UDC 574.24:632:635.1

CURRENT STATE OF APPLICATION OF BIOPREPARATIONS FOR POST-HARVEST PROCESSING OF FRUIT AND VEGETABLES

Pusik L.M., Pusik V.K., Kryshchuk Y.A., Bondarenko V.A.

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture

Alchevskykh str., 44, Kharkiv, Ukraine, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

<https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-120-130>

The purpose of the article. To analyze the current state of use of biological products for post-harvest processing of fruits and vegetables in order to reduce losses during storage. Results. The analysis of modern domestic and foreign scientific and patent literature shows that the main advantages of biologicals are that their use solves the problem of resistance of phytopathogenic microorganisms to chemicals, increases crop quality and reduces fertilizer consumption. Biologicals improve the field germination of seeds, morphobiological characteristics of seedlings during germination, leaf formation and the intensity of photosynthesis during seed development and maturation. Biological drugs include environmentally friendly drugs (substances produced by bacteria-antagonists do not contaminate the soil and crops) and have a specific effect (high efficiency against certain types of phytopathogenic microorganisms). Conclusion. Biologicals based on bacteria with different multifunctional action are characterized by high efficiency in the regulation of phytopathogenic microbiota both in agrocenoses and during storage, which helps to reduce the level of biological contamination of agroecosystems, potential bioecological risks in agroecosystems and improve crop quality. In many countries around the world, widespread research aimed at finding highly active strains of microorganisms to create biological preparations based on them. The use of such biologicals increases productivity, prolongs shelf life and delays the defeat of products by microbiological diseases. It is important to reduce fruit losses not only during refrigerated storage, but also during the pre-harvest period. Today, the problem of reducing fruit loss in the pre-harvest period is solved with the use of appropriate biological products. Methods of storing fruits and vegetables using biological films are still poorly understood. Compared to others, these methods are less cost-effective and more environmentally friendly.

Key words: biological preparations, bacterial and fungal antagonists, strain, microorganisms

СУЧАСНИЙ СТАН ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ПЛОДІВ І ОВОЧІВ

Пузік Л.М., Пузік В.К., Кришчук Є.А., Бондаренко В.А.

Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка,

вул. Алчевських, 44, м. Харків, Україна, 61000

E-mail: ludapusik@gmail.com

Мета. Здійснити аналіз сучасного стану застосування біопрепаратів для післязбиральної обробки плодів і овочів з метою зменшення втрат під час зберігання. **Результати.** Аналіз сучасної вітчизняної й зарубіжної наукової та патентної літератури свідчить про те, що основними перевагами біопрепаратів є те, що при їх застосуванні вирішується проблема стійкості фітопатогенних мікроорганізмів до хімічних препаратів, підвищується якість урожаю й знижується втрата добрив. Біопрепарати покращують польову схожість насіння, морфобіологічні характеристики проростків при проростанні, формування листкового апарату й інтенсивність фотосинтезу при розвитку й дозріванні насіння. Біологічні препарати відносять до екологічно безпечних препаратів (речовини, що їх продукують бактерії-антагоністи, не забруднюють ґрунт і врожай) і мають специфічну дію (висока ефективність проти певних видів фітопатогенних мікроорганізмів). **Висновок.** Біопрепарати на основі бактерій із різною поліфункціональною дією характеризуються високою ефективністю у регуляції фітопатогенної мікробіоти як в агроценозах, так і під час зберігання, що сприяє зниженню рівня біологічного забруднення агроєкосистем, потенційних біоекологічних ризиків в агроє-

косистемах та підвищенню якості плодоовочевої продукції та зменшення втрат під час зберігання. У багатьох країнах світу широко розповсюджені дослідження, спрямовані на пошук високоактивних штамів мікроорганізмів для створення на їх основі біологічних препаратів. Застосування таких біопрепаратів підвищує продуктивність, подовжує термін зберігання та затримує ураження продукції мікробіологічними хворобами. Зменшити втрати плодів важливо не тільки під час холодильного зберігання, але й у передзбиральний період. Сьогодні проблему зниження втрат плодів у передзбиральний період вирішують із застосуванням відповідних біопрепаратів. Способи зберігання плодів і овочів із використанням біологічних плівок ще мало досліджені. Порівняно з іншими дані способи є менш економічно затратними та більш екологічно чистими.

Ключові слова: біологічні препарати, бактеріальні та грибові антагоністи, штам, мікроорганізми

Вступ. Важливою умовою підтримки здоров'я людини є повноцінне та регулярне забезпечення організму всіма необхідними харчовими речовинами, споживання харчових продуктів, збалансованих за складом, харчова цінність яких буде обумовлена достатнім вмістом вуглеводів, органічних кислот, дубильних, азотистих і мінеральних речовин, вітамінів тощо.

Плоди й овочі є основними постачальниками цих речовин і мають становити близько 90% раціону кожної людини. Під час зберігання, навіть короточасного, у плодах і овочах відбуваються значні зміни, які погіршують їх якість й призводять до швидкого псування. Ці зміни пов'язані з діяльністю ферментів або мікроорганізмів. Важливим чинником, що запобігає мікробіологічному псуванню плодів і овочів, є застосування препаратів, які гальмують розвиток мікроорганізмів.

З огляду на це одним із важливіших завдань є розробка нових технологій зберігання врожаю, які сприятимуть уповільненню біохімічних, фізичних та інших життєво важливих процесів, що відбуваються в плодах і овочах після збирання, затриманню фаз старіння й відмирання плода, що забезпечить збереженість хімічного складу і товарної якості продукції. Останнім часом засоби біологічного захисту рослин отримують усе більшої поширеності в сільському господарстві.

До переваг біологічних препаратів відносять екологічність (речовини, що їх продукують бактерії-антагоністи, не забруднюють ґрунт і врожай) і специфічність дії (висока ефективність проти певних видів фітопатогенних мікроорганізмів).

До інших переваг біопрепаратів відносять те, що при їх застосуванні вирішується пробле-

ма стійкості фітопатогенних мікроорганізмів до хімічних препаратів, підвищується якість урожаю й знижується витрата добрив. Дослідники відзначають, що біопрепарати покращують польову схожість насіння, морфобіологічні характеристики проростків при проростанні, формуванні листового апарату, підвищується інтенсивність фотосинтезу при розвитку й дозріванні насіння (Aloshin V.N., Kupin G.A. et al., 2017; Pershakova T.V., Lisovoy V.V. et al., 2016).

