

Актуальность. Фрукты и ягоды являются скоропортящимися сельскохозяйственным сырьем. Для увеличения срока хранения фруктов и ягод используют различные физические и химические методы дезинфекции, а так же замораживание [1, 2]. Наиболее важные факторы, влияющие на срок хранения фруктов - температура хранения и поддержание естественной атмосферы продукта. Коэффициент дыхания, состав естественной атмосферы зависят от разновидности фрукта и его зрелости при нарезке [3]. Для увеличения срока хранения и уменьшения коэффициента потемнения свежие нарезанные фрукты обрабатывают съедобными покрытиями, которые служат барьером потери влаги и газообмена [3]. В работе [4] изучена взаимосвязь между созреванием цитрусовых фруктов и развитием микроорганизмов при хранении. Основные виды микроорганизмов вызывающие гниение плодов *Penicillium digitatum*, *P. italicum*, *Alternaria citri*, *Diplodia natalensis*, *Fusarium* spp. по-разному проявляют себя в зависимости от воскового покрытия цитрусовых. Установлено, что восковое покрытие, содержащее полиэтилен, снижает поражение плодов микроорганизмами. Исследования влияния съедобной упаковки из сывороточного протеина и пчелиного воска на срок хранения свеженарезанных яблок описано в работе [5]. Наилучшие результаты получены при покрытии нарезанных яблок биопленкой, в состав которой входили 16 % протеина и 20 % воска. Установлено, что биопленка такого состава уменьшает ферментативное потемнение нарезанных яблок. В работе [6] изучалось влияние покрытия состоящего из цистеина, аскорбиновой кислоты и лактата кальция на свеженарезанные груши. Фрукты обрабатывали в течение 5 минут заданным составом растворов, затем подсушивали и хранили при 0 °C в течение 10 дней. Визуальную оценку внешнего вида фруктов по десятибалльной шкале. В период всего срока хранения контролировали количество цистеина, аскорбиновой кислоты, лактата кальция как в обработанных раствором образцах фруктов, так и в контрольных образцах фруктов. Результаты исследований показали, что количество цистеина и аскорбиновой кислоты после обработки фруктов резко увеличивается. Однако после трех дней хранения на воздухе при температуре 0 °C количество цистеина и аскорбиновой кислоты снизилось до уровня содержания в контрольном образце. Количество лактата кальция в обработанном образце по сравнению с контрольным существенно не отличается, только после 10 дней хранения наблюдается увеличение количества лактата кальция в обработанном образце. Для увеличения срока хранения и предотвращения ферментативного потемнения плодов груши все компоненты рекомендованы как натуральные вещества. Был проведен опрос среди покупателей, после 10 дней хранения на воздухе при температуре 0 °C обработанных плодов груши, 82 % респондентов отметили хороший внешний вид и 70 % - хорошие вкусовые качества фруктов. В работе [7] исследовали свеженарезанные яблоко и картофель. Плоды покрывали казеинатом кальция и

