

УДК 579.22:634.1.076:664.8.039

Д. С. Степаненко, Н.В. Тарусова, П. В. Гогунская
**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ХРАНЕНИЯ СВЕЖИХ ПЛОДОВ,
ОБРАБОТАННЫХ ЭЛЕКТРОИОНИЗОВАННЫМ ВОЗДУХОМ**
*Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана
Хмельницкого*

Исследовано влияние ионизированного воздуха на микробиологические показатели свежих плодов черешни, обработанных перед закладкой на хранение воздухом, ионизированным электрическим током коронного разряда. Численность эпифитной микрофлоры на поверхности плодов свежей черешни при их хранении с применением электроионизированного воздуха (ЭИВ) зависит от величины напряжения ионизирующего электрического тока, экспозиции обработки, а также от продолжительности хранения.

Обработка плодов ЭИВ любой концентрации уменьшает количество микроорганизмов на их поверхности. Плоды черешни, хранящиеся с применением электроионизированного воздуха, более длительное время сохраняют устойчивость к поражению возбудителями болезней по сравнению с необработанными плодами. При этом опытные плоды, обработанные ЭИВ, сохраняют привлекательный внешний вид, упругую консистенцию, вкус и аромат, присущие данному виду. Свежие плоды черешни после хранения с использованием электроионизированного воздуха, полученные в соответствии с предлагаемой технологией, по микробиологическим показателям являются безопасными для организма человека.

Ключевые слова: электронно-ионная технология, хранение плодов, электроионизированный воздух (ЭИВ), эпифитная микрофлора, грибы, бактерии, микробиологические показатели.

Д. С. Степаненко, Н. В. Тарусова, П. В. Гогунська
**МИКРОБІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРІГАННЯ СВІЖИХ ПЛОДІВ, ОБРОБЛЕНИХ
ЕЛЕКТРОІОНІЗОВАНИМ ПОВІТР'ЯМ**
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Досліджено вплив іонізованого повітря на мікробіологічні показники свіжих плодів черешні, оброблених перед закладкою на зберігання повітрям, іонізованим електричним струмом коронного розряду.

Ключові слова: електронно-іонна технологія, зберігання плодів, електроіонізоване повітря (ЕІП), епіфітна мікрофлора, гриби, бактерії, мікробіологічні показники.

D. S. Stepanenko, N.V. Tarusova, P. V. Gogunskaja
MICROBIOLOGICAL ASPECTS OF FRESH FRUITS PROCESSED BY IONIZED AIR
*Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана
Хмельницького*

Influence of ionized air on microbiological indices of fresh cherry fruits was studied. The cherry fruits were processed by ionized corona discharge flow. The number of epiphytic microbial flora on fresh cherry fruits' cover depends upon voltage of ionized flow, process exposure, and storage duration.

The processing of ionized air of any concentration decreases the number of microbial flora on its cover. The cherry fruits stored with ionized air application resist to disease excitants much more longer in comparison of unprocessed fruits. Herein the experimental fruits processed by ionized air keep market condition, taste, flavor, and tough consistency. Fresh cherry fruits stored with ionized air



application are completely safe for human health according to microbiological indices.

Key words: electronic-ion technology, fruit storage, ionized air, epiphytic microbial flora, fungi, bacteria, microbiological indices.

Продукты питания – это в первую очередь полезные вещества, которые мы должны получать с пищей в определенном количестве и в определенном соотношении. Нарушение этого баланса – такая же проблема экологии питания, как и охрана внутренней среды организма от потенциально опасных веществ. Нам известно, что от 70 до 90% всех потенциально вредных веществ попадают внутрь организма с пищей. И только 10 – 30% ксенобиотиков поступают с воздухом и водой. Проблемами экологии питания плодотворно занимался академик А.А. Покровский, который еще тридцать пять лет назад, ввел понятие «охраны внутренней среды организма человека как важнейшей части охраны окружающей среды». Поэтому главной задачей экологии питания является предотвращение поступления в организм человека потенциально опасных веществ и максимальное снижение неблагоприятного эффекта, который может быть нанесен организму при их действии (Гаубер-Швенк, 2004).