Відомі бактеріальні та грибові антагоністи, які ефективно пригнічують розвиток мікробіологічного псування фруктів й овочів під час зберігання. Їх механізм дії є різним і може базуватися як на вивільненні антибіотиків, так і на конкуренції за поживні речовини і простір (Wilson C.L., Wisniewski M.E. et al., 1991).

Основними біологічно здатними мікроорганізмами деякі види триходерми і *pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Arbuscular mycorrhizas*, ендоефітів, дріжджів і авірулентних або гіповірулентних штамів певних патогенів. Деякі з них масово виробляються і широко використовуються (Ghorbanpour M., Omidvari M., et al., 2018).

Наразі застосовують біологічні препарати Гамеир, Фітоспорин, Алірін, Вітаплан, Псевдобактерин, Гліокладін, Лепідоцид, Боверин, Бактофіт та ін.

У сучасній вітчизняній, зарубіжній науковій літературі не було здійснено систематизацію всіх способів післязбиральної доробки плодів і овочів, у тому числі з використанням біологічних плівок.

Мета статті. Провести аналіз сучасного стану застосування біопрепаратів для післязбиральної обробки плодів і овочів з метою зменшення втрат під час зберігання.

Результати. У роботі (Ghaouth A.E., Wilson C. et al., 2002) встановлено біологічний потенціал мікробних антагоністів на ківі, картоп-

лі, полуниці, авокадо, кормовому зерні й томатах. Антагоністична активність *Bacillus subtilis* проти фузаріозу солані і триходерми псевдотричії на авокадо, *Aureobasidium pullulans* по відношенню до *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer* і *Aspergillus niger* на винограді столовому і *B. cinerea* і *R. stolonifer* на помідорах черпії.

Pseudomonas syringae L-59-66 (комерційна назва BioSave) використовується для контролю післязбирального пошкодження качанів кукурудзи, зменшує ріст *Escherichia coli* O157: H7 на пошкоджених тканинах яблук (Leverentz B., Janisiewicz W.J. et al., 2000).

Штами *Gluconobacter asaii* (T1-D1), *Candida spp.* (T4-E4), *Dicosphaerina fagi* (ST1-C9) і *Metschnikowia pulcherrima* (T1-E2) пригнічують зростання й зменшують популяції моноцигенів *Listeria monocytogenes* і *Salmonella enterica*, на яблуках, що зберігаються за температури 10 °C і 25 °C (Leverentz B., Conway W.S. et al., 2006).

Встановлено ефективність біологічного контролю *Botrytis cinerea* на томатах штамми епіфітних дріжджів *Candida guilliermondii* 101 і US 7 і *Candida oleophila* I-182 (Saligkarias I.D., Gravanis F.T. et al., 2002).

Доведено біоконтрольну активність штаму *Cryptococcus albidus* WY-1 при хворобах редиски, викликаних *Alternaria spp.* і *Fusarium spp.* Ріст маси міцелію *Alternaria spp.* і *Fusarium spp.* гальмувався на 45,3 % і 59,6 % відповідно, ураженість інфекціями, розвиток ураження редиски пригнічувався після обробки *C. albidus* WY-1 при 10⁸ КОЕ/мл. Після 6 діб інкубації за температури 20 °C або після 24 діб за 4 °C захворюваність експериментальних зразків становила 2,8 % і 1,4 %, а контрольних – 98,6 % і 87,5 % відповідно (Chen X., Li J. et al., 2012).

Встановлено ефективність *Bacillus amyloliquefaciens* проти збудників сірчаної форми на свіжих томатах, оброблених антагоністами і штучно інокульованими *Botrytis cinerea*, при зберіганні протягом 7 діб за температури 20 °C (Mari M., Guizzardi M. et al., 1996).

Відзначено скорочення сухої гнилі картоплі при обробці *Pseudomonas fluorescens* – на 35% і *Enterobacter cloacae* – на 26,5%. Істотне зниження ступеня розвитку сухої гнилі картоплі відзначено при всіх способах обробки порівняно з необробленим контрольним зразком, інокулював *Fusarium sambucinum* (Al-Mughrab, K. I., 2010).

Встановлено ефективність штамів *Aureobasidium pullulans* L1 і L8 проти ураження томатів *Phytophthora infestans*. Експерименти in

vitro показали, що обидва види штаму підсилюють захисну реакцію рослин шляхом збільшення активності β -1,3-глюканаз і продукують біологічно активні летючі й нелеткі метаболіти, здатні пригнічувати ріст колоній патогенів та викликати морфологічні зміни гіф (Francesco A.D., Milella F. et al., 2017).

Ефективна обробка дріжджами-антагоністами *Candida guilliermondii* і *Pichia membranaefaciens* і гарячою водою для пригнічення *Botrytis cinerea* в томатах, що зберігаються за температури 20 °C (Zong Y., Liu J. et al., 2010).

У дослідженні Eshel D. et al. (2009) доведено ефективність препарату дріжджів (ShemerTM) для зниження розвитку захворювань при зберіганні коренеплодів моркви. Комбіноване застосування обробки парою з наступною обробкою препаратом ShemerTM знижує мікробіологічне псування моркви, викликану грибом *Thielaviopsis basicola*, на 86 % порівняно з контролем (Eshel D., Regev R. et al., 2009).

Застосування штаму *Pseudomonas graminis* CPA-7 запобігає зростанню патогенних мікроорганізмів. Встановлено ефективне зниження кількості *E. coli* O157: H7, *Salmonella*, *L. monocytogenes* і *Listeria innocua* на оброблених яблуках і персиках в лабораторних і виробничих умовах. Колір не змінювався, спостерігалося збільшення твердості м'якуша. Дослідниками було запропоновано комбіноване використання *Pseudomonas graminis* CPA-7 з іншими методами такими, як зберігання при знижених температурах і використання регульованих газових середовищ (Alegre I., Viñas I. et al., 2013).

Обробка дині *Pseudomonas graminis* CPA-7 призвела до скорочення *Salmonella* і *L. monocytogenes* на нарізаній дині після 5 діб зберігання. В оброблених та необроблених зразках не було виявлено суттєвих відмінностей у вмісті розчинних сухих речовин, титрованої кислотності, pH і твердості м'якуша нарізаної дині. Крім того, зберігалися антиоксидантні властивості і вміст вітаміну C (Plaza L., Altisent R. et al., 2016).

