

МРНТИ 65.01.90

И.В. Соболев¹ – основной автор, | ©
А.А. Варивода², Л.В. Донченко³



^{1,2}Канд. техн. наук, доцент, ³Д-р. техн. наук, профессор

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0003-0641-6261> ²<https://orcid.org/0000-0002-5931-2119>

³<https://orcid.org/0000-0002-1468-4808>



^{1,2,3}ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет им.
И.Т. Трубилина,



г. Краснодар, Россия



¹iv-sobol@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/CXJQ1799>

РАЗРАБОТКА НАУЧНОЙ КОНЦЕПЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СПОСОБОВ ХРАНЕНИЯ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Аннотация. В работе обоснованы и разработаны режимы хранения яблок в измененной газовой среде путем создания, изолированного «замкнутого контура» из полиэтилена высокого давления; подтверждена целесообразность создания высокоэффективных технологий при хранении свежих плодов в регулируемой атмосфере, в биоактивных бактерицидных упаковках и путем создания микропленки на поверхности плодов. Доказана перспективность применения прогрессивного метода хранения плодов в измененной газовой атмосфере путем создания, изолированного «замкнутого контура» в отдельно взятой холодильной камере без применения дорогостоящего оборудования (в нормальной и субнормальной газовой среде). Разработаны новые технологии хранения плодов яблони, подверженных инфекционным и физиологическим заболеваниям, на основе усовершенствованных способов хранения с минимальными потерями. Применен способ дополнительной обработки плодов перед закладкой на хранение биологически активными препаратами, снижающими развитие микробных поражений.

Ключевые слова: яблоки, хранение, модифицированная газовая среда, замкнутый контур, поверхностная обработка, биоактивные покрытия, бактерицидные упаковки.



Соболев, И.В. Разработка научной концепции экологически безопасных промышленных способов хранения продукции растениеводства [Текст] / И.В. Соболев, А.А. Варивода, Л.В. Донченко // Механика и технологии / Научный журнал. – 2025. – №3(89). – С.91-99. <https://doi.org/10.55956/CXJQ1799>

Введение. Значительная часть выращенной плодовой продукции теряется при хранении, часто эти потери по некоторым видам достигают 30%, а иногда и 50%. Поэтому разработка высокоэффективных технологий хранения является актуальными на сегодняшний день.

Все способы хранения плодов в измененной газовой атмосфере могут классифицироваться по типу используемой среды, способу управления, методам создания среды и т.д. [1-3].

История развития способов хранения плодоовощной продукции показывает, что в большинстве случаев используется атмосферный воздух и его отдельные компоненты. Хранение в искусственно созданных газах (например, озоне) не нашло широкого применения на практике в силу их высокой стоимости или малой эффективности (для плодов).

Основываясь на газовом составе атмосферного воздуха и в зависимости от типа созданной на его основе среды проведены исследования по хранению плодов яблок:

- в модифицированной газовой среде;
- с нанесением на поверхность плодов биологически активных препаратов.

Достоинства хранения плодов и овощей в модифицированной (МГС) и регулируемой (РГС) газовых средах известны давно. Применение такого метода хранения тормозит процесс дыхания растительной продукции, и как следствие, продлевает сроки хранения и улучшает лежкость и сохраняемость продукции. При этом в значительной мере снижается повреждение продукции физиологическими и микробиологическими заболеваниями, сохраняется иммунитет, улучшается качество товарной продукции, повышается ее выход [3-6].

Основой биохимических и физиологических процессов, проходящих при созревании плодов является процесс дыхания, при котором происходит активное выделение энергии, в виде тепла, углекислого газа и воды [7-10].

На скорость процесса дыхания в растительных клетках, наряду с температурой и влажностью, важную роль оказывает состав газовой среды – соотношение O_2 и CO_2 . Следовательно, данные о влиянии компонентов газовой среды на интенсивность процесса дыхания, представляют особый интерес [11-14].

Активаторами O_2 в растительных клетках являются окислительно-восстановительные (полифенолоксидаза, цитохромоксидаза, аскорбинатоксидаза и др.) и флавопротеиновые ферменты. Наибольшую активность они могут проявлять на заключительных этапах дыхания. Изменение содержания CO_2 и O_2 влияет на активность оксидаз. Так, при низких концентрациях O_2 повышается активность пероксидазы и цитохромоксидазы, но снижается активность флавопротеиновых ферментов. При этом активность аскорбинатоксидазы и полифенолоксидазы занимает среднее положение.