Для охраны внутренней среды организма человека необходимо исключить поступление различных искусственных загрязнителей (красители, консерванты, загустители и другие пищевые добавки), и собственно загрязнителей химической (тяжелые металлы, пестициды, радионуклиды) и биологической природы. Биологические загрязнители имеют преимущественно природное происхождение. Прежде всего, к ним относятся различные микроорганизмы (бактерии, вирусы, плесневые грибы), всегда присутствующие в окружающей среде и продуктах и при определенных условиях способные привести к опасным последствиям.

В настоящее время нельзя говорить о правильной организации хранения продуктов растениеводства, а во многих случаях и их переработке, без учета возможной деятельности микроорганизмов. Микробиологические показатели позволяют контролировать условия хранения плодов, судить о качестве анализируемых продуктов и их безопасности для здоровья людей. Повсеместное ухудшение экологической обстановки и увеличение социальной нагрузки на человека требуют его полноценного питания, а овощи и фрукты выступают как богатейший источник природных антиоксидантов, биологически активных веществ, незаменимых аминокислот и минеральных элементов. Поэтому потребление их должно быть равномерным в течение всего года. Наряду с увеличением производства свежих плодов и овощей огромное значение приобретает снижение потерь и сохранение их качества при хранении, что является важным резервом улучшения снабжения населения витаминной продукцией круглый год.

В основе многих сельскохозяйственных пищевых производств, технологии хранения пищевых продуктов лежат различные микробиологические процессы. Поэтому изыскание наиболее совершенных способов и методов управления их жизнедеятельностью является актуальной задачей, что позволяет своевременно обнаружить появление нежелательных микробиологических заболеваний и принять меры к их устранению. На поверхности плодов всегда присутствует в изобилии разнообразная микрофлора. Иногда микроорганизмы проникают и внутрь плода. Поэтому в период хранения обязательно необходимо проследивать динамику развития микроорганизмов, выявлять их виды и применять способы обработки, позволяющие максимально снизить микробную обсемененность плодов. Вредными веществами,

образующимися в растительном сырье при хранении, являются и продукты метаболизма микроорганизмов: микотоксины, являющиеся токсичными метаболитами токсикогенных штаммов микроскопических грибов; афлотоксины (АТ), продуцируемые плесневыми грибами *Aspergillus flavus* (Шегель, 1987). В свежих и неповрежденных плодах АТ встречаются редко, но их много в некондиционных, покрытых плесенью овощах и фруктах.

Существует много методов, использование которых позволяет воздействовать на рост и размножение микроорганизмов: термический метод, ультрафиолетовая радиация, радиоактивное излучение. На сегодняшний день наиболее перспективными физическими методами воздействия на микроорганизмы являются электрические. Применение для этих целей электрических полей постоянного и переменного тока позволяет в большинстве случаев достичь бактериостатического и бактерицидного эффекта. Исходя из анализа литературных источников можно заключить, что в области электрической обработки биологических объектов наибольший научный и практический интерес представляет сочетание действия электрического поля, ионизированного воздуха и озона. Отмечено, что различные виды микроорганизмов обладают различной чувствительностью к электрическому воздействию, которая зависит от их физиологического состояния (Болога, 1982). В связи с тем, что плоды черешни представляют для потребителей интерес именно в свежем виде, в данной работе изучался вопрос изменения количественных и качественных показателей эпифитной микрофлоры, развивающейся на поверхности плодов при их хранении с применением электроионизированного воздуха.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в период с 2001 по 2011 гг. на базе Национального института винограда и вина «Магарач» (г. Ялта). Для проведения эксперимента в качестве объекта исследования использовались плоды черешни темного сорта Крупноплодная, выращенные в степной зоне юга Украины. В ходе научного эксперимента было изучено влияние ионизированного воздуха на микробиологические показатели свежих плодов, обработанных перед закладкой на хранение воздухом, ионизированным электрическим током коронного разряда. При изучении влияния ионизированного воздуха на развитие возбудителей микробиологических заболеваний плодов черешни лабораторные исследования с микроорганизмами проводили в соответствии с общепринятыми процедурами (Мейнелл, 1967). Питательные среды готовили в соответствии с общепринятыми методиками (Бырдаров, 1965).

