

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НАТУРАЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА

Семиряжко Е.С., Яковлева Т.В., канд. тех. наук, доцент,
Тягушева А.А., Яцушко Е.С.

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного
научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»
(Краснодар, Россия)
e.glazacheva@yandex.ru*

Реферат. Известно, что потребление свежих фруктов и ягод зависит от сезонности, поэтому для продления срока употребления важно правильно обеспечивать их режим хранения. При послеуборочном дозревании фруктов и ягод происходят процессы, которые влияют на качество сырья и в конечном итоге, приводят к его увяданию и порче. В связи с этим, для снижения потерь от естественной убыли, микробиологической порчи требуется дополнительная обработка. Средством для защиты фруктового и ягодного сырья при хранении могут стать съедобные пленкообразные покрытия. В связи с этим, целью данного исследования явилась разработка рецептуры съедобного пленкообразующего покрытия на основе натуральных компонентов и подбор оптимального соотношения рецептурных компонентов. В результате исследования были подобраны оптимальные соотношения полимеров, пластификатора и растворителя и обоснована необходимость их совместного применения.

Ключевые слова: пленкообразующие покрытия, натуральные полимеры, крахмал, желатин, виноград

Summary. It is known that the consumption of fresh fruits and berries depends on the seasonality, so to extend the period of use, it is important to properly ensure their storage regime. During the post-harvest ripening of fruits and berries, processes occur that affect the quality of raw materials and ultimately lead to its withering and deterioration. In this regard, to reduce losses from natural loss, microbiological deterioration, additional processing is required. Edible wrap-forming coatings can be used to protect fruit and berry raw materials during storage. In this regard, the purpose of this study was to develop a recipe for an edible wrap-forming coating based on natural components and to select the optimal ratio of the recipe components. As a result of the study, the optimal ratios of polymers, plasticizer and solvent were selected and the need for their joint use was justified.

Key words: wrap-forming coatings, natural polymers, starch, gelatin, grape

Введение. В соответствии с государственной политикой в области здорового питания населения РФ предусматриваются комплексные исследования в области хранения и переработки фруктов и ягод, отвечающих современным требованиям качества и безопасности. Фрукты и ягоды занимают важное место в рационе питания, так как является незаменимым источником легкоусвояемых углеводов, физиологически активных веществ – витаминов, полифенолов, минеральных соединений, природных антиоксидантов и пищевых волокон. В Краснодарском крае наиболее популярной ягодной культурой является виноград, общая площадь которого составляет 20 тыс. га. Общая площадь виноградников в России составляет 86,5 тыс. га. Потребление свежего винограда в нашей стране колеблется в пределах 380–420 тыс. тонн в год. Однако известно, что потребление свежих фруктов и ягод зависит от сезонности, поэтому важно правильно обеспечивать режим хранения продукции. Существуют общие закономерности, определяющие

взаимосвязь сохраняемости свежих фруктов и ягод с условиями окружающей среды. Это касается физических изменений, происходящих при хранении фруктов и ягод, изменений свойств при транспортировке и хранении [1]. При послеуборочном созревании происходят процессы, которые влияют на цвет тканей и мякоти, твердость, консистенцию, уровень питательных веществ и в конечном итоге, приводят к увяданию и порче продукта [2]. Такие процессы в основном связаны с потерей влаги и потемнением гребней, сморщиванием ягод, поражением плесенью. Все способы хранения столового винограда можно подразделить на биологические, физические и химические. Все они направлены на повышения качества хранения винограда, а также на сохраняемость питательных веществ в продукте, однако, не все методы можно отнести к безопасным способам хранения. Например, важно контролировать остаток содержания SO_2 в продукте, после хранения, так как это может оказать вред на здоровья человека. В связи с этим, эффективность данных способов хранения не может быть оправдана [3,4].