Дослідження здатності дріжджів *Pichia guilliermondii* контролювати захворювання томатів *Rhizopus nigricans* під час зберігання показало, що при обробці ранових поверхонь *P. guilliermondii* й подальшої інокуляції *Pichia Nigricans* протягом перших 3 діб за температури 20 °C спостерігалася швидка колонізація дріжджів на ранових ділянках, а потім стабілізація колонії протягом наступних 4 діб. Вста-

новлено, що при кімнатній температурі *P. guilliermondii* може акліматизуватися на поверхні томатів і швидко зайняти життєвий простір. Результати досліджень показують, що *P. guilliermondii* не продукує протигрибкових речовин, однак конкуренція за поживні речовини і простір дозволяє контролювати розвиток патогенів (Zhao Y., Tu K. et al., 2008).

Установлена можливість використання штаму *Trichoderma harzianum* для контролю росту *Alternaria alternata* на рисі (Sempere F., Santamarina M.P., 2007).

Встановлено антагоністичні властивості штамів *Enterobacter cowanii* B-6-1 по відношенню до фітопатогенів томатів. Обробка *Enterobacter cowanii* B-6-1 концентрацією 1×10^5 КУО / мл дозволила знизити ураженість *Fusarium verticillioides*, *Alternaria tenuissima* і *Botrytis cinerea*. У досліджах встановлено, що *Enterobacter cowanii* може ефективно пригнічувати появу *B. cinerea* після збору томатів. Ефект від обробки культуральної рідиною концентрацією 1×10^9 КОЕ / мл досягає 95,24 %. *E. cowanii* володіє антагоністичним потенціалом проти *B. cinerea* на зібраних фруктах і овочах (Shi J., Sun C., 2017).

Бактеріофаги – новий, екологічно чистий і ефективний метод біологічного захисту. Вони можуть специфічно і ефективно інфікувати і розмножуватися в відповідних бактеріальних клітинах-господарях, будучи нешкідливими для людей, тварин і рослин (Alegre I., Viñas I. et al., 2013).

Значне зниження *Salmonella enterica* спостерігалось в досліджах на свіжій дині. Хоча бактеріофаги не змогли повністю усунути патогени харчового походження, їх можливо використовувати, як екологічно безпечну альтернативу хімічним дезінфікуючим засобам, для обробки деяких свіжих фруктів і овочів. Повідомлялося про ефективне використання бактеріофагів для трьох основних патогенів харчового походження: *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* і *Escherichia coli* O157: H7 H7 (Spricigo D. A., Bardina C. et al., 2013). Бактеріоцини також визнані безпечними і, зазвичай, використовуються в комбінації з іншими засобами, як захисні агенти рослинної сировини (Ramos B., Miller F.A. et al., 2013).

Бактеріоцини – антимікробні пептиди або білки, здатні пригнічувати деякі хвороботворні мікроорганізми. Вони виробляються великою кількістю бактерій і використовуються для біорекострукції, продовження терміну зберіган-

ня, клінічної антимікробної дії і контролю ферментаційної мікрофлори. Бактеріоцини, що виробляються молочнокислими бактеріями, викликають підвищений інтерес, так як вони виробляються бактеріями, які вважаються корисними для здоров'я людини і виробництва продуктів харчування (Meireles A, Giaouris E. et al., 2016).

Наразі в комерційних цілях як харчові консерванти використовуються тільки два бактеріоцини – низин, що продукується *Lactococcus lactis*, і карноцілін А, що продукується *Carnobacterium maltaromaticum* UAL307. Leverentz et al. (2003) встановили значне зниження *Listeria monocytogenes* на нарізаних дині і яблуці, оброблених Бактеріоцинами, через 7 діб зберігання за температури 10 °С до 3,2 і 2,0 разів відповідно. Більш того, при використанні низина в поєднанні з бактериофагом було досягнуто більш високе зниження (до 5,7 разів на дині і до 2,3 разів на яблуці) (Leverentz B., Conway W.S. et al., 2003).

Randazzo et al. (2009) встановили що на листках салату, оброблених Бактеріоцином, після 7 діб зберігання за температури 4 °С збільшення кількості *Listeria monocytogenes* в 2,7 разу, порівняно зі збільшенням в 8 разів у необробленого зразка. Хоча патоген не був повністю усунутий, результати припускають потенційне використання бактеріоцинів як екологічного антимікробний засіб для забезпечення безпеки свіжих фруктів і овочів при зберіганні (Randazzo C. L., Pitino I. et al., 2009).

Barbosa et al. (2013) розробили антимікробну целюлозну плівку, яка містить 25 %, низину, щоб продовжити термін зберігання плодів манго. Вони виявили збереження фізико-хімічних характеристик (рН, загальною титрованою кислотністю, вмісту вітаміну С, індексу потемніння і вмісту розчинних сухих речовин) у нарізаних манго, упакованих антимікробними плівками протягом 12 діб зберігання за температури 5 °С. Крім того, спостерігалось 1000-кратне зниження кількості життєздатних клітин *Listeria monocytogenes* після двох діб зберігання порівняно з контрольним зразком (Barbosa A. T., Silva H. G. de Araújo et al., 2013).

Narsaiah et al. (2015) повідомили про застосування альгінатного покриття, що містить бактеріоцини, для збереження нарізаною папайї, що збільшує термін її зберігання до 21 діб порівняно з 15 добами контрольних зразків. Значне інгібування росту патогенної мікрофлори, а також підтримання або незначні зміни фізико-

хімічних властивостей спостерігалися в зразках, оброблених альгінатних покриттям з Бактеріоцином (Narsaiah K., Wilson R. A. et al. 2015).

Молочнокислі бактерії також характеризуються антагоністичною дією по відношенню до фітопатогенних мікроорганізмів. Ця бактеріальна група природно присутня в харчових продуктах. Дослідження показують, що молочнокислі бактерії є сильними конкурентами за фізичний простір і поживні речовини і можуть продукувати широкий спектр протимікробних метаболітів, таких як органічні кислоти, перекис водню, діацетил і бактеріоцини, які негативно впливають на патогени (Ramos B., Miller F.A. et al, 2013).