В динамике через каждые 20 суток отбирались образцы с целью выделения с поверхности плодов микроорганизмов различных таксономических групп. В процессе микробиологического контроля определялись показатели, рекомендованные международными стандартами (Медико-биологические требования и санитарные нормы..., 1991), а именно: общее количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) (ГОСТ 10444.15-94); общее количество плесневых грибов (ГОСТ 10444.12-88 – *нет в списке литературы. Дать!*); общее количество бактериальных микроорганизмов (ГОСТ 30518-97). Повторность пятикратная. Выделение представителей эпифитной микрофлоры проводили путем высевания на питательные среды серийных разведений (1:10) водных смывов с образцов черешни. Смывы второго и четвертого разведений (по 0,3 мл) высевали на поверхности питательных сред (картофельно-декстрозный агар) в чашки Петри и равномерно распределяли с помощью стерильного шпателя. Инкубировали на



протяжении 3-7 дней в термостате при температуре +24⁰С. Определение плотности заселения плодов черешни микроорганизмами проводили в пересчете на 1 мм² площади плодов. Первичная оценка выделенных микроорганизмов проводилась методом микроскопического анализа штаммов и отнесения их к основным таксономическим группам – мицелиальные, дрожжеподобные грибы, бактерии. Математическая обработка результатов исследований проводилась по Г. Ф. Лакину (Лакин, 1990). Корреляционный и регрессионный анализы - по Б. А. Доспехову (Доспехов, 1985).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди методов обработки пищевых продуктов и пищевого сырья научный и практический интерес представляет электронно-ионная технология (ЭИТ), основанная на использовании сильных электрических полей и заряженных частиц (аэроионов). Электрическое поле и ионы газов, входящих в состав воздуха, оказывают непосредственное действие на биологические объекты, в частности, на микрофлору пищевых продуктов. Однако, приведенные в литературе сведения о влиянии электрических полей и аэроионов на жизнедеятельность микроорганизмов во многом противоречивы (Базарова, 1979; Бронникова, 1990; Будько, 1982; Бут, 1977; Болога, 1982). О механизме биологического действия ионизированного воздуха также существует несколько гипотез. В частности считается, что действующим фактором при отрицательных аэроионах является отрицательно ионизированный кислород, а эффект положительной аэроионизации связан с положительно ионизированной двуокисью углерода. В то же время другая гипотеза предполагает, что под воздействием зарядов (отрицательных или положительных аэроионов) изменяется ряд биофизических (проницаемость клеточных мембран) и биохимических свойств биообъектов (Бут, 1977).

Ни одной из предложенных гипотез в данное время не отдается предпочтение и для получения окончательного ответа о возможных механизмах действия электрических полей и ионов воздуха требуются дальнейшие методически сложные исследования. Установлено, что обработка плодов потоком ионов снижает микробиологическую обсемененность. Эффект стерилизации усиливается наличием озона (Бронникова, 1990; Болога, 1982; Ковальская, 1966).

В результате проведенных нами исследований установлено, что на количество микроорганизмов разных таксономических групп значительно влияет длительность хранения плодов, величина напряжения ионизационного электрического тока и экспозиция обработки. Численность микроорганизмов уменьшалась при увеличении напряжения тока и экспозиции. Изучение микробиологического поражения плодов черешни показало, что в контрольном варианте на протяжении срока хранения происходило постоянное увеличение численности микроорганизмов. На 40 сутки образцы были сняты с хранения. При этом количество мицелиальных грибов превышало первоначальное содержание в 6, а бактериальных микроорганизмов – в 816 раз.

Динамика численности микроорганизмов разнообразных таксономических групп опытных вариантов в зависимости от режима ионизации была разной. Следует отметить, что на некоторых этапах хранения было зафиксировано резкое увеличение количества микроорганизмов с последующим постепенным ее уменьшением. Это говорит о том, что в ионизированной воздушной среде сложились условия для скрининга только наиболее приспособленных к ним микроорганизмов. Большинство

этих видов было не в состоянии развиваться в данных условиях; наблюдалось незначительное изменение количества плесневых грибов. Такая динамика является для них характерной, что обусловлено адаптацией к условиям окружающей среды; после резкого снижения количества бактериальных микроорганизмов происходило их постепенное увеличение, что объясняется приспособлением наиболее выносливых к условиям, сложившимся в процессе хранения.

