

УДК 664.8.03

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-274-285

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
ЕСТЕСТВЕННОЙ УБЫЛИ
МАССЫ КАБАЧКОВ СВЕЖИХ
ПРИ ХРАНЕНИИ И РАЗРАБОТКА
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ**

Купин Григорий Анатольевич¹
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: griga_77@mail.ru;

Першакова Татьяна Викторовна¹
д-р техн. наук, доцент
ведущий научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: 7999997@inbox.ru

Бородихин Александр Сергеевич¹
научный сотрудник
отдела пищевых технологий
контроля качества и стандартизации
e-mail: kisp@kubannet.ru

Тягушчева Анна Анатольевна¹
младший научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: kisp@kubannet.ru

Гольдман Раиса Борисовна²
канд. техн. наук, доцент
доцент кафедры
высшей математики
e-mail: raya_goldman@mail.ru

Алешин Владимир Николаевич¹
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: kisp@kubannet.ru

UDC 664.8.03

DOI 10.30679/2219-5335-2022-5-77-274-285

**MATHEMATICAL MODELING
OF THE PROCESSES
OF NATURAL WEIGHT LOSS
OF FRESH MARROWS DURING
STORAGE AND DEVELOPMENT
OF SOFTWARE FOR PREDICTION
OF LOSSES**

Kupin Grigoriy Anatolievich¹
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials
Department
e-mail: griga_77@mail.ru;

Pershakova Tatiana Viktorovna¹
Dr. Tech. Sci., Docent
Leading Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials
Department
e-mail: 7999997@inbox.ru

Borodihin Alexander Sergeevich¹
Research Associate
of Food Technology, Quality Control
and Standardization Department
e-mail: kisp@kubannet.ru

Tyagushcheva Anna Anatolievna¹
Junior Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials
Department
e-mail: kisp@kubannet.ru

Goldman Raisa Borisovna²
Cand. Tech. Sci., Docent
Associate Professor
of Higher Mathematics Department
e-mail: raya_goldman@mail.ru

Aleshin Vladimir Nikolaevich¹
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of Storage and Complex Processing
of Agricultural Raw Materials
Department
e-mail: kisp@kubannet.ru

¹Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» Краснодар, Россия

Кабачки и патиссоны являются достаточно важными овощными культурами в Российской Федерации. За период 2000-2020 гг. валовые сборы кабачков и патиссонов в хозяйствах всех категорий возросли на 10,5 %, в коммерческом секторе (сельскохозяйственные организации и крестьянские/фермерские хозяйства) – на 95,4 %. Однако как объекты хранения плоды этих культур отличаются тонкими покровными тканями, низкой водоудерживающей способностью, высокой интенсивностью дыхания и уязвимостью к микробиологической порче. Дополнительно усложняет организацию их хранения тот факт, что кабачки и патиссоны теплолюбивы и повреждаются при переохлаждении. Таким образом, создание технологий, позволяющих контролировать потери кабачков и патиссонов, является актуальным. Целью данной работы являлось математическое моделирование процессов естественной убыли массы кабачков свежих при хранении и разработка программного обеспечения для прогнозирования потерь. В качестве объектов исследования использовали гибрид кабачков Искандер F1. Кабачки были заложены на хранение на 10 суток в различных условиях: температура варьировалась от 7 до 15 °С, относительная влажность воздуха – от 55 до 95 %. По окончании хранения определяли массу объектов исследования. В результате

¹Krasnodar Research Institute of Agricultural Product Storage and Processing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «North-Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin» Krasnodar, Russia

Courgettes and scallop squash are quite important vegetable crops in the Russian Federation. For the period 2000-2020 gross yields of courgettes and scallop squash in farms of all categories increased by 10.5 %, in the commercial sector (agricultural organizations and peasant/farm enterprises) – by 95.4 %. However, as objects of storage, the fruits of these crops are distinguished by thin integumentary tissues, low water-holding capacity, high respiration rate, and vulnerability to microbiological deterioration. Further complicating the organization of their storage is the fact that courgettes and scallop squash are thermophilic and get damaged by low temperature. Thus, the creation of technologies to control the loss of courgettes and scallop squash is relevant. The purpose of this work was mathematical modeling of the processes of natural weight loss of fresh courgettes during storage and the development of software for predicting losses. As objects of study, a hybrid of courgettes Iskander F1 was used. The courgettes were stored for 10 days under various conditions: the temperature varied from 7 to 15 °C, relative air humidity - from 55 to 95 %. At the end of storage, the mass of research objects

