

УДК 676.248

АКТИВНАЯ БУМАЖНАЯ УПАКОВКА, ПРОБЛЕМЫ И ДОСТИЖЕНИЯ (ОБЗОР)

М. А. ЗИЛЬБЕРГЛЕЙТ⁺, В. И. ТЕМРУК, В. П. МАРХЕЛЬ, Т. А. ЛОБАН, О. И. МАЕВСКАЯ

Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, ул. Сурганова, 9/1, 220072, г. Минск, Беларусь

Цель работы — анализ уровня науки и техники, связанного с производством активной бумажной упаковки, преимущественно используемой для продуктов питания. В качестве метода исследования использовался наукометрический анализ, выполненный на основании статистической обработки результатов, полученных из баз данных sciencedirect.com, freepatentsonline.com (база патентов США), Google Patents, patents.su (патентная база СССР) и других источников сети Интернет. Одним из основных и принципиальных недостатков традиционной полимерной упаковки является ее фактическая неучтожимость на протяжении значительного времени. Кроме того имеется и ряд недостатков ее применения при использовании вакуумной упаковки. Показано, что на протяжении изучаемого периода (с 70 годов прошлого века по настоящее время) наблюдается непрерывный рост интереса к исследованиям и производству активной бумажной упаковки. Этот процесс обусловлен, прежде всего, экологическими проблемами, инициируемыми законодательством ряда наиболее экономически развитых стран. Очевидно, наиболее жесткой формулировкой по отношению к полимерной упаковке являются требования Европейского Союза. Использование биоразлагаемых полимеров типа полилактоидов сдерживается их высокой ценой. Приведены многочисленные примеры состава упаковочной бумаги и картона с использованием ряда соединений, которые способны предотвращать или замедлять порчу продуктов питания. На взгляд авторов статьи, такое естественное свойство целлюлозы как способность к быстрому и безопасному разложению будет предопределять в ближайшее время спрос на данную продукцию. В то же время существенные трудности с введением активных веществ в бумажную упаковку связаны с мокрым способом получения бумаги, что затрудняет использование компонентов, нерастворимых в воде.

Ключевые слова: активная бумажная упаковка, продукты питания, анализ тренда.

ACTIVE PAPER PACKAGING, PROBLEMS AND ACHIEVEMENTS (REVIEW)

M. A. ZILBERGLEIT⁺, V. I. TAMROCK, V. P. MARKHEL, T. A. LOBAN, O. I. MAEVSKAYA

Institute of General and Inorganic Chemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, Surganova St., 9/1, 220072, Minsk, Belarus

The purpose of this paper is to analyze current state of science and technology which is related to production of active paper packaging that is mainly used for food products. Scientometric analysis based on results from database of sciencedirect.com, freepatentsonline.com (USA base of patents), Google Patents, patents.su (USSR base of patents) and other sources of information from the Internet was used as a research method. One of the main and principal disadvantages of traditional polymer packaging is its factual indestructibility for a long period of time. Besides that, there is a number of disadvantages of using it for vacuum packaging. It is shown that during the period of time under study (from 1970s till nowadays) the interest in research and production of this active paper packaging is constantly growing. The process is mainly triggered by ecological problems. Usage of the biopolymers like polylactides is being held off by its high price. Numerous examples of the composition of paper and board packaging are shown that use compounds capable of preventing or reducing a spoilage of food products. In paper authors' opinion, such natural properties of cellulose as its ability to dissolve fast and safely will define demand for that material in the nearest future. At the same time, significant

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: mazi@list.ru

difficulties with introducing active substances to paper packaging are connected with wet methods of paper production, which makes it difficult to use water insoluble components.

Keywords: active paper packaging, food products, trend analysis.

Введение

За период с 70 годов XX века по настоящее время наблюдается значительный рост публикаций, посвященных так называемой активной упаковке. Функциональное назначение упаковки сформировано на основании реального практического опыта и, как правило, включает в себя требования [1], связанные с необходимостью привлечения внимания покупателей внешним видом (что, в первую очередь, обеспечивает рост объемов продаж), вопросами, касающимися погрузочно-разгрузочных работ, возможностями технологической оснастки для ее изготовления, условиями хранения продукции. Внимание к последнему требованию приобрело определенный вес, связанный с возможностью удлинять сроки хранения продукции.