В большинстве исследуемых вариантов начало развития мицелиальных грибов происходило на 60 сутки, где их количество было значительно меньше, чем в контрольном варианте на 40 сутки. Установлено, что на этапах длительного хранения плодов черешни в электроионизированной воздушной среде (ЭИВС) не возникало полного отмирания микроорганизмов, но их количество значительно снижалось. На угнетение жизнедеятельности микроорганизмов при использовании в технологии хранения электроионизированного воздуха (ЭИВ) влияла задержка перезревания плодов, вызванная влиянием отрицательных ионов, антисептическим действием озона, который образуется в небольших количествах при коронном разряде, а также иссушением питательной среды электрическим ветром.

Лучшие результаты получены при применении для ионизации воздуха электрического тока напряжением 15000 В при экспозиции 5 минут, где к концу периода хранения количество мицелиальных грибов было почти в 5 раз, а бактериальных микроэпифитов в 6 раз меньше, чем в контрольном варианте при значительно большем сроке хранения. Анализ количественных показателей бактериальных микроэпифитов показал, что они в значительной мере зависят от даты выделения микрофлоры. Математическая обработка полученных результатов показала, что характер зависимости динамики развития бактериальных микроэпифитов на поверхности плодов черешни от длительности хранения при напряжении 5000, 10000, 15000 В имеет идентичный характер, но разные количественные характеристики.

Нами установлено, что между количеством бактериальных микроорганизмов и мицелиальных грибов, обнаруженных на поверхности плодов черешни на этапах хранения, продолжительностью хранения и режимами электроионизации воздуха существуют тесные криволинейные зависимости, выражаемые параболическими функциями, графически представленными на рисунках 1 и 2.

Теоретические линии регрессии, отображающие зависимость количества микроорганизмов, развивающихся на поверхности плодов черешни от продолжительности хранения в ЭИВС свидетельствуют о том, что численность данных микроэпифитов имеет тенденцию к увеличению от исходного уровня с различной скоростью в зависимости от режима ионизации воздуха.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что количественные показатели эпифитной микрофлоры поверхности плодов черешни находятся в значительной зависимости от параметров обработки воздушной среды и продолжительности хранения плодов. Их численность не превышает показателей, установленных стандартами на данный вид продукции (Медико-биологические требования..., 1991). Это позволяет констатировать, что свежие плоды черешни после хранения с использованием электроионизированного воздуха, полученные в соответствии с предлагаемой технологией, по микробиологическим показателям являются безопасными для организма человека.