проведённой работы была выявлена зависимость величины естественной убыли массы при хранении кабачков от таких параметров, как температура и относительная влажность воздуха. Установленная зависимость позволила создать математическую модель и разработать основанное на ней программное обеспечение, призванное прогнозировать величину потерь в зависимости от вышеназванных параметров. Разработанное приложение позволяет оптимизировать параметры хранения кабачков с целью сокращения потерь и максимизации продолжительности их хранения.

Ключевые слова: КАБАЧКИ, ХРАНЕНИЕ, ЕСТЕСТВЕННАЯ ПОТЕРЯ МАССЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

was determined. As a result of the conducted work, the dependence of the natural weight loss during storage of courgettes on such parameters as temperature and relative air humidity was revealed. The established dependence made it possible to create a mathematical model and develop software based on it, designed to predict the amount of losses depending on the aforementioned parameters. The developed application allows to optimize the storage parameters of courgettes in order to reduce losses and maximize the duration of their storage.

Key words: COURGETTES, STORAGE, NATURAL WEIGHT LOSS, MATHEMATICAL MODELING, SOFTWARE

Введение. Кабачки и патиссоны являются достаточно важными овощными культурами в Российской Федерации. Так, по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат), в РФ в 2020 г их общие валовые сборы составляли 537 тысяч тонн, то есть 4,58 % от сборов овощей открытого грунта, посевные площади – 24 тысячи гектаров, то есть 4,69 % от посевной площади овощей открытого грунта [1].

За период 2000-2020 гг. валовые сборы и посевные площади кабачков и патиссонов в целом (в хозяйствах всех категорий) изменились незначительно (сборы возросли на 10,5 %, посевные площади сократились на 17,2 %). Но в коммерческом секторе (сельскохозяйственные организации и крестьянские/фермерские хозяйства) изменения были серьёзными: сборы увеличились на 95,38 %. Впрочем, большая часть (75-85 %) кабачков и патиссонов в РФ выращивается в хозяйствах населения, где их производство в 2000-2020 гг. оставалось стабильным (рис. 1).

Существует множество способов употребления кабачков и патиссонов в пищу: в жареном, варёном, фаршированном виде; измельчённые ка-

бачки могут быть использованы при производстве хлеба. Также их возделывают в больших количествах для консервной промышленности, в том числе для приготовления кабачковой икры. Молодые плоды, например, такой разновидности кабачка, как цукини, могут употребляться в пищу в сыром виде в составе салатов.

Кабачки и патиссоны являются хорошим источником витамина С (10-25 мг/100 г), содержат существенное количество витаминов В₂ (около 145 мг/100 г) и В₆ (около 220 мг/100 г). Также они содержат 2-5 % сахаров, 1-2 % пищевых волокон и 0,5-1 % белка. Калорийность кабачков и патиссонов невысока: 15-30 ккал/100 г [2].

Ведутся исследования, направленные на повышение содержания в кабачках биологически активных веществ, например, за счёт их обработки модифицированной вирусной РНК [3].