Додавання 3 % культурального пермеату штаму *Lactobacillus casei* IMPC LC34 в салати зменшувало загальну кількість мезофільних бактерій від 6 до 1 log КУО / г і пригнічувало колоніальні бактерії, ентерококи і *Aeromonas hydrophila* після 6 діб зберігання при 8 °С. *Lactobacillus plantarum* IMPC LP4 здатний продовжити термін придатності подрібненої моркви, завдяки здатності контролювати зростання *Leuconostoc spp* (Siroli L., Patrignani F. et al., 2015).

Штами B2 *Lactobacillus plantarum* і PBCC11.5 *Lactobacillus fermentum* інгібували зростання *Listeria monocytogenes* на нарізаній дині канталупи. Основні фізико-хімічні та харчові властивості нарізаної канталупи не змінювалися. Більш інтенсивна метаболічна активність *Lactobacillus plantarum*, пов'язана з підвищеним споживанням кисню і сахарози, вплинула на вміст аскорбінової кислоти і сахарози, змінився запах і аромат (Russo P., Spano G. et al., 2015).

Luo et al. (2015) виділили штам *Lactobacillus plantarum* з антагоністичними властивостями з традиційної китайської редиски і досліджували його ефективність для пригнічення *Salmonella enterica* на свіжих яблуках. Спостерігалася значна інгібуюча ефективність проти зростання *Salmonella enterica* на шматочках нарізаних яблук без змін органолептичних показників після 7 діб зберігання за температури 10° С. У контрольних зразках кількість *Salmonella enterica* збільшилася до 5,0 log КУО / г – через 4 доби, тоді як в зразках, оброблених *Lactobacillus plantarum*, від 3,5 до 4,8 log КОЕ / г після 7 діб зберігання (Luo W., Chen M. et al., 2015).

Siroli et al. (2015) застосовували штами CIT3

і V7B3 *Lactobacillus plantarum* в поєднанні з природними антибактеріальними препаратами (2-(Е)-гексанал / гексанал, 2-(Е)-гексанал / цитрат для яблук і чебрець для салату відповідно) для нарізаних яблук і салату, продовжуючи термін зберігання на 8–10 діб порівняно з контролем (Siroli L., Patrignani F. et al., 2015).

Велика кількість досліджень присвячено вивченню антагоністичної активності штамів *Bacillus subtilis* по відношенню до фітопатогенів рослинної сировини. Біопрепарати на основі бактерій роду *Bacillus* мають переваги порівняно з іншими біопрепаратами для захисту від фітопатогенних мікроорганізмів, оскільки здатні до утворення ендоспор і продукувати широкий спектр таких антибіотиків, як атерримін, бацілілін, бацілізин, бацілломіксин, баціллін, глобіцин, датемицин, дебаріоцидін, істеїдин, ітурин, ксантелін, мікосубтілін, мікобаїллін, неоцидин, обутин, Петрина, поліхлоросубтілін, субтілін, субтенолін, ризобацидин, субтенолізин, субтілізин, субспорин, токсиміцин, трипанотоксин, фунгістатин, фунгоцин, флювоміцин, ендосубтілілін, еуміцин, бацілломіцин і т.д.

Встановлено здатність *Bacillus subtilis* інгібувати ріст *Fusarium verticillioides* і накопичення фумонізинів B1 *in vitro*. Аналіз здатності десяти штамів *Bacillus subtilis* інгібувати ріст грибів і накопичувати фумонізину B1 *in vitro* встановив кращим антагоністом *B. subtilis* CE1 по відношенню до *F. verticillioides*. Штам *B. subtilis* CE1 може бути потенційним біологічним контрольним агентом проти *F. Verticillioides* (Cavaglieri L., Orlando J. et al., 2005).

Встановлено ефективність *Bacillus subtilis* V26, для придушення *Botrytis cinerea* – основної причини захворювання томатів плодовою гниллю. Протигрибкова активність штаму *Bacillus subtilis* V26 зберігалася при впливі температури, при УФ-обробці штам був стійкий до протеазам. Обробка томатів *Bacillus subtilis* V26 на 79% скорочує післязбиральні захворювання, викликані *B. Cinerea* (Chen X., Li J. et al., 2012).

Відомий спосіб обробки овочевих культур, що передбачає використання в якості препарату біоконтролю штам *Bacillus subtilis* Ч-13, що підвищує ефективність захисту овочів від фітопатогенних грибів (Pat. 02140138, 1999).

Штам *Bacillus subtilis* Ч-13 так само становить основу препарату з комерційним найменуванням Екстрасол з доведеною ефективністю проти захворювань овочів, що викликаються

фітопатогенними мікроорганізмами *Puccinia recondita*, *Erysiphe graminis*, і *Fusarium culmorum culmorum* (Pat. 02259397, 2005).

Встановлено, що *Bacillus subtilis* і *Brevibacterium linens* інгібували зараженість томатів *Alternaria solani* і *Botrytis cinerea*. Комбіноване застосування бактерій виявило синергійні ефекти. *Bacillus subtilis* продукували протигрибкові засоби з родини ліпопептидів сурфактина, найбільш ефективні штами *Brevibacterium* (IC 10) і *Bacillus subtilis* показали, що спільне застосування бактеріальних антагоністів (5×10^5 або 5×10^6 клітин) з патогенами на томатах викликає пригнічення розвитку *B. cinerea* до 61% (On A., Wong F. et al., 2015).

Також доведено інгібуючий вплив обробки томатів штамом *Bacillus subtilis* QST 713 на розвиток захворювань, що викликаються *Penicillium sp.* і *Rhizopus stolonifer* (Punja Z. K., Rodriguez G. et al., 2016).

S. Rao і ін. (2017) оцінювали штам *Bacillus subtilis* ПНН BS-2 як потенційний агент біоконтролю. У роботі відзначено пригнічення росту *P. carotovorum* (60,6%). Рідку композицію *B. subtilis* ПНН BS-2 (КУО-1 $\times 10^8$ на мл) тестували в польових умовах для обробки насіння (10 мл кг^{-1} насіння), порівнюючи із застосуванням хімічних речовин (карбофуран і стрептоциклін) і необробленим контролем. Серед усіх обробок, обробка насіння разом з ґрунтовим внесенням збагаченої біомаси *B. subtilis* (5 л га^{-1}) забезпечила максимальне збільшення врожайності моркви (28,8%) і зниження захворюваності (70,2%) (Rao S., Kamalnath M. et al., 2017).

