 53,32% із загальною вартістю постачання 80 млн USD.

Експортні поставки курятини у 2018 році зросли на 42,2% до 270,096 тис.т, у порівнянні з 2016 роком (156,906 тис.т), а головним покупцем української курятини був Єгипет [73].

Динаміка виробництва яєць за 2016 р. розраховано за даними Державного комітету статистики України. Дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим та м. Севастополя; за 2016 рік — також без урахування частини зони проведення антитерористичної операції. У 2017 році Україна увійшла до ТОП-10 і зайняла десяте місце в рейтингу найбільших світових виробників яєць. В Україні, за приблизними оцінками, щороку інкубується понад 1 млрд шт. яєць.

У 2017 році виробництво яєць в світі становило 71,8 мільйона тон або 1150 млрд штук. З них більше ніж половина (58,5%) було вироблено в Азії, 20,8% – в Америці, 15,7% – в Європі, 4,6% – в Африці та 0,4% – в Океанії. Найбільше курячих яєць минулого року було в Китаї – 41,8% від загальної кількості в світі.

Так на рисунку 1 представлені кращі країни-виробники курячих яєць у світі станом на 2017 рік.

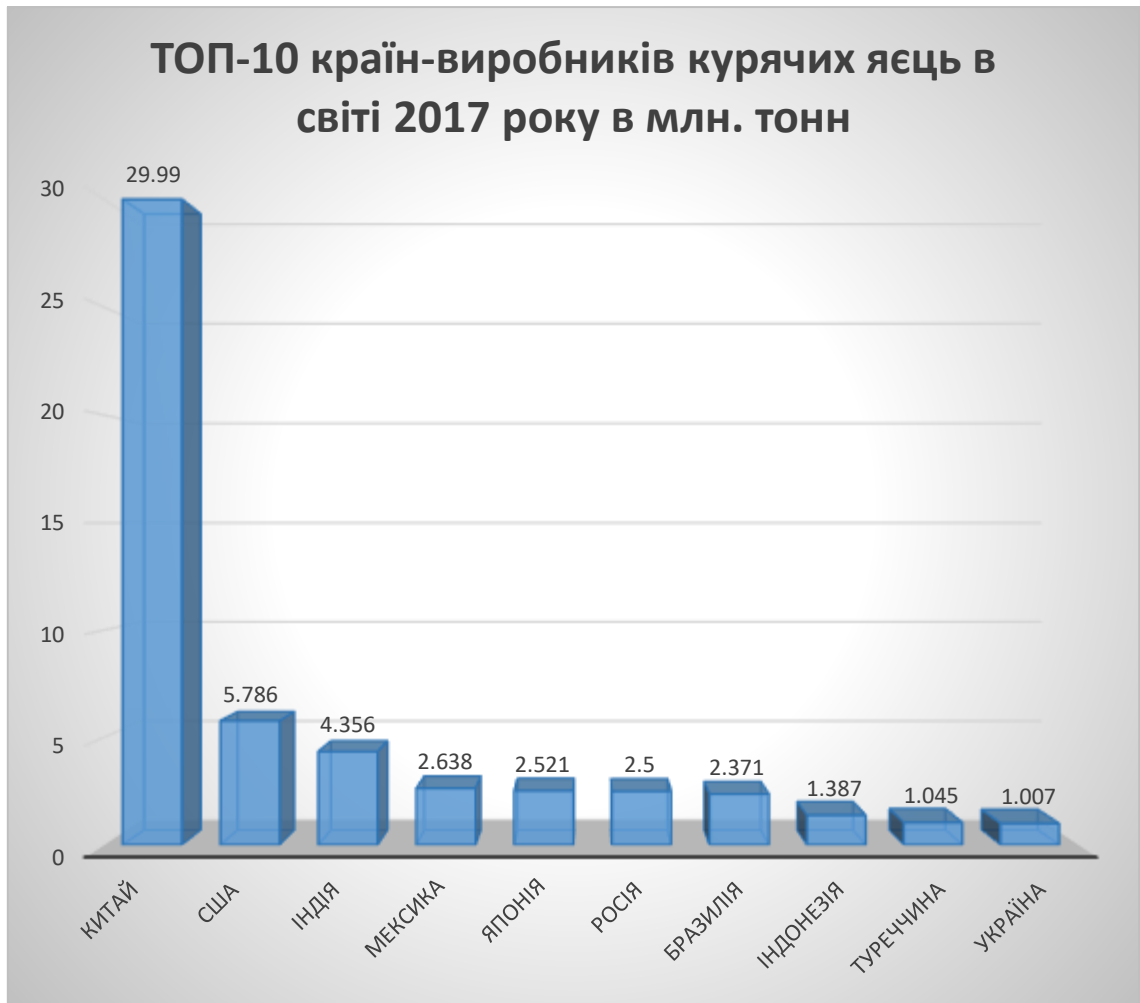


Рис 1. ТОП-10 країн-виробників курячих яєць в світі 2017 року

Всього на частку 10 провідних продуцентів минулого року припало близько 74,7% загальносвітового виробництва курячих яєць [99].

Станом на 2018 рік в Україні лідерами з вирощування сільськогосподарської птиці, де зосереджено 50% утримуваного поголів'я птиці всіх видів, є Вінницька (29,6 млн гол.), Київська (29,5 млн гол.), Черкаська (24,3 млн гол.) та Дніпропетровська (18,5 млн гол.) області. Саме в цих регіонах зосереджена найбільша кількість птахівничих підприємств [42.].

Протягом 2018 року Україна експортувала 1 780 228 000 шт. яєць. За даними рейтингу, експорт українських яєць у 2018 році збільшився на 20%

(майже на 300 млн шт.) у порівнянні з 2017 роком, і становить 1 млрд. 780 млн. 228 тис. штук.

Нагадаємо, що Україна в 2016 році експортувала 848 млн. 394 тис. штук яєць, у 2017 році – вже 1 млрд. 487 млн. 634 тис. яєць, минулого року показники ще підвищилися – до 1 млрд. 780 млн. 228 тис. яєць. Тобто, сумарно експорт яєць за останні 2 роки виріс на 931 млн. 834 тис. яєць. Дані по роках мають такий вигляд: щодо 2017 року показники 2018 року зросли на 20%, а до 2016 року – на 110%.

Також вироблення у птахівничих підприємствах яєць у загальній кількості збільшилась з 33,8% до 54,0%. При цьому виробництво яєць на одну особу збільшилося у 2,5 рази — з 179 до 456 яєць. Найбільшими компаніями-експортерами курячого яйця за 2018 рік є агрохолдинг «Авангард», одна з найбільших агропромислових компаній України, що спеціалізується на виробництві яєць і сухих яєчних продуктів. Компанія експортує свою продукцію до більш ніж 40 країн світу, в основному на Близький Схід, ЄС, СНД, країни Африки, Азії. За підсумками 2018 року компанія займає 16,7% внутрішнього ринку виробництва яєць. Експорт продукції агрохолдингу за кордон становить 46,7% від загальної кількості курячих яєць, експортованих в інші країни. За 2018 рік компанією вироблено 2,6 млрд. яєць. Також важливу роль на ринку відіграють такі компанії, як: ТОВ «ЯСЕНСВІТ» – 20%, «Інтер-Запоріжжя» – 19% та ін. [98].

Збільшення обсягів виробництва курячих яєць відбувається в Україні за рахунок створення новітніх високотехнічних та потужних птахівничих комплексів. Використання високопродуктивних кросів курей, нових ресурсозберігаючих технологій, оптимізованих раціонів годівлі птиці, сучасних зооветеринарних заходів дозволяє одержувати високу яйцєносність курей. Переведення виробництва в галузі на промислову основу дозволяє підприємствам розвиватися прискореними темпами, впроваджувати у виробництво швидку переробку яєць з виробництвом різноманітних продуктів (включаючи яєчний порошок) [77].

1.2. Технологія обробки передінкубаційних та харчових яєць

В Україні швидко розвиваються різноманітні методи обробки курячих яєць, для цього використовують дезінфектанти різного призначення. Сучасні дезінфікуючі засоби повинні мати широкий спектр антимікробної дії, повинні бути простими в застосуванні, високоактивними, багатофункціональними, з пролонгованою дією, не бути корозійними, мати миючі властивості, і не бути токсичними у присутності тварин та людей.

Про важливість заходів для обробки інкубаційних яєць свідчать розроблені та затверджені нормативні документи: «Інструкція з проведення санітарної обробки – дезінфекції, дезінсекції та дератизації об'єктів птахівництва», затверджена 20.06.2007 р. наказом №69 Держдепартаменту ветеринарної медицини Міністерства аграрної політики України, та ДСТУ 4655:2006 «Яйця інкубаційні. Технологія передінкубаційного оброблення. Основні параметри», затверджений 01.08.2006 р. наказом №227 Держспоживстандарту України [45,54].

Виходячи з методичних рекомендацій Тагірова М. Т. [97] встановлено, що для обробки передінкубаційних та харчових яєць у даний час застосовують, як фізичні, хімічні речовини та вплив біоцидних факторів: ультразвук низької частоти, ультрафіолетове й іонізуюче випромінювання, високочастотні електромагнітні поля, високими температурами.

Важливим фактором при обробці передінкубаційних яєць птиці є неправильний вибір або використання багатьох дезінфікуючих речовин, що можуть ушкодити обладнання. З дослідів Байдевлятова О. М., Бордунової О. Г., Чиванова В.Д. [6] встановлено, що дезінфектанти, які застосовуються у вигляді аерозолів, можуть потрапляти у воду, яку використовують у зволожувачах устаткування, а також на пристрої керування електронікою і вивести її з ладу. Багато речовин можуть роз'їдати й пошкоджувати обладнання інкубатора, викликаючи корозію.

Широко використовують в інкубаторіях технологічне устаткування та складові обладнання з таких металів, як нержавіюча сталь та алюміній.

Корозія металевих поверхонь обумовлена дією на них дезінфікуючих засобів, дієвими речовинами котрих є окислювачі органічної та неорганічної природи. Внаслідок цього поверхня обладнання інкубаторів стає нерівною, шорсткуватою та сприятливою для забруднення, що в свою чергу важко потім видалити. В результаті ефективність дії дезінфекційних засобів значно знижується [31, 123, 163].

Актуальним є питання безпечності та якості харчового курячого яйця після обробки. Недоліком курячих яєць сільськогосподарської птиці, як продукту харчування є обмежені терміни умов зберігання і міцність шкаралупи та підшкаралупні оболонки. Оскільки природні захисні оболонки яєць дуже чутливі до рівня температури, вологості, рівня контамінування бактеріальною мікрофлорою, також великий вплив має людський фактор: порушення правил збирання, пакування, транспортування, зберігання. Під час цих операцій яєчна шкаралупа найчастіше частково або повністю пошкоджується, що спричинює значні економічні втрати для виробників та торгівельних установ [88, 127].

При технологічному процесі обробки яєць курей, необхідною умовою отримання високоякісної продукції є постійний пошук в удосконаленні та правильному підборі дезінфікуючих розчинів [130, 136, 145].

1.2.1. Засоби дезінфекції передінкубаційних яєць

Належні умови захисту передінкубаційних яєць можуть знизити рівень контамінації патогенною мікрофлорою та покращити виводимість при інкубації. Надмірне забруднення шкаралупи може призвести до зменшення інкубаційних властивостей, якості, росту та продуктивності пташенят. Таким чином, використання ефективного дезінфікуючого засобу на поверхні яєчної шкаралупи, створює бар'єр для зменшення зовнішнього та внутрішнього

забруднення. Однак недоречно застосування дезінфікуючих засобів дозволяє мікроорганізмам проникати в пори яєчної шкаралупи та досягати зародка [119].

Калин П. С., Бреславець В. О., Стегній Б. Т. [56] вважають, що першу дезінфекцію передінкубаційних яєць проводять після збору на пташнику, не пізніше ніж через 2 год. Друга дезінфекція повинна проводитися в дезкамері після перевірки цілісності, сортування їх за розміром й укладання їх у лотки. Знезараження проводять різними методами: фізичними та хімічними. До фізичних відноситься термічна обробка (сухе гаряче повітря, кип'ятіння, водяна пара та ін.) ультрафіолетове і лазерне опромінення, радіоактивне випромінювання, ультразвук, аероіонізацію, високочастотні електромагнітні поля [54].

З досліджень Богомаза О. І., Вершняка Т. В. [14] доведено, що термічні методи ефективно знищують за допомогою високих температур самі стійкі форми вірулентних мікроорганізмів, включаючи й спорові. До методів відноситься: кип'ятіння, суха й волога водяна пара, вогонь, гаряче повітря.

Знезаражувальний високоактивний метод водяною парою використовують у парових стерилізаторах у вигляді насиченої пари під тиском при температурі від 110°C до 134°C, також у дезінфекційних камерах. При кип'ятінні вода нагрівається до температури 100°C, що є надійним і зручним засобом знезараження багатьох предметів, які не псуються при такій обробці. Шляхом кип'ятіння протягом 15-30 хвилин знезаражують обладнання інкубатора, знищуючи контаміновані вегетативні форми мікроорганізмів. При наявності спор мікроорганізмів тривалість кип'ятіння збільшують до 1,5-2 годин. Бактерицидна дія кип'ятіння підсилюється при додаванні у воду 2% натрію гідрокарбонату або мила. Більшість патогенних мікроорганізмів гине при температурі від 60°C до 70°C протягом 30 хвилин.

Найбільш простим та ефективним методом «фізичної» обробки яєць є опромінення ртутно-кварцовими лампами типу ПРК-2, ПРК-7 від 2 до 30 хвилин на відстані 0,8 м від інкубаційних лотків. Зокрема, для профілактики

хвороби Марека в інкубаторіях і пташниках потрібне постійне знезаражування повітря ультрафіолетовими променями з попередньою фільтрацією. При використанні ртутно-кварцових ламп потрібно дотримуватись правил безпеки у їх використанні. Зокрема, пряме попадання ультрафіолетових променів на шкіру людини викликає опіки. Потрібно працювати в спеціальних темних окулярах, щоб зменшити ризик викликати запалення слизової оболонки очей (кон'юнктивіт). При горінні ртутно-кварцової лампи в повітрі потрібна примусова вентиляція приміщення, тому що утворюється озон підвищеної концентрації.

Для дезінфекції яєць рекомендується й озон, що отримується шляхом електросинтезу на спеціальних установках «Озон-2М», «Озон-2М-02», ДС-1, ОП-4, «Озон-180» та ін. Обробку яєць озоном проводять в концентрації 0,3-1 г/м³ протягом 60 хвилин при температурі 15-20° С та відносній вологості 50-70% [27, 78, 80, 161].

До хімічних дезінфектантів відносяться: формалін, хлор і хлоровмісні препарати, антибіотики, перекис водню, надоцтові кислоти та їхні солі, четвертинні амонієві сполуки (ЧАС), гліоксалевий та глутаровий альдегіди, фенол, крезолі та їхні похідні, кислоти, луки та їхні солі (фосфорна кислота, каустична та кальцинована сода).

Для передінкубаційної обробки яєць класичним серед хімічних препаратів вважається формалін. Формалін (*Solutio Formaldehydi*) являє собою 35-40% водний розчин формальдегіду. Формалін має спороцидну, бактерицидну, віруліцидну, фунгіцидну активність. 1%-вий розчин формальдегіду вбиває спори збудника сибірки через 24 години, 3%-вий – через 5 годин, а 5%-вий – через 3 години.

Недоліком формаліну є те, що багаторазова і неконтрольована фумігація може призвести до патологічних змін внутрішніх органів ембріона та підвищення смертності ембріонів у другій половині інкубаційного періоду.

Гарантійний строк зберігання – 3 місяці від дати виготовлення. Після проходження вказаного строка препарат знижує свої якості. В основі

механізму дії формальдегіду на патогенну мікрофлору лежить його здатність вступати в реакції з білками збудника. Під час цього відбувається денатурація білків і утворення нових сполук, які володіють іншими властивостями.

Крім того, з досліджень Альматарнех М. А. [2] та багатьох інших вчених доведено, що однією з проблем застосування формальдегіду є несприятливий вплив його на обслуговуючий персонал, у якого він викликає алергічні реакції, підвищує кількість респіраторних захворювань, а також сприяє виникненню пухлин. Міжнародне бюро з ракових досліджень віднесло формальдегід до речовин, що проявляють канцерогенну дію на людей і тварин. В країнах Європи використання парів формальдегіду заборонено через його патогенний та подразнювальний вплив на слизові оболонки (навіть за дуже низьких концентрацій), канцерогенні, мутагенні та тератогенні властивості. Через канцерогенність формальдегід заборонено використовувати в багатьох країнах світу (зокрема в ЄС Постановою Європарламенту 648/2004 від 31.03.2004 р.). Крім того, розчин формальдегіду руйнує зовнішню оболонку яйця (кутикулу) та інактивує лізоцим, який входить до її складу, тим самим залишає її без захисного бар'єру від патогенної мікрофлори.

Формалін не псує матеріали, не викликає корозію металів, що піддаються знезараженню. Поширеним засобом дезінфекції яєць є їх обробка парами формальдегіду.

Слід зазначити, що заборонено використовувати формальдегід в присутності тварин, птиці та персоналу [1, 81, 89, 102].

Хлорактивні препарати (хлорамін, хлорпохідні гідантоїну, гіпохлорити, похідні ціанурової кислоти) є традиційними засобами дезінфекції, але мають недоліки. Активний хлор дуже подразнює слизові оболонки очей та верхніх дихальних шляхів і викликає корозію металів.

Використання деззасобів на основі хлорактивних речовин з деяких зазначених груп упродовж тривалого часу може призвести до формування стійкості (резистентності) до нього мікроорганізмів. Експериментальні дослідження і клінічні спостереження переконливо свідчать про порівняно

швидке формування резистентності мікроорганізмів до таких хлорактивних засобів, як хлорне вапно і моноклорамін.

В рецептурі дезінфектантів для знезараження передінкубаційних яєць використовують також препарати на основі четвертинних амонієвих сполук. Як стверджують Гудзь О. В. та інші співавтори [40, 41] - ЧАС характеризуються низькою токсичністю та екологічною безпечністю для людей і тварин. До основних елементів структури, які обумовлюють протимікробні властивості четвертинних амонієвих сполук, відносяться гідрофільні полярні четвертинні амонієві групи та гідрофобні вуглеводні радикали.

До препаратів четвертинних амонієвих сполук належать: декаметоксин, Катамін АБ, препарати групи ВВ, АТМ - арома (РФ), CID 20 та Virocid (CID LINES, Бельгія) та інші. Активною речовиною цих препаратів є триметилалкіламоній - хлорид (АТМ) і інші солі чотирьохзамінного амонію. Вище згадані препарати використовують, як антисептики та дезінфектанти для передінкубаційної обробки курячих яєць, також вони ефективні в боротьбі з колібактеріозом, пуллорозом, мікоплазмозом, хворобою Марека (ХМ), інфекційним ларинготрахеїтом (ІЛТ), синдромом зниження яйценоскості (СЗЯ).

Впливаючи на мікроорганізми, ЧАС, за малих концентрацій, впливають на здатність до поділу і розмноження патогенних мікроорганізмів, при достатній концентрації викликають їх загибель.

З досліджень Прокудіна Н. А. [81] встановлено, що антисептичні сполуки мають здатність знищувати патогенну мікрофлору, також не являють небезпеки при потраплянні на шкіру чи слизову оболонку. Типовими прикладами таких речовин є похідні ртуті, нітрат срібла, розчини йоду, спирти, детергенти [1, 35, 89].

Успішне застосування в санітарній обробці об'єктів у харчовій промисловості мають такі препарати на основі четвертинних амонієвих

сполук, що є миючо-дезінфікуючими засобами – «Біомол КС-3», «Біомол КС-3С» і «Біомол КС-3Н», що цілком відповідають вимогам [94].

Коваленко В. Л. [61, 62] підкреслює, що при роботі з ЧАС важливо дотримуватися правильної концентрації дезінфікуючого розчину.

Також важливу роль відіграють сучасні препарати для дезінфекції інкубаційних яєць такі, як «Полідез», «Бланідас 300», Кристал-700, Кристал-900, Кристал-1000, «Септодор», «Клорсепт-фарм», «ДезЕкон», «Віркон С», «Бі-дез», «СанСтим», препарати на основі хітозану та ін.

Розглянемо найбільш ефективні препарати для передінкубаційної обробки яєць.

«Бі-дез» - виробник ТОВ «Бровафарма», Україна. Рідина безбарвна, прозора, желеподібна, зі слабким специфічним запахом. В 1 мл препарату містяться такі речовини: полігексаметиленгуанідину гідрохлорид - 65 мг, додецилдипропілену триамін - 65 мг. Препарат діє бактерицидно та спороцидно на більшість грампозитивних і грамнегативних бактерій, віруцидно на РНК- та ДНК-вмісні віруси та гриби, має дезодоруючі властивості. Для дезінфекції інкубаційних яєць потрібні робочі розчини таких концентрацій: 0,25% (25 мл на 10 л води). Цей препарат досліджували такі вчені, як Фотіна Т. І., Назаренко С. М., Фотін А. І., Бабарук А. В. В їхніх дослідженнях було встановлено, що яйця від курей несучок, що оброблені препаратом «Бі-дез» відповідає «Нормам гігієнічних вимог щодо якості та безпеки виробничої сировини і харчових продуктів». При зовнішньому огляді яєць шкаралупа чиста, цілісна, міцна. При проведенні овоскопії повітряна камера проглядалася нерухомою, її висота по великій осі становила 1,5 мм; жовток займав фіксоване центральне положення, ледь помітні контури не проглядаються; білок щільний, рівномірно займає всю периферію яйця, просвічується. [11, 104, 105, 108].

«Полідез» - препарат являє собою опалесцентну рідину з жовтуватим відтінком або з кольором барвника, немає запаху або із запахом ароматизатора. Допускається випадання осаду, що не впливає на дезінфікуючі

властивості засобу. Змішується з водою у будь-якому співвідношенні. Фірм-виробник – ТОВ Науково-технологічний центр «Вербена» виробництва України. У складі препарату «Полідез» містяться діючі та допоміжні речовини: полігексаметиленгуанідин гідрохлорид (ПГМГ ГХ) – 1,5%, алкілдиметилбензиламоній хлорид (ЧАС) – 1,5%, допоміжні компоненти – лужний компонент у перерахунку на гідроксид натрію рН $9\pm 2\%$, барвник, ароматизатор та вода до 100%.

Обробка поверхні шкаралупи дезінфікуючим препаратом "Полідез" знижує мікробіологічне навантаження майже в 10–30 разів. У дослідях таких вчених, як Бреславець В.О., Бордунова О.Г., Глебова К.В., зазначається, що дезінфектант «Полідез» у 0,1%-й концентрації проявляє сильний вплив на бактеріальну мікрофлору. Звідси випливає, що для передінкубаційної обробки і в період інкубації препарат не показує значного негативного впливу дезінфектанту на інкубаційні якості яєць [17, 26, 28].

«СанСтим» - ефективний дезінфікуючий засіб, що складається з полігексаметиленгуанідину гідрохлориду та суміші солей органічних кислот (лимонної, янтарної та яблучної). В поєднанні ці речовини є безпечні, як для ембріонів, так і безпечні для персоналу забезпечують пролонговану бактерицидну дію. Було описано в статті 2017 року «Експериментальні дослідження ефективності застосування дезінфікуючого засобу «СанСтим» для передінкубаційної санації яєць» Фотіна, Г. А., Коваленко, І. В., дослідження свідчать про ефективність застосування препарату 0,3% СанСтим з метою дезінфекції поверхні шкаралупи інкубаційних яєць та відсутність його негативного впливу на курячі ембріони. Розроблений дезінфекційний засіб є екологічно чистим, не шкідливим для людей і не завдає шкоди довкіллю, у порівнянні з застосуванням формальдегіду, якому притаманні канцерогенні властивості [29, 63, 109,].

До закордонних засобів оброблення передінкубаційних яєць відносять багато тих самих дезінфектантів, що й використовуються в Україні. У 2013 році в США найчастіше використовувався хлор - 81,7%. Одним з ефективних

методів оброблення інкубаційних яєць можна віднести використання гідроксид амонію. Цей розчин є ефективний проти ооцист *Coccidia*.

Сучасні препарати, що використовуються за кордоном поділяються на санітарно-гігієнічні засоби для миття передінкубаційних яєць та органічні дезінфектанти.

«SparCHLOR» – це хлорований дезінфікуючий препарат. Доведено, що засіб знищує 99,9% бактерій, таких як *E. coli* і *Staphylococcus aureus*. SparCHLOR є висококонцентрованим і забезпечує високу продуктивність з низькою вартістю використання, всього 6 г/л води [153, 154].

Всі перераховані дезінфікуючі засоби значно пригнічують ріст мікроорганізмів передінкубаційних яєць, мають тривалу пролонговану дію, володіють високою бактерицидною активністю, підвищують виводимість курчат. Не впливають негативно на ріст і розвиток ембріонів курей, що обумовлює підвищення їх ембріональної життєздатності і природної резистентності [16,87].

1.2.2. Засоби дезінфекції харчових яєць

Як повідомляє Байдевлятов А. Б. зі співавторами [4], важливим і необхідним етапом, щоб знищити патогенну мікрофлору є вибір дезінфекційного засобу, який здатен забезпечити якісну дезінфекцію та бути екологічно безпечним. Сьогодні зусилля спеціалістів у даній галузі направлені на пошук способів більш тривалого зберігання яєць зі збереженням корисних якостей. Щойно знесене, свіже яйце досить швидко втрачає свої властивості.

Тривале зберігання харчових яєць забезпечує природний бар'єр та хімічний склад яєць, але при цьому важливо враховувати безліч факторів (температуру, відносну вологість зберігання, вік курей-несучок, ступінь забруднення яєчної шкаралупи), що впливають у підсумку на якість продукту. Температура зберігання харчових яєць є основним фактором. Вплив температури під час зберігання на якість і безпечність яєць підтверджено

різними вченими. Зберігання яєць при кімнатній температурі призводить до імовірного погіршення якісних показників вмісту яєць, збільшення швидкості проникнення і розмноження *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica* порівняно з яйцями, що зберігалися у холодильних камерах. З першого дня зберігання спостерігається всихання, тобто втрата маси яйця шляхом випаровування вологи з нього у навколишнє середовище.

Ці мікроорганізми руйнують захисні параметри біокерамічних структур яєць – шкаралупи і шкаралупних мембран, знижуються якісні морфолого-біохімічні показники, що призводить до бою яєць.

Одним із важливих методів підвищення терміну зберігання свіжих яєць є збереження їх при температурі 4–8°C, але в деяких регіонах і перепаду температури при транспортуванні це неможливо.

Миття харчових курячих яєць є спірним питанням у світі. У США, Австралії, Японії, миття харчових яєць відбувається за певними схемами, тоді як у Великобританії, країнах Європейського Союзу такий спосіб обробки не визнають. Вважається, що миття яєць порушує структуру надшкаралупної плівки (кутикули), яка є першою лінією захисту на непошкодженому яйці від проникнення через пори шкаралупи мікроорганізмів. Проте, ця позиція в дослідженнях спростовується Leleu [140] та Jones [138], та навпаки підтверджується іншими вченими Gole [134], Liu [151]. Але безперечним фактом є те, що миття яєць із дотриманням необхідних методів обробки значно зменшує мікробне забруднення шкаралупи.

В дослідженнях Shevchik R. S. [152] та Liu, Y. C. зі співавторами [142] стверджується, що для зберігання курячих яєць необхідно створити такі умови, які б запобігали проникненню всередину мікроорганізмів та їх подальшому розвитку, затримували фізичні та біохімічні процеси в середині яйця й уповільнювали його псування.

Для захисту вмісту яєць від зовнішнього середовища, а також зменшення втрат маси при зберіганні застосовуються різні хімічні засоби. Найчастіше для обробки поверхні яєць застосовують формалін, мінеральні

легкі масла, оскільки вони менш текучі й швидше проникають у пори шкаралупи. Закупорюючи їх, масло запобігає не тільки випаровуванню вологи, а й втратам вуглекислого газу, що сповільнює всі процеси, пов'язані зі старінням яєць (зміна рН білка, його розрідження, ослаблення градинок і жовткової оболонки тощо). Ефективною є обробка яєць шляхом обприскування надоцтовою кислотою (НОК). При цьому відбувається дезінфекція поверхні шкаралупи яєць і ущільнення підшкаралупних плівок, не змінює товарного вигляду яєць і не впливає на їх смакову якість [124, 162].

У зв'язку з вищенаведеним, випробування та розробка сучасних, безпечних та нових миючих і дезінфікуючих засобів, а також технологій обробки харчових яєць, створено велику кількість препаратів для сучасної галузі птахівництва. Використання принципово нових підходів щодо отримання не тільки повноцінної та якісної, але й біологічно безпечної продукції [139, 157].

Дезінфікуючі препарати значно пригнічують ріст мікроорганізмів передінкубаційних яєць, мають тривалу пролонговану дію, володіють високою бактерицидною активністю, підвищують виводимість курчат. Не впливають негативно на ріст і розвиток ембріонів курей, що обумовлює підвищення їх ембріональної життєздатності і природної резистентності. Одними з таких є «Дезаріус» та «Eggs-So-Clean».

«Eggs-So-Clean» - це санітарно-гігієнічний препарат. Унікальна композиція, спеціально розроблена для використання для миття оболонок яєць. Не хлорована, являє собою комбінацію декількох поверхнево-активних речовин, які допомагають в очищенні та запобігають перенесенню ґрунту на яєчну шкаралупу. Забезпечує ефективне миття яєць шляхом швидкого видалення курячих фекалій, крові, пір'я, комах та іншого бруду з яєчної шкаралупи. Прозора безбарвна рідина, має м'який запах. Основні речовини, що входять до складу препарату: натрію ксилосульфат - 5-10%, поліетиленгліколь - 5-10%, їдкий натрій - 1-5%, триполіфосфат натрію - 1-5%.

«Дезаріус» – препарат фірми БелСепт, країна виробник Білорусь. Універсальний дезінфікуючий засіб для обробки харчових яєць на основі гуанидинів та ЧАС.

В якості діючих речовин до складу засобу входить комплекс четвертинних амонієвих сполук (бензалконіум хлорид і Дідецілдіметіламмоній хлорид) - сумарно 2%, полігексаметиленгуанідину гідрохлорид (ПГМГ) - 2,5%. для замочування харчових яєць з візуально забрудненою шкаралупою, офіційно зареєстрований та дозволений в установленому порядку наприклад, 0,5% розчин кальцинованої соди, 0,2% розчин каустичної соди або 1,0% робочий розчин засобу «Дезаріус» при температурі $(28 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом не менше 10 хвилин. Після замочування яйця очищають щітками, промивають під душем водою з температурою $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ і направляють на подальшу дезінфекцію шляхом занурення їх в ємності з 1,0% розчином засобу «Дезаріус» на 5 хв, після чого яйця промивати холодною проточною водою не менше 5 хвилин. Робочий розчин засобу «Дезаріус» для дезінфекції може застосовуватися багаторазово протягом 14 діб.

Для суміщення миття та дезінфекції в одному етапі яйця занурюють в ємності з 1,2% розчином засобу «Дезаріус» на 5 хв, після чого яйця промивають холодною проточною водою не менше 5 хв. При проведенні поєднаного миття та дезінфекції поверхні шкаралупи яєць, робочий розчин використовують одноразово. Чисте яйце викладають в чистий, промаркований посуд [55, 92, 154].

В методах контролю дезінфікуючих засобів Коваленко В. Л. та ін. [64] зазначають, що сполуки які входять до складу будь-якого препарату має певний спектр протимікробної активності. У деяких випадках поєднання декількох хімічних агентів дозволяє розширити антимікробний спектр дії дезінфектанту.

На жаль, на сьогоднішній день жоден з дезінфектантів, які є на ринках хімічних товарів, не відповідає у повній мірі усім діючим стандартам.