сывороточным белком. Для получения пленок с хорошими механическими свойствами в качестве матрицы добавляли карбоксиметилцеллюлозу. Результаты показали, что сывороточный белок обладает лучшими антиоксидантными свойствами по сравнению с казеинатом кальция. Объясняется это присутствием лактозы (14 %), которая и увеличивает антиоксидантную активность и служит барьером от кислорода. Антиоксидантные свойства образцов с добавлением карбоксиметилцеллюлозы увеличились на 43 % для пленок из казеината кальция и на 20 % для пленок из сывороточного белка. Пленочные покрытия на основе молочных белков можно использовать в качестве натуральных антиоксидантов для замедления процесса ферментативного потемнения. Для покрытия свеженарезанных яблок использовали три разных состава: на основе каррагенана, концентрата сывороточного белка и антиоксидантных веществ [8]. В состав вводили карбоксиметилцеллюлозу в качестве матрицы, для пластификации вводили полиэтиленгликоль и глицерин. Свеженарезанные яблоки обволакивали в растворе и хранили при температуре 3 °C в течение двух недель. Провели визуальную оценку твердости, внешнего вида, вкуса яблок по девятибалльной шкале. Провели микробиологический анализ. Результаты исследований показали, что обработка свеженарезанных яблок заданным составом пленок привела к уменьшению показателя ферментативного потемнения по сравнению с контролем, свеженарезанные яблоки без покрытия. Обработка хлоридом кальция значительно замедляла процесс размягчения плодов, потерю твердости. Микробиологические исследования также дали положительный результат - наблюдалось уменьшение развития мезофильных и психрофильных микроорганизмов в течение двух недель. Покрытия, в составе которых с основными компонентами есть антибраунинговые вещества, увеличивают срок хранения свеженарезанных яблок и сохраняют цвет продукта в течение двух недель. Обработка свеженарезанных яблок съедобным покрытием на основе альгината и геллана, полисахарид, полученный микробиологическим синтезом, благоприятно повлияло на срок хранения плодов [9]. Для сшивания углеводного полимера использовали раствор хлорид кальция. N – ацетил-цистеина добавили в качестве антиоксиданта. Исследовали проницаемость кислорода, изменение цвета, текстуру плодов и провели микробиологический анализ. Концентрация кислорода и углекислого газа в лотках с оболочкой и без оболочки яблок существенно не различалась. Цвет яблок сохранился в течение всего времени хранения. Микробиологические исследования показали, что съедобная упаковка увеличивает срок хранения яблок до двух недель по сравнению с контрольным образцом. Колониеобразующая единица мезофильных и психрофильных микроорганизмов уменьшилась на 3,5 log КОЕ/г по сравнению с естественной микрофлорой яблок. Для покрытия фруктов изучалась возможность применения биопленок на основе крахмала [11, 12]. Изучалась микроструктура и

проницаемость пленок. В качестве пластификатора использовали глицерин и сорбитол. С целью уменьшения гидрофобности добавили подсолнечное масло. Показания газопроницаемости и водопроницаемости были ниже у пленок из высокоамилозного крахмала по сравнению с пленками из обычного кукурузного крахмала. Отмечается низкая водопроницаемость пленок из высокоамилозного крахмала с добавлением сорбитола и липидов. Глицерин снижает газопроницаемость пленок. Исследование микроструктуры показало, что пленки с добавками (пластификатор, липиды) имеют менее аморфную кристаллическую структуру, чем пленки без добавок. Авторы считают, что глицерин и сорбит совместно с амилозой улучшают механические свойства пленок. В работе [13] исследован водный китайский каштан. Каштан предварительно дезинфицировали раствором NaClO, далее обрабатывали раствором с разной концентрацией хитозана. Определяли концентрацию фенольных соединений, количество аскорбиновой кислоты, визуально оценивали изменение цвета, вкусовых качеств каштана. После трех дней хранения при температуре 4 °C наблюдали изменение окраски каштана, а на шестой день хранения интенсивность окраски увеличилась на всех образцах каштана. Тем не менее, каштан, покрытый хитозаном, имел меньший коэффициент браунинга, характеризующий степень окисления, и с увеличением содержания хитозана на поверхности каштана этот показатель уменьшался. Обработка свеженарезанного каштана хитозаном сохраняла вкусовые качества каштана и предотвращала поражение микроорганизмами по сравнению с контролем, что способствовало увеличению срока хранения продукта. Влияние антиоксидантных веществ на биохимические изменения ананаса изучили в работе [14]. Плоды ананаса первоначально обрабатывали раствором хлора для дезинфекции, высушивали. Свеженарезанный ананас обрабатывали антиоксидантами: аскорбиновая кислота, изоаскорбиновая кислота, N-ацетил-цистеин. Обработанные фрукты хранили при 10 °C в течение 14 дней. В исследуемых образцах определяли количество сахаров (глюкоза, фруктоза, сахароза), фенольных соединений, аскорбиновой кислоты. Результаты показывают, что обработка свеженарезанного ананаса аскорбиновой и изоаскорбиновой кислотами замедляет распад сахара и витамина C по сравнению с применением N-ацетил-цистеина. Обработка антиоксидантными веществами увеличивает срок хранения свеженарезанного ананаса. Если срок хранения контрольных образцов 9 дней, то у обработанных N-ацетил-цистеином, аскорбиновой кислотой, изоаскорбиновой кислотой фруктов 13, 15, 16 дней соответственно. В работе [15] исследовали влияние хитозановых и олигохитозановых пленок на рост фитопатогенных грибов на фруктах. Для исследований использовали плоды зрелой груши. Здоровые плоды дезинфицировали в растворе гипохлорита натрия, затем промыли проточной водой и высушили на воздухе. Плоды надрезали стерильным ножом. В каждый