Функция защиты продовольствия от вторжения нежелательных патогенных микроорганизмов, на наш взгляд, считается самой важной. Физическая и химическая порча продуктов легче устранима и не так важна. К процессам микробиологической порчи пищевых продуктов обычно относят плесневение, брожение и гниение

Очевидно, что традиционные методы – снижение температуры хранения, термообработка, облучение, введение химических консервантов – в определенной мере исчерпали себя. Поэтому возможность защиты от ультрафиолетовых и видимых лучей, антимикробные свойства, способность поглощать кислород, углекислый газ, этилен, запах, влагу, наряду с обычными барьерными свойствами упаковки, позволит перейти к так называемой активной упаковке [2–5].

Мировой рынок упаковочной продукции сегментирован таким образом, что на долю картонно-бумажной продукции приходится 35%, что практически совпадает с долей, приходящейся на сегмент полимерной упаковки.

Анализ публикаций по данной теме был проведен нами на основании поисковых систем sciondirect.com и freepatentsonline.com (табл. 1). Для сравнения был использован поиск по активной полимерной упаковке.

В то же время, доля патентов по активной бумажной упаковке в базе патентного ведомства США значительно меньше и уступает продукции из полимеров. Так, например, наш поиск по ключевым словам «активная бумажная упаковка» и «активная полимерная упаковка» в этой базе для степени соответствия запросу $Score = 700$ позволил выявить 147 соответствий для первого поиска и 292 для второго. На наш взгляд, такое преобладание полимеров связано с тем, что ввод активных ингредиентов в бумагу затруднен, что, в первую очередь, обусловлено ее мокрым способом получения. Часть активных компонентов, которые легко можно ввести в экструдер при получении полимерной продукции, трудно включить в бумажную композицию, что связано с их низкой растворимостью в воде. Единственным приемом, который можно использовать в этом случае является поиск подходящего растворителя (чаще всего органического), который растворяет соответствующую добавку, а при введении в бассейн бумажной массы или в ванну для проклейки образует в нем коллоидный раствор. Ясно, что такой прием ведет к технологическим трудностям при организации производственного процесса.

В настоящее время число компаний, работающих на рынке активной бумажной упаковки, невелико. К ним, в первую очередь, относятся: MicrobeGuard (США), CLEANHIT. CO., LTD (Южная Корея), Adercarta S.p.A. (Италия), CascadesPRO (США), W. Nowakowitsch GmbH (Германия), Andreas Th. Bausch GmbH & Co. KG (Германия), Scheddin-Industrievertretung GmbH, (Германия), Verpackungversand (Германия), Boehm Papier & Verpackung GmbH (Германия), Agion® Agion Technologies (США), Novaron® Toagosei (Япония), Nippon Company (Япония), Zeomic™ Sinanen Co., Ltd. (Япония), Biomaster (Великобритания).

По оценкам MicrobeGuard в США размер рынка бумаги, контактирующей с пищевыми продуктами, составляет около 7,95 млрд. долл. или приблизительно 3,3 млн. тонн бумажной упаковки.

Таблица 1 — Результаты наукометрического анализа по сайту sciondirect.com
Table 1 — Scientometric analysis results, based on data from site sciondirect.com

Условия поиска	Год							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Заголовок, реферат, ключевые слова (active packaging and papers)	11	23	30	28	30	29	29	40
Заголовок, реферат, ключевые слова (active packaging and polymer)	7	17	18	19	32	23	46	46
Все результаты, фильтр Food (active packaging and papers)	54	81	73	98	159	126	173	210
Все результаты, фильтр Food (active packaging and polymer)	24	57	71	52	73	74	152	170

По данным маркетинговой фирмы Deloitte, опубликованным в 3 квартале 2017 года, которые включали в себя деятельность 38 компаний [6] за последние 3 года, темпы роста полимерной упаковки в стоимостном выражении составили 0,8%, бумажной — 2,4%. Причем мультипликатор EV/EBITDA, который показывает срок окупаемости инвестиций составил 1,9 и 1,2 соответственно.

На наш взгляд, такие традиционные биоразлагаемые полимеры, как полилактиды, по ценам и характеристикам не могут конкурировать с традиционной полимерной упаковкой.