Во избежание порчи виноградного сырья при хранении многие исследователи рекомендуют применение диоксида серы. Тем не менее, обработка диоксидом серы вызывает сильное опадение ягод на грозди, а также токсична для человека [5]. Поэтому, существует необходимость изучить другие подходы к повышению качества хранения, безопасности пищевого сырья, продлению срока годности за счет использования натуральных, съедобных и биоразлагаемых полимеров, при помощи которых можно уменьшить потерю качественных характеристик за счет создания защитного барьера вокруг фруктов и ягод. Средством для повышения качества хранения винограда могут стать пленкообразующие покрытия на основе натуральных полимеров: хитозана, крахмала, желатина, пектина, альгината, белков и различных восков. Данные композиционные смеси показали свою эффективность для увеличения стойкости при хранении свежих фруктов и ягод, в том числе винограда [6,7]. Многие зарубежные ученые исследуют данную тему, некоторые из них приведены ниже.

Например, авторы [8] изучили влияние пленкообразующих покрытий на основе хитозана и эфирного масла мяты на борьбу с распространенными инфекциями плесени у столового винограда сорта Изабелла. Также оценивалось влияние покрытий на физико-химические и органолептические характеристики винограда. Покрытия, содержащие хитозан (4,8 мг / мл) и эфирное масло мяты (1,25, 2,5, 5 мкл/мл) задерживали рост плесени и снижали частоту заражения инфекциями, вызываемых всеми тестируемыми грибами в винограде, во время хранения при комнатной и низких температурах. Покрытия (хитозан 4 мг / мл; эфирное масло мяты 1,25, 2,5 мкл/мл) не оказали отрицательного влияния на физико-химические и органолептические свойства винограда. Исходя из этих результатов, покрытия, на основе хитозана и эфирного масла мяты, являются потенциальными средствами послеуборочной обработки для борьбы с распространенными инфекциями плесени у столового винограда сорта Изабелла.

Авторы [9] оценивали влияние опрыскивания ливствы винограда перед сбором урожая раствором хитозана (2,0 % и 3,0 %) и нанесение пленочных покрытий на ягоды винограда из алоэ вера (25 % и 33 %) после сбора урожая. Результаты показали, что обе обработки значительно повлияли на срок хранения винограда. Кроме того, было отмечено, что комбинации хитозана и алоэ вера уменьшили потерю веса по сравнению с контрольными образцами. Через 25 дней после применения хитозана 3,0 % с покрытием из алоэ вера 33 % продлевает срок хранения винограда до 15 дней за счет значительного снижения гниения, малонового диальдегида, потери веса и полифенолоксидазы, поддерживая общие показатели качества, твердость и антиоксидантную способность, антоцианы, и витамин С.

Авторы [10] изучали применение съедобных покрытий на основе 1,5 % хитозана, 1,0 % полилизина, чтобы предотвратить вызванное SO_2 опадение ягод столового винограда «Кюхо» (*Vitis vinifera* L. и *V. Labrusca*). В результатах исследования было установлено, что

применение разработанной съедобной оболочки заметно ингибировала вызванное SO_2 опадение ягод «Киохо» через 6 дней хранения. Обработка съедобным покрытием значительно снизило потерю веса и ингибировало повышение активности ферментов, разрушающих клеточную стенку.

Авторы [11] изучали эффективность пищевых пленочных покрытий на основе хитозана на срок годности столового винограда путем применения гиперспектральной визуализации для неинвазивного и быстрого мониторинга содержания растворимых твердых веществ. Столовый виноград покрывали растворами хитозана (0,5 % и 1 %, мас. / Об.), тогда как ягоды без покрытия служили контролем. Столовый виноград, покрытый съедобным пищевым покрытием, показал значительные задержки в изменении и деградации растворимых твердых веществ по сравнению с ягодами без оболочки. Оптимальной концентрацией хитозана выбрали 1 %, так как она наиболее эффективна для продления срока хранения и поддержания качества столового винограда после сбора урожая.

Авторы [6] разработали и изучили влияние съедобного пленкообразующего покрытия из кукурузного крахмала и желатина на продление срока годности винограда при хранении. В качестве рецептурных компонентов применяли кукурузный крахмал, желатин, глицерин и сорбитол. Состав был нанесен в качестве съедобного композитного покрытия на виноград Red Crimson. Установлено, что добавление желатина значительно увеличило механическую прочность, растворимость в воде, проницаемость для водяного пара и толщину биопленок. Пленкообразующие покрытия, приготовленные с сорбитолом, имели значительно более низкую проницаемость для водяного пара и более высокую прочность на разрыв, чем пленки, пластифицированные глицерином. После 21 дня хранения винограда в охлажденных условиях, было установлено, что потеря веса винограда с пищевым покрытием, была меньше, чем в контрольной группе.