Встановлено протигрибкову активність штаму *Bacillus subtilis* 9407 проти *B. dothidea* в боротьбі проти клітинних захворювань яблук (Fan H., Ru J. et al., 2017), а також ефективність штаму *Bacillus subtilis* V26 як агента біоконтролю захворювань картоплі, що викликаються *Rhizoctonia solani*. Штам V26 викликав значні морфологічні деформації грибних гіф. Порівняно з контролем, захворюваність знижувалася на 81% (Khedher S.B., Kilani-Feki O. et al., 2015).

Вивчено антагоністична активність штаму *Bacillus subtilis* UK-9 проти *Alternaria alternata*, що викликає захворювання листя гірчиці (Sharma N., Sharma S., 2008).

Встановлено інгібуючу активність штаму *Bacillus subtilis* GBO3, МВІ600 по відношенню до таких фітопатогенних мікроорганізмів бобів, як *Fusarium solani* (Estevez de Jensen C., Percich

J. A. et al., 2002).

Останнім часом доведено поліфункціональну здатність мікроорганізмів *Trichoderma* та *Pseudomonas*, на основі яких створено біологічні препарати Триходермін, Гліокладин, Фітосин. Гриби роду *Trichoderma* характеризуються антибіотичними (утворюють антибіотики гліоксин, вірідін, аламецин) та антагоністичними властивостями. Мікроорганізми *Trichoderma* приймають участь у процесах амоніфікації та нітрифікації (Vinale F., Sivasithamparamb K. et al., 2008), сприяють збільшенню фунгіцидної активності клітинного соку рослин. Гриби роду *Pseudomonas sp.* та *Trichoderma sp.*, активують окисно-відновні процеси та підвищують адаптивні процеси сільськогосподарських рослин. Грибна культура *Trichoderma harzianum* ВІЗ-18, має комплекс метаболітів є компонентом препарату Гліокладин, який впливає на вміст сірки в рослинах (Lukatkin A.A., Ibrahimova S.A. et al., 2009). Аналог препарату Триходермін застосовують проти збудників вертицильозу селери, баклажанів, фузаріозного в'янення кавуна, ризоктоніозу картоплі, а також для знищення ураження різними видами гнилей (Grondona J., 1997).

Препарат Гаупсин може пригнічувати в середньому 92 % грибкових, 70 % бактеріальних та 15 % вірусних захворювань під час зберігання цибулі. Дія *Pseudomonas aureofaciens* зумовлена властивістю до колонізації тканин і синтезом антифунгіальних сполук, комплексною ферментативною активністю (Kravchenko N. O., Kopylov P., et al., 2014; Koltunov V.V., Boroday V.V. & Danilova T.V., 2012).

Важливу роль у пригніченні розвитку хвороб рослин часнику відіграють мікроорганізми роду *Pseudomonas sp.* та *Trichoderma sp.* (Garlic Post-Harvest Trial Results, 2013). У роботі (Pusik L., Pusik V. et al., 2020) наведено дані із застосування антимікробних препаратів органічного походження. Дослідники обробляли цибулини часнику перед закладанням на зберігання біопрепаратами Гліокладин (Росія, ООО «АгроБио-Технология») та Фітоспорин (Україна, ООО «НВП «БашИнком»). Гліокладин містить грибну культуру *Trichoderma harzianum* штам ВІЗР-18, а Фітоспорин містить штами бактерії *Bacillus subtilis* 26 Д. Встановлено, що обробка цибулин часнику цими біопрепаратами сприяла виходу товарної продукції через шість місяців зберігання на рівні 80–83 %. Це на 10,2 % більше, ніж у варіанті без обробки.

Увагу агрономів приділено до використання

живих культур неспорових бактерій виду *aureofaciens*, захисна дія яких зумовлена колонізацією кореневої системи рослин і синтезом різноманітних антифунгальних сполук.

Попередня обробка насіння томата і подальше внесення бактерій у ґрунт уповільнює або повністю гальмує зростання фітопатогенних грибів *Fusarium culmorum* і *Botrytis cinerea*. Антагоністичні бактерії *Pseudomonas aureofaciens* 2006, внесені у ґрунт, сприяють його оздоровленню (Lukatkin A.A., Ibrahimova S.A. et al., 2009). Бактерії роду *Pseudomonas aureofaciens* є компонентами мікробіологічного препарату комплексної дії «Фітопсин». Препарат фунгіцидно-інсектицидної дії.

Крім того, існує проблема, як зберегти овочі та плоди від інфекційних і фізіологічних захворювань. Вирішити цю проблему для зберігання томатів, застосовуючи біологічні засоби захисту, індуктори імунітету, запропонувала Щіпіцина Д.А. (Shchipitsina D.A., 2004).

У своїй роботі вона досліджувала технологічні параметри застосування бактерій-антагоністів та індукторів імунітету, що підвищують якість і стійкість томатів до фітопатогенів під час зберігання. Дослідницею виявлено відмінності за стійкістю сортів томата, оброблених біопрепаратами, до основних збудників інфекційних захворювань під час зберігання. Доведено, що обробка біопрепаратами насіння й плодів перед закладанням на зберігання не спричиняє порушень у ланцюзі біологічного окислення й знижує інтенсивність дихання плодів під час зберігання.

На сучасному етапі розвитку технологій зберігання плодів та овочів усе частіше звертають увагу на способи зберігання за допомогою біологічних плівок, як екологічно чистого та недорогого способу.

Так, Український дослідник Кавірін О.П. (Pat. 20183 (U), 2007) запропонував використовувати розчин хітозану як консервант для обробки продуктів рослинного походження перед зберіганням. Цікавим є метод, запропонований Shi D. (Pat. CN104309903 (A), 2015), який розкриває спосіб отримання консервувальної плівки для короткочасного зберігання фруктів й овочів. Плівка має достатню адсорбційну ємність для етилену, тому швидкість дозрівання плодів і овочів, загорнутих у плівку, зменшується. Yanwen Z., Shijun W. et al.,

(2010) визначають високу дієвість фізичної антибактеріальної плівки поліолефіну для зберігання екологічно чистих фруктів і овочів. Їх дослідження свідчать про те, що плівка може поліпшити фізичний антибактеріальний ефект, а також зменшує використання хімічного консерванту, вторинне забруднення хімічних речовин на навколишнє середовище й продукти. Крім того, плівка покращує зовнішній вигляд фруктів і овочів, підвищує товарну привабливість продукту (Yanwen Z., Shijun W. et al., 2010).