Недоречне застосування дезінфікуючих засобів дозволяє мікроорганізмам проникати в пори яєчної шкаралупи та досягати зародка [57, 160].

1.2.3. Вимоги та недоліки дезінфікуючих засобів для обробки курячих яєць

Використання дезінфікуючих засобів на основі активних діючих речовин з зазначених груп упродовж тривалого часу призводить до формування стійкості (резистентності) курячого яйця до патогенних мікроорганізмів. Експериментальні дослідження обґрунтовано свідчать про значно швидке формування резистентності патогенної мікрофлори до ЧАС та має негативний вплив використання до харчових яєць. Формальдегід, як універсальний дезінфекційний засіб має велику кількість суттєвих мінусів, пов'язаних з негативними екологічними наслідками для самих курей і персоналу. Одним із негативних факторів використання формальдегіду вже в робочому розчині формальдегіду $0,02 \text{ см}^3/\text{дм}^3$ за даними М. А. Вуцене [36] має істотний подразнюючий ефект на слизову оболонку респіраторної системи людини, впливає на дихальні шляхи, що погіршує умови праці робітників.

Вершняк Т. В. [33] повідомляє, що не слід відкидати те, що пари формаліну спричиняють появу іржі на поверхні металевих поверхонь, і у результаті окислення формаліном металевих конструкцій та обладнання, утворюється мурашина кислота, яка має негативний вплив на розвиток ембріонів в процесі інкубації.

В дослідженнях Бордунової О. Г. [20] та Lourens Ir. A. [143] та співавторів стверджується, що при токсичній дії формаліну потрібно після його використання ретельно обробити стерильною водою і продезінфікувати матеріал. Крім того, формальдегід проявляє виражену канцерогенну активність. Він руйнує зовнішню оболонку пташиного яйця. Варто зазначити, що заборонено використовувати формальдегід в присутності тварин, птиці та персоналу.

З досліджень Болотникова И. А. [15] доведено, що обробка яєць за допомогою розчинних антибіотиків під вакуумом є недіючою. В інших дослідженнях Старцева В. Ф. [93] доведено, що перекис водню й аерозолі йодистого алюмінію якісно та ефективно знищують патогенну мікрофлору на поверхні яєць, але істотно деформують та інактивують природну захисну надшкаралупну та лізоцимну оболонки ембріонів. Сучасний ринок України пропонує широкий асортимент дезінфектантів. Більшість з них містять у своїй структурі велику кількість діючих речовин [90].

Йодовмістні препарати мають високу корозійну активність на технологічне обладнання інкубаторів. Також немає інформації, який з препаратів для обробки яєць має найкращу бактерицидну дію, є безпечним для здоров'я персоналу та споживачів продукції птахівництва і позитивно впливає на розвиток ембріонів.

Досліджуючи якість та безпеку курячих яєць, оброблених озоном за концентрації 28,00 мг/м³ з експозицією 90 хв, Поповим П. А. [79] та Родіоною К. О. [84] не було виявлено негативного впливу озонування на органолептичні та фізико-хімічні показники якості харчових яєць та вплив на біологічну цінність.

На жаль, з більшості розглянутих груп хімічних речовин які входять до складу дезінфікуючих розчинів не завжди відповідають всім критеріям, які є необхідними для сучасних препаратів. Багато хімічних дезінфектантів мають агресивну дію до довкілля, обладнання інкубаторів, птиці та її зародків, інкубаційних яєць, харчових яєць, небезпечні для обслуговуючого персоналу та для споживача. Деякі дезінфектанти для обробки можуть бути пожежо- та вибухонебезпечними [25].

Основною вимогою має бути багатофункціональність і мати тривалу дію з високою активністю до всіх, без винятку, патогенних збудників. Поєднання декількох хімічних речовин дозволяє розширити антимікробний спектр дії дезінфектанту (ефект синергізму) потенціювання.

Препарати не повинні продукувати резистентні штами мікроорганізмів, відмінно розчинятися у воді, не мати подразнювальної дії для дихальних шляхів персоналу, залишатися стабільними за будь-яких температурних режимів транспортування і зберігання. Важливим компонентом, який повинен володіти препарат для обробки передінкубаційних яєць, це не пошкоджувати обладнання інкубатора та бути безпечним для птиці і довкілля. Для обробки харчових яєць повинні мати низьку токсичність, пролонговану знезаражувальну реакцію, а також мийні та дезодоруючі властивості, які не будуть шкідливі людині.

Дезінфікуючі препарати повинні мати оптимальне співвідношення ефективності та ціни.

На даний момент не існує ідеального дезінфікуючого засобу, який би відповідав всім вимогам, що висувають до таких препаратів, а технологія потребує певних удосконалень і навичок, дотримання правил охорони праці, техніки безпеки та особистої відповідальності персоналу [26, 95, 100, 110].

1.3. Класифікація та санітарно-гігієнічні вимоги передінкубаційних та харчових яєць

Одержання максимально якісної продукції – основна мета сучасної галузі птахівництва. На якість відбору впливає ряд чинників, а саме: генетичні (маса і форма яєць, співвідношення внутрішніх частин яйця, будова шкаралупи), технологічні (температурно-вологісний режим зберігання харчових яєць, та при інкубації), санітарно-гігієнічні (збір яєць з гнізда, термін та умови зберігання до відправлення у цех інкубації), транспортування, маркування, вчасно проводити огляд за допомогою овоскопу. Велику роль у збереженні якості як харчових, так й передінкубаційних яєць відіграє міцність шкаралупи. Чим міцніша шкаралупа, тим менший бій яєць при транспортуванні та нижче відхід яєць при інкубації. Шкаралупа повинна бути досить міцною, щоб захистити ембріон від зовнішніх механічних ушкоджень

і в той же час вона не повинна бути непереборною перешкодою для вилуплення пташеняти.

Курячі харчові яйця також проходять нелегкий шлях до реалізації. Спочатку важливим етапом є збирання, пакування, транспортування, зберігання, а тільки ж потім надходять до продажу. Під час цих операцій яєчна шкаралупа найчастіше частково або повністю пошкоджується, що спричинює значні економічні втрати для виробників та торговельних установ [30, 45, 52, 70, 112].

З дослідів Вечеря Ю. О. [34] встановлено, що такі чинники, як зміни температурного режиму, вологості, терміну зберігання яєць впливають на виводимість курчат. Біологічні фактори, як вік птиці, маса передінкубаційного яйця та співвідношення внутрішніх частин яйця. При тривалому терміні зберігання яєць відбувається суттєве збільшення кількості загиблих ембріонів на ранніх стадіях інкубації, що негативно відбивається на кількісний і якісних показниках виводимості яєць.

Відомо, що від якості передінкубаційного яйця залежать результати їх інкубації. При цьому якість яєць вимірюється не тільки вмістом поживних та біологічно активних речовин, але і санітарно-ветеринарними умовами отримання і збереження яєць як до, так і у період їх інкубації [5, 127].

При передінкубаційному відборі курячих яєць не використовують дрібні (вагою 45-47 г) і великі яйця (понад 70-75 г), що мають низьку заплідненість і виводимість. Крім того, з дрібних яєць є великий ризик отримати курчат некондиційної маси зі зниженою життєздатністю та патологіями. Яйця із забрудненим захисним покриттям до інкубації не допускаються. Шкаралупа передінкубаційного яйця повинна бути гладкою, матового відтінку, що свідчить про цілісність муцинової оболонки (кутикули) і свіжості курячого яйця, малорухливий жовток, що повинен займати центральне положення під час овоскопування, без чітко виражених меж. Відхилення від норми і механічні порушення цілісності шкаралупи є підставою для його бракування.

Для передінкубаційних яєць необхідне продезінфіковане приміщення, з температурою зберігання від 10-18°C. При тривалому зберіганні не більше 6 днів температуру знижують. До закладки в інкубатор їх слід періодично перевертати. Важливим показником є вологість повітря, яка не повинна бути нижчою ніж 70%. Яйця для інкубації знаходяться в горизонтальному положенні та не більше 6 днів [38, 76].

Непридатними для інкубації слід вважати курячі яйця, які: мають дефекти тріщини шкаралупи, шороховатості, тонку і ламку шкаралупу, шкаралупу з великими вапняними наростами, не допускаються до інкубації яйця з плямистою мармуровою формою шкаралупи, яка проявляється нестачею або надлишком кальцію, має світлі смуги на шкаралупі, які свідчать про пошкодження її, непридатними є двожовткові курячі яйця, жовток зі зміщеним або прилиплим до внутрішньої частини шкаралупи, з рухливою, зміщеною або блукаючою повітряною камерою, що не відповідає вимогам до інкубації, кров'яними та іншими сторонніми включеннями, передінкубаційні яйця, в яких білок змішаний з жовтком в результаті розриву жовткової оболонки. Непридатними до інкубації також є яйця, уражені пліснявою, або мають темні плями і не просвічуються, яйця, які довго зберігалися, при просвічуванні мають збільшену повітряну камеру, яка вказує на термін зберігання яйця, чим більша камера, тим більший час зберігання, має великий, темний жовток, який присох до шкаралупи або поруч з нею, межі жовтка окреслені більш різко, ніж у свіжому яйці, дуже брудні яйця не використовуються.

Для захисту яєць від контамінації патогенною мікрофлорою поверхню дезінфікують [83].

Для обробки шкаралупи передінкубаційних яєць, можна застосовувати тільки ті препарати, які не мають негативного впливу на обладнання інкубаторію, обслуговуючий персонал та ембріональний розвиток курячих яєць [20, 75]. Важливим і необхідним етапом, щоб знищити патогенну мікрофлору є вибір дезінфекційного засобу, який здатен забезпечити якісну

дезінфекцію, не проявляти звикання до патогенних штамів, не накопичується в продуктах харчування та повністю виводиться з організму і бути екологічно безпечним [45].

Харчові яйця курей є ідеальним джерелом енергії та дешевшим білковим продуктом. У природі білок (протеїн) яйця є найповноціннішим серед білків і вважається ідеалом якості білка, оскільки в ньому містяться всі незамінні амінокислоти [37]. Регулювання зберігання та обробки яєць здійснюється згідно ДСТУ 5028:2008.

Харчові яйця мають певну класифікацію, яка залежить від якості та терміну зберігання до дня реалізації (від виробника до споживача), поділяють залежно від маси, що повинні відповідати технічним вимогам стандарту, ветеринарного законодавства та санітарно-епідеміологічним вимогам і нормам. Яйця мають бути високої якості, розсортованими за класами та категорія, виробленими під державним ветеринарно-санітарним контролем та наглядом. Важливим показником високої продуктивності курей є вага яйця. Тому виконання всіх процесів технології є важливим значенням для отримання високих показників. Згідно ДСТУ 5028:2008, за показниками якості поділяють на дієтичні, столові та охолоджені харчові яйця повинні відповідати вимогам.

Важливим показником в якості харчових яєць є мікробіологічні показники. За мікробіологічними показниками яйця повинні відповідати вимогам МБВ № 5061.

Первинне оброблення полягає у промиванні, дезінфекції, сушінні й сортуванні яєць за якістю. Сучасні стандарти в сфері птахівництва висувають високі вимоги до безпеки харчових продуктів, що використовуються в виробництві продукції птахівництва. Ретельний контроль заходів забезпечує кінцеву якість продукції.

Курячі яйця повинні проходити регулярний державний контроль за показниками мікробіологічної безпеки, дотримуватись високих стандартів харчової безпеки, які пройшли спеціальну обробку, що включає в себе мийку

та дезінфекцію курячого яйця. При цьому повинні зберігатися всі фізичні і хімічні властивості передінкубаційних і харчових яєць [47].

1.4. Біохімічна та морфологічна характеристика яєць курей та зміни при тривалому зберіганні

З досліджень Гудима В. Ю. [39], Кисельова Л. Ю., Фатеева В. М. [60], курячі яйця мають дуже високу харчову і біологічну цінність для життєдіяльності людини, оскільки має всі поживні речовини. Яйце куряче складається із шкаралупи та підшкарлупних оболонок (12%), білка (56%) і жовтка (32%). Масова частка білка в курячому яйці становить 12,7%, жирів 11,5%, вуглеводів 0,6-0,7%, мінеральних речовин 1,0%, води 74%, вітамінів D, E, каротину, B1, B2 B6, PP та холін.

Показники можуть змінюватися залежно від породи та кросу курей і ваги яєць. Якщо вага курячих яєць збільшується, то маса білка зростає. В яйці розрізняють такі складові частини, що зображені на рис.2[39].

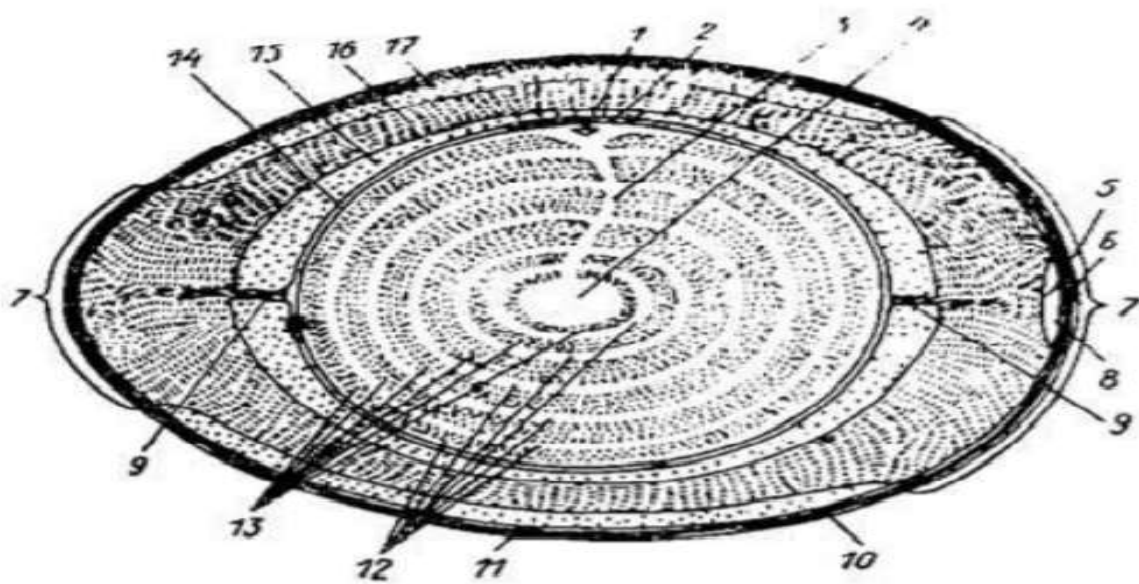


Рис.2. Яйце курки (поздовжній розріз).

1 - бластодиск; 2-жовточна оболонка; 3 - шийка латєбри; 4 - латєбра; 5- білкова оболонка; 6 - підшкарлупна оболонка; 7 - білкова зв'язка, 8 - повітряна камера; 9 - градинки; 10 - шкарлупа; 11 - надшкарлупна оболонка (кутикула); 12 - світлий жовток; 13 - жовтий жовток; 14 - градинковий шар білка; 15 - внутрішній рідкий білок; 16 - зовнішній щільний білок; 17 - зовнішній рідкий білок.

Яйце перебуває в перешийку приблизно годину, де започатковується шкаралупа. Протягом кількох годин вона являє собою тонку оболонку до початку формування шкаралупи. Інтенсивне формування шкаралупи курячого яйця займає від 10 до 12 годин. В останні пару годин до яйцекладки відбувається стадія завершення, тобто утворення шкаралупи та здійснюються пігментація та формування кутикули.

Шкаралупа – зовнішній, твердий шар яйця, має пористу структуру, що виконує захисну функцію, оточує і захищає від зовнішніх механічних ушкоджень. Маса шкаралупи свіжознесеного курячого яйця, залежно від його маси, становить 6,3 г. Одним із основних компонентів є карбонат кальцій, основним призначенням якого є захищати вміст яйця від зовнішніх ушкоджень, які можна отримати механічних шляхом, і несприятливого впливу навколишнього середовища.

Яєчна шкаралупа містить мінеральні речовини, до яких входить 94% карбонату кальцію, 1,5% з карбонат магнію, 0,5% сполук фтору, в ролі з'єднаних мінеральних солей виступають органічні речовини, їх вміст приблизно 3-6%. Колаген - протеїн яєчної шкаралупи, служить для відкладення мінеральних солей, коли яйце тільки утворюється [24].

Білки шкаралупи близькі до колагену і кератину. Колір шкаралупи залежить від присутності овопорфіріна, що має багато спільного за хімічною будовою з гематопорфіріном - речовина, що схожа з пігментами крові і жовчі.

У шкаралупі виділяють зовнішню пористу оболонку, яка містить від 9000 до 12000 пор (тонких каналців), через які поступає повітря. Під нею

розташовується внутрішня подвійна підшкаралупна оболонка. У свіжому не забрудненому стані підшкаралупна плівка вільно пропускає повітря.

В тупому кінці курячого яйця між шкаралупою і білковою оболонкою розташована повітряна камера, яка збільшується при тривалому зберіганні в розмірах і його вміст всихає. При висиханні яйця газопроникність значимо зменшується, а іноді і зовсім припиняється. В дослідженнях Шоміна Н. В. доведено, що це має суттєве значення при інкубації, внаслідок зниження газообміну, що призводить до загибелі зародка від недостатнього надходження кисню. Зовнішня оболонка яйця допомагає в захисті від попадання хвороботворної мікрофлори [114].

Як зазначає Рольник В. В. [86], підшкарлупні оболонки близько прилягають одна до одної та до шкаралупи, покриваючи білок. З тупого боку курячого яйця створюють повітряну камеру, розходячись між собою, що створює умови для кращого газообміну, при цьому крізь них не проходить рідина. Повітряна камера утворюється внаслідок відходу білка від шкаралупи, створюючи порожній простір. В ній зберігаються запаси кисню для того, щоб зародок використовував їх до часу появи на світло.

В яйці можна помітити тонкі канатики, які відходять від жовтка вгору і вниз. Вони утримують жовток, щоб залишався в центрі яйця. Оболонка жовтка прикріплена до клітинної мембрани курячого яйця та протягом перших 60 год інкубації насичує клітини ембріона для його розвитку [148].

Якщо уважно придивитися можна помітити червону цятку на жовтку, яка називається зародковий диск. В ньому розвивається ембріон після запліднення. Зародковий диск завжди знаходиться зверху, щоб ембріон завжди отримував тепло від курки або інкубатора.

Кутикула формується в клоаку після розвитку яйця, виконує захисну бар'єрну функцію від патогенних мікроорганізмів, газів і вологи. При пошкодженні кутикули термін зберігання яйця зменшується.

Беляев К. В. стверджує [10], що куряче яйце в залежності від розміру складаються приблизно на 73% з води. У ній розчинені безліч корисних

мінеральних речовин, вітамінів, білків, вуглеводів, жирів. Вода курячого яйця складає 73,6% хімічного складу, суха речовина становить 26,4%, протеїн 12,8%, жири - 11,8%, вуглеводи - 1,0% та масова частка мінеральних речовин складає 0,8%.

Білок має чотири фракції. Найближче до жовтка розташовується тонкий градінковий шар, утворений волокнами, та складає 3% від загального обсягу білка. У ньому знаходяться халази, які дозволяють утримувати жовток в центрі.

Градінковий шар оточує товстий шар рідкого білка, необхідного для початкового розвитку зародка, який називається середній білок або ще білковий мішок і становить приблизно 57% всього обсягу білка. Щільна структура та пластичність дає змогу зберігати форму, служить захистом жовтка шляхом прикріплення градинок за допомогою зв'язок, утворених з муцинових волокон, прикріплених до внутрішньої частини підшкарлупної оболонки. Відіграє потрібну роль для харчування в другий період розвитку ембріона. Захищає при незначних механічних впливів. для захисту жовтка і ембріону від контакту з жорсткою шкаралупою.

Навколо жовтка і градінкового шару займає місце внутрішній рідкий шар в ньому міститься близько 17% всього білка. Складається з в'язкого, рідкого білка практично без волокон муцину.

Навколо середнього шару фракції білка, за винятком місця приєднання зв'язок, розташований зовнішній рідкий шар білка. Він за будовою подібний внутрішньому рідкому шару і становить близько 23% всього обсягу білка [13, 50, 155]. З досліджень Насонова Ю. М. [71] встановлено, що білок курячого яйця складається на 87% з води та містить різноманітні поживні речовини, розчинені в ній. Основний білок – протеїн.

Протеїни взаємодіють між собою своєрідним чином, тому їх обмін здійснюється під контролем рН білка, рівень якого у курячому яйці повинен приблизно наближатися до 7,9. У білку курячого яйця є всі замінні та незамінні амінокислоти. У яєчному білку міститься безліч мінеральних речовин: калій,

натрій, залізо, кальцій, фосфор, магній, хлор, сірка. Присутні в незначній кількості: бром, алюміній, цинк, кремній, а також барій, срібло, рубідій, літій, йод, молібден, марганець та інші хімічні речовини.

У білку більш ніж 70 ферментів, необхідних при розпаді білків, коли активно починає їх засвоювати ембріон. У складі містяться вітаміни групи В, вітаміни Е, К і Д, природний антибіотик, який має бактерицидний ефект – лізоцим. Однією з вагомих функцій, якою володіє білкова оболонка, можна вважати захисну. Іншою не менш важливою функцією оболонки є її здатність постачати в організм зародка воду, утворюючи водний резервуар. Вода не тільки створює бар'єр від висихання зародка, але і розчиняє більшість мінеральних речовин, які беруть участь в побудові організму.

Як стверджує Варуха Н. П. [32], вуглеводи представлені глікогеном і глюкозою. В яєчному жовтку міститься приблизно 46% води, сухої речовини - 54%. В останньому містяться такі органічні речовини, як: протеїни, ліпіди, вуглеводи, мінеральні речовини. Основною речовиною, яка входить до складу яєчного жовтка - це жири, які представлені 62%, з них 33% фосфоліпідів і приблизно 5% стеролів.

Склад яєчного жовтка представлений жирними кислотами, в основному: стеариною, лінолевою, олеїною, і пальмітиною кислотою. Перші дві стеаринова, лінолева необхідні для початкових етапів формування зародка, оскільки вони розташовані до нього ближче всього. Жовток яйця містить два види протеїнів - це ововітелін і оволіветін. Перший багатий вмістом амінокислот, таких як лейцин, аргінін, лізин [144].

У жовтку курячого яйця накопичуються мікроелементи, амінокислоти, вітаміни, та безліч корисних речовин, необхідних для розвитку ембріона. Досить багато в жовтку міститься мікроелементів: цинк, кальцій, калій, залізо, натрій, кремній, фтор, йод, мідь, фосфор, алюміній і марганець. Вітаміни в курячому жовтку представлені досить широко: А, вся група В, Е і Д. Наявність ферментів в жовтку таких, як протеїназа, оксидаза, амілаза, дипептидаза та інших досить сильно впливають на розвиток зародка в середині яйця.

Пігменти знаходяться в усьому яйці, але їх особлива концентрація знаходиться в жовтку. Концентрація забарвлення жовтка залежить від вмісту карогіноїдів в їжі. Наприклад, в ньому містяться ксантофіл, ліпохроми, каротин. Під час інкубаційного періоду ембріони використовують найчастіше ксантофілів, який надає жовтий чи помаранчевий колір [49, 69].

Виходячи з вище зазначеного можна зробити такий висновок, що куряче яйце - незамінний поживний продукт харчування, а шкаралупа - захисна оболонка, яка створює бар'єр і всі умови для розвитку ембріона. У ньому маса корисних для здоров'я людини речовин, які важко часом заповнити за рахунок інших продуктів харчування. Для людини куряче яйце є особливою цінністю, оскільки містить величезну кількість корисних речовин, які легко засвоюються організмом.

Біохімічний склад курячого яйця має унікальні особливості, обумовлені технологічними процесами вирощування, як харчового продукту, так і в виробничих масштабах для технології вирощування сільськогосподарської птиці [65, 96, 113].

1.5. Композиція хітозан для обробки харчових та передінкубаційних яєць

Останнім часом увага дослідників прикута до «зелених» технологій синтезу препаратів для проведення боротьби зі хвороботворними агентами (бактерій, вірусів). До таких «зелених» технологій з певними обмеженнями належить електрохімічний синтез. Як зазначає Бахир. В. М. [8] те, що в сучасному птахівництві перспектив набувають технології композитними покриттями на поверхні шкаралупи передінкубаційних та харчових яєць на основі екологічно безпечних речовин, створюючи додатковий бар'єр. До таких відноситься хітозан. Популярності також набули засоби, створені на основі наночасток металів.

Attila E. та Pavlath W. [120] у своїх дослідженнях стверджують, що незважаючи на те, що існує три основних методи знезараження мікроорганізмів: біологічний, хімічний і фізичний, застосування їх, як окремо, так і в комплексному поєднанні з іншими зустрічається нечасто.

Головним завданням селекції у сучасному птахівництві є підвищення продуктивності курей, а саме яйцenessності, і може сягнути у майбутньому, на думку провідних вітчизняних і зарубіжних вчених, двом яйцям за добу. Це обумовлено природними можливостями загального метаболічного стану організму курей, що дає спроможність синтезувати протягом певного проміжку часу білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти вітаміни тощо, необхідних для формування повноцінної структури яйця [131].

Для дезінфекції поверхні харчових яєць, використовують комплексні заходи для захисту від патогенної мікрофлори бактеріального і вірусного походження протягом тривалого зберігання шляхом нанесення на шкаралупу яєць захисної, біоцидної та водночас екологічно безпечної нетоксичної захисної плівки [118].

Один із основних компонентів яйця, а саме захисна біокерамічна структура – шкаралупа з над- та підшкаралупними мембранами, у такому швидкому метаболічному режимі сформуватися не може. Важливим фактором є те, що навіть отримання близько 320-340 яєць в рік від високопродуктивних кросів, притаманні значні мікро- і макро дефекти шкаралупи, що в свою чергу значно знижує якісні показники продуктів птахівництва і завдає збитків птахівничим господарствам.

Добре відомо, що фізико - хімічні властивості покриттів сильно залежать від їх хімічного складу та мікроструктури плівок. Вибір ефективного покриття здійснюється відповідно до його здатності протидіяти негативному впливу факторів, що спричиняють погіршення стану курячих яєць. Наприклад, деякі ліпідні покриття мають високу стійкість проти вологи та недосконалі механічні властивості спільно з можливістю до швидкого окислення. Покриття на основі гідроколоїдів, для яких відносяться полісахариди і білки,

позитивно впливають на підвищення водопроникності завдяки їх гідрофільності і володіють хорошими механічними властивостями та здатність до припустимого рівня пропускання газів (газові бар'єрні властивості). Беручи до уваги те, що різні фізичні, хімічні та біохімічні модифікації біополімерів, що використовуються для виготовлення покриттів, вони можуть бути корисними для поліпшення бар'єрних та механічних властивостей шкаралупи яйця протягом транспортування та зберігання. Однією з найбільш перспективних речовин, яку можна застосовувати в композиціях, що наносять у вигляді робочих розчинів на поверхню шкаралупи курячого яйця з метою продовжити відповідні терміни придатності зазначених продуктів з паралельним збереженням високих споживчих якостей, є хітозан.

Хітозан - це природний біополімер, що отримується шляхом деацетилювання хітину, головного компонента оболонки ракоподібних, таких як краби, креветки та раки. Зафіксовано, що хітозан має плівкоутворюючу властивість для використання в якості їстівних плівок або покриттів [125, 137, 146]. Хітин був відкритий в 1811 р. (H. Braconnot, A. Odier), хітозан – в 1859 р. (C. Rouget), але свою сучасну назву отримав у 1894 р. (F. Hoppe-Seyler). У першій половині ХХ ст. до хітину і його похідних виявляли інтерес, зокрема до нього мали безпосереднє відношення такі Нобелівські лауреати: Е. Fisher (1903 р.) синтезував глюкозамін, Р. Каггег (1929 р.) провів деградацію хітину за допомогою хітінази і, нарешті, W. N Haworth (1939 р.) встановив абсолютну конфігурацію глюкозаміну.

З досліджень Немцева С. В. [72] доведено, що хітозан є єдиним позитивно зарядженим полімером (полікатионом) природного походження, який отримують у великих кількостях з високим ступенем хімічної чистоти, і, що важливо, вартість його, особливо у вигляді технічної неочищеної речовини досить помірною. Світова кількість хітину оцінюється на рівні 10 гігатонн, що, з огляду на постійний біосинтез, робить його невичерпним джерелом для отримання хітозану. В останні два десятиліття значно зріс інтерес до біоцидних властивостей хітозану, які поряд з нетоксичністю, біосумісністю,

гіпоалергенністю та здатності до біодеградації, дозволяють використовувати його в харчових і «зелених» технологіях. Проте, біоцидні властивості хітозану сильно залежать від його молекулярної маси та хімічної структури. Це обумовлене тим, що хітозан, який є сополімером глюкозаміну і ацетилглюкозаміну, являє собою гетерогенну групу речовин, що розрізняються за молекулярною масою, ступенем деацетилювання, розташуванню залишкових ацетильованих ланок уздовж полімерного ланцюга, в'язкості, значеннями величини pK_a .

У зв'язку з широкою варіацією молекулярно-масових параметрів зразків полімеру, для хітозану характерні значні варіації в прояві біоцидних властивостей. Біоцидна активність хітозану залежить: а) від ступеня деацетилювання, тобто від частки аміносахарідних залишків з вільною аміногрупою. Збільшення ступеня деацетилювання хітозану веде до посилення антибактеріальних властивостей поліаміносахаріда, б) від ступеня протонування вільних аміногруп полімеру, оскільки саме позитивно заряджені аміногрупи багато в чому визначають спорідненість хітозану до клітин мікроорганізмів. Зі збільшенням ступеня протонування аміногруп хітозану посилюються антибактеріальні властивості полімеру. Ступінь протонування полімеру залежить від кислотності середовища - чим більш кисле середовище, тим більш заряджений позитивно хітозановий полімер, тому при збільшенні кислотності середовища біоцидні властивості хітозану посилюються, а при залуженні – зменшуються. В дослідженнях Скрябин К. Г., Вихорева Г. А. [91], повідомляється, що біоцидна активність залежить і від молекулярної маси (ступеня полімеризації) хітозану. Зазвичай зі збільшенням молекулярної маси хітозану, його антибактеріальні властивості посилюються. Це пояснюється його зростаючою здатністю взаємодіяти з клітинами мікроорганізмів при збільшенні молекулярної маси. Однак, є відомості, які свідчать про посилення антибактеріальних властивостей хітозану при зменшенні його молекулярної маси, що пов'язують з кращою розчинністю більш низькомолекулярних форм полімеру. Змінювати як молекулярну масу та товщину, так і ступені

газопровідності та біоцидної активності хітозанової «штучної кутикули» можна за використання електрохімічних та ультразвукових технологій і допування плівок наночастками оксидів металів або карбонату кальцію.

Сучасні вчені досліджують властивості хітину та хітозану, розширюють сферу їх практичного застосування – з кожним роком виникають зовсім нові і перспективні напрямки. До основних напрямів використання хітозану можна віднести медицину, сільське господарство, косметологію і харчову промисловість [141].

1.6. Обґрунтування напрямків власних досліджень

Вибір дезінфікуючого засобу і способу обробки передінкубаційних та харчових яєць займає провідне місце у технологічному процесі отримання екологічно безпечного продукту та вирощування сільськогосподарської птиці.

Застосування певного способу обробки яєць впливає на цілу низку факторів, які безпосередньо впливають на якість курячого яйця.

Однією з першочергових завдань сучасного промислового птахівництва, що вимагають найбільш термінового вирішення, є розробка комплексних заходів для запобігання погіршення якості інкубаційних яєць внаслідок їх вторинної контамінації патогенною мікрофлорою вірусної і бактерійної природи [12].