Авторы [7] разработали съедобное пищевое покрытие на основе желатина и фермента трансглутаминазы и наночастиц куркумина. Съедобные покрытия были изучены в качестве альтернативы по включению биологически активных веществ на поверхность пищевых продуктов. Покрытия были нанесены на виноград Бенитака и проанализированы в течение 7 дней хранения при 25°C и относительной влажности 50 %. Было установлено, что добавление фермента трансглутаминазы положительно влияло на пластификацию желатина при повышении температуры. При нанесении на виноград съедобные покрытия уменьшали рост микроорганизмов после 7 дней хранения и не влияли на титруемую кислотность. Было установлено, что нанесение съедобного покрытия на виноград не влияло на текстурные свойства винограда, а интенсивность цвета винограда увеличивалась за счет добавления наночастиц куркумина.

На основании изученной научной литературы, можно сделать вывод, что разработка и применение съедобных пленкообразующих покрытий на основе натуральных полимеров является актуальной, так как позволяет продлить срок годности винограда, без ухудшения товарного качества. Эти факторы должны быть учтены при разработке новых и совершенствовании существующих технологий хранения виноградной продукции.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилась разработка рецептуры съедобного пленкообразующего покрытия, на основе натуральных полимеров для хранения винограда. Из поставленной цели вытекают следующие задачи: на основе обобщения научной литературы по теме исследований определить современные и перспективные технологии хранения винограда, с применением съедобных пленкообразующих покрытий на основе натуральных полимеров; подобрать оптимальные соотношения натуральных полимеров для создания пленкообразующего покрытия.

Объекты и методы исследований. В качестве полимеров были использованы: крахмал ГОСТ 10163–76. Реактивы. Крахмал растворимый. Технические условия; желатин пищевой, ГОСТ 11293–89. Желатин. Технические условия. В качестве пластификатора использовался глицерин ГОСТ 6259–75. Реактивы. Глицерин. Технические условия. В качестве растворителя – дистиллированная вода.

Методики приготовления растворов полимеров подбирались с учетом таких индивидуальных особенностей, как способность к образованию устойчивой суспензии на стадии диспергирования полимера в воде, растворимость в воде, вязкость образующегося раствора, поведение при нагревании и охлаждении раствора и др.

Обсуждение результатов. Так как крахмал широко производится во всем мире, а желатин отличается от других гидроколлоидов как полностью усваиваемый белок, содержащий почти все незаменимые аминокислоты, обладающий высокой пленкообразующей способностью, хорошими адгезионными свойствами и высокой термостабильностью, комбинация крахмал:желатин является одной из наиболее изученных смесей. Схема приготовления пленкообразующего покрытия представлена на рис.