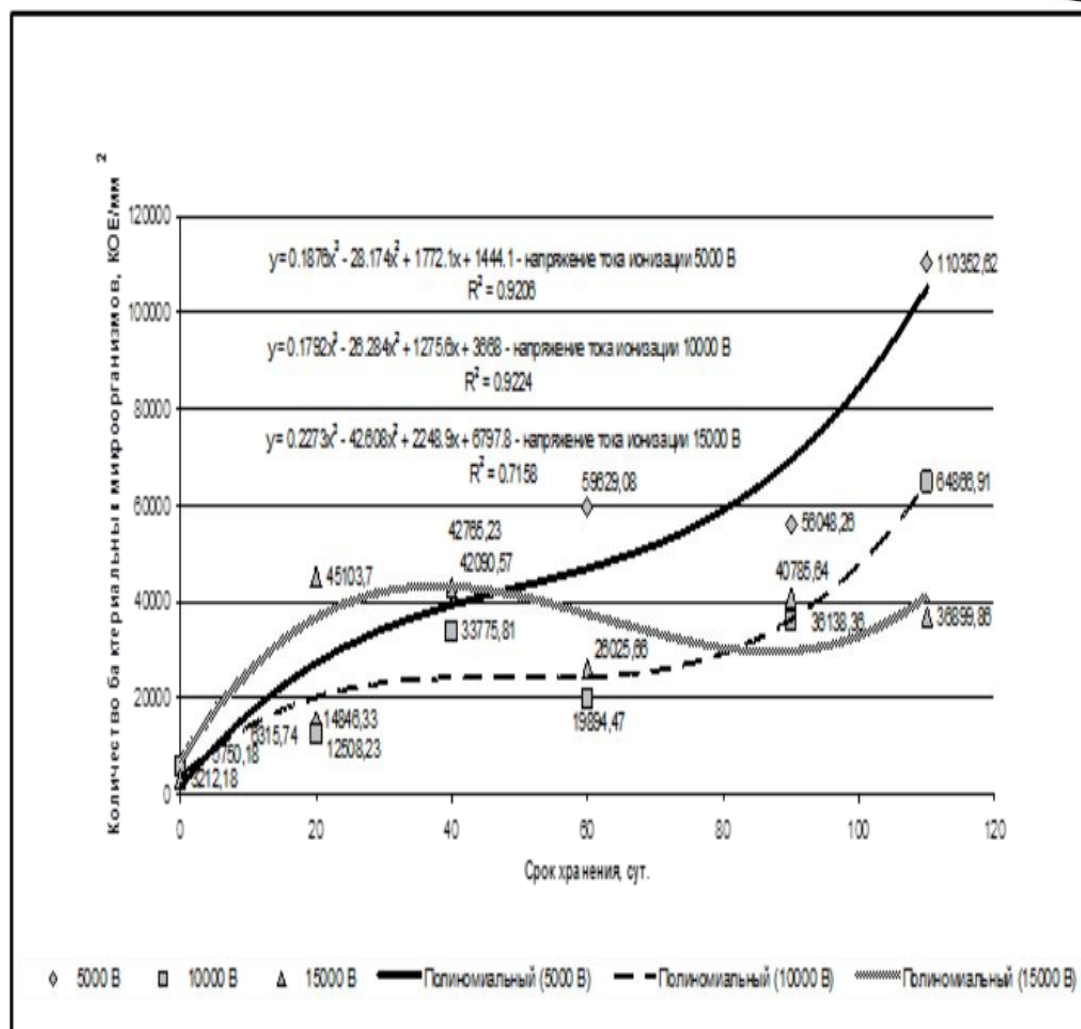


Рис. 1. Зависимость развития бактериальных микроорганизмов на поверхности плодов черешни от срока в ЭИВС

При первичной таксономической оценке выделенных грибов путем микроскопирования установлено, что с поверхности плодов во всех опытных вариантах наиболее часто выделялись грибы родов *Botrytis* sp, *Alternaria* sp, *Monilia* sp, *Trichoderma* sp, *Aspergillus* sp, *Mucor* sp. Грибы вида *Penicillium glaukum*, поражение которыми является характерным для хранящихся плодов черешни, выделены не были. Очевидно, ионизированный воздух подавлял их развитие. Относительно развития мицелиальных грибов на поверхности плодов черешни во время хранения можно сделать вывод, что высокая степень электроионизации воздуха с преобладанием отрицательных ионов предупреждает развитие грибных болезней благодаря тому, что в такой среде складываются неблагоприятные условия для прорастания спор.