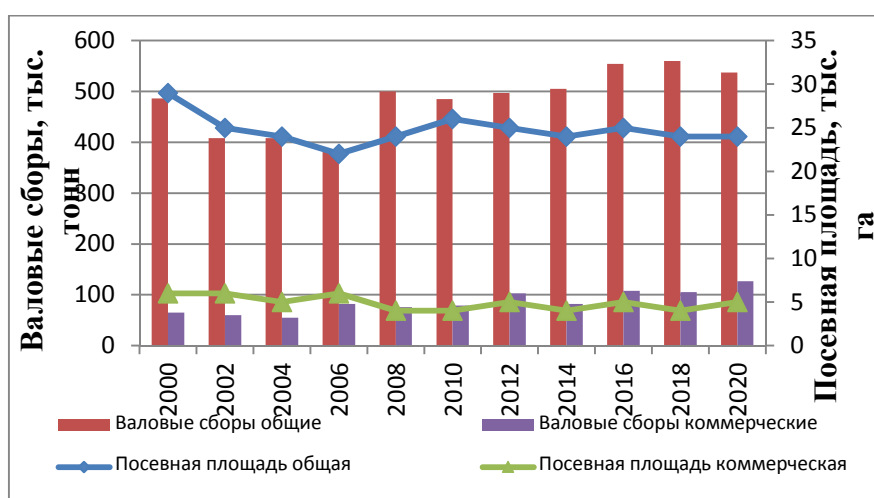


Рис. 1. Валовые сборы и посевные площади кабачков и патиссонов в РФ в 2000-2020 гг. (хозяйства всех категорий и коммерческий сектор)

Однако как объекты хранения плоды этих культур отличаются тонкими покровными тканями, низкой водоудерживающей способностью, высокой интенсивностью дыхания и уязвимостью к микробиологической порче. Дополнительно усложняет организацию их хранения тот факт, что кабачки и патиссоны теплолюбивы и не выносят переохлаждения. Повреждение низкими температурами проявляется в возникновении постепенно

темнеющих водянистых пятен на поверхности и обесцвечивании кожуры, а также в ускоренном развитии порчи после снятия с хранения. Для проявления данных симптомов кабачкам и патиссонам достаточно провести 2-3 дня при температуре менее 5-7 °С [4, 5].

Исследователи в различных странах активно ищут возможность повысить устойчивость этих культур при хранении тем или иным способом. Для этого могут применяться обработки различными химическими веществами [6-10], физическое воздействие [11, 12], съедобные покрытия [13], упаковка с модифицированной атмосферой и влажностью в сочетании с абсорберами этилена [14].

Таким образом, создание технологий, позволяющих контролировать потери кабачков и патиссонов, представляет интерес и является актуальным. На практике полезным может оказаться, например, возможность прогнозирования потерь сырья определённого вида и сорта в зависимости от изменений параметров хранения [15].

Целью данной работы являлось создание математической модели, описывающей зависимость между естественной потерей массы кабачков и основными параметрами хранения (температура, относительная влажность воздуха), и разработка на её основе программного обеспечения, позволяющего прогнозировать величину потерь в зависимости от вышеназванных параметров.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали кабачки Искандер F₁ (гибрид первого поколения).

Кабачки были заложены на хранение на 10 суток в различных условиях: температура варьировалась от 7 до 15 °С, относительная влажность воздуха – от 55 до 95 %. По окончании хранения определяли массу объектов исследования.

Исследования были проведены в трехкратной повторности. Полученные данные обработаны в программах Microsoft Excel и Statistica с использованием однофакторного дисперсионного анализа ($\gamma = 95 \%$).

Обсуждение результатов. Чтобы установить зависимость между естественной потерей массы кабачков и такими параметрами хранения, как температура и относительная влажность воздуха, был проведён ряд экспериментов по хранению в различных условиях.

Полученные данные представлены на рисунке 2.

Из полученных данных следует, что, как и ожидалось, естественные потери массы объектов исследования минимальны при наименьшей температуре (7 °С) и наибольшей относительной влажности (95 %). Увеличение этих параметров сопровождается также и возрастанием потерь массы кабачков при хранении. Причём максимальный уровень потерь наблюдался при падении относительной влажности до 55 %.

Данные, полученные в ходе экспериментов, были использованы для построения математической модели (зависимости), описывающей влияние различных параметров хранения (температуры и относительной влажности воздуха) на изменение естественной потери массы гибрида кабачков Искандер F₁.