Розглядаючи досить велику кількість дезінфектантів, які пропонують різні виробники, вони не у всіх випадках є зразковими та потребують удосконалення з урахуванням особливостей технології виробництва продукції птахівництва. Основними умовами у виборі дезінфікуючого засобу є антибактеріальний вплив на біокерамічний захисний шар курячого яйця для зниження бактеріального та вірусного обсіменіння, протягом тривалого зберігання харчових яєць, збереження високої поживної та біологічної цінності курячих яєць, як джерело повноцінного тваринного білка, який легко засвоюється організмом людини та вплив на розвиток зародків та

життєздатність майбутнього молодняку в процесі інкубації. Для обробки шкаралупи передінкубаційних яєць можна застосовувати тільки ті препарати, які не мають негативного впливу на обладнання інкубаторію, обслуговуючий персонал та ембріональний розвиток курячих яєць.

При технологічному процесі обробки яєць курей, необхідною умовою отримання високоякісної продукції є постійний пошук в удосконаленні та правильному підборі дезінфікуючих розчинів. На даний момент не існує ідеального дезінфікуючого засобу, який би відповідав всім вимогам, що висувають до таких препаратів, а технологія потребує певних удосконалень і навичок, дотримання правил охорони праці, техніки безпеки та особистої відповідальності персоналу.

Курячі яйця повинні проходити регулярний державний контроль за показниками мікробіологічної безпеки, дотримуватись високих стандартів харчової безпеки, які пройшли спеціальну обробку, що включає в себе мийку та дезінфекцію курячого яйця. При цьому зберігаються всі фізичні і хімічні властивості передінкубаційних і харчових яєць.

Перспективним і актуальним вважається розвиток технологій покриття поверхні харчових яєць штучними композитними на основі екологічно безпечних речовин. До таких відноситься хітозан. Останнім часом увага дослідників прикута до «зелених» технологій синтезу препаратів для проведення боротьби зі хвороботворними агентами (бактерій, вірусів). Є напрям поєднання дії хімічних і фізичних засобів для знезараження об'єктів птахівництва.

Одним з перспективних підходів, що знаходять застосування в технології інкубації яєць сільськогосподарської птиці, є використання наночастинок ZnO для додавання антибактеріальних властивостей, а також стійкості до УФ-випромінювання поверхонь різної природи, зокрема біокомпозитам [164].

Оксид цинку - екологічно безпечна і нетоксична речовина, яка має фотокаталітичну активність, що набуває особливого значення в активації процесів фотокаталітичного утворення перекису водню H_2O_2 , який, в свою

чергу руйнує органічні забруднювачі на поверхнях, знищує патогенну мікрофлору на поверхні курячого яйця, здійснює знезараження патогенних мікроорганізмів. Виходячи з наведеного, метою нашого дослідження було удосконалення технології передінкубаційної обробки яєць курей за допомогою використання нового препарату, сконструйованого по біоміметичному принципі, до складу якого поряд з кислоторозчинним хітозаном, як матричної речовини, і перекисних сполук входить оксид цинку (ZnO) в нанодисперсному вигляді [23].

Іншим направленням в дослідженні слугувало підібрати альтернативу класичним для обробки поверхні харчових яєць формаліну, мінеральним легким маслам, оскільки вони менш текучі й швидше проникають у пори шкаралупи.

Якість яєць можна оцінити за допомогою варіації багатьох фізичних, хімічних, біологічних та функціональних характеристик. Такі фактори, як вік та живлення курей-несучок, температура в приміщенні та при інкубації, вологість повітря, умови та час зберігання впливають на якість яєць. Деякі зміни білка та жовтка перевіряються протягом зберігання яйця. Серед хімічних реакцій, що проходять всередині яєць, є перетворення білка із щільного стану в рідкий. Ця зміна, можливо, стосується газу H_2CO_3 , одним із компонентів буферної системи білка, який дисоціюється у воду та CO_2 . Відбувається зменшення загального складу твердих речовин у протеїнах курячого яйця. Також спостерігається збільшення рН та зменшення маси яйця. Отже, під час зберігання внутрішня якість яєць може визначатися збільшенням рН білка, зменшенням маси яєць та зменшенням загального вмісту твердих речовин білка.

Запропонований композит на основі покриття екологічно безпечними речовинами, до яких останнім часом прикута увага дослідників. До таких «зелених» технологій з певними обмеженнями належить електрохімічний синтез. Хітозанові мідні комплекси, приготовані з різними концентраціями міді за допомогою електрохімічного методу окислення у водно-оцтовому

середовищі. Його проводили при постійній напрузі (2 вольта) при кімнатній температурі та різному часі електроокислення.

Таким чином визначали вплив обробки комплексом захисної композиції «хітозан – мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання [111, 112, 127].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна схема та методики проведення дослідів

Дослідження проводились з 2017 – 2021 р. на базі біохімічної лабораторії кафедри біохімії та біотехнології, на базі Інституту прикладної фізики НАН України (м. Суми) у відділі біофізики та мас-спектрометрії, Сумському державному університеті, Сумському національному аграрному університеті, ТОВ «Авіс-Україна» с. Косівщина Сумського району Сумської області, ФОП ТРЕПАЧЕНКО с. Петрівське Прилуцького району Чернігівської області, птахофабриці «Оленка» м. Василків Київської області.

При проведенні досліджень були використані 2 групи курячих яєць. До першої групи відносяться передінкубаційні яйця курей-несучок кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт у кількості 4 тис. шт. Інкубацію яєць проводили в інкубаторі «Універсал 55» за чинними нормами згідно з методичним посібником («Інкубація яєць сільськогосподарської птиці», 2001). До другої групи відносяться харчові яйця та яйця категорії С0 65-75 г породи Декалб Уайт, Хайсекс Уайт та Хайсекс Браун у кількості 2 тис. шт., отриманих з птахівничих господарств Сумської та Чернігівської областей. Одержані яйця птиці відповідали загальноприйнятим нормам утримання та годівлі. Всього було оброблено 6 тис. шт. курячих яєць (15-20-40 тижні яйцекладки). У дослідях застосовували яйця птиці, які відповідали чинним нормативним документам.

Досліджували існуючі дезінфікуючі засоби для обробки передінкубаційних та харчових яєць, використовували різноманітні методи обробки яєць, що мають широкий спектр антимікробної дії - вірусної бактеріальної, та грибової природи тощо.

Науково-дослідну роботу проведено у *три етапи* з використанням сучасного технологічного устаткування, застосовуючи зоотехнічні, аналітичні

методи, а також методи статистичного та економічного аналізу результатів досліджень. Загальна схема досліджень представлена на рис. 2.1.

Досліди проводили згідно представленої схеми

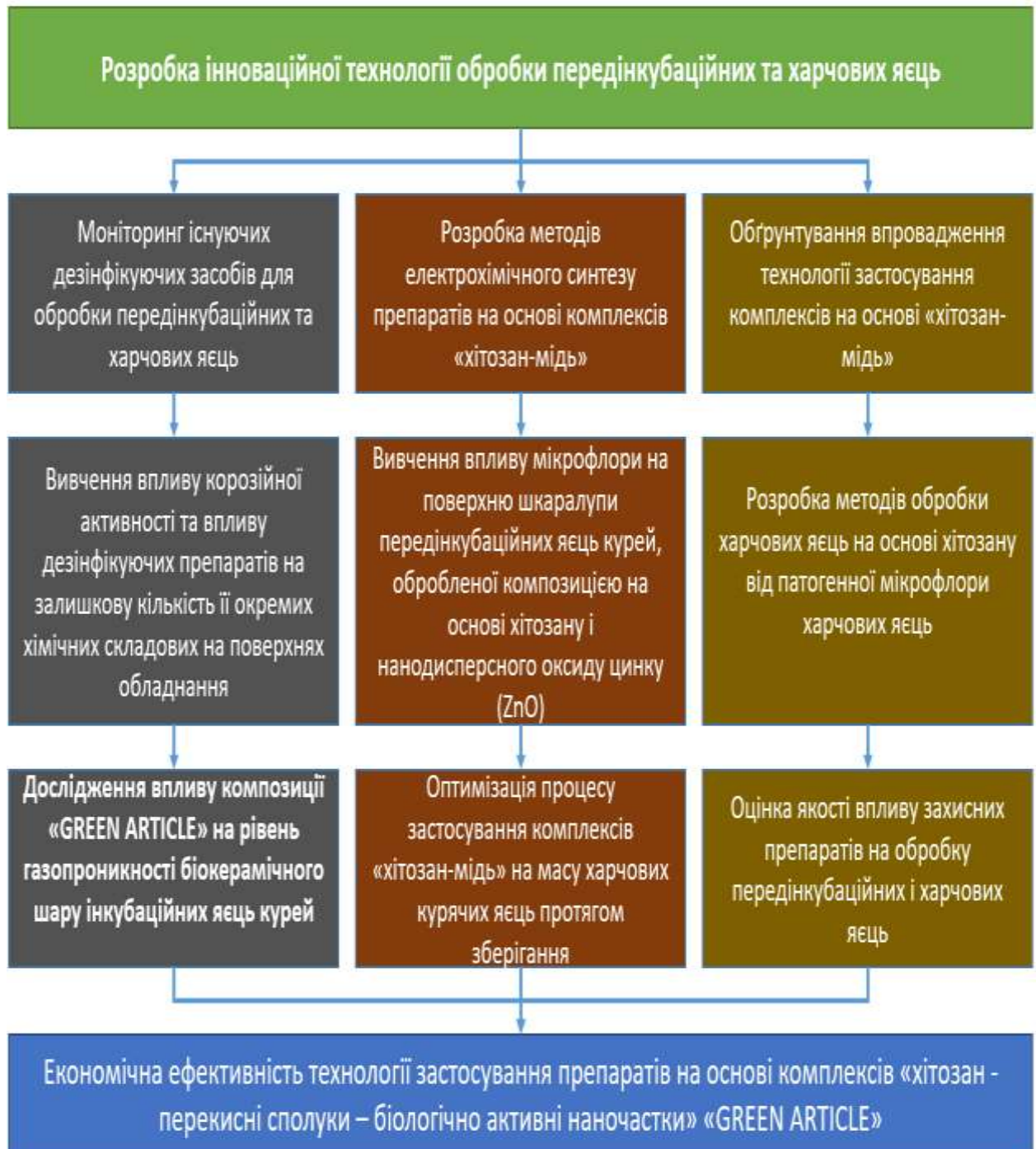


Рис. 2.1. Загальна схема досліджень

2.2. Методи досліджень

В першому етапі досліджень вивчали вплив як класичних способів обробки яєць, так і сучасних препаратів, які застосовують у спеціалізованих господарствах (табл 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

Класифікація класичних дезінфікуючих засобів

Сполуки	Механізм антимікробної дії	Групова приналежність і метод застосування
Формальдегід	Взаємодіє з NH_2 , SH і COOH групами	Дезінфектант, руйнує ендоспори
Ізопропанол	Руйнує білки і солюбілізує ліпіди	Антисептик. Застосовується для нанесення на поверхню шкіри
Етанол	Денатурує білки і солюбілізує ліпіди	Антисептик. Використовується для нанесення на шкіру
Хлор (Cl_2)	Утворює потужний окислювач - гіпохлорну кислоту (HClO)	Використовується в якості дезінфектанту загальної дії для питної води
Хлорид ртуті	Інактивує білки за допомогою реакції із сульфгідрильними групами	Дезінфектант, який в окремих випадках використовується при нанесенні на шкіру
ЧАС	Руйнують клітинні мембрани	Нашкірні антисептики і дезінфектанти
Йодовмісні препарати	Мають високу корозійну активність на технологічне обладнання інкубаторів.	Мають бактерицидну дію, є безпечними для здоров'я персоналу та споживачів продукції птахівництва і позитивно впливають на розвиток ембріонів.
Етиленоксид	Алкилюючий агент	Дезінфектант, що застосовують для стерилізації об'єктів, чутливих до теплової обробки (гум і пластмас)

На основі досліджень класичних способів обробки нами було запропоновано створення сучасної інноваційної технології на основі хітозану «хітозан - перекисні сполуки – біологічно активні наночастки» «GREEN ARTICLE».

Для приготування 400 мл робочого розчину для обробки передінкубаційних яєць потрібно 70 мл 2% надоцтової кислоти (НОК), 700 мг 3% хітозану кислоторозчинного, 70 мл -5,5% пероксиду водню (H_2O_2) та оксид цинку (ZnO) 3% в кількості 70 мг (рис. 2.2.1.) [132].

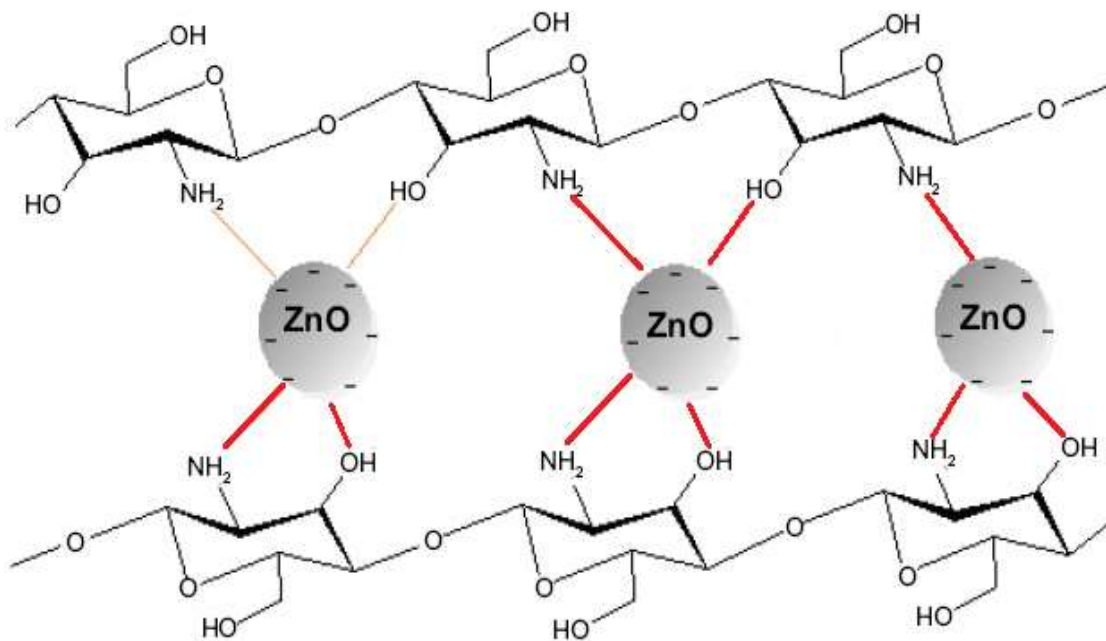


Рис. 2.2.1 Хімічна структура, до якої входить хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H_2O_2 для обробки передінкубаційних яєць курей

1. Хітозан розчиняють у НОК при перемішуванні і слабкому нагріванні до 35-40⁰С.
2. Після повного розчинення додають воду до повного об'єму (400 мл), знов ретельно перемішують, використовуючи високообертний міксер або ультразвуковий диспергатор, протягом 2 год при кімнатній температурі.
3. У готовий розчин додають пероксид водню і знову ретельно перемішують протягом 5-10 хвилин.

4. Робочий розчин композиції піддають електролізу протягом 30 хв, за температури 60-70°C (анод та катод – титан марки ВТ 1-00 (ВТ 1-0), постійний струм (60-100 В, 8-15 мА).

5. Препарат наносять на поверхню яєць розпилювачем, який здатний забезпечувати діаметр крапель аерозолію 50-80 мкм з наступним висиханням розчину протягом 10-15 хвилин.

6. Згодом до цього розчину додавали 70 мг дигідрату ацетату цинку і реакційну суміш знову обробляли УЗ протягом 1 години для розчинення всіх молекул ацетату цинку (рис. 2.2.2.).

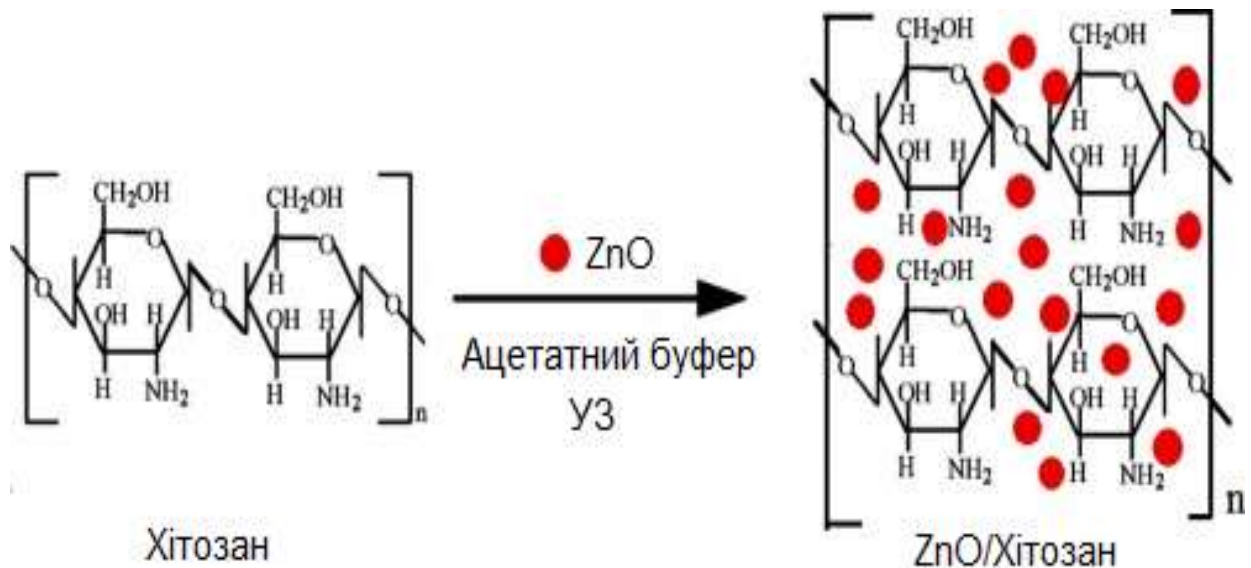


Рис. 2.2.2. Хітозанова нано ZnO композиція

Для обробки харчових яєць розробляли різні варіації взаємодії препаратів з метою створення найефективнішої композиції на основі комплексу «хітозан-мідь». За основу брали водний розчин 5% хітозану, який вступав в реакцію з такими хімічними сполуками та металами, як: перекис водню (H_2O_2) (ДСТУ 177-88), четвертинні амонієві сполуки, надоцтова (реєстрація за № 77.99.26.8.У.2208.4.10 від 09.04.2010 р., ТУ 9392-001-57184037-03) та оцтова кислота, х.ч. (ДСТУ 61-75), сірчана кислота CuSO_4 , х.ч. (ДСТУ 19347-99); формальдегід (ДСТУ 1625-75), і нанодисперсний оксид цинку (ZnO) (ДСТУ EN 12441-2:2010, цинк і цинкові сплави, мікроелементи

(магній, кобальт). Потім піддавали електролізу із застосуванням міді та титану у якості катоду та аноду з подальшою обробкою харчових яєць курей протягом зберігання за різного температурного режиму та тривалості зберігання.

В роботі використовували порошок хітозану, $M_w = 600000$ г / моль і ступінь деацетилювання становить 75% (Aldrich-Sigma), оцтову та надоцтову кислоти (х. ч.), деіонізовану воду. Мідні та титанові пластинки (10 мм, 60 мм, 1 мм; 99,995% чистоти) використовували у якості як аноду так і катоду, в залежності від різновиду досліду. Комплекси «хітозан-мідь» отримували електрохімічним окисленням металу у водних кислотних середовищах. Експериментальна установка, що застосовувалась для приготування комплексів «хітозан-мідь» складалась з металевих платівок (анод та катод), занурених на 4 см у електролітичний розчин на відстані 2 см один від одного.

Сполучені платинові дроти були підключені до джерела постійної напруги. Експерименти проводили з різним часом електроокислення розчину хітозану у кислотному водному середовищі (1,5 - 10 годин; водяна баня, 25°C (рис. 2.2.3.). Для обробки яєць використовували водні робочі розчини електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь» (0) – (5). Для обробки шкаралупи харчових яєць використовували схему обробки курячих харчових яєць препаратами на основі хітозану та окремих компонентів (табл. 2.2.2.).



Рис. 2.2.3. Установка для проведения электрохимического синтеза препаратов на основе комплексов «хитозан-мідь»

Кожний розчин ретельно перемішували і наносили на поверхню яєць розприскувачем, що здатен забезпечити діаметр часток рідкофазового аерозолію 5-8 мкм. Контролем слугували необроблені яйця.

Для отримання часток титану і міді електролізом потрібна надцтова кислота, два електроди із титану чи міді та додати хітозан. Потім вмикаємо напругу 5 Вольт. Під час цього процесу роз'їдаються пластини і поступають наночастини металу, потім оприскується.

Спостерігаємо на посів або експрес метод, як довго зберігаються біоцидні властивості на контрольній партії, потім проводиться бактеріальне обсіменіння на 5 добу, 12, 19, 35. Чим лінійніше йде і спадає рівень бактерій, тим вище біоцидні якості комплексу.

Схема обробки курячих харчових яєць курей кросу Хайсекс Уайт та Хайсекс Браун препаратами на основі хітозану та окремих компонентів

№ розчину	Характеристика препарату для дезінфекції харчових яєць курей	Кількість яєць, що були оброблені
0	Створений на основі водного 5% хітозану з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданого електролізу із застосуванням міді у якості катоду та титану у якості аноду.	300
1	Водний 5% хітозан з додаванням надоцтової, оцтової та сірчаної кислот (1:1:0,05 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням міді у якості катоду та титану у якості аноду.	300
2	Водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислот (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням міді у якості катоду та аноду.	300
3	Водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням міді у якості аноду та титану у якості катоду.	300
4	Водний розчин надоцтової кислоти (НОК) 5%	300
5	Водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду	300

На другому етапі досліджень вивчали вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори та вплив на виводимість в процесі інкубації.

В першому дослідженні другого етапу досліджень слугувало вивчення композиції «штучної кутикули» «GREEN ARTICLE» (artificial cuticle-«article») для захисту передінкубаційних яєць курей від патогенної

мікрофлори: композиція на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZNO).

До дослідних груп входила композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂. Екологічно чисту штучну кутикулу «GREEN ARTICLE» на поверхні яєць отримували за допомогою обприскування останніх дрібнодисперсним аерозолем робочого розчину, що містить в якості матричної речовини кислоторозчинний хітозан, а також додаткові інгредієнти: перекис водню (H₂O₂) 5,5%, оксид цинку. Застосовували 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5%, які в свою чергу мали значний вплив на виводимість та на рівень мікробної контамінації. Контроль обробляли парами формальдегіду.

Пари формальдегіду потрібної концентрації отримували шляхом змішування формаліну із марганцевокислим калієм із розрахунку: 40 мл формаліну, 40 мл води і 30 г марганцевокислого калію.

Під час експерименту застосовували яйця курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт, отримані від птиці, що міститься у відповідності із загальноприйнятими нормами утримання та годівлі. Вік птиці 40-45 тижнів. Формували 4 групи (по 50 яєць), з них вираховували середню вагу курячого яйця, яка коливалася від 60-70 г.

Яйця обприскували розчинами формальдегіду та GREEN ARTICLE» для обробки яєць не раніше як за 1 годину до інкубації.

Визначали число КУО за формулою: $X_2 = ((X_1 \times 100) / 78,5) \times 100$, де X₁ – число колоній, які виростили на чашці Петрі; 78,5 – площа чашки Петрі.

Вплив бактерицидної дії дезінфікуючих засобів проводили згідно з довідником «Методи контролю дезінфікуючих засобів» (2014) [64] та методичними рекомендаціями «Методи визначення та оцінка показників безпеки і якості дезінфікуючих, мийно-дезінфікуючих засобів, що застосовуються під час виробництва, зберігання, транспортування та реалізації продукції тваринного походження» (2010).

В другому дослідженні другого етапу досліджували композиції «GREEN ARTICLE» на передінкубаційні курячі яйця контрольної та дослідної групи кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт в процесі інкубації. У дослідах застосовували яйця птиці, які відповідали чинним ДСТУ[45]. Формували 4 групи (по 770 яєць). Підбір дослідницьких біологічних об'єктів, генерування дослідних груп і маніпуляції проводили згідно із загальноприйнятими методами та вимогами біоетики [101].

В дослідженнях впливу екологічно безпечної композиції хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ використовували тільки свіжознесені яйця (не пізніше однієї доби після знесення), отримані від курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт. Інкубацію проводили за загальноприйнятими нормами згідно з ДСТУ «Яйця курячі інкубаційні. Технічні умови» 4655:2006 «Яйця інкубаційні. Технологія передінкубаційного оброблення. Основні параметри», затвердженими 01.08.2006 р. наказом №227 Держспоживстандарту України, а також методичним посібником («Інкубація яєць сільськогосподарської птиці», 2001) [45].

Яйця інкубували в інкубаторі «Універсал» 55 «Фауна», модифікований на 55 000 яєць. Країна походження - колишній СРСР. Вік курки становив 45 тижнів. 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°C ± 0,01°C і вологості повітря близько 60% до 18 -го дня. З 19 -го дня яйця переносили в кошики для інкубації, і температуру 37,2°C ± 0,1°C та вологість повітря на інкубаторі було встановлено на рівні 70%. Характеристики інкубатору відображені в таблиці 2.2.3.

Якісні характеристики інкубаторів типу «Універсал 55» «Фауна»

№ з/п	Показник	Значення
1	Тип завантаження лотків у шафу	Барабан
2	Діапазон температури у шафі, °С	0,4–0,8
3	Точність регулювання температури, °С	0,1
4	Швидкість охолодження яєць у другу половину інкубації, хв	15–40
5	Інерційність нагрівачів і датчиків, с	180–300
6	Витрати часу на перенесення одним оператором 15 тис.яєць курей з інкубаційної шафи до вивідної, хв	180
7	Регулювання режиму інкубації	Ручний

Проводили біологічний контроль яєць методом овоскопії (на сьому, одинадцяту і дев'ятнадцяту 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.

Підрахунок робили за встановленими формулами:

- 1) Заплідненість яєць рахували за формулою, %:

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

- 2) Виводимість яєць, %:

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

3) Вивід молодняку, %:

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

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

Кількість закладених яєць = 100% - вивід молодняку;

Санітарну обробку об'єктів інкубаторію та контроль її якості здійснювали відповідно до інструкції «Ветеринарна дезінфекція, дезодорація, дезінфекція, дезінвазія, дератизація» (2005) [117].

В третьому дослідженні другого етапу вивчали дію складових речовин штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO на рівень газопроникності біокерамічного шару інкубаційних яєць курей. Для визначення рівня показників газопроникності шкаралупи досліджували яйця курей Хайсекс Браун, та Хайсекс Уайт. Формували 4 групи (по 50 яєць) одразу після знесення, якість яких відповідала вимогам ДСТУ. Хітозан має характеристику слабої газопроникності, в штучна кутикулу додають наночастини металу TiO₂, оксид титану вони відновлюють провідність. Захисна плівка зменшує контамінацію і проходять гази, особливо ті, які не потрібні, а вода не виходить з такою швидкістю. Тому все залежить від концентрації робочого розчину хітозану.

Якщо нагрівати пробу з швидкістю 15°C/хв, то це приблизно 1 год, коли шкаралупа нагрівається кальцій CaCO₃ – CaO залишається, і виділяється CO₂ – вуглекислий газ і поступає в мас-спектрометр, в якому відбувається аналіз, який бачить всі газоутворюючі речовини у вигляді піків. Задача програми - забезпечити правильний нагрів у заданому режимі. В результаті фіксується m/z (атомна маса). Термограма - це залежність кількості іонів, що відповідають речовині від температури m/z18. Води на цьому етапі спочатку більше, потім піднімається температура і вода випаровується. Це поверхнева вода. Також на термограмі є ділянка, де води знову стає більше – це міцно з'єднана вода. І коли розігріти до 25°C спостерігається неоднорідність шкаралупи та ділянки з

більш і менш високою міцністю. Чим вища температура води, тим швидше збільшується CO_2 .

В четвертому дослідженні другого етапу досліджували вплив обсіменіння пліснявим грибом *Aspergillus fumigatus* на бар'єрні системи яєць курей кросу Хайсекс Браун.

Проводили досліди з вивчення впливу фактору забруднення на якість біокерамічного шару яєць курей. Для цього досліду використовували курячі яйця курей кросу Хайсекс Браун в кількості 144 штук. Свіжі яйця, оброблені розчином, обсіменяли штамом гриба *Aspergillus fumigatus*, після чого їх витримували в ексікаторах у термостаті ТОВ «МІЗ-МА» ТС-20 протягом 25 діб при температурі 35°C і вологості: 100%, 90-94% та 88%. На 15 добу після закладання яєць в дослідній групі спостерігали ріст цвілевих грибків *Aspergillus fumigatus*. Робота проводилась в лабораторії кафедри біохімії та біотехнології (рис. 2.2.4) в Сумському національному аграрному університеті, лабораторії електронної мікроскопії, шкаралупу контамінованих грибом яєць досліджували методом скануючої електронної мікроскопії (растрові електронні мікроскопи і мікроаналізатор) з використанням електронного мікроскопа «РЕММА-102», та на електронному мікроскопі РЭМ – 106И ВАТ «SELMI» (рис. 2.2.6. та 2.2.7). Контроль за розвитком мікрофлори проводили протягом 30 днів.



Рис. 2.2.4. Термостат ТОВ «МІЗ-МА» ТС-20 клас І типу В. ДСТУ EN 60601-1:2015. ТУ У 26.5-31411528-01:2016 для зберігання тестерів



Рис. 2.2.5. Тестер, заражений штамом гриба *Aspergillus fumigatus*



Рис. 2.2.6. Дослідження методом скануючої електронної мікроскопії з використанням електронного мікроскопа «РЕММА-102»



Рис. 2.2.7. Практична підготовка до роботи на електронному мікроскопі РЕМ – 106И

Підготовку зразків шкаралупи яєць проводили відповідно до методики, яка передбачає напилювання срібла на зразок шкаралупи у вакуумі (рис. 2.2.8.).



Рис. 2.2.8. Підготовка та напилювання срібла на зразок шкаралупи яєць

В п'ятому дослідженні другого етапу дослідження спрямовані виявити вплив корозійної активності дезінфікуючих препаратів на залишкову кількість її окремих хімічних складових на поверхнях обладнання.

Метою досліджень на початку було виявити вплив дезінфіктантів на робоче обладнання та ступінь корозійної активності водних робочих розчинів щодо поверхонь зразків алюмінію технічної чистоти (А6) та нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т, установки для проведення електрохімічного синтезу препаратів.

Для визначення корозійної активності і залишкових дезінфікуючих засобів та їх окремих хімічних складових на поверхнях лотків для інкубації яєць та виведення курчат проведено експерименти з обробки партії інкубаційних яєць курей кросу Хайсекс Браун. Місткість одного лотка складає 154 шт. курячих яєць. Було закладено 2 лотки по 144 курячі яйця вагою від 65

г. Досліди проводили в Інституті Прикладної фізики НАНУ м. Суми та на підприємстві ФОП ТРЕПАЧЕНКО с. Петрівське Прилуцького району Чернігівської області за загальноприйнятими методиками. Інкубація яєць сільськогосподарської птиці проводилась згідно режимів і вимог, зазначених у методичному посібнику [25].

Для визначення залишкових кількостей дезінфектанту у контролі, яким слугував розчин 2% NaOH, порівнювали з композицією «GREEN ARTICLE», до якої входить хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O₂. У розрахунку застосовували 3% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК), рівень рН становив - 3,6, оксид цинку (ZnO) 3% і перекис водню 5,5%.

Складові «GREEN ARTICLE» - кислоторозчинний хітозан, надоцтова кислота, пероксид водню, мікроелементи магній, кобальт, цинк.

Для цього 144 яйця розмістили у кожному лотку і обробили 2% NaOH та робочим розчином «GREEN ARTICLE» з наступним змиванням залишків препарату через 12 годин підігрітою до 60-80°C водою, кожен лоток після інкубації.