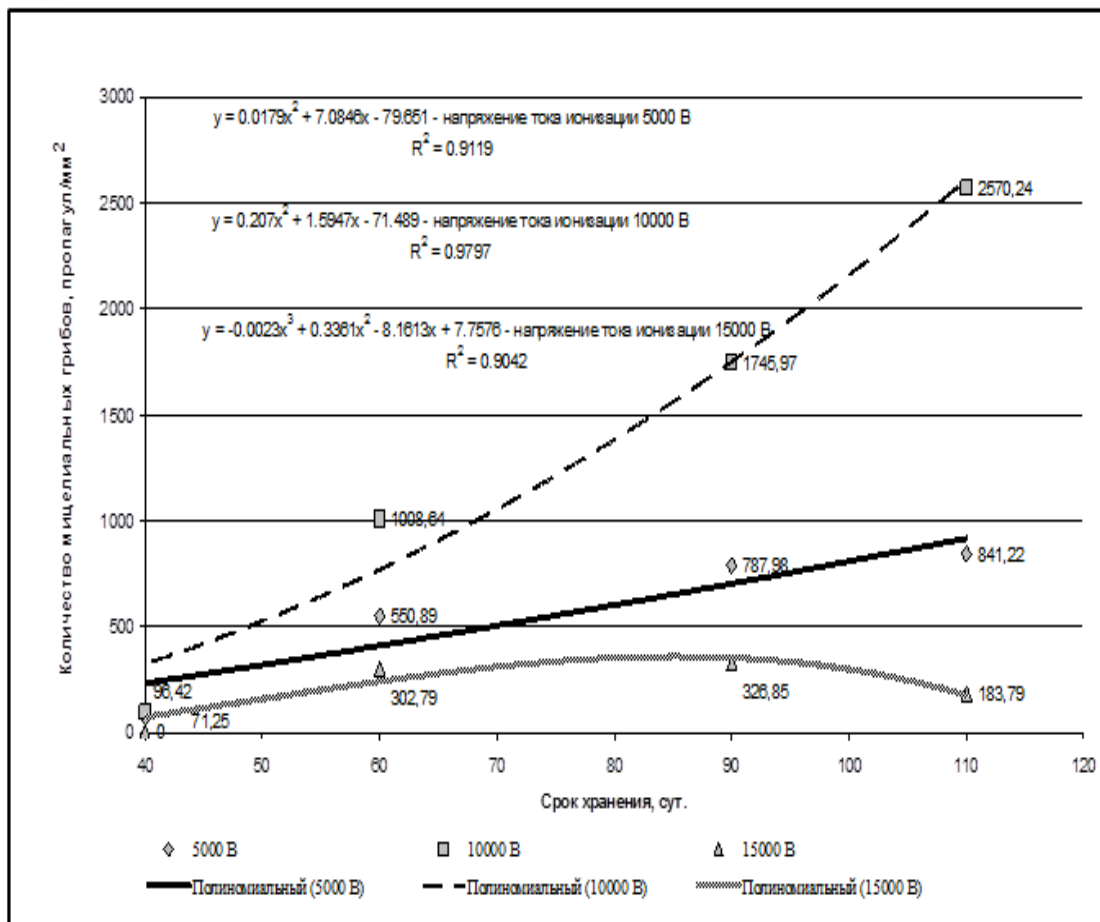


Рис. 2. Зависимость развития мицелиальных грибов на поверхности плодов черешни от срока в ЭИВС.

При исследовании количественных показателей дрожжевидных грибов нами установлено, что во всех вариантах и на всех этапах эксперимента они не были выделены на используемой питательной среде, из чего можно сделать вывод, что ионизированный воздух угнетал их развитие. Бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) также обнаружено не было. Таким образом, оценка микробиологического загрязнения обработанных и контрольных плодов подтверждает бактериостатический эффект электроионизированного воздуха.

ВЫВОДЫ

На основании полученных результатов динамики изменения численности микроорганизмов в процессе хранения черешни в зависимости от напряжения тока, ионизации и экспозиции, можно сделать следующие выводы:

1. Численность эпифитной микрофлоры на поверхности плодов свежей черешни при их хранении с применением ЭИВ зависит от величины напряжения ионизирующего электрического тока, экспозиции обработки, а также от продолжительности хранения.
2. Обработка плодов ЭИВ любой концентрации уменьшает количество микроорганизмов на их поверхности.



3. Использование напряжения электрического тока ионизации 15000 В и экспозиции 5 минут (оптимальный режим) уменьшает общую микробиологическую обсемененность в 2,2 раза.

4. Ионизированный воздух угнетает развитие дрожжевидных грибов.

5. Плоды черешни, хранящиеся с применением электроионизированного воздуха, более длительное время сохраняют устойчивость к поражению возбудителями болезней по сравнению с необработанными плодами. При этом опытные плоды, обработанные ЭИВ, сохраняют привлекательный внешний вид, упругую консистенцию, вкус и аромат, присущие данному виду.