По приведенным выше данным трудно оценить судьбу полимерной упаковки, однако, ряд стран повышает требования к характеристикам полимеров, используемых для упаковки пищевой продукции. В частности, регламент ЕС [7] включает требования по контролю над миграцией около 900 химических веществ, которые могут встречаться в полимерных материалах. Принятые меры должны обеспечить ежегодный уровень использования упаковки, не превышающий 90 легких пластиковых пакетов на человека к 31 декабря 2019 года, 40 пластиковых пакетов на человека к 31 декабря 2025 года или эквивалентные цели. Аналогичные меры действуют и в США. Сан-Франциско стал первым городом США, который ввел запрет на пластиковые мешки. А в 2014 году штат Калифорния ввел подобный закон. Многие муниципалитеты в США запретили или ввели сборы за использование пластиковой упаковки. В их число вошли Остин, Сиэтл и Чикаго [8].

Очевидно, одним из старейших патентов по производству активной бумаги является патент США №2833669 за 1954 год, в котором бумагу, как впрочем и другие целлюлозные материалы, обрабатывали гексахлордиоксидифенил метан-2,2'-дигидрохлорид-3,5,6, 3',5',6'-гексохлор дифенил метаном [9]. Расходы и способ применения такого материала авторами не раскрывается. Использование хлорсодержащих веществ сохранилось и до нашего времени. Например, в [10] используется 3,5,3',5'-тетрахлорсалицид и 2,2'-метилден-бис-4-хлорфенол в количестве 0,1–0,5% от массы бумаги. В [11, 12] одним из компонентов бумаги является 5-хлор-2-(2,4-дихлорфенокси)-фенол. Очевидно, что такие сильные антимикробные компоненты предназначены для обработки изделий медицинского и хозяйственно-бытового назначения и в настоящей статье практически не рассматриваются.

Защита от ультрафиолетовых и видимых лучей. Факт образования свободных радикалов под действием ультрафиолетового (УФ) света является общепризнанным. Последние способны взаимодействовать с упаковкой — полимерами растительного и синтетического происхождения, ухудшая их потребительские свойства. Условно все приемы, которые используются для защиты от УФ облучения и видимых лучей, можно поделить на способы с использованием физических и химических фильтров.

К физическим фильтрам относят диоксид тита-

на и оксид цинка. Первый пигмент практически инертен ко всем растворителям, второй относится к амфотерным гидроокислам.

Порошки диоксида титана имеют высокую отражательную способность в видимой области, достигающую до 90%. В ближней ИК-области она уменьшается и при 220 нм составляет около 50%. В УФ-области в диапазоне 380–410 нм структурная модификация диоксида титана анатаз отражает несколько лучше, чем модификация рутил. Спектр смещен в сторону более коротких длин волн. При $T = 300\text{ K}$ он составляет 384 нм для анатаза и 410 нм — для рутила [13].

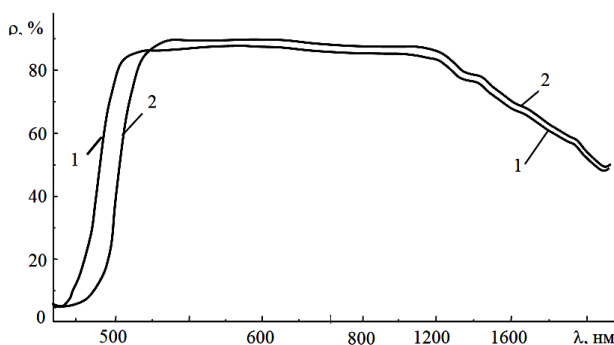


Рисунок 1 — Спектральная отражательная способность порошков диоксида титана на основе анатаза (1) и рутила (2)
Fig. 1 — Spectral reflectivity of titanium dioxide powders based on anatase (1) and rutile (2)

Близкой отражательной способностью обладает и оксид цинка (рис. 2) [14].

В [15] приведено упоминание о пергаменте «Троицкий» марки Н (непрозрачный), как о новом современном упаковочном материале улучшенного качества, производимого по инновационной технологии из беленых видов целлюлозы с использованием наполнителя двуокиси титана. Однако на сайте производителя такой материал отсутствует.