надрез вводили по 15 мкл раствора, содержащего 1×10^4 мл спор грибов рода *A. kikuchiana* или *P. piricola*. Спустя два часа в каждый надрез добавили по 15 мкл раствора хитозана или олигохитозана с разными концентрациями, контрольный образец после инфицирования промыли дистиллированной водой. Образцы плодов хранили при влажности воздуха 95 % и температуре 25 °C. Результаты экспериментов показали, что хитозан и олигохитозан замедляют прорастание спор и рост мицелий грибов по сравнению с контролем. Окислительно-восстановительные ферменты пероксидаза и полифенолоксидаза активируются при использовании хитозана. Олигохитозан и хитозан рекомендуются к использованию как природные фунгициды для покрытия фруктов и предотвращения в них физиологических и биохимических изменений.

Исследованы свежесрезанные плоды манго [16], которые до испытания хранились при температуре 15 °C. Затем плоды манго нарезались кусочками и обрабатывались растворами следующего состава: антиоксидантными веществами (хлорид кальция, аскорбиновая кислота, лимонная кислота) и покрывались биопленками. Далее кусочки манго укладывали в пластиковые контейнеры и хранили при температуре + 5 °C в течение 25 дней. Оценивали изменение цвета, разложение плодов и коэффициент браунинга, а так же количество каротина, аскорбиновой кислоты, сахаров, этанола и ацетальдегидов. Установлено, что покрытие замедляет ферментативное потемнение нарезанных кусочков манго при температуре хранения + 5 °C по сравнению с контролем. Кроме того, обработка нарезанных плодов манго хлоридом кальция с антиоксидантами значительно уменьшила потери упругости, цвета, сахара и потерю витамина C. Имеются попытки улучшить сохранность и свежих ягод. В работе [10] исследовали, влияние съедобной пленки на свежую клубнику. Приготовили пищевые покрытия на основе соевого белка и пшеничной клейковины. Тимол и хлорид кальция применяли в качестве дезинфицирующего вещества на стадии подготовки клубники перед нанесением пленочного покрытия. Наблюдалась меньшая потеря массы при покрытии составом, содержащим соевый белок. В процессе хранения определяли содержание аскорбиновой кислоты, твердость, общий сахар, провели микробиологический анализ. Обсемененность ягоды покрытой пленками ниже по сравнению с контрольными образцами. Следует отметить, что клубника, обработанная тимолом перед покрытием биополимерной пленкой, была обсеменена микроорганизмами в два раза меньше по сравнению с клубникой, обработанной кальцием. Клубника, предварительно обработанная хлоридом кальция и покрытая клейковиной, была более качественной по сравнению с клубникой покрытой соевым белком. Приведенный выше анализ исследований показывает, что применение биополимерных покрытий является перспективным направлением в технологии сохранения и увеличения срока хранения свежих фруктов и ягод [17, 18]. Поскольку потребительский спрос на свежие фрукты и ягоды постоянно возрастает,