6. Свежие плоды черешни после хранения с использованием электроионизированного воздуха, полученные в соответствии с предлагаемой технологией, по микробиологическим показателям являются безопасными для организма человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Базарова, В. И. (1979). Применение озона при хранении яблок. В *Проблемы качества и биологической ценности пищевых продуктов*. Ленинград.
- Болога, М. К. (1982). Исследование влияния газового разряда на жизнедеятельность микроорганизмов. *Электронная обработка материалов*, 2, 62–65.
- Бронникова, И. И., Штшкіна, Н. С., Смирнова, Г. Г. (1990). Гигиеническое изучение апельсинов, подвергшихся электронной обработке с целью удлинения их сроков хранения. *Гигиена и санитария*, 7, 32–34.
- Будько, Н. П. (1982). *Исследование процесса ионизации и озонирования воздушной среды в картофелехранилищах* (дис. канд. техн. наук: 05.20.02). Киев.
- Бут, А. И. (1977). *Применение электронно-ионной технологии в пищевой промышленности*. Москва: Пищевая промышленность.
- Бырдаров, С. (1965). *Экспериментальная микология*. София: Медицина и физкультура.
- Гаубер-Швенк, Г. (2004). *Харчування: dtv-Atlas*. Київ: Знання-Прес.
- ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

ГОСТ 30518-97. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).

ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов

Доспехов, Б.А. (1985). *Методика полевого опыта*. Москва: Агропромиздат.

Ковальская, Л.П., Силаева, С. В. (1966). О характере микробиологической порчи плодов и овощей, обработанных ионизирующими излучениями. *Консервная и овощесушильная промышленность*, 5, 33–37.

Лакин, Г. Ф. (1990). *Биометрия*. Москва: Высшая школа.

Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. МЗ СССР №5061-89. Доп. №122 12/805 от 19.11.1991.

Мейнелл Д., Мейнелл, Д. (1967). *Экспериментальная микробиология*. Москва: Мир.

Мусина, Л.Т. (2001). *Физиология бактерий (часть 1, 2)*. Казань: КГМУ.

Шегель, Г. (1987). *Общая микробиология*. Уфа: Ихтик.

REFERENCES

Bazarova, V.I. (1979). *Usage of ozone in apple conservation. In Problems of quality and biological value of food*. Leningrad.

Bologa, M. K. (1982). Research of influence of gas discharges on microbial activity. *Electronic materials processing*, 2, 62 –65.

Bronnikova, I. I., Shishkina, N. S. & Smirnova, G. G. (1990). Hygienic Research of oranges electronic processing towards lengthening of their keeping period. *Hygiene and Sanitary*, 7, 32 – 34.

Budko, N. P. (1982). *Research of Air Ionization and Ozonation in Potato Storages* (Doctoral



- dissertation). Kiev,.
- But, A. I. (1977). *Application of electronic-ion technology in food industry. In Food Industry*. Moscow: Food Industry.
- Byrdarov, S. (1965). *Experimental Mycology*. Sofia: Medicine and Physical Culture.
- Gauder-Shvenk, G. (2004). *Feeding: dtv-Atlas*. Kiev.
- Test Method of Mesophylic Aerobic and Optionally Anaerobic Microorganisms Count*. Foods. National State Standard 10444.12-88.
- Test Methods of E. Coli counts (Coliforming bacteria)*. Foods. National State Standard 10444.12-88.
- Yeasts and Mold Fungi Test Methods*. Foods. National State Standard 10444.12-88.
- Dospikhov, B. A. (1985). *Methodic of Field Experiment*. Moscow: Agropromizdat.
- Kovalskaia, L. P. & Silaeva, S. V. (1966). Towards the character of microbiological decay of fruits and vegetables processed with ionizing radiation. *Cannery and Vegetable Drying Industry*, 5, 33 – 37.
- Lakin, G. F. (1990). *Biometry*. Moscow: V. Shkola.
- Biomedical Requirements and Sanitary Standards of Quality of Food Staples and Foods. *USSR Ministry of Health*. 5061-89. Supplement 122 12/805. 19.11.1991.
- Maynell, D. & Maynell, E. (1967). *Experimental Microbiology*. Moscow: Mir.
- Musina, L. T. (2001). *Bacterial Physiology (Part 1, 2)*. Kazan: Kazan State Medicine University.
- Shegel, G. (1987). *General Microbiology*. Ufa: Ichtik.

© Д.С. Степаненко, Н.В. Тарусова, П. В. Гогунская, 2012
© D. S. Stepanenko, N.V. Tarusova, P.V. Gogunskaiia, 2012

Надійшла до редколегії 19.12.2011 р.