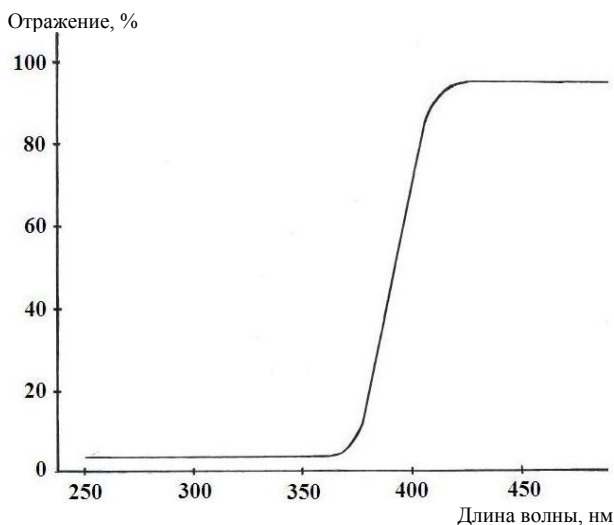


Рисунок 2 — Спектральная отражательная способность порошков оксида цинка (наноформа)
Fig. 2 — Spectral reflectivity of zinc oxide powders (nanoforms)

Очевидно, что эти оксиды отражают часть падающего света, снижают световую нагрузку на материал и одновременно поглощают ультрафиолетовую часть спектра. Фотохимическая активность диоксида титана связана с его полупроводниковыми свойствами. Этот механизм, предположительно, включает поглощение кванта света с энергией, превышающей ширину запрещенной зоны в диоксиде титана, что приводит к генерации в зоне проводимости электрона и дырки, которые взаимодействуют с кислородом, образуя супероксид анион и гидроксил радикал [16]. Последний процесс, очевидно, приводит к деградации материала-основы.

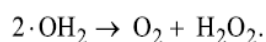
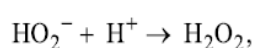
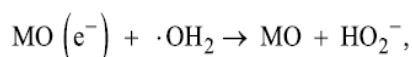
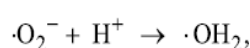
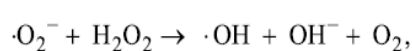
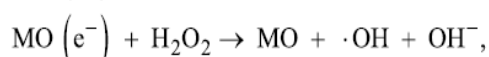
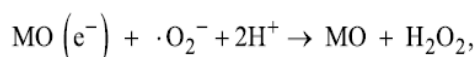
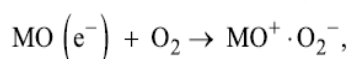
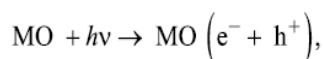
Довольно интересно использование оксида цинка (150 нм) в комбинации с четвертичными аммониевыми основаниями [17]. В табл. 2 приведены результаты использования оксида цинка с четвертичным аммониевым основанием (4,4'-биспиридин-четвертичная аммониевая соль — QAS). В качестве бумаги использовали смесь беленой хвойной и лиственной целлюлозы (70:30) массой 50 г/м², степень помола 30 °ШР.

В [18, 19] разработана противомикробная бумага с наночастицами оксида цинка, которая наряду с высокой светостойкостью показала и хорошие защитные свойства по отношению к бактериям *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli* и грибам *Aspergillus niger* *Candida albican*.

В работе [20] приведено получение бумаги с антимикробными свойствами, включающими в свой состав нано оксид цинка, диоксид титана, а также хитозан, серебро и оксид меди. Количество добавок составило от 0,001% до 5%. Близкие результаты по применению оксида цинка и микрофибриллированной целлюлозы описаны в [21]. Композиция показала высокий эффект в отношении *E. coli* и *Staphylococcus aureus*.

Предшественник хитозана хитин предлагается использовать [22] совместно с оксидом цинка. Показана эффективность использования композиции оксид цинка—технические лигносульфонаты против грамположительных бактерий *Bacillus subtilis* и грамотрицательных *Escherichia coli* [23].

Механизм фотокаталитических реакций приведен в [24], при этом принято полагать, что активным началом действия нано оксида цинка (диоксида титана) является образование перекиси водорода и гидроксил радикала.



Антимикробное действие оксида цинка наблюдается также и в полимерных материалах, например, по его действию в пленках поливинилхлорида (табл. 3) [25], при этом использование наночастиц приводит к более высокому эффекту по сравнению с обычным порошком.

Химические фильтры — вещества, которые способны поглощать видимую или ультрафиолетовую часть спектра. Они, как правило, нерастворимы в воде, что, как уже было сказано выше, создает трудности для их введения в состав бумажного (картонного) покрытия и является основным их недостатком. Применение веществ такого типа в композиции активной бумаги выявлено не было.

Антимикробные композиции направлены, как уже выше было отмечено, на противодействие плесневению (мясо, хлеб, зерно, фрукты, овощи, сыр, яйца), гниению (мясо, рыба, сыр), брожению (овощи, фрукты, картофель, сыр).