Высокое содержание CO_2 (до 7...10%) резко замедляют процесс дыхания в результате инактивации цитохромоксидазы, карбоксилазы, пируватдегидрогеназы и др., а следовательно, снижают процессы метаболизма в плодах.

Переход от фазы созревания плодов в фазу старения (перезревания) характеризуется изменением активности ферментативных систем, катализирующих тот или иной процесс [15-18].

Поэтому перспективным и актуальным является разработка метода хранения плодов в модифицированной газовой среде путем создания изолированного контура и системы снижения потерь плодов на основе проведения комплексных послеуборочных обработок биологически активными препаратами.

Условия и методы исследования. Объектами являлись плоды яблок перспективных сортов Гала и Флорина, выращенные в почвенно-климатических условиях Краснодарского края (Россия). Исследования

проводились в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», на факультете пищевых технологий.

Целью исследований являлось исследование лежкости и сохраняемости сортов яблок в условиях модифицированных газовых сред и возможности снижения потерь плодов после проведения дополнительной обработки биологически активными препаратами.

Для создания модифицированных газовых сред использовали полиэтиленовую (п/э) пленку, толщиной 40, 60 и 120 мкм.

Для дополнительной обработки плодов применяли биологически активный препарат Фитоспорин-М. Он защищает растения от грибковых и бактериальных заболеваний в процессе вегетации. Выдвигается гипотеза, что аналогичное действие будет проявляться и в процессе хранения плодов.

Аналитические и экспериментальные исследования основывались на макроскопической теории газов, современных представлениях о физиологическом состоянии объектов хранения, теории массообмена, технологиях хранения различных плодов.

Плоды яблок исследуемых сортов укладывали в ящики и помещали в полиэтиленовую пленку различной толщины, параллельно закладывали контрольный образец, без пленки. Также были заложены на хранение плоды, обработанные раствором Фитоспорин-М. Все подготовленные образцы хранили в холодильнике при температуре 0...+2°C.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что при хранении яблок в модифицированной газовой среде (МГС) и оптимальных режимах, процесс дыхания проходит наиболее медленно. Так, после 5...7 месяцев хранения активность процесса дыхания у яблок сорта Гала и Флорина составила 55-77 ед., в сравнении с контрольными образцами, заложеными на хранение в обычных условиях.

У яблок сорта Гала исходное состояние характеризуется наименьшей величиной интенсивности дыхания (2,3 мг/кг/ч), которая незначительно выше у яблок сорта Флорина (2,7 мг/кг/ч), но разными сроками климактерического подъема. В контрольном варианте хранения у сорта Гала климактерический подъем дыхания начался через 5,5 мес., у сорта Флорина – через 4 мес. При хранении в пленке толщиной 120 мкм, при повышенном содержании CO₂, климактерический подъем дыхания был слабо выражен и растянулся во времени.

Сроки наступления климактерического подъема дыхания плодов и крутизна падения коррелируют со скоростью выхода на газовый режим в «изолированном контуре» и со скоростью протекания биохимических процессов. С целью выяснения дыхательного газообмена при хранении яблок в «изолированном контуре», проводилось определение газового состава с помощью газоанализатора ГХП-75. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Из данных таблицы 1 видно, что при хранении плодов в МГС изменение состава газовой среды происходит в сторону повышения содержания углекислого газа и снижения количества кислорода. Активность изменения соотношения углекислого газа и кислорода связана с сортовыми особенностями плодов яблок. Данные приведенные в табл. 1 показывают, что наибольшие изменения газового состава наблюдаются в первые два месяца хранения, затем активность дыхательных процессов замедляется.

В МГС из п/э пленки 40-60 мкм установившийся режим (за счет дыхания плодов) стабилен до конца хранения (7 мес.).

В МГС из п/э пленки 120 мкм газовая среда создавалась также в результате дыхания плодов.

Таблица 1

Содержание O₂ и CO₂ в модифицированной газовой среде (МГС)

Сорт яблок	Состав воздуха в МГС при хранении, %							
	1 месяц		2 месяца		4 месяца		7 месяцев	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
Сорт Флорина								
П/э пленка 120 мкм	14,5	6,5	13,0	8,0	12,0	9,0	11,4	9,6
П/э пленка 40-60 мкм	18,0	3,0	14,2	6,8	12,8	8,2	12,8	8,2
Сорт Гала								
П/э пленка 120 мкм	15,2	5,8	14,0	7,0	12,5	8,5	12,1	8,9
П/э пленка 40-60 мкм	19,0	1,0	15,3	5,7	13,5	7,5	13,0	8,0

Биохимические показатели качества представлены в таблице 2. Плоды после 7 месяцев хранения в МГС имели хорошую сохранность сухих веществ и сахаров, но более кислый вкус, чем плоды, хранившиеся при свободном доступе воздуха. При этом более высокая кислотность плодов обусловлена, главным образом, содержанием яблочной кислоты, что объясняется ингибирующим действием углекислого газа на интенсивность дыхания.