Для вологої дезінфекції лотків використовували 3% розчин формальдегіду, брали 35 мл 40% формаліну та додавали 18 мг води, ставили розчин в камеру і висипали в нього 25 г марганцевокислого калію. Після дезінфекції лотків протягом 40 хвилин парами формальдегіду по камері інкубатора і лотків розбрискували нашатирний спирт, щоб знешкодити залишки формаліну.

Третій етап досліджень спрямований на визначення впливу комплексу «хітозан-мідь» на харчові яйця курей різних кросів.

В першому дослідженні третього етапу визначали контамінацію патогенною мікрофлорою біокерамічного захисного шару яйця. Досліджували наступні мікробіологічні показники: кількість мезофільноаеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів – згідно з ГОСТ 10444.15; бактерії групи кишкової палички – згідно з ГОСТ 30518; патогенні мікроорганізми, в т.ч. роду *Salmonella*, коагулазопозитивні стафілококи. Дослідження

структурних характеристик біокерамічного шару яєць курей проводили методами електронної мікроскопії, біологічної мас-спектрометрії. Досліджували біохімічний та мікроелементний склад яєць.

Формували дві партії яєць – контроль та дослід по 50 шт. Термін зберігання становив до 35 діб. Використовували свіжознесені яйця категорії С0 65-75 г кросу Декалб Уайт. Робочий розчин, що використовували у дослідній групі піддавали електролізу у реакторі, протягом 30 хв, за температури 60-70°C використовували шляхом нанесення на поверхню біоцидної і водночас екологічно безпечної нетоксичної захисної плівки.

На 14, 19, 28 і 35 добу з поверхні шкаралупи харчових яєць робили змиви, які досліджували на БГКП, стафілокок, сальмонели та спороутворюючі бактерії.

Яйця зберігали в 30 чистих лотках по 144 штуки у кожному. Метою дослідження було виявити вплив температури 24°C на якісні показники яєць, швидкості проникнення і розмноження *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enterica*, БГКП (бактерій групи кишкових паличок) у порівнянні з яйцями, що не оброблялися.

Для визначення дії препаратів на контамінацію патогенною мікрофлорою курячих яєць брали змиви з поверхні шкаралупи яєць через дві години після обробки, на 14, 19, 28 і 35 добу. Досліджували протимікробну та фунгіцидну дію препаратів щодо санітарно-показової мікрофлори та мікроскопічних грибів згідно ДСТУ 4769:2007 «Методи виявлення сальмонел», та «Лабораторна діагностика стафілококових інфекцій. Методичні вказівки». Досліди проводили у чотириразовій повторності (n=4).

У другому дослідженні третього етапу досліджень вивчали вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць Декалб Уайт протягом тривалого зберігання.

Втрата ваги яєць під час зберігання була розрахована шляхом віднімання кінцевої маси яйця від початкової ваги, а потім ділення на початкову масу та

множення на 100%. Для визначення втрати ваги з тижневими інтервалами брали яйця для кожного типу оброблення препаратом. Кожне яйце зважували з точністю до $\pm 0,001\text{г}$ за допомогою лабораторних електронних вагів ТзОВ НВП «Техноваги», зображені на (рис. 2.2.9).



Рис. 2.2.9. Зважування курячих харчових яєць кросу Декалб Уайт на електронних вагах ТзОВ НВП «Техноваги»

В третьому дослідженні третього етапу досліджували біохімічні властивості та якість харчових яєць кросу Хайсекс Уайт та Хайсекс Браун. Дослідження проводили на птахофабриці «Оленка» м. Василків. Визначали якість за зовнішнім оглядом, приділяли увагу стану шкаралупи. Визначали стан висоти повітряної камери, білка і жовтка методом овоскопування.

При дослідженні курячого яйця звертали увагу на наявність стороннього і невластивого запаху. Харчові яйця розподіляли на окремі групи [47, 82].

Досліджували Індекс Хау та індекс жовтка. Одиниці Хау були розраховані 3х10 яєць для кожної обробки за допомогою супорта (L 222 мм, 0,1 мм) (ВАН134160001 Мерск) на основі наступного рівняння. Одиниця Хау = $100 \times \log_{10} \times (h - 1,7G^{0,37} + 7,6)$, де h - товщина білка (мм), а G - маса всього яйця (г). Параметр h був оцінений шляхом визначення середнього значення 3 вимірювань, проведених у різних точках на відстані 10 мм від жовтка за допомогою циферблату. Яйця оцінювали наступним чином: АА, Хау > 72; А, Хау = 71-60; В, Хау = 59-31; С, Хау < 30. Індекс жовтка розраховували, як висоту жовтка (h), поділену на ширину жовтка (d).

$$ІЖ = \frac{h}{d}$$

Висоту і ширину жовтка вимірювали без видалення білка. Було проведено п'ять вимірювань для кожного з 10 яєць для кожного типу обробки протягом 35 діб для визначення ХАУ та індексу жовтка. Індекс жовтка є критерієм свіжості яєць. У свіжих яєць цей показник коливається в межах 0,7-0,8. При індексі жовтка 0,25 оболонка жовтка при обережному виливанні його в посуд розривається. Низький індекс жовтка – ознака тривалого зберігання яєць.



Рис. 2.2.10. Визначення свіжості яєць та індексу жовтка

Загальна кількість твердих речовин (суха речовина) (% мас./Мас.) у 5 г яєчного білка та жовтка визначалася за допомогою рефрактометра Abbe (2WAL, Китай) при $20 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

Електронно-мікроскопічні аналізи зразків шкаралупи курячих яєць, мас-спектрометричні, рентгендифракційні дослідження проводились у відділі біофізики і мас-спектрометрії Інституту прикладної фізики НАН України м. Суми і в лабораторії електронної мікроскопії кафедри захисту рослин СНАУ з використанням скануючого електронного мікроскопа (растрові електронні мікроскопи і мікроаналізатор «РЕММА-102» та «РЕММА-106» ВАТ «SELMI», Суми, Україна).

Цифрові зображення біокристалічних шарів обробляли за допомогою пакетів програм *Photoshop 6.0*, *Digimizer* та *Visilog 6.11*. Електронно-мікроскопічні зображення переводили в цифрову форму на матрикс 320 на 320 пікселів (за збільшення $\times 250$, $\times 400$, $\times 1000$, $\times 1200$) з рівнем насиченості сірого кольору (*gray level*) 0-255. Цифрові зображення обробляли в графічних редакторах, щоб отримати кількісну оцінку мікродефектів біокерамічного шару шкаралупи.

Статистичну обробку результатів експериментів проводили за допомогою пакету *Statistica 7.0*.

Економічну ефективність від застосування розробленої технології «GREEN ARTICLE» на основі хітозану визначали за методикою Баланюка І. Ф., Барила С. І., Басуна С. Р. та ін [7].

Показники економічної ефективності виробництва при інкубації яєць птиці рахували за допомогою онлайн калькулятора для інкубаторію [85].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичною основою для розробки композиції для приготування штучної кутикули став, по-перше, сучасний напрямок дезінфекції, зокрема поєднання різних активних речовин в одному препараті з метою посилення синергетичної залежності корисних властивостей (біоцидна активність) та гальмування небажаної (корозійної активності) та, по-друге, перспективи використання біоміметичного підходу в промислових біотехнологіях. У нашому випадку досягнення поліпшення виводимості курячих яєць, що піддаються підвищеним температурам під час зберігання, що є важливим фактором ризику в птахівництві, забезпечується шляхом введення до складу гідрофільної матриці хітозану разом з нанорозмірними частинками цинку, що мають потужну адсорбційну дію проти водяної пари, а також інших органічних та неорганічних сполук [22, 24, 31, 32]. Необхідність гідрофільних, утримуючих воду якостей у штучній кутикулі, що утворюється під час сушіння на поверхні інкубаційного яйця птиці, обумовлена тим, що природна кутикула спочатку зволожена та структурована таким чином, щоб забезпечити доставку через оболонку вологи (при цьому також можливе проникнення бактерій).

Природна кутикула з часом стає сухою і перешкоджає подальшому переміщенню вологи. Кутикула зазнає ще більших змін під час зберігання інкубаційних яєць при підвищених температурах: збільшення тривалості зберігання інкубаційних яєць на день призводить до збільшення смертності ембріонів приблизно на 1% і вимагає продовження тривалості інкубації на 40 хвилин. В цілому якість пташенят після тривалого зберігання яєць погіршується. Для тривалого зберігання інкубаційних яєць курей більше 7 днів оптимальна температура +12-13°C, а індекс вологості 75-80%.

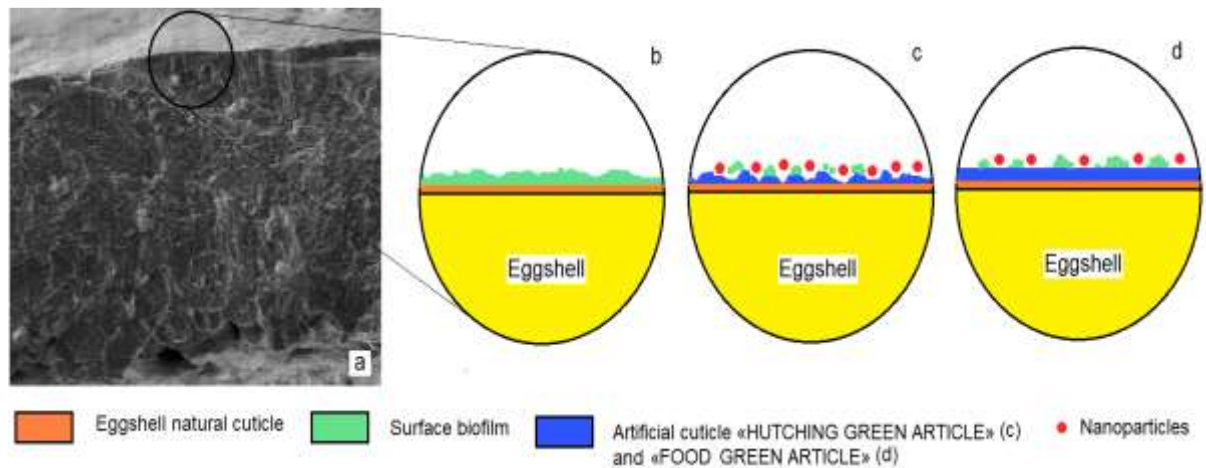


Рис. 3.1. Принципова схема покриттів на основі хітозану, утворених на поверхні харчових та інкубаційних яєць

Малюнки (c) і (d) плівки хітозану мають синій колір. Плівка хітозану має місцеве розрідження і значно тонша (через ультразвукову та електролітичну обробку), тому вона більш газопроникна, ніж плівка хітозану на яйцях (b). Для продовження терміну зберігання яєць потрібна менша газопроникність.

3.1. Вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори

Якість шкаралупи курячих яєць завжди було найважливішим параметром у яєчній промисловості, і це стало ще більш важливим завдяки сучасним дослідженням для підвищення несучості птиці та автоматизації виробничих систем.

Як стверджують Araújo, W. A. G., Albino L. F. T. [119], Бордунова О. Г. [21], Ауман S. Elmezayuen [121] те, що належні умови захисту інкубаційних яєць можуть знизити рівень контамінації патогенною мікрофлорою та покращити виводимість. Надмірне забруднення шкаралупи може призвести до зменшення інкубаційних властивостей, якості, росту та продуктивності пташенят. Таким чином, ефективний дезінфікуючий засіб на поверхні яєчної

шкаралупи, створює бар'єр для зменшення зовнішнього та внутрішнього забруднення та захисту ембріону.

Дослідження останніх років щодо специфічних властивостей оксидів деяких металів в ультрадисперсному стані (частки мікро- та нанометрового розміру) підсилювати процеси окислення органічних забруднень на твердофазних поверхнях та у рідкій фазі (вода) надає безліч можливостей у сучасному птахівництві для створення інноваційних та ефективних препаратів з високою біологічною активністю.

Зниження якісних показників інкубаційних яєць курей пов'язане, насамперед, з порушенням шкаралупи і шкаралупних мембран, що призводить до бою яєць, підвищення відходу і забруднення патогенною мікрофлорою та захворюваності молодняку птиці, причиною яких є зниження показників імунної резистентності, що у свою чергу, погіршує якісні показники продукції і завдає збитків птахогосподарствам, а також вимагає постійного удосконалення інкубаційних технологій. Цим питанням займалися такі вчені: Niu Yuhua [147], Бордунова О. Г. [16], Gole V. C. [134], Стегній Б. Т., Бреславець В. О. [27, 94].

Негативні тенденції в сучасному племінному птахівництві потребують використання нових сміливих підходів для їх вирішення. У дослідженнях Bain M. M. [140], Liu [151], D'Alba [128] пропонують використовувати один з перспективних напрямків, який полягає в удосконаленні існуючих і розробці нових технологій інкубації за біоміметичним (*biomimetics*, від *bios* – життя, *mimesis* – подібність) принципом, базовою основою якого є імітування морфолого-біохімічних параметрів захисних біокерамічних структур яєць за допомогою натуральних та штучних складових з метою досягнення максимального рівня захисту.

Враховуючи зростання ефективності виробництва продукції птахівництва від використання високопродуктивної птиці нас зацікавили в дослідженнях застосування технології, що утворює комплекс хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂. Екологічно чисту штучну кутикулу

«GREEN ARTICLE» на поверхні яєць курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт отримували за допомогою обприскування останніх дрібнодисперсним аерозолем робочого розчину, що містить в якості матричної речовини кислоторозчинний хітозан, а також додаткові інгредієнти: перекис водню (H_2O_2), оксид цинку. Застосовували 3,0% розчин хітозану який розчиняли в 2% надощтової кислоті (НОК), рН - 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5%, які в свою чергу мали значний вплив на виводимість та на рівень мікробної контамінації при обробці. Проводились дослідження з контролем, де курячі передінкубаційні яйця оброблялися фумігацією формальдегідом. Результати наведені в таблицях 3.1.1 та 3.1.2.

Таблиця 3.1.1

Рівень мікробної контамінації поверхні шкаралупи яєць курей Хайсекс Браун протягом інкубації бактерій, (МПА, КУО), $\bar{X} \pm S \bar{x}$

Дослід		Методи обробки	
		контроль	хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H_2O_2
Перед обробкою		350,41±8,011	
Після обробки	2 години	2,70±0,002	1,08±0,002***
	5 діб	6,88±1,016	1,31±0,002***
	11 діб	10,06±1,002	1,75±0,003***
	19 діб	12,45±2,009	2,21±0,007***

Примітка. *** – $p < 0,001$

Виходячи з результатів спостерігається, що при обробці хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H_2O_2 порівняно з контролем кількість КУО вірогідно зменшилась на 1,62 ($p < 0,001$) після 2 год обробки, а на 19 день кількість зменшилась з 12,45 до 2,21.

Рівень мікробної контамінації поверхні шкаралупи яєць курей Хайсекс Уайт протягом інкубації бактерій, (МПА, КУО), $\bar{X} \pm S \bar{x}$

Дослід	Методи обробки		
		контроль	хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂
Перед обробкою	341,34±7,021		
Після обробки	2 години	2,75±0,002	1,09±0,002***
	5 днів	6,82±1,016	1,21±0,002***
	11 днів	9,03±1,004	1,56±0,004***
	19 днів	11,52±2,004	2,16±0,006***

Примітка. *** – $p < 0,001$

Поверхня шкаралупи яєць дослідних груп була менш забруднена мікроорганізмами у порівнянні з контрольними групами. Композитні хітозанові наночастинки ZnO позитивно впливають на зменшення забруднення патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 днів (табл. 3.1.2).

Бактеріологічні дослідження показали, що дана технологія обумовлює значне зниження кількості патогенної мікрофлори на поверхні інкубаційних яєць порівняно з формальдегідом та від початкової кількості бактеріальних колоній на одиницю площі шкаралупи (середовище МПА).

Досліджувана композиція «*GREEN ARTICLE*» на основі хітозану, надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O₂ позитивно впливає на зниження контамінації патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць і створює захисний бар'єр протягом всього терміну інкубації.

3.2. Вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку ZNO на процес інкубації яєць курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт

Результати інкубації яєць курей, оброблених перед інкубацією композицією «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» представлені в таблицях 3.2.1.

Таблиця 3.2.1

Результати інкубації яєць, оброблених перед початком інкубації препаратами штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO

Методи обробки	Закладено, шт	Незапліднені яйця, шт/%	«Кров'яне кільце», шт/%	Завмерлі, шт/%	Задохлики, 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»	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»	770	70/9,4	24/3,0	34/4,3	12/1,7	3/0,4	626/81,3	693/90,2

Виходячи з табл.3.2.1 доведено, що кількість незапліднених яєць курей кросу Хайсекс Браун в контролі склала 63 шт., а при обробці композицією «GREEN ARTICLE» 72 шт.

При самій інкубації кров'яне кільце було виявлено в контролі у 32 яєць, в дослідній групі 22 яйця. Завмерлих ембріонів було виявлено у контролі 44 шт., а вже в групі де яйця оброблялися композицією «GREEN ARTICLE» становить 32 шт. Задохликів виявлено 27 шт. в контролі та 14 шт. при обробці «GREEN ARTICLE». Слабких курчат та калік в контролі виявлено 4 курчати, а в досліді 5. Кількість незапліднених яєць курей кросу Хайсекс Уайт в контролі склала 60 шт., а при обробці композицією «GREEN ARTICLE» 70 шт. При самій інкубації кров'яне кільце було виявлено в контролі у 35 яєць, в дослідній групі 24 яйця. Завмерлих ембріонів було виявлено у контролі 41 шт., а вже в групі, де яйця оброблялися композицією «GREEN ARTICLE» становить 34 шт. Задохликів виявлено 30 шт. в контролі та 12 шт. при обробці «GREEN ARTICLE». Слабких курчат та калік в контролі виявлено 4 курчати, а в досліді 3.

Ефективність дії штучної кутикули по відношенню до інкубаційних яєць курей залежить від початкового стану якості яєць птиці високопродуктивних кросів, що відповідають стандартам та вимогам передінкубаційного зберігання, насамперед, період і температура зберігання.

Результати інкубації при обробці курячих яєць розчином для утворення штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO протягом 21 (табл. 3.2.2).

Вплив обробки курячих яєць розчином для утворення штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO на результати інкубації

Методи обробки	Закладено яєць, шт	Запліднено (%)	Рання смертність (%)	Пізня смертність (%)	Виводимість (%)
<i>Хайсекс Браун</i>					
Контроль	770	91,8±1,21	9,9±0,03	4,0±0,02	85,0±1,16
хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	770	90,6±1,01*	7,1±0,04***	2,4±0,01***	89,7±1,17**
<i>Хайсекс Уайт</i>					
Контроль	770	91,9±1,15	10,0±0,02	4,0±0,04	84,9±1,18
хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	770	90,6±0,96*	7,1±0,06***	2,4±0,01***	90,2±1,11**

Примітка. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$

Результати інкубації протягом 21 дня показали, що інкубація яєць курей кросу Хайсекс Браун між контрольною та експериментальною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі цей показник становить 85,5%, а в експерименті - 89,7%. В дослідній групі, де використовувалися яйця курей кросу Хайсекс Уайт різниця між контрольною та експериментальною групою становить 0,3%. Так, у контрольній групі цей показник становить 84,9%, а в групі, де використовувалась композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O₂. (у розрахунку застосовували 3,% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3% і перекис водню 5,5%) - 90,2%.

Використання хітозанової плівки «GREEN ARTICLE» для захисту інкубаційних яєць курей від негативних чинників довкілля та патогенної мікрофлори дозволяє підвищувати показники виводимості з одночасним зниженням рівня мікробного обсіменіння поверхні яєць.

3.3. Дослідження дії складових речовин штучної кутикули на основі композитних наночастинок хітозану ZnO на рівень газопроникності біокерамічного шару інкубаційних яєць курей

Було встановлено, що показники газопроникності шкаралупи інкубаційних яєць курей кросів Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт щодо газів, зокрема кисню та двоокису вуглецю, водяної пари є одним з важливих факторів, які впливають на плин інкубації та оптимальний рівень метаболізму ембріонів, що розвиваються в яйці.

Для визначення рівня показників газопроникності шкаралупи досліджували яйця курей Хайсекс Браун (50 шт.), Хайсекс Уайт (50 шт.), одразу після знесення, якість яких відповідала вимогам ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови.

В таблиці 3.3.1 наведено показники газопроникності інкубаційних яєць курей, яких утримували згідно встановлених норм.

Данні, наведені в таблиці 3.3.2, вказують на ступінь покращення оброблених яєць композицією «*GREEN ARTICLE*» на основі хітозану, порівняно з контролем.

Таблиця 3.3.1

Показники газопроникності інкубаційних яєць курей, оброблених композицією «GREEN ARTICLE» на основі хітозану, надощтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O₂ (10⁻³ м³/м² с), $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Методи обробки	Експозиція, хв				
	0	1	5	10	20
<i>Хайсекс Браун</i>					
Контроль (Формальдегід)	3,4±0,15	3,0±0,12	4,1±0,03	4,5±0,16	5,5±0,18
Хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	3,2±0,12*	3,1±0,06*	3,9±0,16*	4,3±0,15*	5,4±0,12*
<i>Хайсекс Уайт</i>					
Контроль (Формальдегід)	3,4±0,11	3,0±0,11	4,3±0,51	4,9±0,08	5,8±0,14
Хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	3,2±0,18*	3,0±0,15*	4,0±0,12*	4,4±0,15*	5,9±0,12*

*Примітка: * p < 0,05*

Зміни газопроникності, які характерні дії розчину хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ – протягом першої хвилини після обробки яєць курей порід кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт дещо знижується, потім починає підвищуватись протягом 20 хв (на 20-35% від контролю) з наступним різким підвищенням. У контролі, де яйця оброблялися формальдегідом через 20 хв газопроникності з вірогідністю ($p < 0,05$) покращилась від 62–70%. В дослідних групах газопроникність покращилась на 68-84%. Це явище обумовлене висиханням рідкокофазного розчину хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ на поверхні курячих яєць з паралельною частковою руйнацією природної кутикули і поверхневих шарів кальциту, що відкриває додаткові пори, а також утворенням захисного шару на основі хітозану, який є добре проникним для газів.

Таблиця 3.3.2

Порівняння фізіологічних функцій природної кутикули та «штучної кутикули» пташиного яйця, отриманої біоміметичною технологією *GREEN ARTICLE*» хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂

Природна кутикула	« <i>GREEN ARTICLE</i> » хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂
Структурно-морфологічні особливості	
Склад – глікопротеїди, ліпіди, неорганічні речовини, мікроелементи	Склад – хітозан, оксиди цинку, надоцтова кислота, пероксид водню, мікроелементи
Структура – гнучка, газопроникна, пориста плівка завтовшки 3-10 мкм	Структура – гнучка, газопроникна, пориста плівка завтовшки 3-5 мкм
Функціональні особливості	
Адсорбція патогенів (бактерій, патогенних мікроорганізмів та вірусів) на поверхні глікопротеїдів	Адсорбція патогенів (бактерій, патогенних мікроорганізмів та вірусів) на поверхні захисного шару « <i>GREEN ARTICLE</i> »
Електростатичне (нековалентне) зв'язування патогенних мікроорганізмів на межах пор у плівці глікопротеїдів, що доносять заряд	Електростатичне (нековалентне) зв'язування патогенних мікроорганізмів на межах пор у плівці глікопротеїдів, що доносять заряд
Руйнація патогенних мікроорганізмів, які раніше адсорбувалися на поверхні глікопротеїдної кутикули за участі лізоциму та ферментів-оксидаз	Руйнація патогенних мікроорганізмів, які раніше адсорбувалися на поверхні хітозанової плівки за участі надоцтової кислоти та хімічного окислення за реакцією Фентона (пероксид водню, оксид цинку)
Механічне руйнування природного захисного шару протягом інкубації до 15-16 доби	Хімічна та механічна руйнація хітозанової захисної плівки протягом інкубації до 18-19 доби під дією залишкових кількостей пероксидів та кислот та активних форм кисню (АФК)

Відбувається газообмін ембріонів, що розвиваються, та збагачення їх киснем протягом другої половини інкубації	Покращення газообміну ембріонів, що розвиваються, та збагачення їх киснем протягом інкубаційного періоду за рахунок часткового руйнування ззахисного кальцитного шару шкаралупи курячого яйця кислотами
Можливість використання постінкубаційних відходів шкаралупи яйця після термічної обробки у промисловості внаслідок високої екологічної безпеки	Можливість використання постінкубаційних відходів шкаралупи після термічної обробки у промисловості внаслідок високої екологічної безпеки

3.4. Вивчення впливу обсіменіння плісневим грибом *Aspergillus fumigatus* на бар'єрні системи передінкубаційних яєць курей

При інкубації яєць велику небезпеку представляє *Aspergillus fumigatus*. Спори грибків *Aspergillus fumigatus*, під час обсіменіння шкаралупи курячого яйця, укріплюються в кутикулярному шарі, живляться та проростають за рахунок глікопротеїдів надшкаралупної оболонки. Через деякий час міцелій гриба проростає через мікротріщини у внутрішні шари шкаралупи яйця та пори роз'їдаючи органічний нижній шар шкаралупи, міцелій *Aspergillus fumigatus* пронизує кристалічну структуру кальцитного шару. На електронній мікрофотографії (рис. 3.4.1) представлена зовнішня оболонка шкаралупи яєць, уражена цвілевим грибом *Aspergillus fumigatus*. Кристали кальцитів шкаралупи курячого яйця охоплені міцелієм гриба. Відбувається зростання і розмноження конидієносців з конідіями, простежується проростання грибків

у порах шкаралупи. Розмножуючись, гіфи грибів утворюють конідієносці з конідіями, в яких дозрівають спори. (рис. 3.4.2).

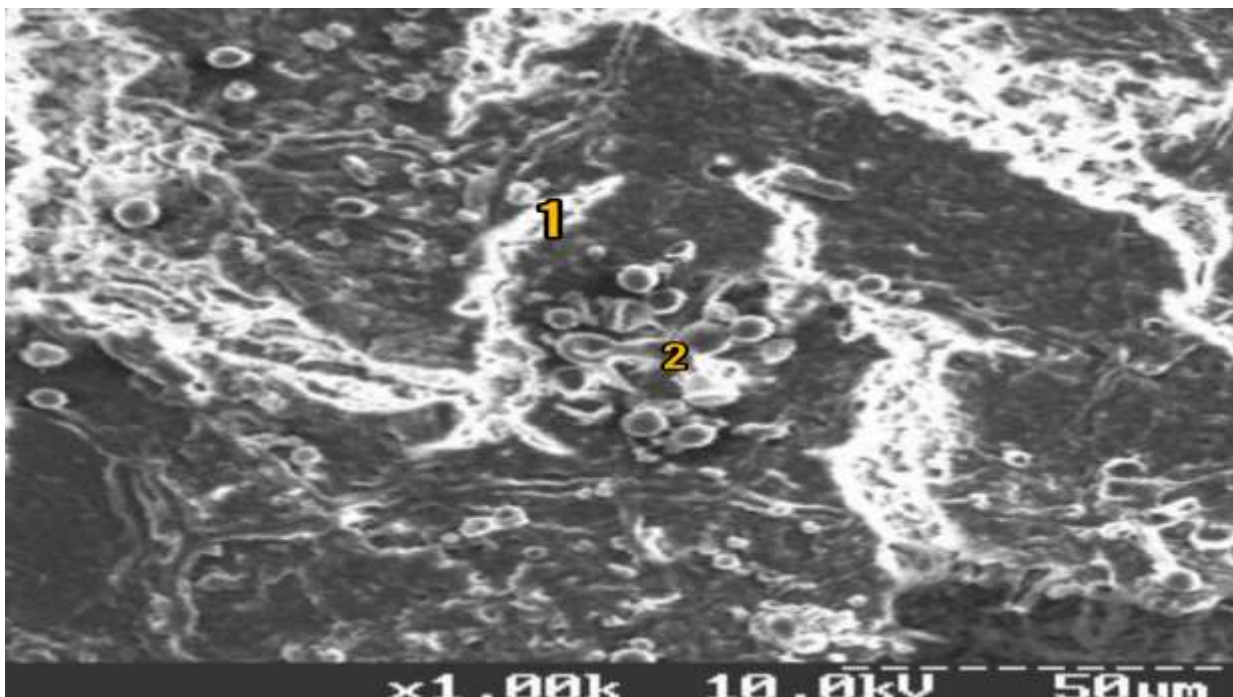


Рис. 3.4.1. Електронна мікрофотографія зовнішньої поверхні шкаралупи курячого яйця, зараженої грибом *Aspergillus fumigatus* (x 1 000)

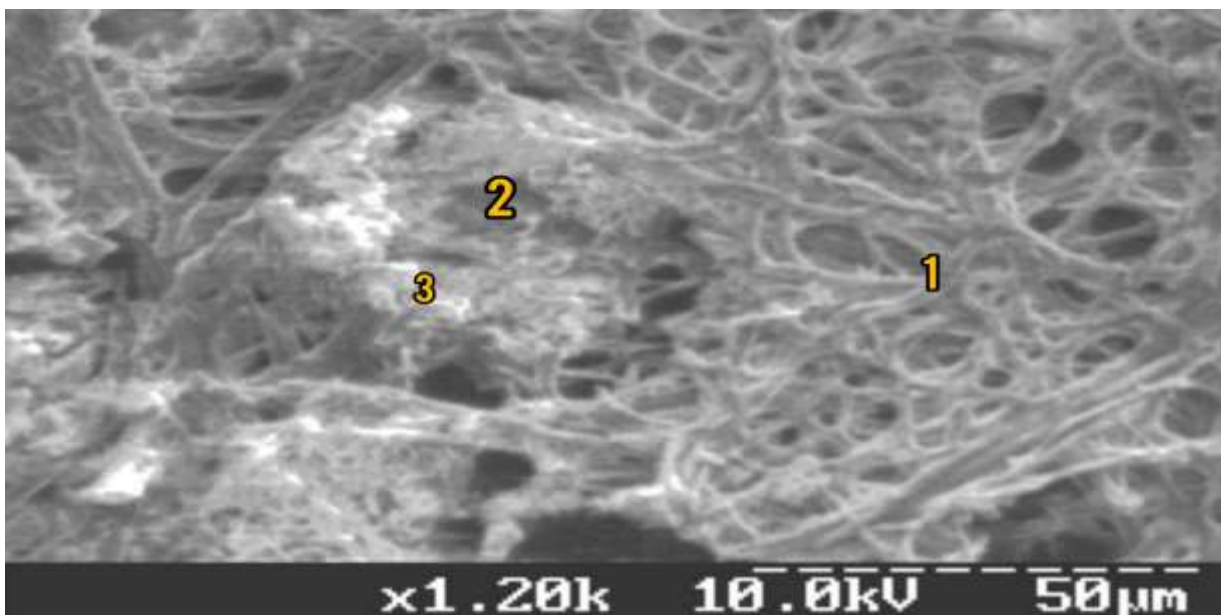


Рис. 3.4.2 Внутрішня поверхня шкаралупи курячого яйця, забрудненої грибком *Aspergillus fumigatus*: 1 - зовнішня підшкаралупна оболонка; 2 – маміляри; 3 – конідії з конідієносцями гриба *Aspergillus fumigatus* (x 1 200)

Примітки: а) зовнішня поверхня шкаралупи (кутикула): 1 – пора, 2 – ріст грибків *Aspergillus fumigatus*. Спори гриба проникають у кристалічні шари шкаралупи через пори та мікротріщини.