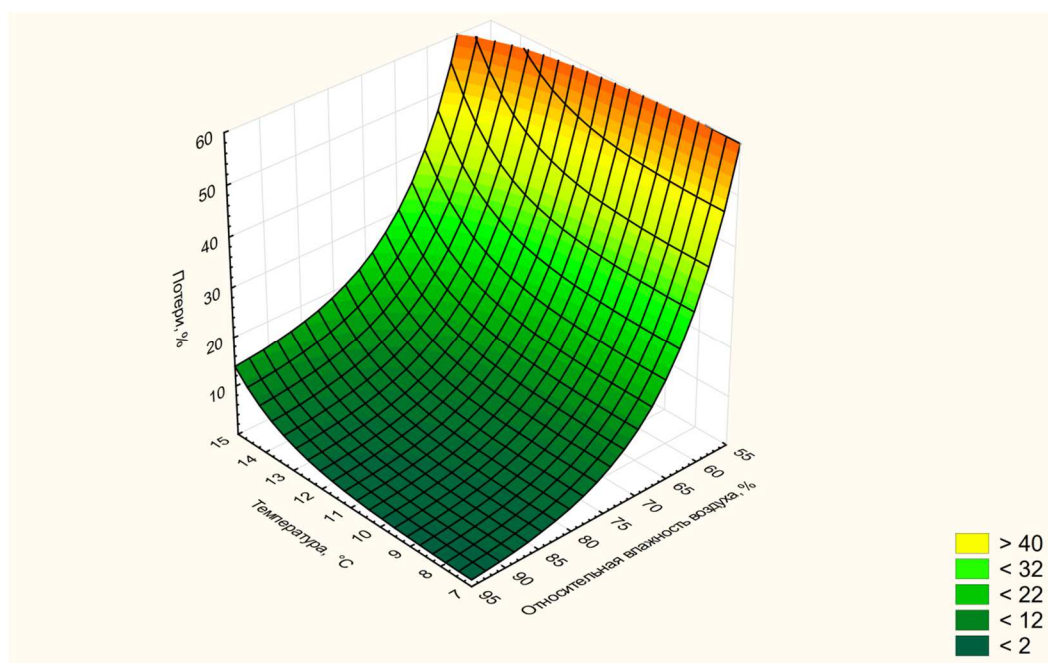


Рис. 2. Зависимость естественной потери массы гибрида кабачков Искандер F₁ от температуры и относительной влажности воздуха в хранилище при хранении в течение 10 суток

Для описания выявленной зависимости от двух факторов может быть использована следующая формула ($R^2=0,99$):

$$M_{\text{ПОТ}} = 0,00191e^{0,5857x} + 17545e^{-0,105y} + 1,1e^{0,5857x-0,105y} + 0,25$$

где $M_{\text{ПОТ}}$ – естественная потеря массы, %;

x – температура, °С;

0,5857 – коэффициент пропорциональности фактора температуры, 1/°С;

y – относительная влажность воздуха, %;

–0,105 – коэффициент пропорциональности фактора относительной влажности воздуха, 1/%.

На следующем этапе работы выявленная зависимость была использована для создания программы для ЭВМ «УМК Кабачки». Разработанное программное обеспечение призвано дать возможность прогнозирования естественной потери массы (выраженной как в единицах массы, так и в рублях в случае указания стоимости сырья) кабачков определённого сорта при указании параметров и продолжительности хранения. Интерфейс разработанной программы представлен на рисунке 3.

В дальнейшем было получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619691 от 24.05.2022 «Автоматизированный расчёт естественной потери массы кабачков свежих в течение 10 суток при холодильном хранении в зависимости от изменений режимов хранения».

Последующее развитие данного программного обеспечения будет заключаться в расширении диапазона температур, продолжительности хранения и количества сортов и гибридов кабачков.