создание биополимерных покрытий соответствующих медико-биологических требований, являются актуальной задачей. Учитывая, что влияние покрытий на хранение ягод мало изучено, целью данного исследования являлось изучение влияния биополимерного покрытия на микрофлору и органолептические свойства клубники и малины. Для достижения данной цели решались следующие задачи: - изучение влияния состава биопленок на органолептические свойства клубники и малины при хранении; - изучение влияния состава биопленок на микрофлору клубники и малины при хранении. Методическая часть. Материалы и химикаты. Для экспериментов использовали свежие ягоды клубники и малины. В качестве биополимеров использовали: - кукурузный крахмал, ГОСТ 51985-2002; - картофельный крахмал, ГОСТ 7699-78; - модифицированный восковой кукурузный крахмал, по существу амилопектин и содержит следы амилозы (фирма Sigma Chemical Co., St. Louis, MO., USA); - декстрин, полученный из кукурузного крахмала (фирма Sigma Chemical Co., St. Louis, MO., China); - альгинат натрия (фирма Sigma Chemical Co., St. Louis, MO., United Kingdom). В качестве пластификатора использовали глицерин, концентрации - 85 %, молекулярной массы - 92, 09 моль/г (фирма Fluka). Для улучшения структуры биополимерного покрытия использовали хлорид кальция. В качестве антиоксиданта использовали N-ацетил-цистеин. Для придания пленкам гидрофобности в состав биополимерного покрытия вводили подсолнечное масло «Олейна» (0,025 %). Составы биополимерного покрытия и способ его нанесения на ягоды. Исходя из результатов ранее проведенной работы [19] по изучению физико-механических свойств биопленок, ягоды покрывались биопленками из кукурузного и картофельного крахмала, амилопектина, декстрина с добавлением альгината натрия. Соотношение компонентов в суспензии 1:1. В качестве пластификатора использовался глицерин в количестве 0,3 г/1 г СВ. Кукурузный и картофельный крахмал, амилопектин, декстрин, альгинат натрия предварительно обрабатывали при температуре 90 °С в течение 30 минут в термостате. Подсолнечное масло использовалось в виде водно-масляной эмульсии, приготовленной гомогенизацией в течение 15 минут при 10 000 об/мин гомогенизаторе HG-15D (Корея). Затем все компоненты перемешивали в течение 15 минут при 5000 об/мин гомогенизатора. Для эксперимента отбирали здоровые, не поврежденные свежие ягоды клубники и малины по ГОСТ 26668-85. Перед покрытием биополимерной пленкой ягоды не мыли. Покрытие ягод проводили при температуры 25 °С путем их погружения на две минуты в суспензию биополимеров. Далее ягоды извлекались из суспензии биополимеров, излишки суспензии стекали с поверхности ягоды в течение одной минуты. Затем для улучшения структуры биополимерных пленок ягоды погружали в ванну с раствором хлорида кальция (2 г / 100 мл воды) с добавлением N-ацетил-цистеина (1 г / на 100 мл). Продолжительность обработки 2 минуты. Далее ягоды

извлекались из ванны и высушивались конвективным способом при температуре воздуха 25 °С в течение 15 минут. Ягоды, покрытые биопленками упаковывали в полистирольные лотки и помещали в термостат для хранения при температуре + 4 °С. Органолептические и микробиологические исследования.

Органолептическую оценку проводили по рекомендациям, изложенным в работах [5, 8]. Оценивали запах, цвет, консистенцию, вялость свежих ягод клубники и малины на 6-ые сутки хранения при температуре 4 °С. Для оценки качества ягод принята пятибалльная шкала: 1 - отлично; 2 - хорошо; 3 - плохо; 4 - удовлетворительно; 5 - неудовлетворительно. Микробиологический анализ свежих и покрытых биопленками ягод проводили по ГОСТ 10444.15-94. Перед проведением микробиологического анализа биопленка с поверхности ягод смывали промывкой дистиллированной водой, затем ягоды гомогенизировали. Микроскопирование выросших на питательных средах микроорганизмов проводили на видеомикроскопе LC-100 (Австрия). Результаты и обсуждение

Установлено, что биополимерные покрытия благоприятно влияют на органолептические свойства ягод. Результаты органолептического анализа представлены в таблице 1. Как видно из данных, представленных в таблице 1, кукурузный и картофельный крахмал, присутствующий в биопленках, способствуют сохранению цвета и запаха, свойственных свежим ягодам. Однако биопленки, в состав которых входит картофельный крахмал, плохо предохраняет свежие ягоды от размягчения и вялости. Биопленки, содержащие амилопектин и декстрин, способствуют среднему сохранению цвета, запаха и консистенции свежих ягод клубники и малины. Следует отметить, что ягоды малины, покрытые биополимерными пленками, содержащие оба вида крахмала, амилопектин и декстрин, на шестые сутки сохранили приятный внешний вид - вялость ягод отсутствовала. Таблица 1 - Органолептическая оценка ягод клубники (к) и малины (м), покрытых биопленками на 6-ые сутки хранения при температуре + 4°С