Таблиця 3.4.1

Рівень мікробної контамінації поверхні шкаралупи передінкубаційних яєць грибом *Aspergillus fumigatus* на 15 добу при різній вологості, $\bar{X} \pm S \bar{x}$

Метод обробки	Вологість, %	Гриби, колоній
До обробки	350,41±8,011	
Пара формальдегіду	100	139±0,81
	90-94	20±0,56
	88	2±0,25
Хітозан + НОК + ZnO + H ₂ O ₂	100	15±0,01***
	90-94	4±0,01***
	88	-

Примітка. *** – $p < 0,001$

З отриманих результатів спостерігається, що при обробці парами формальдегіду рівень контамінації грибом *Aspergillus fumigatus* при вологості 100% знизився на 61%, при вологості 90-94% на 94,3% та при 88% становить 95%. Відповідно при обробці композицією Хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ і вологості 100% становила 95,7%, 90-94% вологості на 98,86% та при 88% грибок був відсутній (табл. 3.4.1). Ступінь росту патогенної мікрофлори грибом *Aspergillus fumigatus* на поверхні курячого яйця відзначається відносною вологістю повітря: мікроорганізми інтенсивно розвиваються за умов 100% вологості, менш інтенсивно – при 90–94% і, нарешті, зовсім припиняють ріст при 88% вологості і температурі зберігання 30°C.

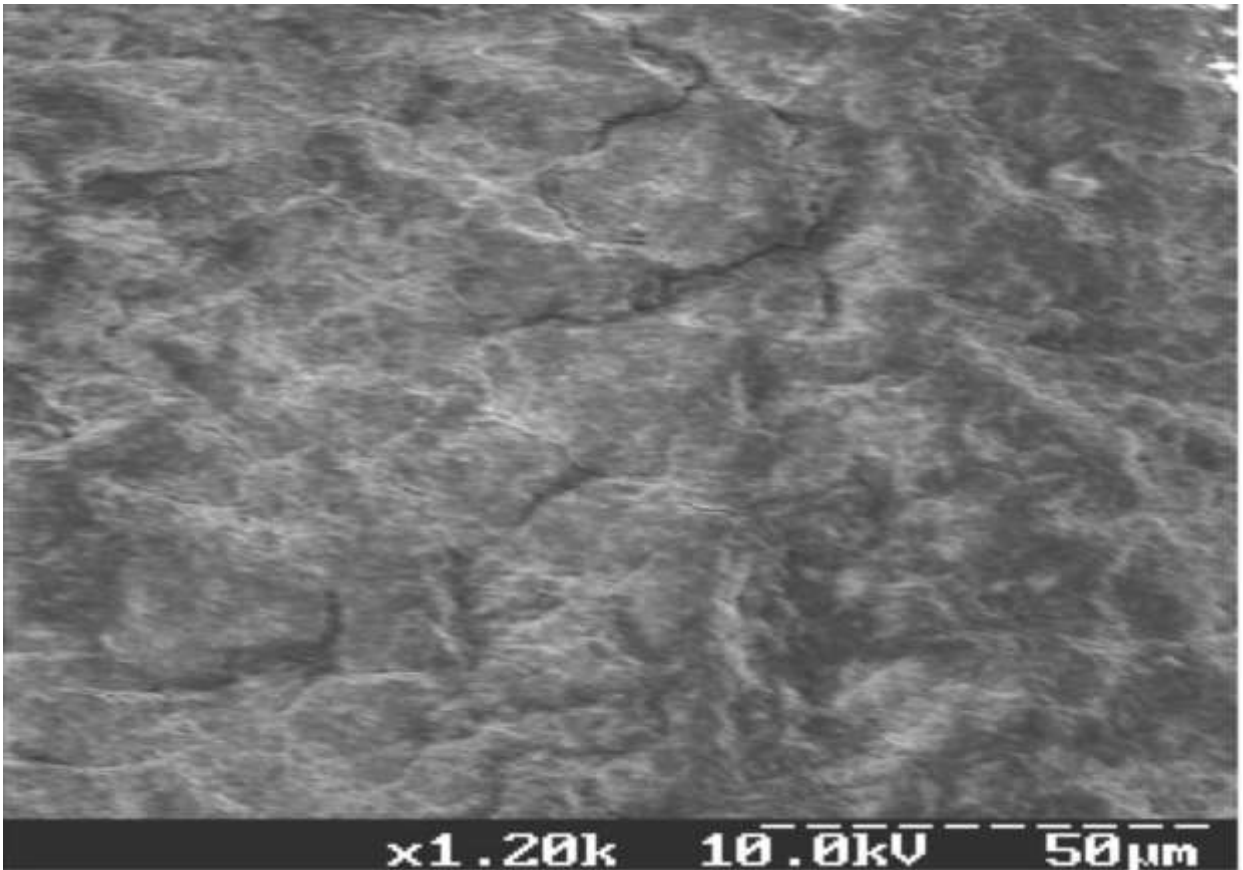


Рис. 3.4.3 Зовнішня поверхня шкаралупи курячого яйця, обробленого формальдегідом (x 1 200).

На мікрофотографії видно ріст міцелію гриба *Aspergillus fumigatus* як на поверхні шкаралупи курячого яйця, так і у шарах шкаралупи.

При використанні формальдегідом пори яйця стають проникними для інфікування грибком *Aspergillus fumigatus*. Також добре видно вихід пори на зовнішню поверхню шкаралупи яйця.

Після обробки формальдегідом в умовах підвищеної вологості спостерігається коагулювання поверхневого шару курячого яйця (рис.3.4.3).

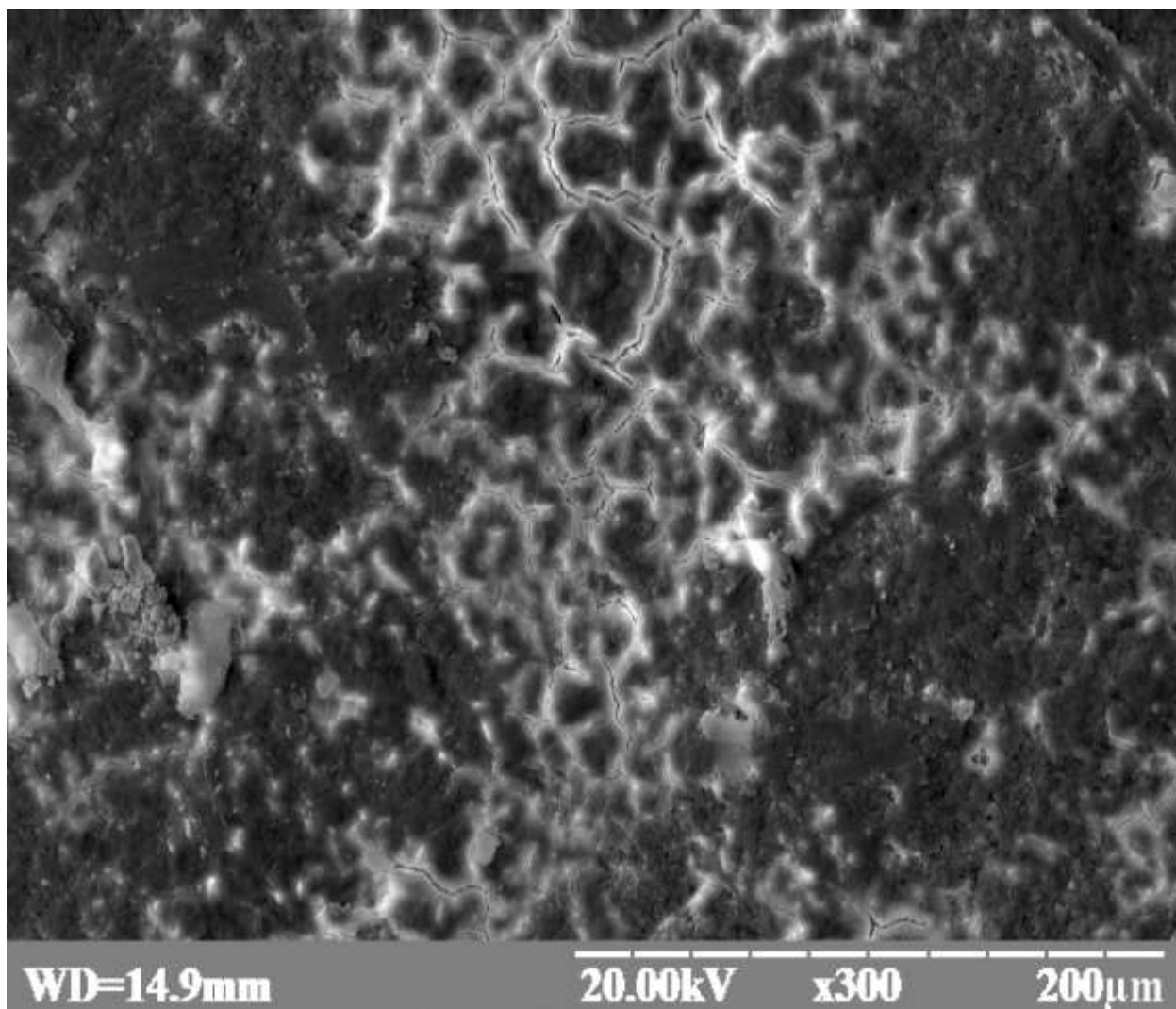


Рис.3.4.4 Зовнішня поверхня курячого яйця, обробленого екологічно чистою штучною кутикулою «GREEN ARTICLE» композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂. (x 400)

В кристалах кальцитів шкаралупи утворюються пори. Зовнішня поверхня курячого яйця пронизана міцелієм гриба з розвиненими конидієносцями з конідіями.

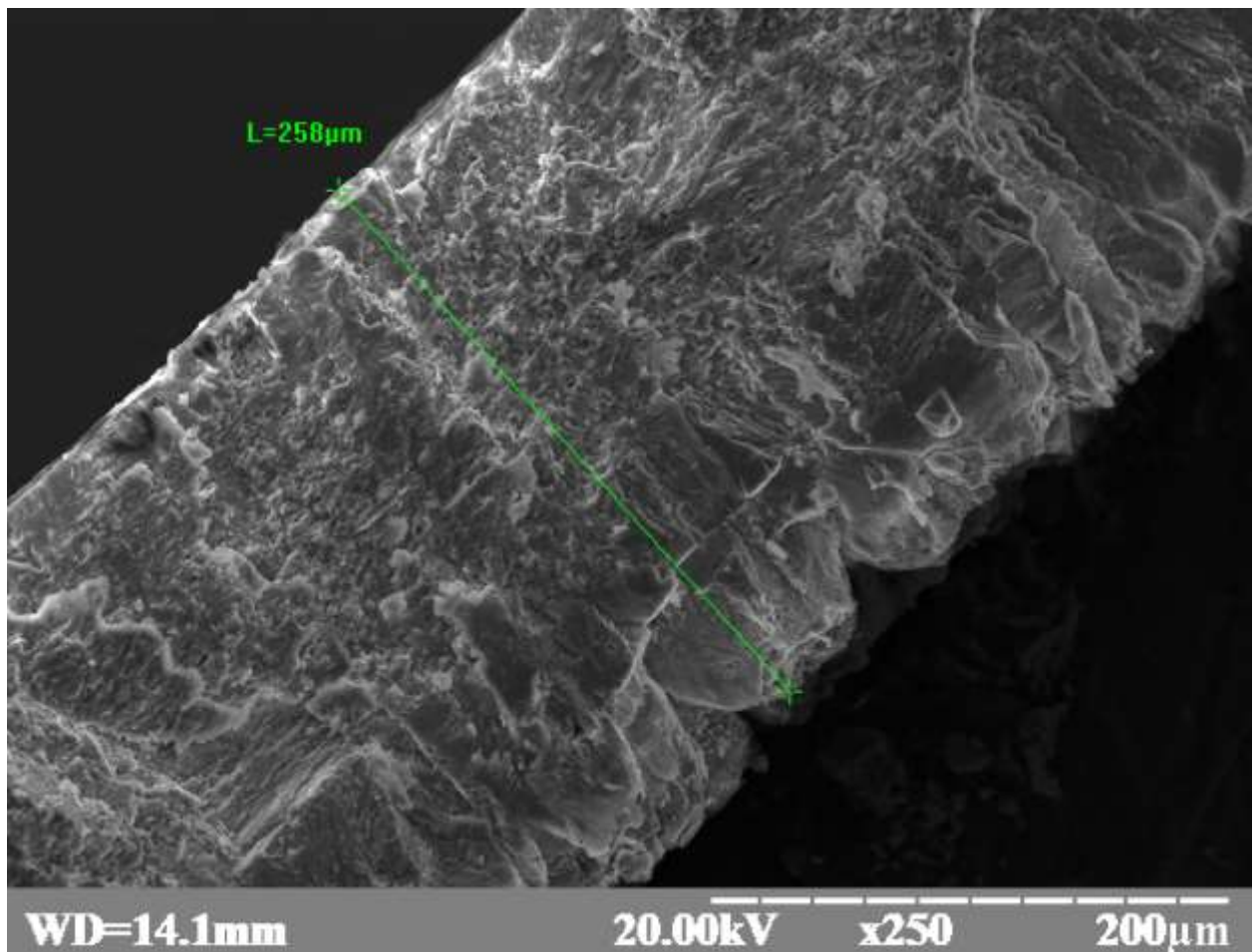


Рис.3.4.5 Бічна частина курячого яйця, обробленого екологічно чистою штучною кутикулою «GREEN ARTICLE» (x 250)

Доведено, що структура хітозанової плівки є дуже подібною до біокерамічної структури яйця і їй притаманна мозаїчна загальна будова, яка об'єднує щільні ділянки зі звивистими мікрошпаринами, розміри яких і наявність краєвого заряду затримує надходження до кальцитних біокерамічних структур поверхні яйця інфікування грибком *Aspergillus fumigatus* і в той же час не заважає перебігу вільній дифузії газів, що є особливо важливим протягом інкубації. Після обробки штучною кутикулою «GREEN ARTICLE» утворюється на поверхні шкаралупи курячого яйця тонка газопроникна плівка, що імітує природну кутикулу та безпечно впливає на ріст ембріона. Також спостерігається майже повне знищення грибка *Aspergillus fumigatus*.

3.5. Визначення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях обладнання інкубаторію у виробничих умовах

Аналіз даних, наведених в таблицях 3.5.1 та 3.5.2 свідчить про те, що всі досліджені концентрації робочого розчину композиції хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ виявляють незначну корозійну активність на зразки алюмінію та нержавіючої сталі на інкубаторі «Універсал» 55 «Фауна», модифікований на 55 000 яєць країна походження - колишній СРСР, порівняно з еталоном (2% розчином NaOH). Ступінь корозійної активності (Δm) визначали за зовнішнім виглядом проб та втратою їх маси, поділивши різницю маси зразків до та після дії випробовуваних хімічних речовин на загальну площу кожного із зразків. Відносну корозійну активність різних концентрацій робочого розчину хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ визначали у порівнянні з етальною речовиною – лужним корозійноактивним 2 % розчином NaOH.

Таблиця 3.5.1

Ступінь корозійної дії композиції хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ на зразки алюмінію та нержавіючої сталі

Назва речовини	Вид металу					
	Алюміній			Нержавіюча сталь		
	Початкова маса зразків, г	Маса зразків через 100 годин, г	Різниця маси зразків до і після дослідів, Δm , г	Початкова маса зразків, г	Маса зразків через 100 годин, г	Різниця маси зразків до і після дослідів, Δm , г
хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	5,6425 ±0,00015 ***	5,6323 ±0,00001 ***	0,0102 ±0,00001***	3,4525 ±0,00004 ***	3,4521 ±0,00017 ***	0,0004 ±0,00001***
(NaOH) 2%	5,0211 ±0,00009	1,2751 ±0,00025	3,7460 ±0,00001	3,0625 ±0,00005	3,0615 ±0,00014	0,0001 ±0,00001

Примітка: *** $p < 0,001$

**Зменшення маси зразків металів під дією водного робочого розчину
«GREEN ARTICLE» через 4 доби**

Назва речовини	Вид металу			
	Алюміній		Нержавіюча сталь	
	К = $\Delta m/s^*$, г/м ²			
	г/м ²	%	г/м ²	%
хітозан + (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	0,2312± 0,00011***	0,0074± 0,00020***	0,0713± 0,00012***	0,0024± 0,00014***
(NaOH) 2%	0,2441± 0,00009	0,0076± 0,00012	0,1524± 0,00013	0,0049± 0,00015

Примітка: *** $p < 0,001$

Примітки: * Δm – різниця маси зразків до та після досліджень;

s – площа зразка, м²

Корозійна активність робочої композиції на метали у відсотковому співвідношенні для алюмінію при дії 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% становить – 0,0074%, що відповідно нижче, порівняно з 2% розчином NaOH.

Втрата маси зразків у відсотковому співвідношенні для нержавіючої сталі при дії 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% – 0,0024%, що відповідно нижче, у порівнянні з 2% розчином NaOH. З таблиці видно, що препарат не проявляє карозійної активності.

Робочий розчин при обробленні пластинок алюмінію та нержавіючої сталі обумовлює незначні корозійні ушкодження і залишає поверхні металів практично непошкодженими. Зважаючи на те, що органічні пероксидні сполуки і надоцтова кислота зокрема, є корозійноактивними речовинами, хітозан, що входить до складу композиції забезпечує захисну дію шляхом

пасивування поверхні металів. Обробка оксидом цинку не викликає корозію обладнання на птахівничих підприємствах.

Експериментально встановлено, що змивання водою (65-80⁰С) при тиску 0,4 МПа та витратах 2 л/м² забезпечує повне видалення складових композиції з поверхонь інкубаційних лотків.

3.6. Захисні покриття на основі хітозану від патогенної мікрофлори харчових яєць

Композиція з хітозану була піддана електроактивуванню у водному розчині з використанням електродів з титану. Проведені мікробіологічні дослідження на рівень мікробної контамінації протягом зберігання яєць. Змиви з поверхні шкаралупи досліджували на бактерії групи кишкової палички (БГКП), стафілокок, сальмонели та спороутворюючі бактерії. Проводили спостереження протягом 30 діб. Дослідження біоцидної активності композиції «Штучна кутикула» для зменшення патогенної мікрофлори на поверхні харчових яєць курей проводили згідно ДСТУ 4769:2007 «Яйця курячі харчові. Технічні умови». Проби для хімічних і мікробіологічних аналізів відбирали згідно з ГОСТ 30364.0. 10.7. Досліди проводили у чотириразовій повторності (n=4).

За мікробіологічними показниками спостерігали зменшення кількості патогенної мікрофлори на шкаралупі протягом 35 діб (табл. 3.6.1).

Рівень мікробної контамінації харчових яєць кросу Декалб Уайт курей протягом зберігання; (n=4)

Методи обробки харчових яєць	Термін відбору проб	Кількість проб, шт.	БГКП (%)	Стафілококи, (%)	Сальмонели, (%)	Спороутворюючі бактерії, (%)
Харчове яйце без обробки (контроль)	Через 14 діб	20	15	-	-	-
	Через 19 діб	20	20	-	-	-
	Через 28 діб	20	40	-	-	-
	Через 35 діб	20	65	5	-	10
Композиція для обробки харчових яєць курей (дослід) Розчин (5)	Через 14 діб	20	-	-	-	-
	Через 19 діб	20	-	-	-	-
	Через 28 діб	20	5	-	-	-
	Через 35 діб	20	10	-	-	5

Наведений склад композиції для обробки харчових яєць курей у комплексі заходів із захисту від патогенної мікрофлори бактеріального і вірусного походження протягом усього терміну зберігання достовірно гальмує збільшення кількості патогенної мікрофлори на поверхні харчових яєць. Рівень мікробної контамінації харчових яєць курей протягом зберігання зменшується. Так у контролі (харчові яйця без обробки) на 14 добу з'являються бактерії групи кишкової палички (БГКП) - 15%, на 19 добу 20%, на 28 добу 40% і на 35 добу 65%. Також кількість спороутворюючих бактерій, становить 10% і стафілококу 5%. При обробці харчових яєць курей композицією на основі хітозану рівень контамінації менший: на 14 і 19 добу

БГКП не виявлено, на 28 добу становить 5% і на 35 добу 10%, а спороутворюючі бактерії на рівні 5%.

Хітозан в комплексі з іншими дезінфікуючими речовинами дозволяє запобігти контамінації поверхні харчових яєць патогенною мікрофлорою протягом зберігання їх за підвищених рівнів температури і вологи. Також забезпечує зменшення кількості БГКП, стафілококу та спороутворюючих бактерій протягом тривалого терміну зберігання.

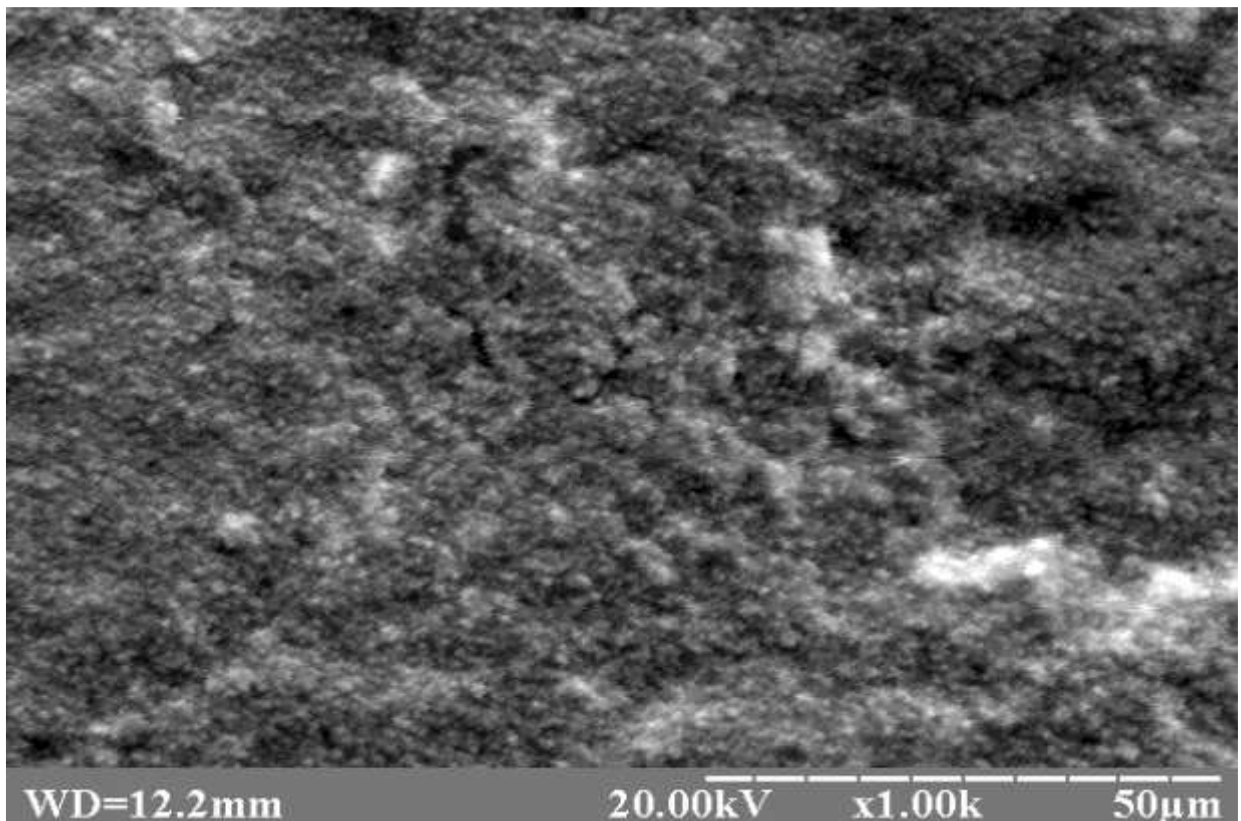


Рис. 3.6.1 Електронно-мікроскопічне зображення захисної «штучної кутикули» на поверхні курячих харчових яєць Декалб Уайт(х 1000)

3.7. Вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць Декалб Уайт протягом зберігання

З метою захисту столових (харчових) яєць, продовження терміну їх зберігання та захисту від патогенної мікрофлори бактеріального та вірусного походження протягом усього терміну зберігання було розроблено склад для

обробки яєць шляхом застосування біоцидного та водночас екологічно безпечного нетоксичного засобу захисту плівку на поверхню оболонки, що включає хітозан у поєднанні з оцтовою кислотою та перекисом водню, піддають електроактивації у водному розчині за допомогою титанових електродів.

Наступним етапом визначали вплив обробки харчових яєць курей захисними препаратами на основі комплексів «хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання.

В таблиці 3.7.1 представлені дані щодо зміни маси яєць, котрі були оброблені різними розчинами, як зазначено у розділі в «Матеріали та методика досліджень».

Таблиця 3.7.1

Зміна маси оброблених композиціями курячих яєць породи «Декалб Уайт» при зберіганні протягом 30 діб, при $t=24^{\circ}\text{C}$, $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$

Групи	Середня вага яєць, г				
	При закладці	6 діб	14 діб	21 доба	30 доба
Контрольна група	62,53±1,321	61,19±1,054	60,03±0,843	59,34±0,71	55,17±0,425
Розчин (0)	68,23±2,612*	66,73±2,707*	65,48±2,729*	64,71±2,826*	58,49±2,907*
Розчин (1)	63,68±2,523*	62,48±2,545*	61,44±2,589*	60,83±2,621*	57,54±2,876*
Розчин (2)	65,13±3,671*	63,86±3,711*	62,76±3,897*	62,10±3,369*	58,25±4,237*
Розчин (3)	63,87±1,126*	62,73±1,235*	61,75±1,314*	61,17±1,389*	57,68±1,639*
Розчин (4)	63,75±1,321*	62,81±1,248*	61,99±1,264*	61,48±1,242*	58,36±1,138*
Розчин (5)	63,72±3,54*	62,89±3,59*	62,15±3,60*	61,69±3,61*	58,91±3,664*

Примітка: * $p > 0,05$

Як ми можемо спостерігати за даними в таблиці 3.7.1, у жодній групі не виявлено достовірного ($p > 0,05$) впливу досліджуваних препаратів на

зменшення середньої ваги яєць, проте в усіх групах спостерігалася тенденція до зменшення даного показника. В контрольній групі середня вага яєць зменшилася на 2,1% на 6 добу, на 4% - 14 добу, 5,1% на 21 добу та 11,7% на 30 добу дослідження. В групі, де були курячі яйця оброблені Розчином (0) вага яєць зменшилася на 2,1% на 6 добу на 4% - 14 добу, 5,1% на 21 добу та на 30 добу - 14,2%. В групі, де курячі яйця були оброблені Розчином (1), їх вага зменшилася на 1,8 % на 6 добу, 3,5% на 14 добу, 4,4% на 21 добу та на 9% на 30 добу. В групі, де яйця були оброблені Розчином (2) вага яєць зменшилася на 1,9% на 6 добу, 3,6% на 14 добу, 21 доба показник був на рівні - 4,6% і на 30 добу 10,5%. В групі, де був задіяний Розчин (3) вага яєць зменшилася на 1,7% на 6 добу, 3,3% на 14 добу, і на 21 добу їх маса зменшилася на 4,2% та 9,6% на 30 добу. В іншій групі, де яйця обробляли Розчином (4) вага яєць зменшилася 1,4% на 6 добу, 2,7% на 14 добу, 3,5% на 21 доба та 9,1% на 30 добу. В дослідній групі, де курячі яйця обробляли Розчином (5) вага яєць зменшилася на 1,3% на 6 добу, 2,4% на 14 добу, 3,1% на 21 добу, 7,5% на 30 добу, що показало найкращий результат.

Розроблена «зелена» електрохімічна технологія синтезу захисних покриттів для харчових яєць забезпечує подовження терміну зберігання/транспортування продукції на основі комплексів типу «хітозан-мідь».

З рис. 3.7.1 можна бачити, що в усіх варіантах і у контролі спостерігалась наявність плато у масі яєць 14-21 доба зберігання.

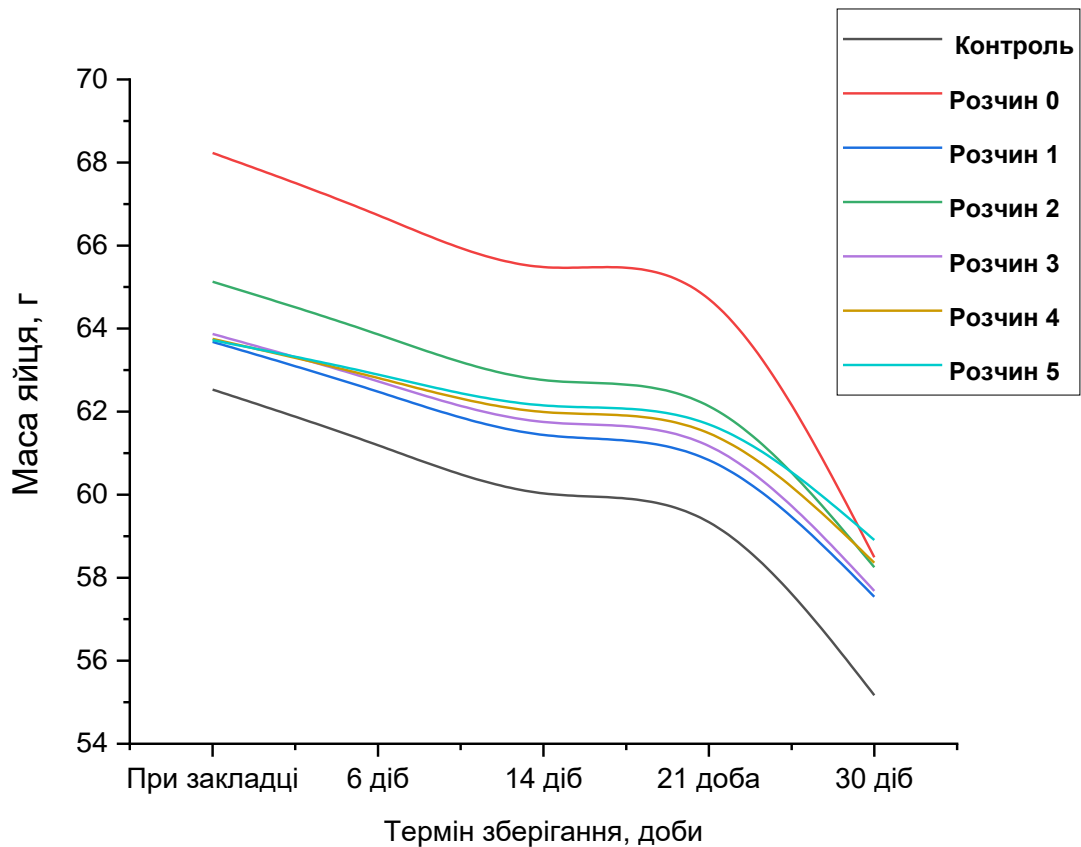


Рис. 3.7.1 Часова динаміка змін маси контрольних та оброблених композиціями «хітозан-мідь» яєць, що зберігались протягом 30 дiб при температурі 24°C

Використання технології захисту харчових яєць курей, що базується на утворенні на поверхні яєць тонкошарового покриття з екологічно безпечного хітозану, до складу якого входять іони міді, не здійснюють статистично вірогідного впливу на зменшення маси яєць у порівнянні з контролем. Найкращий результат показав Розчин (5) - водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду, де відсоток втрати маси склав всього 7,5%.

3.8. Біохімічні дослідження харчових яєць курей під час зберігання

Під час зберігання білок яйця втрачає шаруватість, набуває з часом рідкої консистенцію, в ньому відбувається часткова денатурація (руйнування) протеїнів, він втрачає воду шляхом випаровування через пори шкаралупної оболонки і дифузії в жовток. Висота білка зменшується, але при цьому збільшується його діаметр. При тривалому зберіганні в яєчному білку поступово інактивується лізоцим — специфічний фермент, що руйнує клітинні стінки бактерій. У зв'язку з цим старіюче яйце легше контамінується різною патогенною мікрофлорою і пліснявими грибами, проникаючими в нього через пори шкаралупи. Зміни відбуваються і в самому жовтку: він стає рідким через розпад азотистих сполук, ліпідів і утворення вільної води, а оболонка жовтка втрачає еластичність.