Таблица 2 — Результаты испытания бактерицидных свойств оксида цинка в композиции с аммониевым основанием [17]
Table 2 — Results of testing the bactericidal properties of zinc oxide in a composition with an ammonium base [17]

Состав	<i>Bacillus subtilis</i>			<i>Sarcina lutea</i>			<i>Geothricum candidum</i>			
	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч	24 ч	48 ч	72 ч	120 ч
	Ингибирующий эффект									
100p ZnO	—	—	+	—	—	—	—	+	++	++
100p ZnO + 0.05p QAS	—	+	++	+	+	+	—	+	++	+++
100p ZnO + 0.06p QAS	—	+	++	+	+	+	—	+	++	+++
100p ZnO + 0.07p QAS	—	+	++	+	+	+	—	+	++	+++
100p ZnO + 0.08p QAS	+	+	++	+	+	+	—	+	++	+++
100p ZnO + 0.09p QAS	+	+	++	+	+	+	—	+	++	+++
100p ZnO + 0.1p QAS	+	+	++	+	+	+	—	+	++	+++

«—» — отсутствие ингибирования; «+» — малое ингибирование; «++» — умеренное ингибирование; «+++» — высокое ингибирование.

Таблица 3 — Антибактерицидное действие порошка и наночастиц оксида цинка
Table 3 — Antibactericidal effect of zinc oxide powder and nanoparticles

Род бактерий	ZnO (порошок)		ZnO (наночастицы)	
	Зона ингибирования, мм	МИК*, ммоль	Зона ингибирования, мм	МИК*, ммоль
<i>Bacillus cereus</i>	18	17	35	7
<i>E. coli</i>	14	74	19	21
<i>Salmonella enteridis</i>	11	54	22	20
<i>Staphylococcus aureus</i>	17	19	31	10

МИК* — минимальная ингибирующая концентрация

Хитозан является вторым наиболее многотоннажным полисахаридом, встречающимся в природе после целлюлозы. Это линейный полисахарид, состоящий из случайно связанных β -(1-4) D-глюкозаминных звеньев и N-ацетил-D-глюкозамина. В работах [26–31] утверждается, что хитозан с молекулярной массой 10 кДа до 100 кДа показал самый высокий антибактериальный эффект. Эти данные достаточно противоречивы, так как в исследованиях часто опускается степень дезацетилирования этого полимера. Принято считать, что антибактериальные свойства хитозана обусловлены, в первую очередь, его действием на клеточные стенки микроорганизмов.

Органические кислоты и их соли. Группа этих противомикробных препаратов, включает сорбиновую кислоту, сорбат калия, лимонную кислоту, молочную кислоту, которые уже давно используются в пищевой промышленности как консерванты. Внедрение большинства из этих кислот в бумажную упаковку приводит к снижению как мезофильных, так и психрофильных бактерий [32].

Исследования, проведенные в [33] показали, что полилактиды совместно с аллилизотиоцианатом полностью инактивируют Сальмонеллу. Они же показали, что в сочетании низина с аллилизотиоцианатом популяция Сальмонелл снижается до неопределяемого уровня (<10 кое/мл) после 21 дня хранения.

В [34] сорбиновая кислота размером 10–15 мкм наносилась на бумагу с расходом 4–30 г/м², в качестве связующего использовались водорастворимые эфиры целлюлозы. При использовании этого способа обеспечивается активная защита черного хлеба от плесневых грибов.

Еще более эффективные результаты были получены при использовании сорбиновой кислоты [35]. Активное соединение было нанесено на поверхность растительного пергамента в виде водной суспензии с использованием карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) в качестве связующего материала для предотвращения осыпания кристаллов с поверхности бумаги. Действие добавки – размер частиц менее 20 мкм и количество КМЦ (от 5% до 15%) – на защитные свойства бумаги для сохранения хлеба показали ее высокую эффективность в течение шести – восьми месяцев хранения. Результаты исследования показали успешное подавление плесени в результате контакта бумаги с сорбатов калия.