Висновки. Біопрепарати на основі бактерій із різною поліфункціональною дією характеризуються високою ефективністю у регуляції фітопатогенної мікробіоти як в агроценозах так і під час зберігання, що сприяє зниженню рівня біологічного забруднення агроєкосистем, потенційних біоекологічних ризиків в агроєкосистемах та підвищенню якості плодоовочевої продукції та зменшення втрат під час зберігання. У багатьох країнах світу широко розповсюджені дослідження, спрямовані на пошук високоактивних штамів мікроорганізмів для створення на їх основі біологічних препаратів. Застосування таких біопрепаратів підвищує продуктивність, подовжує термін зберігання та затримує ураження продукції мікробіологічними хворобами. Зменшити втрати плодів та овочів важливо не тільки під час холодильного зберігання, але й у передзбиральний період. Сьогодні проблему зниження втрат плодів та овочів у передзбиральний період вирішують із застосуванням відповідних біопрепаратів.

References

- Alegre, I., Viñas, I., Usall, J., Teixidó, N., Figge, M.J., Abadias, M. (2013). Control of food-borne pathogens on fresh-cut fruit by a novel strain of *Pseudomonas graminis*. *Food Microbiology*. Vol. 34, pp. 390–399. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.01.013> [in English].
- Al-Mughrab, K.I. (2010). Biological control of *Fusarium* dry rot and other potato tuber diseases using *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter cloacae*. *Biological Control*. Vol. 53, № 3, pp. 280–284. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.01.010> [in English].
- Aloshin, V.N., Kupin, G.A., Pershakova, T.V., Kabalina, D.V. (2017). Perspektivy primeneniya biopreparatov pri khraneniі fruktov. [Prospects for the use of biological products in the storage of

fruits]. *Sbornik materialov kongressa «Nauka, pitaniye i zdorovye»*. Minsk, 8–9 iyunya, pp. 452–459. Retrieved from: <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2018-14-184-189> [In Russian].

Barbosa, A.A. T., Silva, H.G. de Araújo, Matos, P.N., Carnellosi, M.A.G., Almeida de Castro, A. (2013). Effects of nisin-incorporated films on the microbiological and physicochemical quality of minimally processed mangoes. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 164, № 2–3, pp. 135–140 [in English].

Cavaglieri, L., Orlando, J., Rodriguez, M.I., Chulze, S., Etcheverry, M. (2005). Biocontrol of *Bacillus subtilis* against *Fusarium verticillioides* in vitro and at the maize root level. *Research in Microbiology*. Vol. 156, № 5–6, pp. 748–754. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2005.03.001> [in English].

Chen, X., Li, J., Zhang, L., Xu, X., Wang, A., Yang, Y. (2012). Control of postharvest radish decay using a *Cryptococcus albidus* yeast coating formulation. *Crop Protection*. Vol. 41, pp. 88–95. Retrieved from: <https://doi.org/10.1155/2018/3942071> [in English].

Eshel, D., Regev, R., Orenstein, J., Droby, S., Gan-Mor, S. (2009). Combining physical, chemical and biological methods for synergistic control of postharvest diseases: A case study of Black Root Rot of carrot. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 54, № 1. 48–52. Retrieved from:

<https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093270222> [in English].

Estevez de Jensen, C., Percich, J.A., Graham, P.H. (2002). Integrated management strategies of bean root rot with *Bacillus subtilis* and *Rhizobium* in Minnesota. *Field Crops Research*. Vol. 74, № 2–3, pp. 107–115 [in English].

Fan, H., Ru, J., Zhang, Y., Wang, Q., Li, Y. (2017). Fengycin produced by *Bacillus subtilis* 9407 plays a major role in the biocontrol of apple ring rot disease. *Microbiological Research*. Vol. 199, pp. 89–97. Retrieved from:

<https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.03.004> [in English].

Francesco, A.D., Milellab, F., Maria M., Roberti, R. (2017). A preliminary investigation into *Aureobasidium pullulans* as a potential biocontrol agent against *Phytophthora infestans* of tomato. *Biological Control*. Vol. 114, pp. 144–149. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.08.010> [in English].

Garlic Post-Harvest Trial Results Crystal Stewart Cornell Cooperative Extension Eastern NY Commercial Horticulture Program

Cls263@cornell.edu 518.775.0018. Retrieved from:

https://newenglandvfc.org/sites/newenglandvfc.org/files/content/proceedings2013/Stewart_Garlic_Postharvest_trial.pdf [in English].

Ghaouth, A.E., Wilson, C., Wisniewski, M., Droby, S., Smilanick, J.L., Korsten, L. (2002). Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables. *Applied Mycology and Biotechnology*. Vol. 2, pp. 219–238. Retrieved from: https://www.academia.edu/5042634/APPLIED_MYCOLOGY_AND_BIOTECHNOLOGY [in English].

Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., Kariman, K. (2018). Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological Control*. Vol. 117, pp. 147–157. Retrieved from: <https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/mechanisms-underlying-the-protective-effects-of-beneficial-fungi> [in English].

Grondona, J. (1997). Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma viride*, a biological control agent against soil-borne fungal plant pathogens. *Appl. and Environ. Microbiol.* Vol. 63, № 8, 389–398. Retrieved from: <https://doi.org/10.1128/AEM.63.8.3189-3198.1997> [in English].

Khedher, S.B., Kilani-Feki O., Dammak, M., Jabnoun-Khiareddine, H., Daami-Remadi, M., Tounsi, S. (2015). Efficacy of *Bacillus subtilis* V26 as a biological control agent against *Rhizoctonia solani* on potato. *Comptes Rendus Biologies*. Vol. 338, № 12, pp. 784–792. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2015.09.005> [in English].

Koltunov, V.V., Boroday, V.V., & Danilova, T.V. (2012). Effektivnost biopreparatov Planriz, Gaupsin, Diazofit v zashchite ot fitopatogenov pri vyrashchivani i khraneni ovoshchey. [The effectiveness of biological products Planriz, Gaupsin, Diazofit in protection against phytopathogens when growing and storing vegetables]. *Kartofelevodstvo: sb. nauch. tr. Minsk*, Vol. 20, 102–111 [in Russian].