Відразу після знесення, курячі яйця починають остигати, при цьому в тупому кінці між оболонками утворюється повітряна камера. Її величина змінюється прямо пропорційно терміну зберігання яйця. У яєць, які зберігалися 25-30 днів в поганих умовах, висота повітряної камери досягає 10 мм і більше. При цьому вона може зміщуватися з тупого кінця і блукати по всьому яйцю. Через пори в шкаралупі яйце починає втрачати вологу, в результаті чого зменшується його маса і, відповідно, щільність.

Однією з головних умов збереження якості знесеного яйця є максимальне гальмування в ньому біохімічних процесів. Чим раніше після знесення будуть створені ці умови, тим успішним і тривалим буде зберігання яєць високої якості.

Біохімічний склад курячого яйця має унікальні особливості, обумовлені технологічними процесами вирощування, як харчового продукту, так і в виробничих масштабах для технології вирощування сільськогосподарської птиці.

Таблиця 3.8.1

**Біохімічні дослідження харчових яєць на 20 добу зберігання
(% мас./Мас.)**

Метод обробки	Вода	Суша речовина	Протеїни	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини
<i>Хайсекс Браун</i>						
Контроль ,%	74,5± 0,44	25,5± 0,83	11,9± 0,43	11,8± 0,84	1,0±0,33	0,8±0,38
«хітозан-мідь»,%	73,6± 0,48*	26,4± 0,87*	12,8± 0,84*	11,8± 0,55*	1,0±0,71*	0,8±0,42*
<i>Хайсекс Уайт</i>						
Контроль ,%	74,6± 0,84	25,5± 0,81	11,8± 0,33	11,9± 0,54	1,0±0,53	0,8±0,69
«хітозан-мідь»,%	73,7± 0,78*	26,3± 0,62*	12,6± 0,76*	11,9± 0,67*	1,0±0,86*	0,8±0,74*

Примітка: * $p > 0,05$

Таблиця 3.8.2

**Біохімічні дослідження харчових яєць на 40 добу зберігання
(% мас./Мас.)**

Метод обробки	Вода	Суша речовина	Протеїни	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини
<i>Хайсекс Браун</i>						
Контроль ,%	72,3± 0,47	27,7± 0,58	13,0± 0,74	12,9± 0,66	1,0±0,47	0,8±0,63
«хітозан-мідь»,%	73,1± 0,61*	26,9± 0,81*	13,0± 0,77*	11,9± 0,84*	1,0±0,54*	0,8±0,62*
<i>Хайсекс Уайт</i>						
Контроль ,%	74,1± 0,84	26,9± 0,95	13,0± 0,89	12,1± 0,73	1,0±0,47	0,8±0,61
«хітозан-мідь»,%	73,2± 0,84*	26,8± 0,68*	13,1± 0,74*	11,9± 0,84*	1,0±0,83*	0,8±0,63*

Примітка: * $p > 0,05$

**Біохімічні дослідження харчових яєць на 60 добу зберігання
(% мас./Мас.)**

Метод обробки	Вода	Суша речовина	Протеїни	Жири	Вуглеводи	Мінеральні речовини
<i>Хайсекс Браун</i>						
Контроль, %	68,8± 0,56	31,2± 0,52	16,1± 0,84	13,0± 0,44	1,3±0,54	0,8±0,51
«хітозан-мідь», %	70,8± 0,54*	29,2± 0,57*	14,4± 0,84*	13,0± 0,46*	1,0±0,44 *	0,8±0,52*
<i>Хайсекс Уайт</i>						
Контроль, %	69,7± 0,67	31,3± 0,78	16,0± 0,55	13,1± 0,43	1,4±0,67	0,8±0,57
«хітозан-мідь», %	70,5± 0,82*	29,5± 0,87*	14,6± 0,52**	13,1± 0,34	1,0±0,65 *	0,8±0,54*

Примітка: * $p > 0,05$

Дослідження проведені згідно ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови.

Виходячи з табл. (3.8.1, 3.8.2, і 3.8.3) протягом 60 днів спостерігається втрата шаруватості білка яйця, набуває більш рідку консистенцію, в ньому відбувається часткова денатурація (руйнування) протеїнів, він втрачає воду шляхом випаровування через пори оболонки шкаралупи і дифузії в жовток. Так на 20 добу зберігання у контрольній групі, де харчові яйця курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт не оброблялися, показник протеїну складав 11,8 – 11,9% і до 60 доби підвищився по співвідношені до маси яйця до 16,0 – 16,1%. Яйця, оброблені дослідним препаратом на основі комплексу «хітозан-мідь» на 20 добу зберігання показали, що протеїн був на рівні 12,6 - 12,8%, а на 60 добу підвищився лише до 14,4 – 14,6%.

Зміни відбуваються і в жовтку: він стає рідким через розпад азотистих сполук, ліпідів і утворення вільної води, а оболонка жовтка втрачає еластичність. Так на 20 день зберігання у контрольній групі, де харчові яйця не оброблялися, показник жирів складав 11,8 – 11,9% і до 60 доби підвищився до 13 – 13,1%.

Вплив розчину 5 на одиницю Хау та якість яєць протягом 35 днів зберігання при 24°C

Одиниця Хау (сорт яєць) ^a				
Методи обробки	1 доба	7 доба	21 доба	35 доба
<i>Хайсекс Браун</i>				
Контроль	83,03(АА) ±1,012	73,72(АА) ±0,121	63,17(А) ±0,723	58,12(В) ±0,558
Розчин 5	83,72(АА) ±0,831*	79,49(АА) ±0,191*	69,99(А) ±1,312*	65,83(А) ±1,449*
<i>Хайсекс Уайт</i>				
Контроль	83,53(АА) ±1,322	71,39(А) ±1,053	59,14(В) ±0,714	51,27(В) ±0,452
Розчин 5	84,07(АА) ±0,948*	76,84(АА) ±1,294*	65,09(А) ±1,612*	60,02(А) ±1,271*

Примітки: * $p < 0,05$

^a сорт яєць: АА, Хау > 72; А, Хау = 71–60; В, Хау = 59–31; С, Хау < 30

Яйця курей Хайсекс Браун, покриті Розчином 5, зберігали значення Хау при 65,83 після 35 доби зберігання порівняно з 58,12 контрольної групи яєць. Яйця курей Хайсекс Уайт зберігали значення Хау на рівні 60,02 після 35 доби зберігання, порівняно з 51,27 для контрольної групи яєць (табл. 3.8.4). Це свідчить про те, що покриття водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) допомагало ущільнити пори на яєчній шкаралупі та уповільнити витік вуглекислого газу та води під час тривалого зберігання, зберігаючи якість білка. У той час, як курячі яйця двох курячих кросів Хайсекс Браун і Хайсекс Уайт, що зберігалися при температурі 24°C, зберігали сорт АА до 7 доби і знизилися до сорту А (Хау = 71-60) протягом усього 35-денного періоду. Яйця без покриття впали з сорту «А» до «В» після 21 доби зберігання.

Вплив покриття Розчином 5 на індекс жовтка протягом 35 днів зберігання при 24°C

Індекс жовтка				
Метод обробки	1 доба	7 доба	21 доба	35 доба
<i>Хайсекс Браун</i>				
Контроль	0,48±0,05	0,42±0,03	0,36±0,04	0,33±0,04
Розчин 5	0,49±0,02*	0,46±0,03*	0,43±0,01*	0,40±0,06*
<i>Хайсекс Уайт</i>				
Контроль	0,48±0,04	0,41±0,03	0,37±0,03	0,33±0,05
Розчин 5	0,47±0,03*	0,45±0,05*	0,42±0,03*	0,39±0,04*

*Примітка: * p < 0,05*

Індекс жовтка є показником свіжості яєць і базується на співвідношенні висоти жовтка до ширини жовтка.

З досліджень Yuceer M., Caner C. [165] встановлено, що під час зберігання при кімнатній температурі значення ІЖ зменшувалося внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину. Під час проведення наших досліджень встановлено, що після 35 днів зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно (табл. 3.8.5).

Покриття захисною плівкою ефективно знижувало швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

**Вплив покриття Розчином 5 на загальну кількість сухої речовини (СР)
білка протягом 35 днів зберігання при 24°C**

Загальна кількість твердих речовин (суха речовина) (% мас./Мас.)						
Методи обробки	1 доба	7 доба	14 доба	21 доба	28 доба	35 доба
<i>Хайсекс Браун</i>						
Контроль	24,44 ±0,01	24,70 ±0,1	25,50 ±0,17	25,74 ±0,1	26,27 ±0,15	26,98 ±0,18
Розчин 5	25,46 ±0,05*	25,81 ±0,09 *	26,51 ±0,11*	26,71 ±0,01*	26,40 ±0,17*	25,95 ±0,13*
<i>Хайсекс Уайт</i>						
Контроль	24,42 ±0,03	25,63 ±0,11	25,85 ±0,13	26,14 ±0,21	26,37 ±0,21	26,80 ±0,1
Розчин 5	25,33 ±0,03*	25,81 ±0,15 *	26,36 ±0,11*	26,51 ±0,08*	26,44 ±0,19*	26,58 ±0,01*

*Примітка: * p < 0,05*

Загальна концентрація білка в СР також використовувалася, як показник свіжості яєць, що пов'язано з розрідженням або зрідженням білка. Це зрідження може відбуватися завдяки ферментам протеаз, деполімеризації гідроксильними іонами при збільшенні значень рН та взаємодії комплексу овомуцин-лізоцим. Вода, що міститься в білку, просочує жовток, а деякі поживні речовини, що містяться в жовтку, можуть просочувати білок. Ці осмотичні сліди та зміни концентрацій білка та жовтка можна виміряти рефрактометричним методом.

Під час зберігання суха речовина збільшується за рахунок змішування жовтка з білком. Значення альбуміну для яєць без покриття були вищими, ніж для яєць, покритих оболонкою (табл. 3.8.6). Збільшення СР під час зберігання пояснюється зрідженням жовтка та подальшим змішуванням з білком. Зрідження є результатом посиленої взаємодії між лізоцимом та овомуцином у міру збільшення рН під час зберігання. Вважається, що вплив хімічного розщеплення рН на зв'язок О-глікозиду між трисахаридами та β-овомуцином

є причиною колапсу білкової структури. Загалом, зрідження призведе до збільшення плинності яєчного білка і пов'язане з погіршенням якості яєць. Густий білок - це гель, а тонкий білок - рідина. Під час зберігання драглиста структура густого білка змінює свої фізико -хімічні характеристики і поступово розпадається на прозору рідину, втрачаючи свою консистенцію.

Показник сухої речовини в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливався від 24,44 спочатку до 26,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 24,42 спочатку до 26,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 25,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 26,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

3.9. Економічна ефективність застосування композиції на основі хітозану для обробки

Під час обробки передінкубаційних та харчових яєць екологічно чистим та безпечним комплексом на основі хітозану, яка проводилась в птахогосподарствах в Сумської та Чернігівської областей показали ефективність використання в господарствах запропонованої інноваційної технології. Контрольна партія передінкубаційних яєць оброблялася формальдегідом, дослідна – методом обприскування композицією робочого розчину 3,0% хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5%.

Економічну ефективність визначали за допомогою моделі калькулятору для інкубації та «Методики определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» [7]. Метою розрахунку є максимальне спрощення того, що основні витрати в основній структурі собівартості виробництва інкубації йдуть на закупівлю інкубаційних яєць. Виходячи з

цього на закупівлю інкубаційних яєць задається відсоток (%) витрат у вихідних даних.

Частину витрат на закупівлю для дослідження інкубаційних яєць курей у загальній структурі собівартості виробництва можна взяти з економічних розрахунків з наданої інформації про роботу підприємства, що спеціалізується саме на інкубації яєць птиці. Визначившись з відсотком витрат на обробку яйця можна розрахувати загальну собівартість та інші показники. Також необхідно, що для розрахунків була задана закупівельна вартість інкубаційних яєць і відсоток виводимості молодняку птиці від закладених на інкубацію яєць. Визначивши ціну на реалізацію добового молодняку курчат можна підсумувати прибуток і рентабельність від інкубації.

При кількості закладених на інкубацію яєць дана модель дає змогу розрахувати: загальну кількість отриманого кондиційного добового молодняку птиці контрольної та дослідної групи, повну собівартість виробництва інкубаторію, собівартість та виручку за реалізацію одного добового курчати, прибуток на одне яйце за період інкубації, прибуток самого інкубаторію, рентабельність виробництва при інкубації курячих яєць.

Для визначення економічної ефективності методу застосування композицій на основі хітозану при обробці передінкубаційних та харчових яєць курей проводили порівняння з класичним методом обробки – формальдегідом.

На оброку 770 яєць кожної партії потрібно 0,4 л готового розчину: кислоторозчинний хітозан, а також додаткові інгредієнти: перекис водню (H_2O_2) 5,5%, оксид цинку. Застосовували 3,0% розчин хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5%, ціна якого становить 4, 25 грн. Склад композиції для обробки передінкубаційних курячих яєць представлений в табл. 3.9.1.

Таблиця 3.9.1

Склад композиції для обробки передінкубаційних курячих яєць композицією хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂

Склад композиції	Кількість
Надоцтова кислота, 2%	70 мл
Мікроелементи ZnO, 3,0%	70 мг
Хітозан, 3,0%	700 мг
Перекис водню (H ₂ O ₂), 5,5%	70 мл

Таблиця 3.9.2

Склад композиції для обробки курячих яєць комплексом «хітозан-мідь» співвідношення компонентів (мас. %)

Склад композиції	Кількість
Хітозан 5%	70
Сорбційна активність за іонами міді 80,3 мг/г	5,1
Мікроелементи (магній, кобальт, цинк, титан мідь)	0,01- 0,1
Оцтова кислота	7,0
Сірчана кислота (CuSO ₄)	0,07
Перекис водню (H ₂ O ₂) 5,5%	7,0
Вода	100

Для створення композиції для обробки курячих яєць комплексом «хітозан-мідь» використовується хітозан, мікроелементи (магній, кобальт, цинк, титан мідь), оцтова кислота, сірчана кислота (CuSO₄) використовувалась в розчині 1, перекис водню (H₂O₂), вода у співвідношення компонентів (мас.%). Мідні та титанові пластинки (10 мм, 60 мм, 1 мм; 99,995% чистоти) використовували у якості як аноду так і катоду, в залежності від різновиду досліду. Показники для розрахунку економічної ефективності застосування передінкубаційної технології хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ «GREEN ARTICLE» представлений в таблиці 3.9.3.

**Економічна ефективність застосування передінкубаційної технології
хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ «GREEN
ARTICLE»**

Показники	Методи обробки яєць курей			
	Хайсекс Браун		Хайсекс Уайт	
	Контроль Формальде гід	хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂	Контроль Формальдегід	хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H ₂ O ₂
Закладено яєць на інкубацію, шт.	770	770	770	770
Вивід курчат, %	77,90	81,10	77,90	81,30
Отримано курчат, гол.	600	624	601	626
Закупівельна вартість інкубацій- ного яйця	8	8	8	8
*Ринкова вартість курчат, грн. / гол.	15	15	15	15
Загальна вартість, тис. грн	9000	9360	9015	9405
Отримано курчат, грн	7790	8110	7790	8130
**Витрати на обробку, грн	170,50	4,25	170,50	4,25
Прибуток, грн	7619,50	8105,75	7619,50	8125,75
Додатковий прибуток від обробки, грн	-	486,25	-	506,25

Примітка. * – середня вартість, без врахування генотипу та статі;

** – з урахуванням вартості препаратів та витрат передінкубаційну обробку

З даних таблиці 3.9.3 економічна ефективність використання розробленої екологічно-безпечної композиції «GREEN ARTICLE» для передінкубаційної обробки курячих яєць доведено, що в дослідних групах отримано продукції (курчат) в 1,2 рази більше в порівнянні з контролем, де використовувався формальдегід. Додатковий економічний прибуток в дослідній групі, де оброблялися яйця курей кросу Хайсекс Браун склав – 486,25 грн, а в групі, де оброблялися яйце курей кросу Хайсекс Уайт – 506,25 грн.

Економіка інкубації яєць

1. Закладено яєць на інкубацію шт.
2. Закупівельна вартість інкубаційного яйця грн
3. % кондиційних курчат від закладених яєць %
4. Інкубаційні яйця в структурі собівартості % %
5. Вартість 1 курчати грн

Одиниця грошей Рахувати

Примітки:
1. Для нового розрахунку необхідно змінити вихідні значення в полях форми й клікнути по кнопці Рахувати
2. Кнопка C - очистити таблицю результатів

Розрахункові показники: C

Отримано кондиційних курчат	600 шт.
Вартість інкубаційних яєць	6160,00 грн
Повна собівартість виробництва	7247,06 грн
Собівартість 1 курчати	12,08 грн
Прибуток на 1 курча	2,92 грн
Прибуток на 1 закладене в інкубацію яйце	2,27 грн
Виторг від реалізації курчат УСЬОГО	8997,45 грн
Прибуток від реалізації добових курчат УСЬОГО	1750,39 грн
Рентабельність виробництва	24,2 %

© 2019 г, For Poultry. Іщенко Ю.Б.

Рис. 3.9.1 Показники економічної ефективності виробництва при інкубації яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт після обробки формальдегідом

Економіка інкубації яєць		Розрахункові показники: C	
1. Закладено яєць на інкубацію	<input type="text" value="770"/> шт.	Отримано кондиційних курчат	624 шт.
2. Закупівельна вартість інкубаційного яйця	<input type="text" value="8"/> грн	Вартість інкубаційних яєць	6160,00 грн
3. % кондиційних курчат від закладених яєць	<input type="text" value="81.1"/> %	Повна собівартість виробництва	7247,06 грн
4. Інкубаційні яйця в структурі собівартості %	<input type="text" value="85"/> %	Собівартість 1 курчати	11,61 грн
5. Вартість 1 курчати	<input type="text" value="15"/> грн	Прибуток на 1 курча	3,39 грн
Одиниця грошей <input type="text" value="грн"/>	Рахувати	Прибуток на 1 закладене в інкубацію яйце	2,75 грн
Примітки: 1. Для нового розрахунку необхідно змінити вихідні значення в полях форми й клікнути по кнопці Рахувати		Виторг від реалізації курчат УСЬОГО	9367,05 грн
2. Кнопка C - очистити таблицю результатів		Прибуток від реалізації добових курчат УСЬОГО	2119,99 грн
		Рентабельність виробництва	29,3 %

© 2019 г, For Poultry. Іщенко Ю.Б.

Рис. 3.9.2 Показники економічної ефективності виробництва при інкубації яєць кросу Хайсекс Браун після обробки композицією «GREEN ARTICLE»

Економіка інкубації яєць		Розрахункові показники: C	
1. Закладено яєць на інкубацію	<input type="text" value="770"/> шт.	Отримано кондиційних курчат	626 шт.
2. Закупівельна вартість інкубаційного яйця	<input type="text" value="8"/> грн	Вартість інкубаційних яєць	6160,00 грн
3. % кондиційних курчат від закладених яєць	<input type="text" value="81.3"/> %	Повна собівартість виробництва	7247,06 грн
4. Інкубаційні яйця в структурі собівартості %	<input type="text" value="85"/> %	Собівартість 1 курчати	11,58 грн
5. Вартість 1 курчати	<input type="text" value="15"/> грн	Прибуток на 1 курча	3,42 грн
Одиниця грошей <input type="text" value="грн"/>	Рахувати	Прибуток на 1 закладене в інкубацію яйце	2,78 грн
Примітки: 1. Для нового розрахунку необхідно змінити вихідні значення в полях форми й клікнути по кнопці Рахувати		Виторг від реалізації курчат УСЬОГО	9390,15 грн
2. Кнопка C - очистити таблицю результатів		Прибуток від реалізації добових курчат УСЬОГО	2143,09 грн
		Рентабельність виробництва	29,6 %

© 2019 г, For Poultry. Іщенко Ю.Б.

Рис. 3.9.3 Показники економічної ефективності виробництва при інкубації яєць кросу Хайсекс Уайт після обробки композицією «GREEN ARTICLE»

Як бачимо рентабельність виробництва при обробці композицією на основі хітозан + надоцтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ «GREEN ARTICLE» показав кращий результат. Так, рентабельність виробництва становила при інкубації курей кросу Хайсек Браун становить 29,3% а курей кросу Хайсек Уайт 29,6% порівнюючи з 24,2%, де яйця оброблялися формальдегідом.

Використовуючи композицію обробки курячих харчових яєць комплексом «хітозан-мідь», до якої входить водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) було доведено, що затрати на препарат з урахуванням вартості обробку складає 4,25 грн/1000 шт. яєць порівнюючи із затратами на обробку формальдегідом, яка становить 170,50 грн/1000 шт, яка є менш ефективною та має негативний вплив і не використовується в сучасному птахівництві. Також обробка препаратом покращує термін зберігання харчових яєць, що має перевагу над необробленими яйцями і тими, які проходять звичайне миття проточною водою.

На підставі проведених досліджень було встановлено, що застосування композиції «GREEN ARTICLE» для передінкубаційної обробки курячих яєць є ефективним: зменшує рівень контамінації патогенною мікрофлорою, що помітно зменшує ембріональну патологію, підвищує виводимості здорового молодняку курей. Комплекс «хітозан-мідь» ефективно застосовувати для подовження терміну їх зберігання та зниження відсотку бою при транспортуванні.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасне птахівництво є найбільш скоростиглою, економічною та індустріальною галуззю зі швидкою окупністю. За даними Global Industry Analysts, Inc. до 2015 року світовий ринок яєць сягнув 1154 млрд. доларів. Зі зростанням населення середнього класу та їх зростаючою купівельною спроможністю споживання яєць на душу населення постійно зростає у таких основних країнах Азії, як Китай та Індія, що забезпечує усі підстави до розширення виробництва харчових та інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці, в першу чергу курей. Простого зростання кількості яєць на сьогодні вже є недостатнім. Потрібно забезпечити високі якісні і «зелені» екологічні нормативи як самої продукції, так і технологій отримання яєць. В цьому аспекті, посилення усіх ланок природного захисту яєць птиці (технології утримання та годівлі птиці, селекційна робота, методи переробки продукції та її транспортування) не тільки не втратило актуальності, але й набуває ще більшої вагомості.

Зокрема, одним із ключових питань є посилення бар'єрних якостей шкаралупи як складної і досконалої системи захисту внутрішнього вмісту яйця. Основним її призначенням є протистояння механічним впливам на яйце, збереження його цілісності. Шкаралупа, крім того, успішно протидіє мікробним атакам, уповільнює зневоднення яйця, а її пори роблять яйце відкритою біологічною системою. Міцність шкаралупи - найважливіший показник її якості. Низька якість шкаралупи, а тим більше насічки, мікрошпарини знецінюють яйце. Бій яєць в птахівничих господарствах призводить до суттєвих економічних втрат. Яйця з пошкодженою шкаралупою не можна ні зберігати, ні інкубувати, а їх реалізаційна ціна, як несортове, знижується в 1,5-3 рази. Головними причинами високого бою яєць є або неповноцінна годівля несучок, частіше порушення мінерально-вітамінного харчування, або технічні похибки на лінії руху яєць від несучки до реалізації.

Проблемам поліпшення кальцитного шару шкаралупи присвячено багато робіт, проте саме в останні часи піддана ретельному переосмисленню роль та місце кутикули яйця птиці, як першої лінії захисту. Кутикула - надшкаралупна плівка, що вкриває поверхню шкаралупи, тонка і прозора, і складається переважно з глікопротеїнів, полісахаридів та ліпідів. Плівка має стабільну структуру і розчиняється тільки в гарячій воді (вище 40°C). Товщина її у курячих яєць становить 0,005-0,01 мм. Кутикула проникна для газів і непроникна для мікроорганізмів. E.D. Peebles, J. Bracke, R.P. Gildersleeve з'ясували, що при видаленні кутикули з яєчної шкаралупи збільшується пізня ембріональна смертність ембріонів. Очевидно, це видалення підвищує втрати маси яєць і сприяє проникненню всередину яйця мікроорганізмів. Попередні дослідження пов'язували ступінь покриття кутикули з легкістю проникнення мікробів до вмісту яєць та підкреслили його важливість у ланцюзі безпечності харчових продуктів. Кутикула відіграє важливу роль, запобігаючи мікробному впливу проникнення через яєчну шкаралупу і робить продукт безпечнішим для споживачів. На додаток до фізичних бар'єрних властивостей, нещодавні дослідження Du у 2013 році виявили багато білків в кутикулі, деякі з них, як відомо, є антимікробними агентами, а отже це підтверджує докази того, що кутикула забезпечує хімічний та механічний бар'єр проти проникнення мікробів. Більш того, навіть просторова 3D будова кутикули яєць деяких видів птиці обумовлює біоцидні властивості. Так, кутикула, що являє тонкий шар сферичних мікроутворень може забезпечити як ефективний бар'єр проти мікробної інфекції, так і модулює УФ-відбивну здатність.

Широка варіація складу та структури кутикули яєць різних видів і різні величини показників змочуваності та здатності до регулювання обміну газів, який їм притаманний, наголошує на необхідності досконалого вивчення: (1) як фізико-хімічні параметри кутикули змінюються протягом періоду інкубації та (2) внеску кутикули яєчної шкаралупи у забезпеченні оптимальних умов розвитку ембріона.

Питаннями досліджень дії хітозану на передінкубаційні та харчові яйця займалися як вітчизняні так і закордонні дослідники: Кулаков С. Н., Бордунова О. Г., Байдевятова О. М., Чіванов В. Д., Астраханцева О. Г., Фомичев Ю. П., Филимонова И. В., Бекетова Н. А., Reicha F., Shebl A., Fei Liu, Xiao, Bhale S., No H. K., Prinyawiwatkul W., Farr A. J., Nadarajah K., Meyers S. P., Caner C., Cansiz O., Sheng X., Shu D., Choi S. W., Wardy W., Torrico D. D., Jirangrat W., Ezazi A., Javadi A., Jafarizadeh-Malmiri H., Mirzaei H.

В дослідженнях Куликова С. Н. [67] виявлено, що для хітозану своєрідні впливові варіації в прояві біоцидних якостей. Біоцидна активність хітозану залежить: а) від ступеня видалення ацетильної групи, тобто від частки аміносахаридних залишків з вільною аміногрупою. Збільшення ступеня деацетилювання хітозану призводить до посилення антибактеріальних властивостей поліаміносахаридів, б) від ступеня протонування вільних аміногруп полімеру, через те що саме позитивно заряджені аміногрупи багато в чому характеризують спорідненість хітозану до клітин мікроорганізмів. Зі зростанням ступеня протонування аміногруп хітозану зміцнюються антибактеріальні властивості полімеру.

Ступінь протонування полімеру залежить від кислотності середовища - чим більш кисле середовище, тим більша кислотність середовища, що характеризується збільшенням йонів H^+ , які містяться в розчині, тим більш заряджений позитивно хітозановий полімер, тому при збільшенні кислотності середовища біоцидні властивості хітозану посилюються, а при залуженні – зменшуються. Зазвичай зі збільшенням молекулярної маси хітозану його антибактеріальні властивості посилюються. Це висвітлюється його зростаючою ефективністю діяти з клітинами мікроорганізмів при збільшенні молекулярної маси. Як правило така залежність простежується при оцінці антибактеріальних властивостей хітозану в кислих умовах - при низьких значеннях рН середовища (менше 6,5).

Однак, є відомості, які свідчать про посилення антибактеріальних властивостей хітозану при зменшенні його молекулярної маси, що пов'язують з кращою розчинністю більш низькомолекулярних форм полімеру. Зазвичай такі дані отримують при оцінці антибактеріальних властивостей хітозану в нейтральних або слабо лужних умовах - при середніх значеннях рН середовища (від 6,5 до 8,0). В наших дослідженнях використовувався рівень рН -3,6.

Дослідження Сaner С. [126] базуються на використанні комплексу взаємодії хітозану з самим білком курячого яйця лізоцимом для підвищення свіжості яєць під час зберігання. Час зберігання та покриття мали суттєвий вплив на одиницю Хау, індекс жовтка, втрату ваги, рН білка, суху речовину, відносну здатність до збивання та в'язкість білка.

Лізоцим є ферментом, що руйнує клітинну стінку бактерій за рахунок каталізу реакції гідролізу 1,4-бета-зв'язків між залишками N-ацетилмурамової кислоти і N-ацетил-D-глюкозаміном у складі гліканового ланцюжка пептидоглікану та між залишками N-ацетил-D-глюкозаміну у складі хітодекстрину. Виходячи з наших досліджень ми досягли результату.

Досліджуючи біохімічний склад харчових яєць навпротязі 60 днів в наших дослідженнях спостерігалася втрата шаруватості білка яйця, набула більш рідку консистенцію, в ньому відбувалася часткова денатурація (руйнування) протеїнів, він починає втрачати вологу шляхом випаровування через пори оболонки шкаралупи і дифузії в жовток. Так на 20 добу зберігання у контрольній групі, де харчові яйця курей кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт не оброблялися показник протеїну складав 11,8 – 11,9% і до 60 доби підвищився по співвідношені до маси яйця до 16,0 – 16,1%. Яйця оброблені дослідним препаратом на основі комплексу «хітозан-мідь» на 20 добу зберігання показали, що протеїн був на рівні 12,6 - 12,8%, а на 60 добу підвищився тільки до 14,4 – 14,6%.

Зміни відбуваються і в жовтку: він стає рідким через розпад азотистих сполук, ліпідів і утворення вільної води, а оболонка жовтка втрачає

еластичність. Так на 20 день зберігання у контрольній групі, де харчові яйця не оброблялися, показник жирів складав 11,8 – 11,9% і до 60 доби підвищився до 13 – 13,1%.

Під час зберігання при кімнатній температурі значення ІЖ зменшувалося внаслідок поступового ослаблення мембран вітеліну та розрідження жовтка, спричиненого переважно дифузією води з білка в жовткову частину. Після 35 днів зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно.

Покриття захисною плівкою ефективно знижувала швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

Під час зберігання драглиста структура густого білка змінює свої фізико-хімічні характеристики і поступово розпадається на прозору рідину, втрачаючи свою консистенцію.

Показник сухої речовини в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливався від 24,44 спочатку до 26,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 24,42 спочатку до 26,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 25,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 26,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

В дослідженнях Wardy W., Torrico D. D., Jirangrat W., Prinyawiwatkul W. [158] вивчався вплив емульсії хітозану та соєвої олії у співвідношенні 40:60. Якість харчових яєць оцінювали протягом 7 та 15 тижнів зберігання при 25°C та 4°C відповідно. У порівнянні з контролем, при якому було втрачено 9% від початкової маси курячого яйця, покриті емульсією хітозану та соєвої олії яйця втратили менше 4,5% ваги.

Інші дослідження закордонних вчених Sheng X., Shu D. [151] пропонують перспективну альтернативу інактивації бактерій на поверхні яєць за допомогою слабокислої електролізованої води. Але було доведено, що

кутикула яйця пошкоджується під час цього процесу дезінфекції. В подальшому автори додали обробку хітозаном, при чому була створена нова мембрана, що дало змогу запобігти втраті вологи та вуглекислого газу через пошкоджену кутикулу. Протягом 6 тижнів зберігання при температурі 25°C спостерігалось поліпшення внутрішньої якості яєць.

Так, за нашими даними протягом 30 днів зберігання, вага курячого яйця зменшилася у порівнянні з контролем при обробці комплексом «хітозан-мідь» на 11,7% без обробки та 7,5% при обробці. Різниця на користь комплексу «хітозан-мідь» склала 4,2 %.

У статті Ezazi A. et al. [133] встановлено ефективність двох основних компонентів штучної оболонки, а саме хітозану та прополісу. Оцінювали за фізико-хімічними властивостями після обробки протягом 14 днів зберігання за температури 27°C. Результати показали, що оптимізована композиція покриття мала високу бактерицидну активність проти *Salmonella enteritidis* після 2 тижнів зберігання.