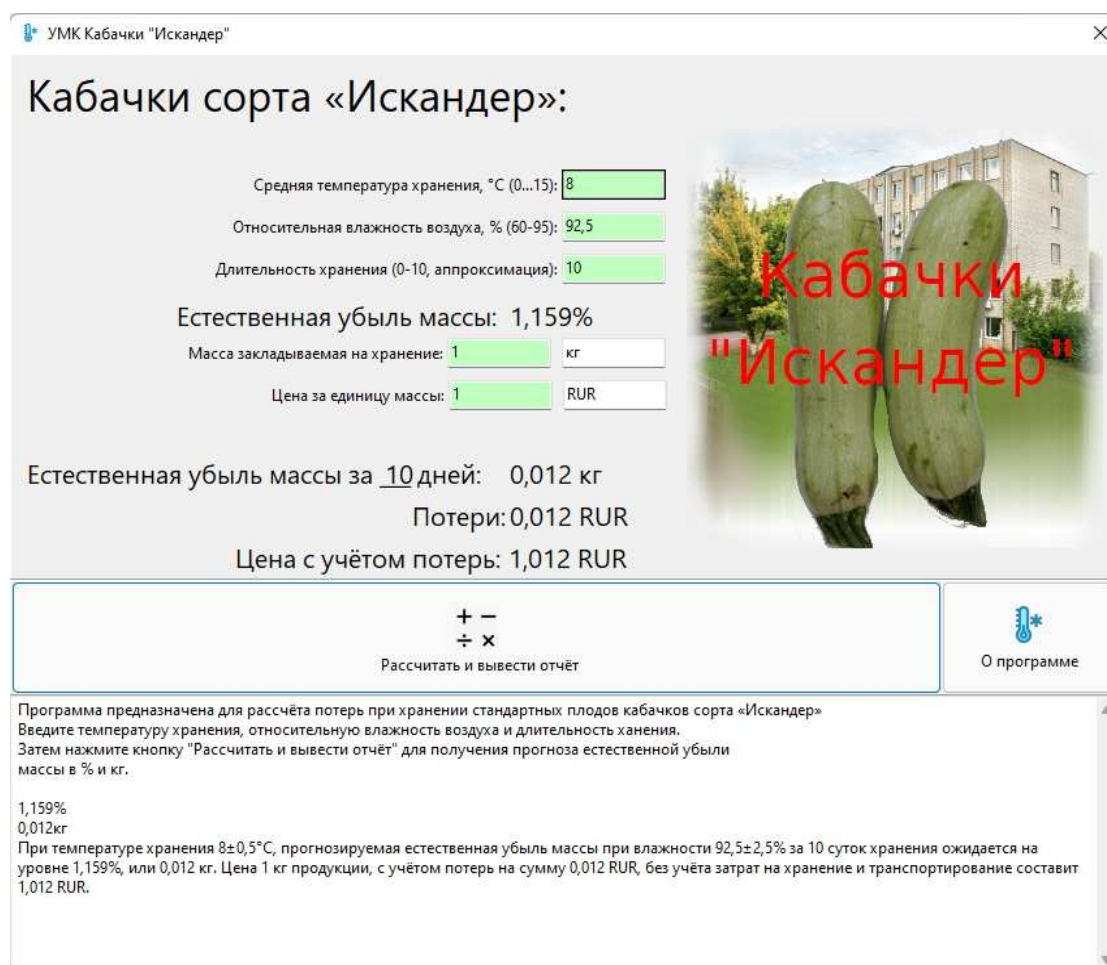


Рис. 3. Интерфейс программы «УМК Кабачки»

Разработку подобных приложений делает актуальным тот факт, что они являются элементом технологий контроля потерь растительного сырья, чему в настоящее время уделяется значительное внимание. Дело в том, что при транспортировке и хранении растительного сырья на различных этапах поставки от производителя к потребителю не всегда удаётся точно выдерживать рекомендуемые параметры. Отклонение от них может стать причиной значительных потерь [16]. При этом цепь поставок может включать до 10 и более участников, а условия хранения могут отличаться на всех этапах [17].

Так, например, группой исследователей, изучавших условия внутри витрин ряда торговых точек, было установлено, что в зависимости от магазина и расположения внутри витрины температура колебалась от минус $1,2^\circ\text{C}$ до $19,2^\circ\text{C}$ в охлаждаемых витринах и от $7,6^\circ\text{C}$ до $27,7^\circ\text{C}$ в неохлаждаемых

витринах, относительная влажность воздуха соответственно – от 55,9 % до 92,9 % в охлаждаемых витринах и от 29,7 % до 86,6 % в неохлаждаемых [18].

Предотвратить подобное можно за счёт применения современных технических решений, таких как, к примеру, беспроводные датчики для дистанционного контроля условий хранения [19]. Впрочем, даже большую роль в сокращении потерь может сыграть координация действий между отдельными участниками цепи поставок растениеводческой продукции [20].