Изменения массовой доли аскорбиновой кислоты в яблоках под влиянием газовой среды мало отличались от контрольных образцов. Это подтверждает предположение о меньшей зависимости динамики витамина С от состава среды, большую корреляцию с температурным режимом хранения. Повышенное содержание углекислого газа и пониженное содержание кислорода в среде в меньшей мере способствовало дозреванию плодов, о чем говорят данные содержания спирта и ацетальдегидов после 7 месяцев хранения. Массовая доля их при хранении в «замкнутом контуре» была минимальной в сравнении с контролем (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели исследуемых сортов яблок после 7 месяцев хранения в МГС

Способ хранения	Растворимые сухие вещества, %	Сахара общие, %	Общая кислотность, %	Пектиновые вещества, %		Полифенольные вещества, %	Витамин С, мг %
				Растворимый пектин	Протопектин		
1	2	3	4	5	6	7	8
Сорт Гала							
При закладке на хранение	13,0	12,0	0,33	0,29	0,62	240,0	7,0
Контроль (без обработки)	12,2	10,9	0,22	0,26	0,40	190,0	4,7
В п/э пленке 40 мкр.	12,4	11,2	0,23	0,25	0,44	190,0	5,0

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8
В п/э пленке 60 мкр.	12,5	11,4	0,24	0,23	0,45	196,0	5,5
В п/э пленке 120 мкр.	12,7	11,7	0,26	0,22	0,50	220,0	5,9
Сорт Флорина							
При закладке на хранение	12,0	10,8	0,58	0,34	0,50	150,0	8,8
Контроль (без обработки)	10,3	9,8	0,36	0,13	0,27	123,3	6,9
В п/э пленке 40 мкр.	10,4	9,8	0,38	0,13	0,30	124,5	7,4
В п/э пленке 60 мкр.	10,8	10,0	0,38	0,12	0,32	126,3	7,4
В п/э пленке 120 мкр.	11,3	10,4	0,44	0,13	0,42	131,5	7,7

Следует отметить, что яблоки, хранившиеся в МГС в п/э пленках 40 и 60 мкм, имели также хорошие результаты хранения по товарным и химическим показателям качества (в сравнении с контролем), но уступали яблокам хранившимся в МГС в п/э пленке 120 мкм по всем показателям.

Обработка яблок сорта Флорина перед закладкой на хранение биологическим препаратом Фитоспорин-М (в п/э пленке 40-60 мкм) также положительно повлияла на качество хранения, понизив потери от микробиальной порчи, и сократила разрыв по выходу товарной продукции между плодами, хранившимися в п/э пленке 120 мкм.

Из полученных результатов (табл. 3), видно, что метод хранения яблок в модифицированной газовой среде дает выраженный положительный эффект, так как значительно уменьшаются потери (с 4,5% до 0,4%) от убыли массы и, что очень важно, от микробиологической порчи с 4,6% до 0,8% и физиологических заболеваний, что гарантирует сохранность питательных веществ. При этом выход товарных сортов увеличился на 7-8,5% в зависимости от сорта.

Таблица 3

Товарное качество яблок при хранении в МГС

Метод хранения	За 4 месяца хранения				За 7 месяцев хранения			
	Естеств. убыль, %	Порча, %	Сумма потерь, %	Выход товарной продукции, %	Естеств. убыль, %	Порча, %	Сумма потерь, %	Выход товарной продукции, %
Сорт Флорина								
Контроль	2,4	1,4	3,8	96,2	4,9	3,7	8,6	91,4
В п/э пленке 40 мкм	0,02	0,0	0,02	100,0	0,7	3,1	3,8	96,2
В п/э пленке 60 мкм	0,02	0,0	0,02	100,0	0,6	2,4	3,0	97,0
В п/э пленке 120 мкм	0,01	0,0	0,01	100,0	0,5	1,1	1,6	98,4
Сорт Гала								
Контроль	2,1	2,7	4,8	95,2	4,2	5,1	9,3	90,7
В п/э пленке 40 мкм	0,03	0,0	0,03	100,0	0,6	3,9	4,4	95,6
В п/э пленке 60 мкм	0,03	0,0	0,03	100,0	0,5	2,0	2,5	97,5
В п/э пленке 120 мкм	0,01	0,0	0,01	100,0	0,4	0,7	1,1	98,9