Kravchenko, N.O., Kopylov, P., Holovach, O.V. & Dmytruk, O.M. (2014). Otsinka patohennosti hruntovoho hryba *Trichoderma viride* 505. [Assessment of the pathogenicity of the soil fungus *Trichoderma viride* 505]. *Silskohospodarska mikrobiolohiya*. Vyp. 20, 23–28 [in Ukrainian].

Leverentz, B., Conway, W.S., Camp M.J., Janisiewicz W.J., Abuladze, T., Yang, M., Saftner, R.,

Sulakvelidze, A. (2003). Biocontrol of *Listeria monocytogenes* on fresh-cut produce by treatment with lytic bacteriophages and a bacteriocin. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 69, pp. 4519–4526. Retrieved from: <https://doi.org/10.1128/AEM.69.8.4519-4526.2003> [in English].

Leverentz, B., Conway, W.S., Janisiewicz, W., Abadias, M., Kurtzman, C.P., Camp, M.J. (2006). Biocontrol of the food-borne pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* serovar Poona on fresh-cut apples with naturally occurring bacterial and yeast antagonists. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 72, pp. 1135–1140. Retrieved from: <https://doi.org/10.1128/aem.72.2.1135-1140.2006> [in English].

Leverentz, B., Janisiewicz, W.J., Conway, W.S., Saftner, R.A., Fuchs, Y., Sams, C.E., Camp, M.J. (2000). Combining yeasts or a bacterial biocontrol agent and heat treatment to reduce postharvest decay of 'Gala' apples. *Postharvest: Biology and Technology*. Vol. 21, № 1, pp. 87–94. Retrieved from: [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00167-8](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00167-8) [in English].

Lukatkin, A.A., Ibrahimova, S.A., Revin, V.V. (2009). Doslidzhennya antifunhalnykh vlastyovostey pseudomonasaureofaciens 2006. *Vesnyk, Saransk*, № 6, 211–213 [in Ukrainian].

Luo, W., Chen, M., Chen, A., Dong, W., Hou, X., Pu, B. (2015). Isolation of lactic acid bacteria from pao cai, a Chinese traditional fermented vegetable, with inhibitory activity against *Salmonella* associated with fresh-cut apple, using a modelling study. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 118, pp. 998–1006. Retrieved from: <https://doi.org/10.1111/jam.12741> [in English].

Mari, M., Guizzardi, M., Brunelli, M., Folchi, A. (1996) Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Crop Protection*. Vol. 15, № 8, pp. 699–705 [in English].

Meireles, A., Giaouris, E., Simões, M. (2016). Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *Food Research International*. Vol. 82, pp. 71–85. Retrieved from:

https://www.centerforproducesafety.org/publication/4594/Alternative_disinfection_methods_to_chlorine_for_use_in_the_freshcut_industry.html [in English].

Narsaiah, K., Wilson, R. A., Gokul, K., Mandge, H.M., Jha, S.N., Bhadwal, S., Anurag, R. K., Malik, R.K., Vijb, S. (2015). Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of min-

imally processed papaya (*Carica papaya* L.). *Post-harvest Biology and Technology*. Vol. 100, pp. 212–218. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.10.003> [in English].

On, A., Wong, F., Ko, Q., Tweddell, R.J., Antounb, H., Avis, T.J. (2015). Antifungal effects of compost tea microorganisms on tomato pathogens. *Biological Control*. Vol. 80, pp. 63–69. Retrieved from:

<http://www.bashanfoundation.org/contributions/Antoun-H/hanitomatopatho.pdf> [in English].

Pat. 02140138 Rossiyskaya Federatsiya, MPK 6A01C. Sposob predposevnoy obrabotki semyan ovoshchnykh kultur i sposob polucheniya preparata dlya predposevnoy obrabotki semyan ovoshchnykh kultur [Method of pre-sowing treatment of vegetable seeds and a method of obtaining a preparation for pre-sowing treatment of vegetable seeds] / Chebotar, V.K., Bykova N.V., Temnova, O.V., Orlova, N.A. Khotyanovich, A.V.; zayavitel i patentoobladatel Zakrytoye aktsionernoye obshchestvo Selskokhozyaystvennoye selektsionno-proizvodstvennoye predpriyatiye «SORTSEMOVOSHCH». 98120341/13; zayavl. 13.11.1998; opubl. 27.10.1999 [In Russian].

Pat. 02259397, Rossiyskaya Federatsiya, MPK 7C12N, 7A01C, 7C12N. Sredstvo dlya zashchity zernovykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, podsolnechnika, vinograda ot fitopatogennykh mikroorganizmov, ovoshchnykh kul'tur ot fitopatogennykh bakteriy [Means for the protection of winter crops, sunflower, grapes from phytopathogenic microorganisms, vegetable crops from phytopathogenic bacteria] / Khotyanovich, A.V., Temnova, O.V., Orlova, N.A., Bykova, N.V., Chebotar, V.K.; zayavitel i patentoobladatel Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu «Bisolbi-inter». № 2003110469/13; zayavl. 02.04.2003; opubl. 27.08.2005 [In Russian].

Pat. 20183 (U) Ukrayina, MPK A23V 4/00, A01F 25/00, C08B 37/00. Zastosuvannya vodnoho rozchynu khitozanu yak konservanta dlya obrobky produktiv kharchuvannya roslynnoho pokhodzhennya pered zberezhennyam [Use of water-soluble chitosan as a preservative in the processing of food products of plant origin before storage] / Kavyrshyn, O.P.; zayavnyk ta patentovlasnyk Fedorov, S.A. – № u200607684; Zayavl. 10.07.2006; opubl. 15.01.2007, Byul. № 1 [in Ukrainian].

Pat. CN104309903 (A), MIIK B29C55/28, B29D7/01, B65D30/02, B65D65/02, C08K3/16, C08L23/06, C08L23/08, C08L3/04, C08L3/08. Preservative film for

short-term storage of fruits and vegetables, preparation method of preservative film and prepared preservative bag / Shi Dixing; zayavl. 25.09.2014; opubl. 28.01.2015. [in English].

Pershakova, T.V., Lisovoy, V.V., Kupin, G.A., Panasenko, Ye.YU., Viktorova, Ye.P. (2016). Sposoby obespecheniya stabilnogo kachestva rastitelnogo syrya v protsesse khraneniya s primeneniym biopreparatov. [Methods for ensuring the stable quality of plant raw materials during storage using biological products]. *Politematicheskii nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Elektronnyy resurs]. № 03 (117). Retrieved from: <http://ej.kubagro.ru/2016/02/pdf/14.pdf> [In Russian].