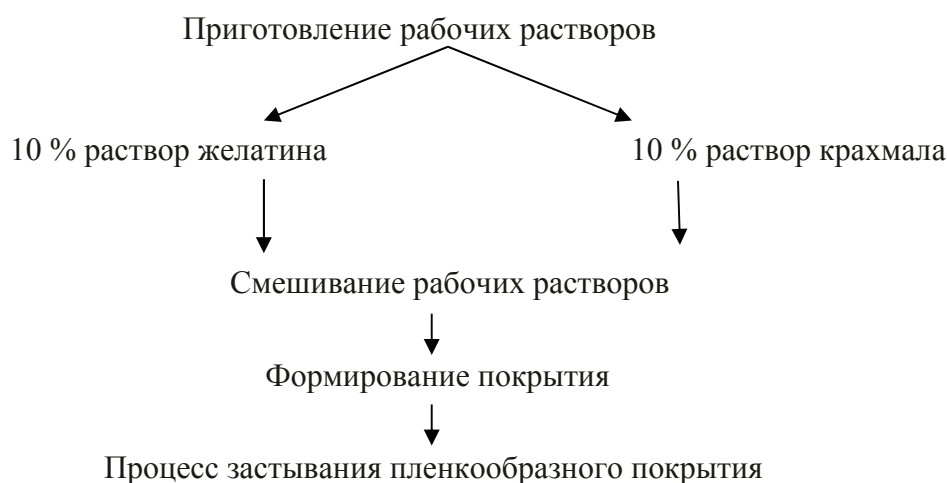


Рис. 1. Схема приготовления пленкообразующих покрытий

Для приготовления рабочего 10 % раствора крахмала в емкость, объемом 250 мл, наливали 150 мл воды, добавляли навеску крахмала 25 г и растворяли в течение 2–3 мин, затем доливали оставшееся количество воды, в течение 5–7 минут настаивали для набухания крахмала. После полученную суспензию заваривали при температуре 95 °С при постоянном перемешивании в течение 15 минут.

Рабочий 10 % раствор желатина готовили по той же технологии, как и крахмальный раствор, но температура нагрева составляла 55 °С, так как более высокие температуры разрушают белки и желатин теряет свои желирующие свойства.

Для получения пленкообразующего покрытия смешивали два подготовленных раствора в соотношении 45 масс. % раствора крахмала и 55 масс. % раствора желатина, так как на основании изученной литературы установлено, что такое соотношение является оптимальным и добавляли пластификатор, для придания пленкообразующему покрытию эластичности. Глицерин добавляли в количестве 10 %, 20 % и 30 % к сухой массе полимеров (табл. 1).

Таблица 1 – Состав образцов пленкообразующих покрытий

№ образцов	Наименование компонентов	Массовая доля компонентов, масс. %
1	10 % р-р крахмала	45
	10 % р-р желатина	55
2	10 % р-р крахмала	45
	10 % р-р желатина	55
	глицерин	10
3	10 % р-р крахмала	45
	10 % р-р желатина	55
	глицерин	20
4	10 % р-р крахмала	45
	10 % р-р желатина	55
	глицерин	30

Формирование пленок производили путем розлива по 2 мл состава на чашки Петри с последующим распределением раствора с помощью скребка, для получения однородной толщины, причем температура пленкообразующих покрытий варьировалась от 20 °С до 35 °С. Процесс застывания проводили при температуре 23±2°С. Параметры формирования пленкообразующих покрытий представлены в таблице 2.

Биополимерные покрытия на основе крахмала и желатина были визуально однородными и легко отделялись от чашек Петри. По истечению процесса застывания пленкообразующие покрытия снимали с исследуемой поверхности для осмотра на наличие посторонних компонентов. Образцы с дефектами к дальнейшим исследованиям не допускались. Было установлено, что увеличение количества глицерина, приводит к образованию более эластичных пленок и устойчивых к растяжению. Образец № 1, без добавления глицерина, обладал отрицательными показателями, так как был не эластичен и деформировался при снятии с чашки Петри. Также установлено, что температура пленкообразующего раствора напрямую коррелирует со временем застывания. Так как покрытия, нанесенные при температуре раствора 20 °С, имели самое наименьшее время застывания (№1 – 120 мин, №2 – 135 мин, №3 – 135 мин, №4 – 155 мин), то данную температуру раствора можно рекомендовать для нанесения на ягоды винограда.

Таблица 2 – Параметры формирования пленкообразующих покрытий

№ образца	Соотношение компонентов	Температура пленкообразующего раствора, °С	Температура застывания, °С	Время застывания, мин
1	45 % р-ра крахмала; 55 % р-ра желатина.	20	23±2	120
		25		135
		30		140
		35		170
2	45 % р-ра крахмала; 55 % р-ра желатина; 10 % глицерина.	20	23±2	135
		25		140
		30		150
		35		185
3	45 % р-ра крахмала; 55 % р-ра желатина; 20 % глицерина.	20	23±2	135
		25		145
		30		155
		35		190
4	45 % р-ра крахмала; 55 % р-ра желатина; 30 % глицерина.	20	23±2	155
		25		175
		30		185
		35		200

Для разработки рецептуры пленкообразующего покрытия был выбран образец № 3 (45 % р-ра крахмала; 55 % р-ра желатина; 20 % глицерина), так как он обладает лучшими органолептическими и механическими показателями. Установлено, что пленкообразующие

покрытия на основе натуральных полимеров с применением 20 % глицерина обладают большей гибкостью и формоудерживающей способностью. Более того, при проведении исследования, было установлено, что добавление 20 % глицерина в раствор положительно сказывается на технологических характеристиках пленки – она легко наносится и формируется, чего нельзя сказать о пленках, в составе которых находилось 30 % глицерина.