Состав биопокрытия	Ягода	запах	цвет	консистенция	вялость
к	м	к	м	к	м
контроль (б/покрытия)	5	5	5	5	5
5 - кукурузный крахмал + альгинат натрия (1:1)	1	2	1	1	2
1 - картофельный крахмал + альгинат натрия (1:1)	2	1	2	2	4
4 - амилопектин + альгинат натрия (1:1)	4	3	4	4	2
2 - декстрин + альгинат натрия (1:1)	3	4	3	3	3

3 - Визуальный осмотр ягод клубники на шестые сутки хранения показал, что в контрольном образце 90 % ягод были поражены плесневыми грибами. В образцах клубники, покрытых биополимерными пленками, содержащих кукурузный крахмал, поражению плесневыми грибами подверглись около 10 % ягод. Клубника, покрытая биополимерной пленкой, содержащей картофельный крахмал и декстрин, поражению плесневыми грибами подверглась на 35 %, содержащая амилопектин на 85 %. Следует отметить, что поражение плесневыми грибами ягод малины, покрытых биополимерными пленками, содержащими оба вида крахмала, амилопектин, декстрин, при визуальном осмотре не наблюдалась. О

влиянии биополимерного покрытия на естественную микрофлору ягод клубники и малины можно судить по численности микроорганизмов, представленных в таблице 2. Как видно из представленных результатов, покрытие ягод биополимерными пленками в основном, угнетает рост естественной микрофлоры клубники и малины. Численность микроорганизмов на поверхности ягод при хранении до четырех суток соответствует нормам ГОСТ 29187-91 [20].

Результаты идентификации естественной микрофлоры на ягодах представлены в таблице 3. На поверхности ягод, покрытых биополимерной пленкой, присутствуют микроскопические грибы р. *Mucor*. Следует отметить, что на поверхности ягод, не покрытых биополимерной пленкой кроме микроскопических грибов р. *Mucor* присутствуют микроскопические грибы р. *Rhizopus* со спорангиями. Таблица 2 – Численность микроорганизмов на 4-ые и 8-ые сутки хранения на ягодах клубники и малины, покрытых биополимерными пленками

Покрытие	4-ые сутки (×10 ³)	8-ые сутки (×10 ⁷)
Биополимерная пленка	2,00	72
Клубника	1,12	19
Малина	2,00	72
Кукурузный крахмал + альгинат натрия (1:1)	0,36	20
Картофельный крахмал + альгинат натрия (1:1)	0,68	25
Амилопектин + альгинат натрия (1:1)	0,32	11
Декстрин + альгинат натрия (1:1)	1,80	20

Кроме мицелиальных грибов естественная микрофлора ягод представлена стрептококками, коринебактериями и дрожжами. Развитие микрофлоры под биополимерным покрытием зависит от вида используемого биополимера. В общем случае микрофлора под биополимерной пленкой представлена дрожжами. О преимущественном развитии дрожжевой микрофлоры при хранении ягод сообщалось [1, 2]

Таблица 3 – Микрофлора ягод малины и клубники, покрытых биополимерными пленками

Покрытие	Микрофлора
Биополимерное покрытие	Микрофлора на поверхности покрытия
Контроль, без покрытия	<i>Phycomycetes</i> р. <i>Mucor</i> и <i>Rhizopus</i> со спорангиями
Стрептококки	коринебактерии дрожжи.
Кукурузный крахмал	р. <i>Mucor</i> дрожжи
Картофельный крахмал	р. <i>Mucor</i> стрептококки
Амилопектин	р. <i>Mucor</i> дрожжи
Декстрин	р. <i>Mucor</i> дрожжи
Альгинат натрия	р. <i>Mucor</i> Дрожжи
Стрептококки	Выводы

Установлено, что биополимерные пленки способствуют сохранению органолептических свойств свежих ягод клубники и малины. Показано, что покрытие ягод биополимерными пленками в основном угнетают рост микроорганизмов. Отсутствие мицелиальных грибов р. *Mucor* под биополимерными покрытиями позволяет предположить о фунгицидной активности и барьерных свойствах биополимерных пленок по отношению к мицелиальным грибам.