Закключение. При хранении яблок в измененной газовой атмосфере необходимо соблюдать следующие требования: на хранение закладывать плоды с высокими показателями качества, в оптимальной зрелости; камеры загружать однородной по лежкости продукцией и сразу после сбора; сорта, восприимчивые к загару, нужно обрабатывать антиоксидантами или биологическими препаратами. Несоблюдение этих условий сокращает сроки хранения, увеличивает потери и значительно снижает качество плодов.

Таким образом, исследования показали, что предлагаемый нами метод хранения яблок в изолированном «замкнутом контуре» с использованием полиэтилена высокого давления с толщиной пленки 120 мкм, без использования дорогостоящего оборудования и материалов для герметизации камер позволяет добиться результатов хранения, близких к хранению яблок в регулируемой среде. Возможно использование существующих емкостей фруктохранилищ, при этом сохраняя постоянный доступ в камеры, что очень важно для хозяйств, выращивающих сравнительно небольшие объемы яблок и не имеющих возможности для строительства отдельных холодильных мощностей.

Инфекционные и физиологические заболевания плодов ежегодно наносят огромный экономический ущерб отрасли. Данная проблема решается за счет обработки безвредными и эффективными препаратами, снижающими микробиологическую нагрузку в пищевых технологиях.

Список литературы

1. Pavlath A.E., Orts W. Edible films and coatings: why, what, and how? // *Edible Films and Coatings for Food Applications* / Ed. by M.E. Embuscado, K.C. Huber. – New York: Springer, 2009. – Ch. 1. – P. 1-23.
2. Хасанова, Г.Б. Биоразлагаемые полимеры – путь к устойчивому развитию природы и общества [Текст] / Г.Б. Хасанова // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2014. – Т. 17. – № 18. – С. 323-325.
3. Suput D. Edible films and coatings – sources, properties and application // *Food and Feed Research*. – 2015. – Vol. 42, № 1. – P. 11-22.
4. Morris C., Brody A.L., Wicker L. Non-Thermal Food Processing/Preservation Technologies: A Review with Packaging Implications // *Packaging Technology and Science*. – 2007. – Vol. 20, № 4. – P. 275-286.
5. Ortiz C.M., de Moraes J.O., Vicente A.R., Laurindo J.B., Mauri A.N. Scale-up of the production of soy (*Glycine max* L.) protein films using tape casting: Formulation of film-forming suspension and drying conditions // *Food Hydrocolloids*. – 2017. – Vol. 66. – P. 110-117.
6. Тужиков, О.И. Зеленые полимеры [Текст] / О.И. Тужиков, О.О. Тужников. – Волгоград, 2016. – 80 с.
7. Baldwin E., Hagenmaier R., Bie J. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. – Boca Raton: CRS Press, 2011. – 460 p.
8. Arvanitoyannis I.S., Stratakis A.C. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: a review // *Food and Bioprocess Technology*. – 2012. – Vol. 5. – P. 1423-1446.
9. Duen J., Zhao Y. Edible coatings and films and their application on frozen foods // *Hand book of Frozen Food Processing and Packaging* / Ed. by De-Wen Sun. – Boca Raton: CRS Press, 2011. – P. 875-892.
10. Тертышная Ю.В. Биоразлагаемые полимеры: перспективы их применения в промышленности России [Текст] / Ю.В. Тертышная, Л.С. Шильбряева // *Экология и промышленность России*. – 2015. – Т. 19. – № 8. – С. 20-25.
11. Fryer P.J., Versteeg C. Processing technology innovation in the food industry // *Innovation: Management, Policy & Practice*. – 2008. – Vol. 10, № 1. – P. 74-90.