Велика кількість вчених приділяли увагу використанню комплексу хітозану, полівінілового спирту та альгінату натрію. В дослідженнях Zhuang Chenjun et al. було розроблено двошарові плівки, які складаються з зовнішнього шару з полівінілового спирту, хітозану та внутрішнього альгінату натрію. У якості додаткових речовин до альгінату натрію додавались наноцелюлоза, поверхнево активні речовини (ПАР), хлорид кальцію та антибактеріальні агенти. Ефективність двошарових плівок оцінювали з урахуванням розчинності у воді, водного бар'єру, механічних та антибактеріальних властивостей впливу покриття на якість шкаралупи яєць. Результати продемонстрували, що двошарова плівка володіє нижчою паропроникністю, ніж одношарова та кращі захисні властивості проти бактерій *E.coli* кишкової палички та лістерії порівняно з одношаровими плівками.

У статті Zhuang Chenjun [166] виявлено, що механічні властивості двошарової плівки більш виражені, а міцність шкаралупи зростає в 1,8 рази,

коли вміст альгінат натрію збільшився з 1 до 2%. Хлорид кальцію знизив розчинність плівки. Крім того, покриття зменшували втрату ваги та підтримували одиницю Хау та індекс жовтка яєць шкаралупи протягом 15 днів зберігання при температурі 25° С.

Дослідження Reicha F., Shebl A. [155] та Quanyuan C., Zhiming G., Tingming F., Yan L. [149] із застосуванням технології електрохімічної модифікації структури та модуляції хімічних/біологічних властивостей хітозану неорганічними сполуками, зокрема міддю з метою отримання біологічно активних композитів та технологія електрохімічної деструкції високомолекулярного хітозану у середовищі оцтової кислоти з використанням титан-рутенийового (Ti/RuO₂) аноду вказують про перспективу щодо специфічних властивостей металів в ультрадисперсному стані. Надає широкі можливості для створення нових ефективних препаратів з високою біологічною активністю для застосування у птахівництві.

Технологія «штучної кутикули» («ARTIficial cutiCLE» ARTICLE) для інкубаційних та харчових яєць, започаткована співробітниками СНАУ в межах конструювання за біоміметичним принципом, що створює захисне покриття для відновлення бар'єрних властивостей біокерамічних структур шкаралупи і шкаралупних мембран природної кутикули пташиних яєць, яка складається з глікопротеїнів, пігментів, що надають забарвлення яйцям та мікродомішок кристалів гідроксиапатиту. Композиту притаманні біоцидна (антибактеріальна та антивірусна) і біостимулююча дія стосовно ембріону, що розвивається і безпеки для харчової промисловості.

Відкриття останніх років таких дослідників, як Deeming D. C. [129] та Baldry M. G. C. [122] щодо специфічних властивостей металів в ультрадисперсному стані (частки нанометрового розміру) надало широкі можливості для створення нових ефективних препаратів з високою біологічною активністю для застосування у птахівництві. Технологія «штучної кутикули» подібна за структурно-функціональними параметрами до природної кутикули пташиних яєць.

Виходячи з досліджень Бордунової О. Г. [19, 21, 22], хімічний склад композиції в комплексі з такими діючими речовинами, як хітозан (кислоторозчинний) у надоцтовій кислоті (рН 3,0), ультра-, нанодисперсний діоксид титану (TiO_2), оксид заліза (III) Fe_2O_3 , пероксид водню (H_2O_2), сульфат міді (CuSO_4), мікроелементи (магній, кобальт, цинк), забезпечує підвищення показнику виводимості яєць курей на 6,3%-20,3%, стимулює розвиток ембріонів та дозволяє зменшити кількість патогенної мікрофлори на поверхні яєць протягом інкубації на 98,6%-99,03% від контролю, сприяє покращенню збереженості молодняку курей (на 2,9%).

Також в статті Бордунової О. Г., Астраханцевої О. Г., Чиванова В. Д. [22], досліджувалась взаємодія екологічно безпечного комплексу на основі пероксидних сполук, кислоторозчинного хітозану та суміші нанофазового діоксиду титану (TiO_2) з діоксидом силіцію (SiO_2) шляхом обприскування дрібнодисперсним аерозолем, підсушуванням при 20°C протягом 10-15 хв. до утворення тонкої плівки «штучної кутикули» для передінкубаційної обробки яєць, що впливає на стимулювання розвитку ембріонів курей протягом інкубаційного періоду розчинами біологічно-активних речовин обумовлене в першу чергу змінами шкаралупи, які впливають на стан газообміну та теплообміну ембріонів в позитивному напрямку.

Підсумовуючи вище згадане ми бачимо, що останнім часом увага дослідників все більш прикута до «зелених» технологій синтезу препаратів для проведення боротьби з бактеріями та вірусами. До таких «зелених» технологій з певними обмеженнями належить електрохімічний синтез, який описаний в дослідженнях Чеха О.О., Бордунової О. Г., Чиванова В. Д. [111]. Хітозанові мідні комплекси розроблені з різними концентраціями міді за допомогою електрохімічного методу окислення у водно-оцтовому середовищі, при кімнатній температурі та різному часі електроокислення з метою зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання.

Аналіз останніх досліджень способів застосування хітозану в композиції з іншими методами та дезінфікантами для зниження бактеріального та

вірусного обсіменіння вказує на розроблені методики отримання для попередження зараження передінкубаційних та харчових яєць курей, що пропонують широкий спектр діючих речовин. Для подовження терміну зберігання яєць пропонується в дослідженнях Gritsch L [135] нанесення на поверхню шкаралупи суміші хітозану, гумінових кислот, гліцеролу, алкілполіглікозидів та води.

В дослідженнях Wardy W., Torrico D.D., and Herrera J.A [159] проводилась розробка композиції на основі хітозану та соєвої олії. Але вони не мали якісного впливу на міцність шкаралупи.

Була досліджена екологічно безпечна композиція на основі карбоксиметил-хітозану, гліцеролу та хлориду кальцію для захисту харчових яєць класу А. [156].

Є відомості про розроблені способи попередження забруднення яєць патогенною мікрофлорою. Створені композиції на основі хітозану для підтримання показників якості яєць при зберіганні.

Інші досліди Бахир. В. М. [8] показували, що в технології електроактивування водних розчинів органічних та неорганічних сполук були підвищенні показники біологічної активності кінцевих продуктів щодо живих організмів, зокрема покращився рівень біоцидної активності щодо патогенної мікрофлори бактеріального, грибового та вірусного походження.

В дослідженнях Quanyuan C., Zhiming G. [149], Reicha F., Shebl A., Badria F. [150] доведено, що технології електрохімічної модифікації структури властивостей хітозану неорганічними сполуками, зокрема міді і цинку з метою отримання біологічно активних композитів та технологія електрохімічної деструкції високомолекулярного хітозану у середовищі оцтової кислоти з використанням титан-рутенієвого (Ti/RuO₂) аноду впливають на зниження контамінації патогенної мікрофлори на шкаралупі передінкубаційних і харчових яєць.

Усі наведені вище приклади досліджень пов'язані з використанням хітозану з іншими речовинами, володіють достатньою ефективністю щодо

патогенної мікрофлори, збільшення терміну зберігання, поліпшення морфолого-біохімічних параметрів захисних біокерамічних структур яєць – шкаралупи і шкаралупних мембран, хімічного складу курячого яйця, підвищення виводимості і збереження молодняка, а також є екологічно безпечними для людей.

Опираючись на отримані нами дані, ми стверджуємо, щодо перспективності наших розробок у галузі підсилення бар'єрних функцій шкаралупи через модифікацію кутикулярних шарів з метою підсилення їх здатності як механічно затримувати патогенну мікрофлору, так і руйнувати бактерії та віруси внаслідок перебігу хімічних процесів, зокрема хімічного окислення біомолекул та мембран останніх. Такі технології отримали назву «GREEN ARTICLE» для обробки передінкубаційних яєць курей, що створена на основі 3,0% розчину хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5% та екологічно-безпечного комплексу «хітозан-мідь» для обробки харчових яєць які полягають у конструюванні на поверхні яйця шару плівки, аналогічної за функціональними властивостями нативній природній кутикулі. За матричну, основну речовину правив хітозан як одна з найбільш перспективних речовин, яку можна використовувати в композиціях, що наносять у вигляді робочих розчинів на тверді поверхні як харчових, так і інкубаційних яєць.

Хітозан є єдиним позитивно зарядженим полімером (полікатионом) природного походження, який отримують у великих кількостях з високим ступенем хімічної чистоти, і, що важливо, вартість його, особливо у вигляді технічної неочищеної речовини досить помірна. Світова кількість хітину оцінюється на рівні 10 гігатонн, що, з огляду на постійний біосинтез, робить його невичерпним джерелом для отримання хітозану. В останні два десятиліття значно зріс інтерес до біоцидних властивостей хітозану, які поряд з нетоксичністю, біосумісністю, гіпоалергенністю та здатності до біодеградації, дозволяють використовувати його в харчових і «зелених» технологіях. Проте, біоцидні властивості хітозану сильно залежать від його

молекулярної маси та хімічної структури. Це обумовлене тим, що хітозан, який є сополімером глюкозаміну і ацетилглюкозаміну, являє собою гетерогенну групу речовин, що розрізняються за молекулярною масою, ступенем деацетилювання, розташуванню залишкових ацетильованих ланок уздовж полімерного ланцюга, в'язкості, значеннями величини pK_a .

У зв'язку з широкою варіацією молекулярно-масових параметрів зразків полімеру, для хітозану характерні значні варіації в прояві біоцидних властивостей. Біоцидна активність хітозану залежить: а) від ступеня деацетилювання, тобто від частки аміносахарідних залишків з вільною аміногрупою. Збільшення ступеня деацетилювання хітозану веде до посилення антибактеріальних властивостей поліаміносахаріда, б) від ступеня протонування вільних аміногруп полімеру, оскільки саме позитивно заряджені аміногрупи багато в чому визначають спорідненість хітозану до клітин мікроорганізмів. Зі збільшенням ступеня протонування аміногруп хітозану посилюються антибактеріальні властивості полімеру. Ступінь протонування полімеру залежить від кислотності середовища - чим більш кисле середовище, тим більш заряджений позитивно хітозановий полімер, тому при збільшенні кислотності середовища біоцидні властивості хітозану посилюються, а при залуженні – зменшуються. Біоцидна активність залежить і від молекулярної маси (ступеня полімеризації) хітозану. Зазвичай зі збільшенням молекулярної маси хітозану, його антибактеріальні властивості посилюються. Це пояснюється його зростаючою здатністю взаємодіяти з клітинами мікроорганізмів при збільшенні молекулярної маси.

Однак, є відомості, які свідчать про посилення антибактеріальних властивостей хітозану при зменшенні його молекулярної маси, що пов'язують з кращою розчинністю більш низькомолекулярних форм полімеру. Змінювати як молекулярну масу та товщину, так і ступені газопровідності та біоцидної активності хітозана можна за використання електрохімічних та ультразвукових технологій і допсування плівок наночастками оксидів металів або карбонату кальцію [125, 126, 137].

Враховуючи важливість створення композицій на основі хітозану для обробки передінкубаційних та харчових яєць, які підвищують стійкість до контамінації патогенною мікрофлорою, збільшують якість і відсоток виводимості курчат та подовжують термін зберігання харчових яєць, доцільно далі продовжити дослідження в даному напрямку.

ВИСНОВКИ

Уперше розроблена інноваційна технологія для обробки передінкубаційних яєць курей за допомогою «зелених технологій» «GREEN ARTICLE» на основі 3,0% розчину хітозану в 2% надоцтовій кислоті (НОК) рН 3,6, оксид цинку (ZnO) 3,0% і перекис водню 5,5%.

Також створено екологічно безпечний комплекс «хітозан-мідь» для обробки харчових яєць курей.

1. Дослідили існуючі дезінфікуючі засоби для обробки передінкубаційних та харчових яєць.

2. Встановлено вплив композиції на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO) на поверхню шкаралупи яєць. У дослідній групі вона була менш забруднена мікроорганізмами у порівнянні з контрольною групою. Композитні хітозанові наночастинки ZnO позитивно впливають на зменшення забруднення патогенної мікрофлори на поверхні шкаралупи курячих яєць кросу Хайсекс Браун та Хайсекс Уайт до 0,3-0,71% від початкової кількості колоній бактерій протягом 19 діб.

3. Доведено вплив композиції «GREEN ARTICLE» на інкубацію протягом 21 дня. Інкубація яєць курей кросу Хайсекс Браун між контрольною та експериментальною групами відрізнялася на 4,7%. Так, у контрольній групі цей показник становить 85,5%, а в експерименті - 89,7%. В дослідній групі, де використовувалися яйця курей кросу Хайсекс Уайт різниця між контрольною та експериментальною групою становить 0,3%. Так, у контрольній групі цей показник становить 84,9%, а в групі, де використовувалась композиція хітозан + надоцтова кислота (НОК) + ZnO + H₂O - 90,2%.

4. Встановили вплив при обробці курячих яєць кросу Хайсекс Браун парами формальдегіду та Хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ на рівень контамінації грибом *Aspergillus fumigatus*. З результатів дослідження виявлено, що при обробці формальдегідом і вологості 100% рівень контамінації грибом знизився на 61%, а при вологості 90-94% показник знизився на 94,3% та при 88% на

95%. Відповідно при обробці композицією Хітозан + НОК + ZnO + H₂O₂ і вологості 100% показник обсіменіння грибок знизився до 95,7%, при 90-94% вологості на 98,86% та при 88% грибок на поверхні курячих яєць був відсутній.

5. За допомогою методів електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь» встановлено доцільність використання способів обробки харчових яєць на основі хітозану від контамінації патогенною мікрофлорою харчових яєць та збільшенню терміну зберігання при температурі 24°C. З одержаних результатів в дослідній групі, де курячі яйця кросу Декалб Уайт обробляли водним 5% хітозаном з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) вага яєць стала меншою на 1,3% на 6 добу, 2,4% - 14 добу, 3,1% на 21 добу, 7,5% на 30 добу, що демонструє найкращий результат порівнюючи із застосуванням інших досліджуваних препаратів на основі хітозану. Так у контрольній групі, в якій харчові курячі яйця були без обробки, на 14 добу з'являються бактерії групи кишкової палички (БГКП), що становлять 15%, на 19 добу 20%, протягом 28 днів зберігання 40% і на 35 добу цей показник знаходиться на рівні 65%. Кількість спороутворюючих бактерій, становила 10% і стафілококу 5%. Харчові яйця курей, котрі оброблялися композицією на основі комплексів «хітозан-мідь» показало, що рівень контамінації зменшився: на 14 і 19 добу БГКП не було виявлено, на 28 добу піднявся до 5% і на 35 добу зберігання становить 10%, а спороутворюючі бактерії залишилися на рівні 5%.

6. Досліджено біохімічний склад харчових яєць курей кросу Хайсекс Браун протягом тривалого зберігання, які оброблялися (Розчином 5) зберігали значення Хау при 65,83 після 35 днів зберігання порівняно з 58,12 контрольної групи яєць. Яйця курей Хайсекс Уайт зберігали значення Хау на рівні 60,02 після 35 днів зберігання, порівняно з 51,27 для контрольної групи яєць. Це свідчить про те, що покриття допомагало ущільнити пори на яєчній шкаралупі та уповільнити витік вуглекислого газу та води під час тривалого зберігання, зберігаючи якість білка. У той час, як курячі яйця двох курячих кросів Хайсекс

Браун і Хайсекс Уайт, що зберігалися при температурі 24°C, зберігали сорт А (Хау = 71-60) протягом усього 35-денного періоду. Яйця без покриття впали з сорту «А» до «В» після 21 дня зберігання.

7. Досліджено значення ІЖ (Індексу жовтка). Після 35 днів зберігання ІЖ яєць без покриття зменшився з 0,48 до 0,33, тоді як яйця, вкриті захисною композицією, показали значення ІЖ 0,40 у курей Хайсекс Браун та 0,39 у курей Хайсекс Уайт відповідно. Покриття захисною плівкою ефективно знижувало швидкість передачі маси (втрати води та CO₂) з білка через яєчну шкаралупу під час тривалого зберігання. Отже, цей процес пригнічує зрідження білка та поглинання води жовтком і мінімізує зниження якості жовтка.

8. Встановлено вплив покриття на СР (суху речовину) курячого яйця. Показник сухої речовини в контрольній групі (без покриття) в яєчних білках курячих яєць Хайсекс Браун коливався від 24,44 спочатку до 26,98, а курячі яйця Хайсекс Уайт - від 24,42 спочатку до 26,80 відповідно. Для оброблених яєць значення СР білка досягли 25,95 яєць курчат Хайсекс Браун та 26,58 яєць курчат Хайсекс Уайт відповідно.

9. Доведено, що рентабельність виробництва при обробці композицією на основі хітозан + надощтова кислота (НОК) та + ZnO + H₂O₂ «GREEN ARTICLE» показав кращий результат. Так, рентабельність виробництва становила при інкубації курей кросу Хайсекс Браун становить 29,3%, а курей кросу Хайсекс Уайт 29,6% порівнюючи з 24,2%, де яйця оброблялися формальдегідом.

Економічна ефективність використання розробленої екологічно-безпечної композиції «GREEN ARTICLE» для передінкубаційної обробки курячих яєць доведено, що в дослідних групах отримано продукції (курчат) в 1,2 рази більше в порівнянні з контролем, де використовувався формальдегід.

Додатковий економічний прибуток в дослідній групі, де оброблялися яйця курей кросу Хайсекс Браун склав – 486,25 грн, а в групі, де використовували яйце курей кросу Хайсекс Уайт – 506,25 грн.

Використовуючи композицію обробки курячих харчових яєць комплексом «хітозан-мідь», до якої входить водний 5% хітозан з додаванням надоцтової та оцтової кислоти (1:1 за об'ємом) і підданий електролізу із застосуванням титану у якості аноду та катоду (Розчин 5) було доведено, що затрати на препарат з урахуванням вартості обробку складає 4,25 грн/1000 шт.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Використовувати композицію «GREEN ARTICLE» для обробки передінкубаційних яєць курей для підвищення виводимості курчат.
2. Використовувати екологічно безпечний комплекс «хітозан-мідь» для обробки харчових яєць курей з метою подовження терміну їх зберігання та зниження відсотку бою при транспортуванні.
3. Рекомендуємо удосконалення технології обробки харчових і передінкубаційних яєць на птахофабриках для покращення економічної ефективності підприємств.

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. Альматарнех М. А. Чи є альтернатива формаліну? Ефективність використання нових дезінфектантів для передінкубаційної обробки курячих яєць. *Сучасне птахівництво*. 2007. Вип. 2(51). С. 10-13.
3. Апатенко В. М., Дорогобид А. В., Червиков Р. И. Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини. *Збірник наукових праць Харківського зооветеринарного інституту. X. : РВВ ХЗВІ. Ветеринарні науки*. 2000. Вип. 6 (30). С. 107-110.
4. Байдевятов А. Б., Бессарабов Б. Ф., Бесулін В. І. та ін. Передінкубаційна обробка яєць за допомогою дезінфектантів. *Вет. медицина України*. 2000. Вип. 1. С. 11–13.
5. Байдевятов А. Б. Екологічно чисті і високоефективні засоби для передінкубаційної обробки яєць, інкубаторів, технологічного обладнання пташників (ВВ-1) і прихованих вогнищ інфекції (ВВ-5). *Шляхи прискорення науково-технічного прогресу у птахівництві*. Суми. 1999. С. 244-254.
6. Байдевятова О. М., Бордунова О. Г., Чіванов В. Д. Фотокаталітично активні наночастки двоокису титану в органічних матрицях як захисні покриття для інкубації. *Зоотехнічна наука Поділля : історія, проблеми, перспективи : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 16-18 берез. 2010 р. Кам'янець–Подільський*. 2010. С. 26-27.
7. Баланюк И. Ф., Барило С. И., Басун С. Р. и др. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. К.: Урожай, 1986. 117 с.

8. Бахир. В. М. Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология. *ВИВА-СТАР*. 2014. С. 36.
9. Беженар І. М., Васюта Т. М. Стан та перспективи розвитку птахівництва в Україні. *Агросвіт*. 2015. Вип. 18. С. 41-51.
10. Беляев К. В. Изменение качества яиц куриных в процессе хранения. Химия и технология пищевых продуктов. М.: *Всероссийский ин-т научной и технической информации (ВИНИТИ)*. 2006. № 23. С. 40.
11. Березовский А. В., Фотина А. А., Олефир И. А. Обоснование использования нового дезинфектанта "Би-дез" для профилактики инфекционных болезней при выращивании бройлеров. *Luckari stiintifice: medicina veterinara. Chisinau*. 2014. V. 40. С. 142-145.
12. Бессарабов Б.Ф. Инкубация яиц с основами эмбриологии сельскохозяйственной птицы. М: Колос, 2006. 264 с.
13. Бирка В. В. Хімічний склад жовтка яєць та тканин в організмі курей несучок при введенні у комбікорм соняшникової олії. *Проблеми зооінженерії та ветеринарної медицини : Зб. наук. пр. ХЗВІ. -Х.: РВВ ХЗВІ*, 1998. Вип.4. (1). С. 146-149.
14. Богомаз О. І., Вершняк Т. В., Пономаренко Г. В., Помозгова С. А. Порівняльна характеристика дезінфікуючих засобів для птахівництва. *Ветеринарна медицина: Міжвід. темат. наук. зб. Харків*. 2006. Вип. 87. С. 48-50.
15. Болотников И. А., Соловьёв Ю. П. Гематология птиц. *Ленинград: Наука*. 1980. С. 114.
16. Бордунова О. Г., Денисов Р. В., Самохіна Є. А. Вивчення впливу передінкубаційної технології "штучна кутикула" на розвиток ембріонів та збереженість молодняка курей. *Вісник Сумського НАУ. Сер: «Тваринництво»*. 2015. Вип. 6. С. 102-106.
17. Бордунова О. Г., Чорний М. В., Чіванов В. Д. та ін. Використання дезінфікуючих препаратів у промисловому птахівництві. *Науково-практичні рекомендації*. Суми, 2013. 39 с.

18. Бордунова О. Г. Наноккомпозит хітозану і діоксиду титану у біоміметичній технології захисту інкубаційних яєць сільськогосподарської птиці. *Птахівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2010. Вип. 65. С. 116-127.
19. Бордунова О. Г., Астраханцева О. Г., Байдевятова О. М., Чиванов В. Д. Патент на корисну модель «Композиція для захисту інкубаційних яєць курей» Україна 72945 UA 72945 U Зареєстровано 10.09.2012 Дата публ. бюл. №17 10.09.2012 МПК А61L 2/18 (2006/01).
20. Бордунова О.Г., Чех О.О., Коваленко Л.М., Долбаносова Р.В., Ядгорова Є.М. Технології захисту харчових яєць курей з використанням композитів на основі хітозану. Науково–практичні рекомендації - Суми, 2019 р., 20 с.
21. Бордунова О. Г. Теоретичне обґрунтування та розробка інноваційної технології передінкубаційної обробки яєць курей : дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.02.04 нац. аграр. ун-т. - Миколаїв, 2016. 259 с.
22. Бордунова О. Г., Астраханцева О. Г., Чиванов В. Д. та ін. Зміни складових біокристалічних шарів шкаралупи інкубаційних яєць курей за використання технології «Штучна кутикула (article)». *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. 2, Ч. 1. С. 43-52.
23. Бордунова О. Г. Деякі біотехнологічні та біофізичні аспекти «штучної кутикули» для інкубаційних яєць. *Науково-технічний бюлетень Інституту тваринництва УААН*. Харків, 2004. Вип. 87. С. 26-31.
24. Бородай В. П. Технологія виробництва продукції птахівництва : підруч. для підготов. фах. вищ. агр. навч. закл. Вінниця : Нова книга, 2006. 360 с.
25. Бреславець В. О. та ін. Інкубація яєць сільськогосподарської птиці : метод. посіб. Харків : ННЦ «ІЕКВМ». 2006. 92 с.
26. Бреславець В. О., Глебова К. В., Ярошенко М. О., Павліченко О. В., Стегній О. О. Використання біоцидних препаратів для дезінфекції інкубаційних яєць курей. *Сучасне птахівництво*. 2017. № 3–4. С. 20–24.

27. Бреславець В. О., Дунаєв Ю. К., Майборода О. В., Павліченко О. В., Стегній О. О., Дунаєва О. В. Первинна дезінфекційна обробка інкубаційних яєць курей у пташнику на стрічці транспортера в період їх збирання. *Ветеринарна медицина: Міжвід. темат. наук. зб.* Харків. 2017. Вип. 103. С. 235-238.
28. Бреславець В. А., Стегній А. Б., Стегній А. А. Обеспечение биобезопасности среды инкубатория. *Ветеринарна медицина: міжвід. темат. наук. зб.* 2013. Вип. 97. С. 23-27.
29. Бреславець В. О., Шоміна Н. В. Газо- та вологопроникність шкаралупи яєць курей різних порід та віку. *Вет. медицина : міжвід. темат. наук. зб.* — Харків. 2004. Вип. 84. С. 128–134.
30. Бреславець В. О., Князев Ю. Р., Шумілов С. М., Яковенко Н. Г. До питання оцінки міцності шкаралупи яєць. *Птахівництво: Міжвід. темат. наук. зб. Інститут птахівництва УААН.* Харків. 1980. Вип. 29, С. 58-62.
31. Бреславець В. О., Стегній О. О. Недоліки, які часто зустрічаються в роботі системи вентиляції інкубаторів «Універсал» та методи їх усунення. *Сучасне птахівництво.* 2015. № 3–4. С. 14–16.
32. Варуха Н. П. Влияние нагрузок высококалорийными кормами на некоторые показатели жирового обмена и продуктивности кур-несушек: автореф. дис. ...канд. биол. наук : 03.00.13. Кубанск. с.-х. ин-т. Краснодар, 1975. 24 с.
33. Вершняк Т. В. Корозійні властивості засобів для санітарної обробки обладнання забійних цехів та харчової промисловості. *Бюлетень Інституту біології тварин і ДНДКІ ветпрепаратів та кормових добавок.* 2009. Вип.10. С.108-112.
34. Вечеря Ю. О. Вплив різних чинників на виводимість яєць сільськогосподарської птиці. «Сучасне птахівництво». 2015. Вип. 7(8). С. 22-24.

35. Воинцева И. И., Гембицкий П. А. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционных материалах. М.: ЛКМ-пресс. 2009. С. 304.
36. Вуцене М. А. Влияние селмида на показатели инкубации куриных яиц (дезинфекция яиц): автореф. дис.... канд. с.-х. наук : 03.00.20. Тарту, 1988. 15 с.
37. Глебова Ю. А., Вертійчук А. І. Вплив на здоров'я людини харчових яєць за різних способів споживання. *Вісник ЖНАЕУ. «Ветеринарія»*. 2016. Вип. 1(53). С. 201-208.
38. Гончарик О. А., Пономаренко Н. П. Оцінювання якості інкубаційних яєць курей за різних термінів їх зберігання. *Сучасне птахівництво*. 2015. Вип.10. С. 19-20.
39. Гудима В. Ю. Біохімічні показники тканин і яєць курей-несучок за різного розміру частинок вапняку та вмісту вітаміну D3 у раціоні: дис. ... канд. с.-г. наук: 03.00.04. Львів, 2016. 26 с.
40. Гудзь О. В., Писько Г. Т. Влияние четвертичных аммониевых соединений на функциональное состояние цитоплазматической мембраны *Escherichia coli*. *Микробиол. журн.* 1988. Вып. 50(3), С. 75–78.
41. Гудзь О. В., Яловенко О. І. Спрямований пошук протимікробних засобів у гомологічному ряду солей пропілендіаміну. *Сучасні проблеми фармакології: Перший національний з'їзд фармакологів України. Київ*. 1995. С. 48–49.
42. Державна служба статистики України. URL: <http://ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 20.09.2018).
43. ДСТУ 2021:2006. Молодняк сільськогосподарської птиці добовий. Технічні умови. [Чинний від 2007.07.01]. Державна дослідна станція птахівництва НААН (раніше Інститут птахівництва НААН). Наказ Держспоживстандарту України від 15 липня 2006 р. № 242.
44. ДСТУ 4533:2006. Птахівництво. Терміни і визначення понять. [Чинний від 2007.08.01]. Наказ від 29.03.2006 № 99 Про затвердження

національних стандартів, змін до національних і міждержавних стандартів та скасування нормативних документів.

45. ДСТУ 4655:2006. Яйця інкубаційні. Технологія передінкубаційного оброблення. Основні параметри. [Чинний від 2007.07.01]. Наказ від 01.08.2006 № 227.

46. ДСТУ 8118:2015. Яйця курячі інкубаційні. Технічні умови. [Чинний від 2017. 01. 01]. Інститут тваринництва УААН. Наказ від 22.06.2015 № 61 Про прийняття нормативних документів України, гармонізованих з міжнародними та європейськими нормативними документами, національних стандартів України, скасування нормативних документів України та міждержавних стандартів в Україні.

47. ДСТУ 5028:2008. Яйця курячі харчові. Технічні умови. [Чинний від 2010.06.01]. Державна дослідна станція птахівництва НААН (раніше Інститут птахівництва НААН). Наказ від 12.06.2008 № 192 Про затвердження національних стандартів, змін до національних стандартів, скасування нормативних документів та внесення змін до наказів Держспоживстандарту від 03.08.2006 р. № 230, від 10.11.2006 р. № 322, від 25.12.2006 р. № 364, від 27.12.2006 р. № 374, від 27.12.2006 р. № 375, від 05.05.2008 р. № 140 та від 16.05.2008 р. № 154.

48. ДСТУ 4769:2007. Бактеріологічне дослідження патологічного матеріалу від тварин. Методи виявлення сальмонел чинний [Чинний від 2009.01.01].

49. Дух О. І., Вовк С. О. Зміни вмісту ліпідів та їхнього жирнокислотного складу в жовтку яєць і печінці племінних курей та ембріонів залежно від рівня каротиноїдів у раціоні. *Укр. біохім. журн «Експериментальні роботи»*. 2010. т. 82(5) С. 118-124.

50. Еремеев Г. П. Биохимия развивающегося яйца. Омск, 1969. С. 15.

51. Заболотний В. С. Сучасні тенденції виробництва яєць в Україні. *Економіка та управління АПК*. 2014. Вип. 1, С. 103–108.

52. Засекін Д. А., Поляковський В. М. Санітарно-гігієнічні вимоги до інкубації яєць. «Сучасне птахівництво». 2005. Вип. 3. С. 9-13.
53. Івко І. І., Мельник В. О., Пудов В. Я., Рябініна О. В., Дуюнов Е. Е., Горбаньов А. П., Чаплигін, Є. М. Удосконалення технологій виробництва продукції птахівництва: ретроспектива і перспективи. *Птахівництво: міжвід. темат. наук. зб. X, III УААН*. 2009. С. 34-46.
54. Інструкція з проведення санітарної обробки – дезінфекції, дезінсекції та дератизації об'єктів птахівництва. Міністерство аграрної політики України. Наказ №69 від 20.06.2007 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0813-07> (дата звернення 16.10.2018).
55. Інструкція із застосування засобу "Дезариус хлор" з метою дезінфекції URL: https://storage.ua.prom.st/1597324_nstruktsiyi_schodo_zastosuvannya_dezarius_hlor.pdf (дата звернення 22.02.2019).
56. Калын П. С., Бреславец В. А., Стегний Б. Т. Современная технологическая схема дезобработки яиц с момента их снесения до вывода молодняка. *Птахівництво. Міжвід. темат. наук. зб. III УААН*. 2008. Вип. 62 (2). С. 352-359.
57. Канищев В. В., Еремеева Н. И. Выбор и применение современных дезинфицирующих средств. Желанное и реальность. *Дезинфекц. дело*. 2016. № 1. С. 28–36.
58. Кернасюк Ю. В. Птахівництво – ефективна сфера агробізнесу. *Агробізнес сьогодні*. 2015. Вип. 8. С. 16–17.
59. Кирилюк Д. О. Аналіз сучасного стану ринку продукції птахівництва в Україні. *Економіка АПК*. 2014. Вип. 2. С. 116–119.
60. Кисельов Л. Ю., Фатеев В. М. Породи, лінії, кроси сільськогосподарської птиці: підручник М.: Колос, 2005. – 112 с.
61. Коваленко В. Л., Засекін, Д. А. Розробка і контроль дезінфікуючого засобу. *Монографія. За ред. К.*: 2013. С. 166.