Выводы. Таким образом, в результате проведённой работы была выявлена зависимость величины естественной убыли массы при хранении кабачков от таких параметров, как температура и относительная влажность воздуха. Установленная зависимость позволила создать математическую модель и разработать основанное на ней программное обеспечение, призванное прогнозировать величину потерь в зависимости от вышеназванных параметров.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения 02.02.22).
2. Paris, H.S. Cucurbitaceae Melons, Squash, Cucumber. / H.S. Paris, Y. Tadmor, A.A. Schaffer. In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition)*. – V. 3. – 2017. – Pp. 209-217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00063-0>
3. Houhou, F. Carotenoid fortification of zucchini fruits using a viral RNA vector / Fakhreddine Houhou, Maricarmen Martí, Teresa Cordero, Verónica Aragonés, Cristina Sáez, Jaime Cebolla-Cornejo, Ana Pérez de Castro, Manuel Rodríguez-Concepción, Belén Picó, José-Antonio Daròs // *Biotechnology Journal*. – 2022. – V. 17. – Issue 5. – 2100328. <https://doi.org/10.1002/biot.202100328>
4. Carvajal, F. Cell wall metabolism and chilling injury during postharvest cold storage in zucchini fruit / Fátima Carvajal, Francisco Palma, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – V. 108. – Pp. 68-77. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.05.013>
5. Rodov, V. Chilling sensitivity of four near-isogenic fruit-color genotypes of summer squash (*Cucurbita pepo*, Cucurbitaceae) and its association with tocopherol content / Victor Rodov, Harry S. Paris, Haya Friedman, Mitiku Mihiret, Yakov Vinokur, Anton Fennec // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – V. 168. – 111279. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111279>
6. Massolo, J.F. Benzyl-aminopurine (BAP) treatments delay cell wall degradation and softening, improving quality maintenance of refrigerated summer squash / Juan F. Massolo, María L. Lemoine, Alicia R. Chaves, Analía Concellón, Ariel R. Vicente // *Postharvest Biology and Technology*. – 2014. – V. 93. – Pp. 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.02.010>

7. Palma, F. Effect of putrescine application on maintenance of zucchini fruit quality during cold storage: Contribution of GABA shunt and other related nitrogen metabolites / Francisco Palma, Fátima Carvajal, José María Ramos, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – V. 99. – Pp. 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.08.010>
8. Carvajal, F. Unravelling the role of abscisic acid in chilling tolerance of zucchini during postharvest cold storage / Fátima Carvajal, Francisco Palma, Raquel Jiménez-Muñoz, Manuel Jamilena, Amada Pulido, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – V. 133. – Pp. 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.07.004>
9. Palma, F. Exogenous γ -aminobutyric acid treatment improves the cold tolerance of zucchini fruit during postharvest storage / Francisco Palma, Fátima Carvajal, Raquel Jiménez-Muñoz, Amada Pulido, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2019. – V. 136. – Pp. 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.023>
10. Jiménez-Muñoz, R. Pre-storage nitric oxide treatment enhances chilling tolerance of zucchini fruit (*Cucurbita pepo* L.) by S-nitrosylation of proteins and modulation of the antioxidant response / R. Jiménez-Muñoz, F. Palma, F. Carvajal, A. Castro-Cegri, A. Pulido, M. Jamilena, M. C. Romero-Puertas, D. Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2021. – V. 171. – Pp. 111-145. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111345>
11. Zhang, M. Postharvest hot water dipping and hot water forced convection treatments alleviate chilling injury for zucchini fruit during cold storage / Min Zhang, Wei Liu, Chunhui Li, Tingting Shao, Xue Jiang, Huizhong Zhao, Wenting Ai // *Scientia Horticulturae*. – 2019. – V. 249. – Pp. 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.058>
12. Bokhary, S.U.F. Pre-storage hot water treatment enhances chilling tolerance of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) squash by regulating arginine metabolism / Syed Umar Farooq Bokhary, Li Wang, Yonghua Zheng, Peng Jin // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – V. 166. – Pp. 111-129. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111229>
13. Bleoanca, I. Efficacy of two stabilizers in nanoemulsions with whey proteins and thyme essential oil as edible coatings for zucchini / Iulia Bleoanca, Andreea Lanciu, Livia Parascu, Alina Ceoromila and Daniela Borda // *Membranes*. – 2022. – V. 12(3). – Pp. 326-342. <https://doi.org/10.3390/membranes12030326>
14. Першакова, Т.В. Влияние упаковочных материалов и абсорбера этилена на интенсивность выделения этилена овощами в процессе хранения / Першакова Т.В., Причко Т.Г., Купин Г.А., Лисовой В.В., Алёшин В.Н. // *Плодоводство и виноградарство Юга России*. – 2020. – № 63 (3). – С. 318-325. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-318-325>
15. Першакова, Т.В. Математическое моделирование процессов естественной потери массы корнеплодов моркови столовой при хранении и разработка программного обеспечения для прогнозирования сроков годности корнеплодов / Першакова Т.В., Купин Г.А., Бородихин А.С., Алёшин В.Н. // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2019. – № 3-1. – С. 151 – 157. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10641
16. Porat, R. Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention / Porat, R., Lichter, A., Terry, L.A., Harker, R., & Buzby, J. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2018. – V. 139. – Pp. 135-149. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.019>
17. Emond, J.-P. Managing product flow through postharvest systems. In *Postharvest Handling (Fourth Edition). A Systems Approach*. – 2022. – Pp. 363-375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822845-6.00012-9>
18. Nunes, M.C.N. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste / Nunes, M.C.N., Emond, J.P., Rauth, M., Dea, S., & Chau, K.V. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2009. – V. 51. – Pp. 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.016>