На основе проведенных исследований была составлена рецептура пленкообразующего покрытия, таблица 3.

Таблица 3 – Рецептура пленкообразующего покрытия

Наименование компонента	Содержание компонента, %
Крахмал	4,5
Желатин	5,5
Глицерин	2,0
Вода	88,0
ИТОГО	100,00

Выводы. На основании проведенного обзора научной литературы, установлено, что средством для повышения качества хранения винограда и продления сроков хранения может стать применение съедобных пленкообразующих покрытий на основе натуральных полимеров, представляющих собой тонкие съедобные слои, наносимые на поверхность винограда. Была разработана рецептура пленкообразующего покрытия на основе крахмала: желатин: глицерин с целью дальнейшего изучения влияния состава пленкообразующих покрытий на их физические свойства, а также влияния на повышение качества хранения винограда.

Литература

1. Poverenov E., Rutenberg R., Danino S., Horev B., Rodov V. Gelatin–Chitosan Composite Films and Edible Coatings to Enhance the Quality of Food Products: Layer–by–Layer vs. Blended Formulations // Food and Bioprocess Technology. 2014. V. 7. p. 3319–3327.
2. Onik J. C., Chit Wai S., Li A., Lin Q., Qianqian S., Wang Z., Duan Y. Melatonin treatment reduces ethylene production and maintains fruit quality in apple during postharvest storage // Food Chemistry. 2021. V. 337. p. 127.
3. Edris A., Barzegar M., Sahari M. A. Effects of gamma irradiation on physicochemical properties, antioxidant and microbial activities of sour cherry juice // Physics and Chemistry. 2015. № 114. p. 18–24.
4. Горлов С.М., Тягушева А.А., Яцушко Е.С., Карпенко Е.Н. Современные технологии хранения винограда // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 159. С. 319–333.
5. Carter M.Q., Chapman H., Gabler F., Brandla M. T. Effect of sulfur dioxide fumigation on survival of foodborne pathogens on table grapes under standard storage temperature // Food Microbiology. 2015. № 49. p. 189–196.
6. Fakhouria F. M., Martello S. M., Caon T., Velasco J. I., Mei L. H. I. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes // Postharvest Biology and Technology. 2015. V. 109. p. 57–64.
7. Lemes G. F., Marchiore N. G., Moreira T. F. M., Da Silva T. B. V., Sayer C., Shirai M. A., Gonçalves O. H., Gozzo A. M., Leimann F. V. Enzymatically crosslinked gelatin coating added of bioactive nanoparticles and antifungal agent: Effect on the quality of Benitaka grapes // LWT. 2017. V. 84. p. 175–182.
8. Ingrid C. D., Priscila D. L., Miriane M. F., Carneiro L. A., F. Tavares The effects of composite coatings containing chitosan and Mentha (piperita L. or x villosa Huds) essential oil on postharvest mold occurrence and quality of table grape cv. Isabella // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2016. V. 34. p. 112–121.
9. Nia A.E., Taghipour S., Siahmansour S. Pre–harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (Vitis vinifera L. cv. ‘Yaghouti’) during postharvest period // Food Chemistry. 2021. V. 347. p. 129.
10. Chen R., Wu P., Cao D., Tian H., Chen C., Zhu B. Edible coatings inhibit the postharvest berry abscission of table grapes caused by sulfur dioxide during storage // Postharvest Biology and Technology. 2019. V.152. p. 1-8.
11. Geraldine R.M., Soares N.F.F., Botrel D.A., Goncalves L.A. Characterization and effect of edible coatings on minimally processed garlic quality Carbohydrate Polymers // Carbohydrate Polymers. 2008. V. 72. p. 403-409.