Plaza, L., Altisent, R., Alegre, I., Viñas, I., Abadias, M. (2016). Changes in the quality and antioxidant properties of fresh-cut melon treated with the biopreservative culture *Pseudomonas graminis* CPA-7 during refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology*. Vol. 111, pp. 25–30. Retrieved from:

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.023> [in English].

Punja, Z. K., Rodriguez, G., Tirajoh, A. (2016). Effects of *Bacillus subtilis* strain QST 713 and storage temperatures on post-harvest disease development on greenhouse tomatoes. *Crop Protection*. Vol. 84, pp. 98–104. Retrieved from: <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.02.011> [in English].

Pusik, L., Pusik, V., Postnova, O., Safronska, I., Chervonyi, V., Mohutova, V., Kaluzhniy, A. (2020). Conservation of winter garlic, depending on the elements of the post-collection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, Issue 11(104), pp. 24–33; doi: 10.15587/1729-4061.2020.200842 [in English].

Ramos, B., Miller, F.A. Brandão, T.R.S., Teixeira, P., Silva, C.L.M. (2013). Fresh fruits and vegetables—An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. Vol. 20, pp. 1–15. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.002> [in English].

Randazzo, C. L., Pitino, I., Scifò, G. O., Caggia, C. (2009). Biopreservation of minimally processed iceberg lettuces using a bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* wild strain. *Food Control*. Vol. 20, pp. 756–763. Retrieved from:

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.09.020> [in English].

Rao, S., Kamalnath, M., Umamaheswari, R., Rajinikanth, R., Prabu, P., Priti, K., Grace, G.N., Chaya, M.K., Gopalakrishnan, C. (2017). *Bacillus subtilis* IHR BS-2 enriched vermicompost controls root knot nematode and soft rot disease complex in carrot. *Scientia Horticulturae*. Vol. 218, pp. 56–62. Retrieved from:

<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.051>. [in English].

Russo, P., Spano, G., Peña, N., de Chiara, M.L.V., Amodio, M.L., Colelli, M.L. (2015). Probiotic lactic acid bacteria for the production of multifunctional fresh-cut cantaloupe. *Food Research International*. Vol. 77, part 4, pp. 762–772. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.033> [in English].

Saligkarias, I.D., Gravanis, F.T., Epton, H.A.S. (2002). Biological control of *Botrytis cinerea* on tomato plants by the use of epiphytic yeasts *Candida guilliermondii* strains 101 and US 7 and *Candida oleophila* strain I-182: I. in vivo studies. *Biological Control*. Vol. 25, № 2, pp. 143–150. Retrieved from:

[https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00051-8) [in English].

Sempere, F., Santamarina, M.P. (2007). In vitro biocontrol analysis of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler under different environmental conditions. *Mycopathology*. Vol. 163, pp. 183–190. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s11046-007-0101-x> [in English].

Sharma, N., Sharma, S. (2008). Control of foliar diseases of mustard by *Bacillus* from reclaimed soil. *Microbiological Research*. Vol. 163, № 4, pp. 408–413; <https://doi.org/10.1016/j.micres.2006.06.011> [in English].

Shchipitsina, D.A. (2004). Issledovaniye protsessov dozarivaniya i khraneniya tomatov, obrabotannykh biopreparatami: dis. kand. tekhn. nauk: 05.18.07. [Research of the processes of ripening and storage of tomatoes treated with biological products]. Leningradskiy nauchno-issledovatel'skiy institut selskogo khozyaystva. 151 p. [In Russian].

Shi, J., Sun, C. (2017). Isolation, identification, and biocontrol of antagonistic bacterium against *Botrytis cinerea* after tomato harvest. *Brazilian Journal of Microbiology*. Vol. 48, № 4, pp. 706–714. Retrieved from:

<https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.03.002> [in English].

Siroli, L., Patrignani, F., Serrazanetti, D.I., Gardini, F., Lanciotti, R. (2015). Innovative

strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 46, № 2, pp. 302–310. Retrieved from:

<https://doi:10.1016/j.tifs.2015.04.014> [in English].

Siroli, L., Patrignani, F., Serrazanetti, D. I., Tabanelli, G., Montanari, C., Gardini, F., Lanciotti, R. (2015). Lactic acid bacteria and natural antimicrobials to improve the safety and shelf-life of minimally processed sliced apples and lamb's lettuce. *Food Microbiology*. Vol. 47, pp. 74–84. Retrieved from:

<https://doi:10.1016/j.fm.2014.11.008> [in English].

Spricigo, D. A., Bardina, C., Cortés, P., Llagostera, M. (2013). Use of a bacteriophage cocktail to control Salmonella in food and the food industry. *International Journal of Food Microbiology*. Vol. 165, pp. 169–174. Retrieved from: <https://doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.009> [in English].

Vinale, F., Sivasithamparamb, K., Glisalberti, E.L., Marra K., Woo S.L., & Lorito, M. (2008). Trichoderma- plant - pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*. V. 40, 1–9. Retrieved from:

<https://research-repository.uwa.edu.au/en/publications/trichoderma-plant-pathogen-interactions> [in English].

Wilson, C.L., Wisniewski, M.E., Biles, C.L., McLaughlin, R., Chalutz, E., Droby, S. (1991). Biological control of post-harvest diseases of fruits and vegetables: alternatives to synthetic fungicides. *Crop Protection*. Vol. 10, № 3, pp. 172–177. Retrieved from: PII:0261-2194(91)900039 [in English].

Yanwen, Z., Shijun, W., Ping, Z., Jiazheng, Li Пат. CN101643567 (A), МПК C08L27/24. High-transparency physical antibacterial polyolefin fruit and vegetable storage and transportation preservative film / Yanwen Zhou, Shijun Wang, Ping Zhang, Jiazheng Li; заявл. 07.09.2009; опубл. 10.02.2010.

Zhao, Y., Tu, K., Shao, X., Jing, W., Su, Z. (2008). Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Post-harvest *Biology and Technology*. Vol. 49, № 1, pp. 113–120 [in English].

Zong, Y., Liu, J., Li, B., Qin, G., Tian, S. (2010). Effects of yeast antagonists in combination with hot water treatment on postharvest diseases of tomato fruit. *Biological Control*. Vol. 54, № 3, pp. 316–321 [in English].