19. Jedermann, R. Reducing food losses by intelligent food logistics / Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I., & Lang, W. // *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. – 2014. – V. 372. – 20130302. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0302>
20. Filimonau, V. Mitigation of food loss and waste in primary production of a transition economy via stakeholder collaboration: A perspective of independent farmers in Russia / Filimonau, V., Ermolaev, V.A. // *Sustainable Production and Consumption*. – 2021. – V. 28. – Pp. 359-370. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.002>

References

1. Federalnaya sluzhba gosudarstvennoy statistiki [Elektronnyy resurs] / URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (data obrashcheniya 02.02.22).
2. Paris, H.S. Cucurbitaceae Melons, Squash, Cucumber. / H.S. Paris, Y. Tadmor, A.A. Schaffer. In *Encyclopedia of Applied Plant Sciences (Second Edition)*. – V. 3. – 2017. – Pp. 209-217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00063-0>
3. Houhou, F. Carotenoid fortification of zucchini fruits using a viral RNA vector / Fakhreddine Houhou, Maricarmen Martí, Teresa Cordero, Verónica Aragonés, Cristina Sáez, Jaime Cebolla-Cornejo, Ana Pérez de Castro, Manuel Rodríguez-Concepción, Belén Picó, José-Antonio Daròs // *Biotechnology Journal*. – 2022. – V. 17. – Issue 5. – 2100328. <https://doi.org/10.1002/biot.202100328>
4. Carvajal, F. Cell wall metabolism and chilling injury during postharvest cold storage in zucchini fruit / Fátima Carvajal, Francisco Palma, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – V. 108. – Pp. 68-77. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.05.013>
5. Rodov, V. Chilling sensitivity of four near-isogenic fruit-color genotypes of summer squash (*Cucurbita pepo*, Cucurbitaceae) and its association with tocopherol content / Victor Rodov, Harry S. Paris, Haya Friedman, Mitiku Mihiret, Yakov Vinokur, Anton Fennec // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – V. 168. – 111279. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111279>
6. Massolo, J.F. Benzyl-aminopurine (BAP) treatments delay cell wall degradation and softening, improving quality maintenance of refrigerated summer squash / Juan F. Massolo, María L. Lemoine, Alicia R. Chaves, Analía Concellón, Ariel R. Vicente // *Postharvest Biology and Technology*. – 2014. – V. 93. – Pp. 122-129. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.02.010>
7. Palma, F. Effect of putrescine application on maintenance of zucchini fruit quality during cold storage: Contribution of GABA shunt and other related nitrogen metabolites / Francisco Palma, Fátima Carvajal, José María Ramos, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2015. – V. 99. – Pp. 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.08.010>
8. Carvajal, F. Unravelling the role of abscisic acid in chilling tolerance of zucchini during postharvest cold storage / Fátima Carvajal, Francisco Palma, Raquel Jiménez-Muñoz, Manuel Jamilena, Amada Pulido, Dolores Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2017. – V. 133. – Pp. 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.07.004>
9. Palma, F. Exogenous γ -aminobutyric acid treatment improves the cold tolerance of zucchini fruit during postharvest storage / Francisco Palma, Fátima Carvajal, Raquel Jiménez-Muñoz, Amada Pulido, Manuel Jamilena, Dolores Garrido // *Plant Physiology and Biochemistry*. – 2019. – V. 136. – Pp. 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.01.023>