12. Kontominas M. Bioactive Food Packaging. – Lancaster: DEStech Publications, 2015. – P. 381-385.
13. José M.L., Maria G. Shelf life of fresh foal meat under MAP, over wrap and vacuum packaging conditions // Meat Science. – 2012. – Vol. 92. – P. 610-618.
14. Хоконова, М.Б. Способы создания и поддержания в камерах хранилищ газовой среды заданного состава при использовании газообразного азота [Текст] / М.Б. Хоконова // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. – 2021. – № 2 (32). – С. 74-77.
15. Жеруков, Т.Б. Продолжительность и эффективность хранения плодов груши в зависимости от применения различных режимов МГС и сроков съема плодов [Текст] / Т.Б. Жеруков, А.Ю. Кишев // Репутацология. – 2016. – № 3 (41). – С. 54-57.
16. Никитин, А.Л. Хранение яблок: прошлое, настоящее, будущее [Текст] / А.Л. Никитин, М.А. Макаркина. – Орел: Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 2020.
17. Хубаева, Е.Р., Тохтиева Л.Х., Цугкиева В.Б. Совершенствование способов хранения плодов яблони [Текст] / Е.Р. Хубаева, Л.Х. Тохтиева, В.Б. Цугкиева // Материалы Всероссийской научно-практической конференции (заочной): Достижения науки – сельскому хозяйству. – 2017. – С. 215-218.
18. Гурин, А.В. Товарные показатели плодов яблони при хранении в условиях промышленного холодильника с РГС [Текст] / А.В. Гурин // Материалы Всероссийской научно-методической конференции молодых ученых: Актуальные проблемы садоводства России и пути их решения. – 2007. – С. 325-329.

Материал поступил в редакцию 19.09.25, принят 25.09.25.

И.В. Соболев¹, А.А. Варивода¹, Л.В. Донченко¹

*¹И.Т. Трубилин атындағы Кубань мемлекеттік аграрлық университеті,
Краснодар қ., Ресей*

ӨСІМДІК ШЫҒАРМАШЫЛЫҒЫ ӨНІМДЕРІН САҚТАУДЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗ ӨНЕРКӘСІПТІК ӘДІСТЕРІНІҢ ҒЫЛЫМИ КОНЦЕПЦИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Жұмыста жоғары қысымды полиэтиленнен жасалған оқшауланған «жабық контур» құру арқылы алма сақтау режимдері ғылыми тұрғыда негізделіп, жасалды; реттелетін атмосферада, биоактивті бактерицидтік қаптамаларда және жемістердің бетінде микрожабын қалыптастыру арқылы жаңа піскен жемістерді сақтауда жоғары тиімді технологияларды қолданудың мақсаттылығы дәлелденді. Қымбат жабдықты қолданбай-ақ (қалыпты және субқалыпты газдық ортада) жеке тоңазытқыш камерада оқшауланған «жабық контур» құру арқылы өзгертілген газдық атмосферада жемістерді сақтаудың озық әдісін қолданудың болашағы айқындалды. Инфекциялық және физиологиялық ауруларға бейім алмаларды минималды шығынмен сақтау үшін жетілдірілген әдістер негізінде жаңа сақтау технологиялары әзірленді. Жемістерді сақтауға қойғанға дейін биологиялық белсенді препараттармен қосымша өңдеу әдісі қолданылып, микробиалды зақымданулардың дамуы төмендетілді.

Тірек сөздер: алма, сақтау, модификацияланған газдық орта, жабық контур, беткі өңдеу, биоактивті жабындар, бактерицидтік қаптамалар.

I.V. Sobol¹, A.A. Varivoda¹, L.V. Donchenko¹

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

DEVELOPMENT OF A SCIENTIFIC CONCEPT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY INDUSTRIAL SYSTEMS FOR STORING PLANT PRODUCTS

Abstract. The paper substantiates and develops storage modes for apples in a modified gas environment by creating an isolated "closed loop" made of high-pressure polyethylene; the feasibility of creating highly effective technologies for storing fresh fruits in a controlled atmosphere, in bioactive bactericidal packaging and by creating a microfilm on the surface of the fruits is confirmed. The prospects of using a progressive method of storing fruits in a modified gas atmosphere by creating an isolated "closed circuit" in a separate refrigeration chamber without the use of expensive equipment (in a normal and subnormal gas environment) have been proven. New technologies for storing apple fruits susceptible to infectious and physiological diseases have been developed based on improved methods of storage with minimal losses. A method of additional processing of fruits before placing them in storage with biologically active preparations that reduce the development of microbial lesions has been applied.

Keywords: apples, storage, modified gas environment, closed circuit, surface treatment, bioactive coatings, bactericidal packaging.