62. Коваленко В. Л., Недосєков В. В. Методичні підходи щодо контролю дезінфікуючих засобів для ветеринарної медицини. *Монографія. За ред. К.*: 2011. С. 224.
63. Коваленко В. Л., Чехун А. І., Ярошно Я. М., Гнатенко А. В., Пушик Ю. І., Савченко Л. Г. Визначення бактерицидності комплексного дезінфікуючого препарату на основі полігексаметиленгуанідин гідрохлорида. *Ветеринарна біотехнологія. Бюлетень*. 2011. Вип. 18. С. 106–110.
64. Коваленко В. Л. та ін. Методи контролю дезінфікуючих засобів: довід. Київ, 2014. С. 160.
65. Кононський О. І. Біохімія тварин. К.: Вища школа, 2006. 454 с.
66. Конюхова Н. В. Стан та перспективи розвитку птахівничих підприємств в Україні. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Сер. : Економічні науки*. 2013. Вип. 8. С. 227–235.
67. Куликов С.Н., Тюрин Ю.А., Долбин Д.А., Хайруллин Р.З. Роль структуры в биологической активности хитозана. *Вестник Казанского технологического университета*. 2007. Вып. № 6. С. 10-15.
68. Куликов С.Н., Чирков С.Н., Ильина А.В., Лопатин С.А, Варламов В.П. Влияние молекулярной массы хитозана на его противовирусную активность в растениях. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2006. Т. 42. № 2. С. 224-228.
69. Лозовой В. И. Влияние каротинсодержащих препаратов на яичную продуктивность и обменные процессы у кур-несушек: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук : 03.00.20. Ставрополь, 2005. 24 с.
70. Лотте Фан де Фен. Хранение инкубационного яйца в производственном процессе. *«Ефективне птахівництво»*. 2007. Вип. 11. С. 25-27.
71. Насонов Ю. М. Білковий обмін у сільськогосподарської птиці / Ю.М. Насонов, І.К. Іванов. – К.: Урожай, 1972. 136 с.

72. Немцев С. В. Комплексная технология хитина и хитозана из панциря ракообразных. М.: Наука. 2006. С. 136.
73. Огляд українського ринку м'яса за січень квітень 2018. URL: <http://ukrainian-food.org/uk/post/oglad-ukrainskogo-rinku-masa-za-sicen-kviten-2018-roku> (дата звернення 20. 09. 2018).
74. Отенко В. І. Формування аналітичного інструментарію оцінки ефективності діяльності. *Бізнес Інформ*. 2013. Вип. 5. С. 232–237.
75. Павліченко О. В., Боровкова В. М. Ефективність застосування дезінфекційної обробки яєць до і в період їх інкубації з почерговим використанням сучасних хімічних засобів. *Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. Editorial board*. Stockholm, Sweden February 23 – 26. 2021. С. 603-606.
76. Петрукович Т. В., Косьяненко С. В., Курило И. П. Качество инкубационных яиц кур несушек белорусской селекции. *Ученые записки УО ВГАВМ*. 2017. Т. 53 (4). С. 142–145.
77. Полегенька М. А. Аналіз сучасного стану виробництва продукції птахівництва в Україні. *Економіка та держава*. 2019. Вип. 3, С. 137–143. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2019.3.137>
78. Попов. П. А. Обеззараживание яичной тары и поверхностей озонном в птицеводческих хозяйствах. *Российский журнал «Проблемы ветеринар кой санитарии, гигиены и экологии»*. 2011. Вып. 2(6). С.46-49.
79. Попов П. А. Технология обеззараживания объектов ветеринарного надзора в птицеводстве с применением озона : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.13. Москва, 2013. 27 с.
80. Прокопенко А. А. Дезинфекция инкубаторов УФЛ и озонном. *Птицеводство*. 1997. Вип. 3. С. 11-12.
81. Прокудіна Н. А. Дезінфектанти. Краще вибирати високоактивний, багатофункціональний, з пролонгованою дією, безпечний для людини і птиці. *Наше птахівництво*. 2014. Вип. 11. С. 12–16.

82. Прудніков В.Г., Лисенко Г.Л., Леппа А.Л., І.М. Гейда І.М. Практикум з технології переробки продукції тваринництва. Частина І. Х. : ПРОМАРТ. 2017. 104 с.
83. Пташиний двір. Інкубація свійської птиці. Вимоги до інкубаційних яєць. URL: https://uaptichiydvor.at.ua/publ/vimogi_do_inkubacijnikh_jaec/1-1-0-4 (дата звернення 15.04.2020).
84. Родіонова К. О. Ефективність застосування озону при знезараженні об'єктів ветеринарного нагляду на м'ясопереробних підприємствах. *Вісн. Сум. нац. аграр. ун-ту*. 2017. № 1. С. 74–78.
85. Розрахунок прибутку від ікубації яєць птиці – онлайн калькулятор для інкубаторію. URL: <http://market.avianua.com/?p=4327> (дата звернення 12.09.2021).
86. Рольник В.В. Изучение состава газов воздушной камеры куриных яиц в течение инкубации. Материалы по эволюционной физиологии. 1960. №4. С. 208.
87. Самохіна Є. А. Вплив передінкубаційної технології «штучна кутикула» на розвиток ембріонів та збереженість молодняка курей. *Збірник статей за результатами III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції, (30-31 жовтня 2018 р.).* Полтава. 2018. С. 90-95.
88. Сахацький І. Д. Дезінфекційні засоби для птахівництва : порівняльна ефективність. *Ветеринарна медицина України*. 2005 . Вип. 1. С. 40-43.
89. Сахацький М. І. Мо'авія Мохаммад Афнан Альматарнех. Ефективність передінкубаційної обробки яєць різними дезінфектантами. *Птахівництво: міжвід. темат. наук. зб. ІІІ УААН.- Харків*. 2006. Вип. 58. С. 571-577.
90. Сахацкий И. Н. Дезинфицирующие средства для птицеводства: сравнительная эффективность (обзор). *Птахівництво: міжвід. темат. наук. зб.* 2004. Вип. 55. С. 559–569.

91. Скрыбин К. Г., Вихорева Г. А. Хитин и хитозан. М.: Наука. 2002. С. 365.
92. Средство дезинфицирующее с моющим эффектом «ДЕЗАРИУС АКТИВ» URL: <http://belsept.by/product/sredstvo-dezinficiruyushee-s-moyushim-effektom-dezarius-aktiv> (дата звернення 22.02.2019).
93. Старцев В. Ф. и др. Антимикробные, дезинфицирующие, коррозионные и токсические свойства препаратов надуксусной кислоты и механизм их антимикробного действия. *Проблемы ветеринарии Сев. Кавказа*. Новочеркасск. 1997. С. 66–69.
94. Стегній Б. Т., Бреславец В. О., Калин П. С. та ін. Порівняльна оцінка препаратів для передінкубаційної обробки яєць. *Міжнарод. тематичний науковий збірник. Харків*. 2005. Вип. 2(85). С. 1022-1025.
95. Стегній Б. Т. та ін. Порівняльна оцінка препаратів для передінкубаційної обробки яєць. *Вет. Медицина : міжвід. темат. наук. зб.* 2005. Вип. 85, т. 2. С. 1022–1025.
96. Сурай П.Ф., Ионов И. А. Биохимические методы контроля метаболизма в органах и тканях птиц и их витаминной обеспеченности: Методич. реком. Х., 1990. 138с.
97. Тагиров М. Т. и др. Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы : метод. рек. Борки, 2018. 68 с.
98. Топ 9 компаній-експортерів курячих яєць за минулий рік. URL: <https://agropolit.com/news/11722-top-9-kompaniy-eksporteriv-kuryachih-yayets-za-minuliy-rik> (дата звернення 25.09.2018).
99. Україна потрапила до ТОП-10 світових експортерів яєць: поступилися Туреччині і Росії. URL: <https://economics.segodnya.ua/ua/economics/business/ukraina-popala-v-top-10-mirovyh-eksporterov-yaic-ustupili-turcii-i-rossii-1109942.html> (дата звернення 16.09.2018).

100. Умняшкин В. Г. и др. Изучение некоторых антибиотиков с целью применения их для глубокой обработки куриных яиц. *Эффективные приёмы производства яиц и мяса птицы: сб. науч. тр.* Загорск. 1984. С. 41–45.
101. Ушкалов В. О. та ін. Положення про захист хребетних тварин, яких використовують в наукових експериментах : метод. реком. Київ, 2011. 8 с.
102. Фисинин В. А. Формальдегид – лучшее ли это средство? *Международное животноводство.* 1995. Вып. 11. С. 29-32.
103. Фисинин В. И., Журавлев И. В., Айдинян Т. Г. Эмбриональное развитие птицы. М.: Агропромиздат, 1990. 239 с.
104. Фотіна Т. І., Назаренко С. М., Бабарук А. В. Ветеринарно-санітарна оцінка продуктів птахівництва та тваринництва під час використання дезінфектанту "Бі-дез». *Вісник Сумського НАУ: науковий журнал. Сер. "Ветеринарна медицина". Суми, 2017.* Вып. 11(41). С. 70-74.
105. Фотіна Г. А. Ефективність використання препарату "Бі-дез" для дезінфекції приміщень в присутності птиці. *Вісник Сумського НАУ. "Ветеринарна медицина".* 2014. Вып. 6(35). С. 54-57.
106. Яйця курячі харчові. Технічні умови ДСТУ 5028:2008 [Чинний від 2008-01-01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2008. 9 с. (Національний стандарт України).
107. Фотіна Т., Величко О., Мельничук С., Сурай П. Качество скорлупы. *Животноводство России.* 2010. Вып. (5). С. 23-24.
108. Фотіна Г. А., Дворська Ю. Е., Фотіна Т. І., Березовський А. В. Безпека продуктів птахівництва: *Метод. реком. Затв. НМР ДКВМ України (пр. №1 від 23.12. 2010 р.)* Київ. 2011. С 18.
109. Фотіна Г. А., Коваленко І. В. Експериментальні дослідження ефективності застосування дезінфікуючого засобу "СанСтим" для передінкубаційної санації яєць. *Ветеринарна медицина.* 2017. Вып. 103. С. 276-278.
110. Царенко О. М. та ін. Екологічно безпечні дезінфектанти для птахівництва. *Вісник аграрної науки.* 2001. № 7. С. 30–33.

111. Чех О. О., Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «Хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання. *Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. Сер. «Тваринництво»*. 2020. Вип. 4 (43). С. 122-127.

112. Бордунова О. Г., Чех О. О., Долбаносова Р. В., Чиванов В. Д. Композиція для обробки харчових яєць курей: пат. на корисну модель № 142669, Україна. № у 2019 11021; подання 08.11.2019; чинний 25.06.2020, бюл. № 12.

113. Чечеткин А.В., Головацкий И.Д., Калиман П.А., Воронянский В.И. Биохимия животных под ред. проф. А.В. Чечеткина. М.: Высшая школа, 1982. 511 с.

114. Шоміна Н.В. Удосконалення технології інкубації яєць курей шляхом підвищення газо- та вологопроникності шкаралупи: дис. ... на здобуття наукового ступеня канд. с.-г- наук: 06.02.04. Харків, 2008.

115. Яйця курячі амінокислотний склад. Харчова цінність курячих яєць. URL: <https://covers4all.ru/uk/hemoglobin/yaica-kurinye-aminokislotnyi-sostav-pishchevaya-cennost-kurinyh-yaic-k/> (дата звернення 12.05.2020).

116. Якубчак О. М. Чим краще обробити? Порівняльна оцінка сучасних і традиційних дезінфекційних засобів, що використовуються в галузі птахівництва. *Сучасне птахівництво*. 2006. Вип. 6. С. 14-15.

117. Якубчак О. М. Ветеринарна дезінфекція: інструкція та метод. реком. Київ : Біопром, 2010. 152 с.

118. Ярошенко Ф. О. Птахівництво України: стан, проблеми і перспективи розвитку: автореф. дис... д-ра екон. наук: 08.07.0. Нац. наук. центр "Ін-т аграр. економіки", 2004. 33 с.

119. Araújo, W. A. G., Albino L. F. T. Incubação comercial. *Transworld Research Network*. 2011. P. 105-138.

120. Attila E. Pavlath W. Orts (auth.), Kerry C.H., Milda E.E. (eds.) Edible films and coatings for food applications. *Springer-Verlag New York*. 2009. P. 416.

121. 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*. 2015. Vol.05 No.08. Article ID:58545,12 pages 10.4236/ojapps.2015.58041.
122. Baldry M. G. C. The bactericidal, fungicidal and esporicidal properties of hydrogen peroxide and peracetic acid. *Journal of Applied Bacteriology*. 1983. Issue 54(3). P. 417-423.
123. Boleli I. C. et al. Poultry egg incubation: integrating and optimizing production efficiency. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2016. Vol. 18, No. 2. P. 1–16.
124. Brake, J., Walsh, T. J., Benton, C. E. Jr., Petite, J. N., Meijerhof, R., Peñalva, G. 1997. Egg handling and storage. *Poult. Sci.* Issue (76). P. 144-151.
125. Butler B. L., Vergano P. J., Testin R. F., Bunn J. M. Wiles J. L. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *Journal of Food Science*. 1996. Issue 61. P. 953– 961.
126. Caner C., Cansiz O. Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. 87(2). P. 227-232.
127. **Cekh O.**, Bordunova O., Chivanov V., Yadgorova E., Bondarchuk L. Nanocomposite coatings for hatching eggs and table eggs. *Open Agriculture*, vol. 6, no. 1, 2021, pp. 573-586. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0046>.
128. D’Alba L., Jones N., Badawy T. Antimicrobial properties of a nanostructured eggshell from a compost-nesting bird. *Journal of Experimental Biology*. 2014. Issue 217. P. 1116-1121.
129. Deeming D. C. Taking hatchery management into the 21ST century. *Poultry International*. 2002. Issue 41(3). P. 8-15.
130. Donald D. Bell, William D. Weaver Jr. eds. Commercial chicken meat and egg production. *Springer US*. 2002. P. 1365.
131. Elizabeth A. B., Robert D.H., Jinhe B. Edible coatings and films to improve food quality. *CRC Press*. 2011. P. 450.

132. Elemike, E. E., Onwudiwe, D. C., & Mbonu, J. I. Green Synthesis, Structural Characterization and Photocatalytic Activities of Chitosan-ZnO Nanocomposite. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 2021. 31(8), 3356–3367. doi:10.1007/s10904-021-01988-1.

133. Ezazi A. et al. Development of a chitosan-propolis extract edible coating formulation based on physico-chemical attributes of hens' eggs: Optimization and characteristics edible coating of egg using chitosan and propolis. *Food Bioscience*. 2021. 40. 100894.

134. 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. P. 18–25.

135. 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*. 1 January. 2018. Volume 179. P. 370-378 <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.09.095>.

136. Hester P.Y. Egg innovations and strategies for improvements. Academic press. 2017. P. 646.

137. Jeon Y. J., Kamil J. Y. V. A., Shahidi F. Chitosan as an edible invisible film for quality preservation of herring and Atlantic cod. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2002. Issue 50. P. 5167–5178.

138. Jones D. R., Ward G. E., Regmi P., & Karcher D. M. Impact of egg handling and conditions during extended storage on egg quality. *Poultry Science*, 2017. Issue 97(2). P. 716–723.

139. Kasianenko O. I. et al. Application of mannan oligosaccharides (Alltech Inc.) in waterfowl: optimal dose and effectiveness. *Ukr. J. Ecol*. 2020. Vol. 10, No. 3. P. 63–68.

140. Leleu S., Messens, W., De Reu K., De Preter S., Herman L., Heyndrickx M., De Baerdemaeker J., Michiels C.W., & Bain, M. Effect of egg

washing on the cuticle quality of brown and white table eggs. *Journal of Food Protection*. 2011. Issue 74(10). P. 1649–1654.

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

142. 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. P. 687–693.

143. Lourens Ir. A. CID 2000: promising alternative for disinfecting hatching eggs with formalin. *CID Line*. Belgium, 2001. P. 5.

144. March B.E., MacMillan C. Linoleic acid as a mediator off egg size. *Poultry Sc*. 1990. V. 69. №4. P. 34-39.

145. Maureen B., Yves N., Filip V.Immerseel food science, technology and nutrition improving the safety and quality of eggs and egg products: Volume 2: Egg safety and nutritional quality. *Woodhead Publishing*. 2011. P. 448.

146. Nadarajah K., Prinyawiwatkul W., No H. K., Sathivel S., Xu Z. Sorption behavior of crawfish chitosan films as affected by chitosan extraction processes and solvent types. *Journal of Food Science*. 2006. Issue 71. P. 33–39.

147. Niu Yuhua H., Yan X., Wang C., and Song J. Egg-preserving humic acid film and preparation method and using method thereof CN106962457 (A) A23B5/06 CN20171298997 20170427.

148. Nys Y., Gautron J., Garcia-Ruiz J. M., Hincke M.T. Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *C. R. Palevol*. 2004. Issue 3. P.549–562.

149. Quanyuan C., Zhiming G., Tingming F., Yan L., Hongchang S., Fengsheng L. Kinetic study of chitosan degradation by an electrochemical process . *Polymer Bulletin August* 2011. Volume 67, issue 4. P. 571–582.

150. Reicha F., Shebl A., Badria F. and EL-Asmy A. Electrochemical synthesis, characterization and biological activity of chitosan metal complexes. *International Journal of Basic and Applied Chemical Sciences*. 2012. Issue 2. P. 7-22.

151. Sheng X., Shu D., Li Y., Zhan Z., Yuan X., Liu S., Zang, Y. Combined approach consisting of slightly acidic electrolyzed water and chitosan coating to improve the internal quality of eggs during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (2021. Issue 101(6). P. 2355-2361.

152. Shevchik R. S., Kuneva L. V., Samoyluk G. V. Influence of methods of processing and storage on qualitative indices of food chicken eggs. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2019. Issue 7(2). P. 69–73. doi: 10.32819/2019.71012.

153. Spartan SparCHLOR Chlorinated Sanitizer. URL: <https://www.sfreedman.com/products/spartan-sparchlor-chlorinated-sanitizer-5-gallon-pail-size/> (дата звернення 22.02.2019).

154. Spartan Eggs So Clean Egg Washing. URL: <https://catalog.leonardbrushandchemical.com/catalog/p/SPAEGGWASH-5/Spartan-Eggs-So-Clean-Egg-Washing-Compound-5-Gal/> (дата звернення 22.02.2019).

155. Stevens L. Egg whites: what are their functions? *Science Progress*. 1996. 79(1). P. 65-87.

156. Sun, J., and Xu, B. Carboxymethyl chitosan co-mixed fresh-keeping agent and film-coating fresh-keeping method for fresh egg CN103749647 (A) A23B5/06 CN20131493467 20131018.

157. Svobodová J., Tůmová E. Factors affecting microbial contamination of market eggs: a review. *Sci. Agricult. Bohem*. 2014. Vol. 45, No. 4. P. 226–237.

158. Wardy W., Torrico D. D., Jirangrat W., No H. K., Saalia F. K., Prinyawiwatkul W. Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. *LWT-Food Science and Technology*. 2011. Issue 44(10). P. 2349-2355.

159. Wardy W., Torrico D.D., and Herrera J.A. Soybean oil-chitosan emulsion affects internal quality and shelf-life of eggs stored at 25 and 4 C. *International Journal of Food Science & Technology*. .2013. Issue 48(6). P. 1148-1156.

160. Winterfield R. W. Trends in controlling egg-borne infections. *Poult. Dig.* 1969. Vol. 28, No. 324. P. 72–75.
161. Whistler P. E. Sheldon B. W. Bactericidal activity, eggshell conductance and hatchability effects of ozone versus formaldehyde disinfection. *Poultry Sci.* 1989. Issue 68(8). P. 1074-1077.
162. Xavier, I. M. C., Cançado, S. V., Figueiredo, T. C., Lara, L. J. C., Lana, A. M. Q, Soua, M. R., and Baião, N.C. 2008. Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* Issue 60. P. 953-959.
163. Yuhendri M.et al. Development of automatic solar egg incubator to increase the productivity of super native chicken breeds. *J. Physics. Conf. Ser.* 2020.Vol. 1594. P. 012033.
164. Yuvaraj Haldorai, Jae-Jin Shim. Chitosan-Zinc Oxide hybrid composite for enhanced dye degradation and antibacterial activity. *Composite Interfaces.* 2013. Vol. 20, No. 5. P. 365–377.
165. Yuceer M., Caner C. Antimicrobial lysozyme–chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *J. of the Sci. of Food and Agric.* 2014; 94:153–162. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6322>.
166. Zhuang Chenjun, et al. «Development and characterization of nano-bilayer films composed of polyvinyl alcohol, chitosan and alginate. «*Food Control*». 2018. Issue 86. P. 191-199.

ДОДАТОК А



ДОДАТОК Б



ДОДАТОК В



ДОДАТОК Г

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

НАУКОВО–ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ХАРЧОВИХ
ЯЄЦЬ КУРЕЙ З ВИКОРИСТАННЯМ
КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ХІТОЗАНУ»

Суми-2019

ДОДАТОК Д

[Search](#) [Sources](#) [Lists](#) [SciVal](#)[Back to results](#) | [Previous](#) 85 of 586 [Next](#)[Export](#) [Download](#) [Print](#) [E-mail](#) [Save to PDF](#) [Add to List](#) [More...](#)*Open Agriculture* • *Open Access* • Volume 6, Issue 1, Pages 573 - 586 • 1 January 2021

Document type

Article • *Gold Open Access*

Source type

Journal

ISSN






23919531

DOI

10.1515/opag-2021-0046

[View more](#) ▾

Nanocomposite coatings for hatching eggs and table eggs

[Chekh O.^a](#)  , [Bordunova O.^a](#)  , [Chivanov V.^b](#)  ,[Yadgorova E.^a](#)  , [Bondarchuk L.^a](#)  [Save all to author list](#)^a Department of Biochemistry and Biotechnology, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine^b Department of Radiation Biophysics, Institute of Applied Physics (IAP), Nas of Ukraine, Sumy, Ukraine

Full text options: ▾

ДОДАТОК Е



ДОДАТОК Ж



IEEE International Conference
"Nanomaterials: Applications & Properties",
Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021

Sumy State University
2 Rymsky-Korsakov St.,
40007 Sumy, Ukraine

Email: info@nap.sumdu.edu.ua
Web: <https://nap.sumdu.edu.ua>

September 11, 2021

Certificate of Attendance

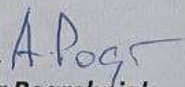
This is to certify that

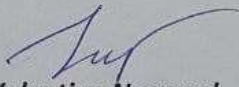
Dr. O .O CHEKH

attended the 11th International Conference "Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021)", that was held 5-11 September, 2021

and presented the report "Physico-Geometric Approach to the Processes of Thermal Decomposition of the Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Eggshell's Bionanocomposites".

The report made a valuable contribution to the work of the conference and on behalf of the Organizing Committee we express our sincere gratitude for it.

Yours sincerely, 
Prof. Alexander Pogrebnjak
Conference Chair
Sumy State University, Ukraine


Dr. Valentine Novosad
Conference Chair
IEEE Nanotechnology Council, USA

ДОДАТОК 3

АКТ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«Затверджую»

Директор ГОВ

«Птахофабрика «Оленка»

В.І. Савельєв

2021 р.

Цим актом засвідчую, що у межах виконання кандидатської дисертації аспірантом кафедри біохімії та біотехнології Сумського національного аграрного університету Чех О.О. 15.09.2021 р. були проведені наступні біохімічні дослідження харчових яєць на 20 добу, 40 добу та 60 добу зберігання.

Біохімічний аналіз харчових яєць протягом 20 днів

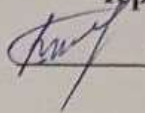
1. Контрольні яйця

Вода	74,5
Суша речовина	25,5
Протеїни	11,9
Жири	11,8
Вуглеводи	1,0
Мінеральні речовини	0,8

2. Яйця оброблені дослідним препаратом на основі хітозана

Вода	73,6
Суша речовина	26,4
Протеїни	12,8
Жири	11,8
Вуглеводи	1,0
Мінеральні речовини	0,8

ДОДАТОК К

Директор з
виробництва
ФОП ТРЕПАЧЕНКО
Прилуцького району
Чернігівської області

Ю.Б. Трепаченко

Акт

про впровадження дисертаційної роботи Чеха Олександра
Олександровича на тему: «Розробка інноваційної технології обробки
передінкубаційних та харчових яєць»

Даним актом підтверджується, що в практичній науково-виробничій діяльності ФОП ТРЕПАЧЕНКО враховуються окремі положення дисертаційного дослідження Чеха Олександра Олександровича на тему: «Розробка інноваційної технології обробки передінкубаційних та харчових яєць».

Зокрема, при реалізації наукових досліджень пов'язаних з обробкою передінкубаційних яєць курей були використані науково-методичні рекомендації щодо нових методів обробки інкубаційних яєць курей препаратами на основі електроактивованої композиції кислоторозчинного хітозану з додаванням перекису водню H_2O_2 , мікроелементів (кобальт, магній, цинк), що дозволяє сприяти захисту від патогенної мікрофлори бактеріального і вірусного походження, а також підвищення виводимості яєць та збереженості молодняку.

Крім того, при проведенні експериментальних досліджень, використовуються пропозиції Чеха О.О. щодо методики обробки екологічно-безпечною композицією на основі хітозану з додаванням перекису водню (H_2O_2) та нанодисперсного оксиду цинку (ZNO).

З повагою,

Директор ФОП ТРЕПАЧЕНКО
Ю.Б. Трепаченко



ДОДАТОК Л

Заступник директора з
виробництва

ТОВ «Авіс-Україна»

Сумського району

Сумської області

О.І. Богомаз

Акт

**про впровадження дисертаційної роботи Чеха Олександра
Олександровича на тему: «Розробка інноваційної технології обробки
передінкубаційних та харчових яєць»**

Даним актом підтверджується, що в практичній науково-виробничій діяльності ТОВ «Авіс-Україна» враховуються окремі положення дисертаційного дослідження Чеха Олександра Олександровича на тему: «Розробка інноваційної технології обробки передінкубаційних та харчових яєць».

Зокрема, при реалізації наукових досліджень пов'язаних з обробкою харчових яєць курей були використані науково-методичні рекомендації щодо нових методів обробки харчових яєць курей препаратами на основі електрохімічного синтезу препаратів на основі комплексів «хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом тривалого зберігання.

Крім того, при проведенні експериментальних досліджень, використовуються пропозиції Чеха О.О. щодо методики обробки екологічно-безпечного комплексу на основі хітозану «хітозан-мідь».

З повагою,

заступник директора з

виробництва

ТОВ «Авіс-Україна»

О.І. Богомаз



ДОДАТОК М

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях України:

1. Астраханцева О. Г., Бордунова О. Г., Чех О. О. Визначення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях обладнання інкубаторію у виробничих умовах. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2018. Вип. 7 (35). С. 76-78.
2. Чех О. О., Самохіна, Є. А., Бордунова, О. Г. «Штучна кутикула» (ARTIFICIAL CUTICLE - «ARTICLE») для захисту інкубаційних яєць курей від патогенної мікрофлори: композиція на основі хітозану і нанодисперсного оксиду цинку (ZnO). *Актуальні питання технології продукції тваринництва: Збірник статей за результатами IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції 30-31 жовтня 2019 року. – Полтава, 2019. С. 141-145.*
3. Чех О. О., Бордунова О. Г. Захисні покриття на основі хітозану від патогенної мікрофлори харчових яєць. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2020. Вип. 3 (42). С. 87-92.
4. Чех О. О., Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Вплив обробки захисними препаратами на основі комплексів «Хітозан-мідь» на зменшення маси харчових курячих яєць протягом зберігання. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2020. Вип. 4 (43). С. 113-118.
5. Чех О. О., Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Біоміметична технологія передінкубаційної обробки яєць курей «штучна кутикула» «GREEN ARTICLE» TiO_2 Fe_2O_3 . *Вісник Сумського національного аграрного університету. Науковий журнал. - Сер. «Тваринництво»*. 2021. Вип. 3 (46). С. 94-98.

Статі у виданнях які індексуються у міжнародній науково-метричній базі даних Scopus:

6. **Chekh O.**, Bordunova O., Chivanov V., Yadgorova E., Bondarchuk L. Nanocomposite coatings for hatching eggs and table eggs. *Open Agriculture*, vol. 6, no. 1, 2021, pp. 573-586. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0046> (Здобувачем зроблено дослідження, проведено статистичну обробку матеріалів, їх аналіз та взято безпосередню участь у підготовці до друку).

Тези наукових доповідей:

7. **Чех О. О.** Бордунова О. Г. Вивчення впливу обсіменіння плісеневим грибом *Aspergillus fumigatus* на бар'єрні системи яєць курей. *«Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ» (17-20 квітня 2018 року)*. Суми. С. 259.

8. **Чех О. О.**, Бордунова О. Г. Вплив освітлення на продуктивність та біокерамічний шар шкаралупи яєць кросу Хайсекс Браун. *Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» м. Київ (13 березня 2018 року)*. Київ. С. 323-326.

9. Астраханцева О., Бордунова О., **Чех О.** Обумовлення корозійної активності «штучної кутикули» та її залишків на поверхнях устаткування інкубаторію у виробничих умовах. *XVII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Молоді учені у вирішенні актуальних проблем біології, тваринництва та ветеринарної медицини» 6-7 грудня 2018 м. Львів*. Біологія тварин, 2018, т. 20, № 4. С.85.

10. **Чех О. О.**, Бордунова О. Г. Моніторинг дезінфікуючих засобів для обробки передінкубаційних яєць в Україні та світі. *Всеукраїнська студентська наукова конференція, присвячена Міжнародному дню студента (Суми, 2019)*. Суми. С. 234-235.

11. **Чех. О. О.**, Бордунова О. Г., Чиванов В. Д. Прогнозування міцності шкаралупи яєць методом термопрограмованої мас-спектрометрії. *Міжнародна науково-практична конференція «Інновації у забезпечені якості*

та безпеки тваринницької продукції» 19-20 травня 2021 року. Онлайн-конференція. Миколаїв. 2021.

12. Bordunova O.G., Samokhina Y. A., **Chekh O. O.**, Chivanov V. D. et al. Psysico - Geometric Approach to the Processes of Thermal Decomposition of the Guinea Fowl (*Numida meleagris*) Eggshell`s Bionanocomposites. *The 11th International Conference «Nanomaterials: Applications and Properties (NAP-2021)» that was held 5-11 September, 2021. Odessa, Ukraine.* P. 112-129.

13. Bordunova O.G., **Chekh O.O.**, Dolbanosova R.V., Astrakhantseva E.G., Chivanov V.D. et al. TPD-MS study of the ostrich (*Struthio camelus*) eggshell. Ukrainian Conference with International Participation chemistry, physics and technology of surface dedicated to the 90th birthday of Academician Aleksey Chuiko (Kyiv 21–22 October 2020). Київ, 2020. С. 39.

Науково–практичні рекомендації:

14. Бордунова О.Г., **Чех О.О.**, Коваленко Л.М., Долбаносова Р.В., Ядгорова Є.М. Технології захисту харчових яєць курей з використанням композитів на основі хітозану. Науково–практичні рекомендації - Суми, 2019 р., 20 с.

Патент:

15. Бордунова О. Г., **Чех О. О.**, Долбаносова Р. В., Чиванов В. Д. Композиція для обробки харчових яєць курей: пат. на корисну модель № 142669, Україна. № у 2019 11021; подання 08.11.2019; чинний 25.06.2020, бюл. № 12. (*Дисертант провів частину експериментальних досліджень, підготувала матеріали до патентування*).