10. Jiménez-Muñoz, R. Pre-storage nitric oxide treatment enhances chilling tolerance of zucchini fruit (*Cucurbita pepo* L.) by S-nitrosylation of proteins and modulation of the anti-oxidant response / R. Jiménez-Muñoz, F. Palma, F. Carvajal, A. Castro-Cegrí, A. Pulido, M. Jamilena, M. C. Romero-Puertas, D. Garrido // *Postharvest Biology and Technology*. – 2021. – V. 171. – 111345. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111345>
11. Zhang, M. Postharvest hot water dipping and hot water forced convection treatments alleviate chilling injury for zucchini fruit during cold storage / Min Zhang, Wei Liu, Chunhui Li, Tingting Shao, Xue Jiang, Huizhong Zhao, Wenting Ai // *Scientia Horticulturae*. – 2019. – V. 249. – Pp. 219-227. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.058>
12. Bokhary, S.U.F. Pre-storage hot water treatment enhances chilling tolerance of zucchini (*Cucurbita pepo* L.) squash by regulating arginine metabolism / Syed Umar Farooq Bokhary, Li Wang, Yonghua Zheng, Peng Jin // *Postharvest Biology and Technology*. – 2020. – V. 166. – 111229. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111229>
13. Bleoanca, I. Efficacy of two stabilizers in nanoemulsions with whey proteins and thyme essential oil as edible coatings for zucchini / Iulia Bleoanca, Andreea Lanciu, Livia Pa-traşcu, Alina Ceoromila and Daniela Borda // *Membranes*. – 2022. – V. 12(3). – 326. <https://doi.org/10.3390/membranes12030326>
14. Pershakova, T.V. Vliyanie upakovochnykh materialov i absorbera etilena na intensivnost vydeleniya etilena ovoshchami v protsesse khraneniya / Pershakova T.V., Prichko T.G., Kupin G.A., Lisovoy V.V., Aleshin V.N. // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii*. – 2020. – № 63 (3). – S. 318-325. <https://doi.org/10.30679/2219-5335-2020-3-63-318-325>
15. Pershakova, T.V. Matematicheskoe modelirovanie protsessov estestvennoy poteri massy korneplodov morkovi stolovoy pri khranении i razrabotka programmnoy obespecheniya dlya prognozirovaniya srokov godnosti korneplodov / Pershakova T.V., Kupin G.A., Borodikhin A.S., Aleshin V.N. // *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. – 2019. – № 3-1. – S. 151 – 157. DOI: 10.24411/2500-1000-2019-10641
16. Porat, R. Postharvest losses of fruit and vegetables during retail and in consumers' homes: Quantifications, causes, and means of prevention / Porat, R., Lichter, A., Terry, L.A., Harker, R., & Buzby, J. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2018. – V. 139. – Pp. 135-149. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.019>
17. Emond, J.-P. Managing product flow through postharvest systems. In *Postharvest Handling (Fourth Edition). A Systems Approach*. – 2022. – Pp. 363-375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822845-6.00012-9>
18. Nunes, M.C.N. Environmental conditions encountered during typical consumer retail display affect fruit and vegetable quality and waste / Nunes, M.C.N., Emond, J.P., Rauth, M., Dea, S., & Chau, K.V. // *Postharvest Biology and Technology*. – 2009. – V. 51. – Pp. 232-241. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.07.016>
19. Jedermann, R. Reducing food losses by intelligent food logistics / Jedermann, R., Nicometo, M., Uysal, I., & Lang, W. // *Philosophical Transactions of the Royal Society A*. – 2014. – V. 372. – 20130302. <https://doi.org/10.1098/rsta.2013.0302>
20. Filimonau, V. Mitigation of food loss and waste in primary production of a transition economy via stakeholder collaboration: A perspective of independent farmers in Russia / Filimonau, V., Ermolaev, V.A. // *Sustainable Production and Consumption*. – 2021. – V. 28. – Pp. 359-370. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.06.002>