References

1. Pavlath A.E., Orts W. Edible films and coatings: why, what, and how? // *Edible Films and Coatings for Food Applications* / Ed. by M.E. Embuscado, K.C. Huber. – New York: Springer, 2009. – Ch. 1. – P. 1–23.
2. Khasanova G.B. Bio-razlagaemye polimery – put' k ustoychivomu razvitiyu prirody i obshchestva [Biodegradable polymers – a way to sustainable development of nature and society] // *Bulletin of Kazan Technological University*. – 2014. – Vol. 17. – No. 18. – P. 323–325. [in Russian].
3. Suput D. Edible films and coatings – sources, properties and application // *Food and Feed Research*. – 2015. – Vol. 42, No. 1. – P. 11–22.
4. Morris C., Brody A.L., Wicker L. Non-Thermal Food Processing/Preservation Technologies: A Review with Packaging Implications // *Packaging Technology and Science*. – 2007. – Vol. 20, No. 4. – P. 275–286.
5. Ortiz C.M., de Moraes J.O., Vicente A.R., Laurindo J.B., Mauri A.N. Scale-up of the production of soy (*Glycine max* L.) protein films using tape casting: Formulation of film-forming suspension and drying conditions // *Food Hydrocolloids*. – 2017. – Vol. 66. – P. 110–117.
6. Tuzhikov O.I., Tuzhnikov O.O. Zelenye polimery [Green polymers]. – Volgograd, 2016. – 80 p. [in Russian].
7. Baldwin E., Hagenmaier R., Bie J. Edible Coatings and Films to Improve Food Quality. – Boca Raton: CRS Press, 2011. – 460 p.
8. Arvanitoyannis I.S., Stratakis A.C. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: a review // *Food and Bioprocess Technology*. – 2012. – Vol. 5. – P. 1423–1446.
9. Duen J., Zhao Y. Edible coatings and films and their application on frozen foods // *Hand book of Frozen Food Processing and Packaging* / Ed. by De-Wen Sun. – Boca Raton: CRS Press, 2011. – P. 875–892.
10. Tertyshnaya Yu.V., Shil'bryaeva L.S. Bio-razlagaemye polimery: perspektivy ikh primeneniya v promyshlennosti Rossii [Biodegradable polymers: prospects of their application in Russian industry] // *Ecology and Industry of Russia*. – 2015. – Vol. 19. – No. 8. – P. 20–25. [in Russian].

-
11. Fryer P.J., Versteeg C. Processing technology innovation in the food industry // *Innovation: Management, Policy & Practice*. – 2008. – Vol. 10, No. 1. – P. 74-90.
 12. Kontominas M. *Bioactive Food Packaging*. – Lancaster: DEStech Publications, 2015. – P. 381-385.
 13. José M.L., Maria G. Shelf life of fresh foal meat under MAP, over wrap and vacuum packaging conditions // *Meat Science*. – 2012. – Vol. 92. – P. 610-618.
 14. Khokonova M.B. Sposoby sozdaniya i podderzhaniya v kamerakh khranilishch gazovoy sredy zadannogo sostava pri ispol'zovanii gazoobraznogo azota [Methods of creating and maintaining a storage chamber gas atmosphere of a given composition using gaseous nitrogen] // *Proceedings of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov*. – 2021. – No. 2 (32). – P. 74-77. [in Russian].
 15. Zherukov T.B., Kishev A.Yu. Prodolzhitel'nost' i effektivnost' khraneniya plodov grushi v zavisimosti ot primeneniya razlichnykh rezhimov MGS i srokov syema plodov [Duration and efficiency of pear storage depending on various controlled atmosphere regimes and harvest time] // *Reputatsiology*. – 2016. – No. 3 (41). – P. 54-57. [in Russian].
 16. Nikitin A.L., Makarkina M.A. *Khranenie yablok: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [Apple storage: past, present, future]. – Orel: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 2020. [in Russian].
 17. Khubaeva E.R., Tokhtieva L.Kh., Tsugkieva V.B. Sovershenstvovanie sposobov khraneniya plodov yablони [Improvement of methods for apple storage] // In: *Achievements of Science for Agriculture. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference (correspondence)*. – 2017. – P. 215-218. [in Russian].
 18. Gurin A.V. Tovarnye pokazateli plodov yablони pri khranении v usloviyakh promyshlennogo kholodil'nika s RGS [Market indicators of apple fruits during storage in industrial refrigerators with controlled atmosphere] // In: *Actual Problems of Horticulture in Russia and Ways of their Solution. Proceedings of the All-Russian Scientific and Methodological Conference of Young Scientists*. – 2007. – P. 325-329. [in Russian].