В [36] было исследовано влияние антимикробных препаратов (сорбат калия и метабисульфита калия), а

также поглотителя этилена (перманганат натрия) в качестве материала покрытия на упаковочной бумаге для индивидуальной упаковки фруктов. Влияние этих покрытий на физическую прочность бумаги и противомикробную эффективность было смоделировано с помощью регрессионного анализа (коэффициент корреляции >79,5%). Была проведена оптимизация процесса в координатах качество–прочность. Ингибирующее действие перманганата натрия на рост *Candida pelliculosa* (58%), сочеталось с уменьшением прочности бумаги (прочность на разрыв, процент растяжения, энергия поглощения при растяжении и жесткость). Сорбат калия оказывал значительно менее вредное воздействие на прочностные показатели при одновременном уменьшении роста *C. pelliculosa* и *Kloeckera anac* (>18,8%). Бумага с покрытием, характеризующаяся обобщенной степенью желательности 0,835, была проверена при хранении персиков и слив при температуре 32 ± 2 °С. Завернутые фрукты, по сравнению с неупакованными, показали значительно лучшую устойчивость после шести дней хранения. Авторы считают, что использование активной оберточной бумаги будет весьма полезно для расширения товарного периода хранения климактерических плодов, тем самым повышая конкурентоспособность и доходность ритейлера.

Сорбат кальция был использован в [37, 38] для защиты упакованного хлеба.

Низин — пищевая добавка E234, пептидный антибиотик, который образован микроорганизмом *Streptococcus lactis*. Разрешен к применению в ЕС, РФ, Украине. Получают низин путем ферментации с помощью бактерий *Lactococcus Lactis* на основе молока. Низин очень хорошо растворяется в воде, чем значительно расширяет область его применения. Химическая формула — C₁₄₃H₂₃₀N₄₂O₃₇S₇. Добавка E234 сдерживает рост грамположительных бактерий, в том числе стрептококков, стафилококков и ряда других. Однако, низин малоэффективен при борьбе с грамотрицательными бактериями, плесенью и дрожжами. Относится к веществам низкой опасности.

В [39] используется смесь сорбиновой кислоты и низина, причем доля низина составляет 10–75%. В результате сроки хранения черного хлеба увеличиваются за счет подавления грамположительных бактерий.

Успешный результат применения низина для защиты сыра и ветчины от действия *Staphylococcus aureus* и *Listeria innocua* приведен в [40]. Аналогич-

ные результаты приводятся и в работе [41]. При дозе аналога низина 2560 А/см² время ингибирования составило 12 недель, как для сыра, так и ветчины.

Натамицин — полиеновый антибиотик. Oliveira T. M и сотр. исследовали введение натамицина (пищевая добавка E235) в бумагу, использованную для упаковки сыра [42]. При концентрации добавки 2–4% удалось эффективно подавить деятельность гриба *Penicillium roqueforti*.

Штамм *Pediococcus acidilactici* DSM 10313 — продуцент бактериоцина, применяется в качестве продукта для обеспечения микробной безопасности (*Listeriamonocytogenes*) бумаги в упаковке говядины, индейки, ветчины. Применение мешков с покрытием *Pediocin* (7,75 мкг/см²) способствовало ингибированию роста инокулированных бактерий *Listeriamonocytogenes* в течение 12 недель хранения при 4 °С [43].

Биоконсерванты. Под этим термином мы понимаем природные консерванты, выделенные из растительных источников. Они становятся все более важными при их использовании в пищевых продуктах, поскольку являются безопасными для потребления человеком. Ниже будут приведены несколько примеров биоконсервантов, полученных из растений и пряностей, включающих эфирные масла, лизоцим, кожуру плодов, семян.

Коричное масло (*Cinnamon essential oil*) с расходом 6% от массы бумаги (40 г/м²) полностью ингибирует действие бактерий *Rhizopusstolonifer* в течение 3-х дней хранения [44].

В [45] предлагается обрабатывать бумагу спиртовым экстрактом чая или *Phyllostachys* (листокосника) в количестве 0,2–3,0 г/м².

Описано использование в составе бумаги и картона умеренных антисептиков растительного происхождения: воска карнауба (пищевая добавка под названием E903), канделильского воска (вещество растительного происхождения, добываемое из листьев эуфорбии), пчелиного воска, японского воска (водорастворимый воск растительного происхождения) [46].

Не менее экзотический состав описан в [47]: *цикорий обыкновенный*, *Cychorium intybus* L. (Asteraceae), шалфей лекарственный *Salvia officinalis* L., Melissa *officinalis* L., пахучка обыкновенная *Clinopodium vulgare* L. (Lamiaceae), пупырик японский *Torilis anthriscus* L. (Gmel), сныть обыкновенная

Aegopodium podagraria L. (Ariaceae), ракичник чернеющий *Cytisus nigricans* L., ракичник ранний *Cytisus capitatus* Scop. Их содержание в бумаге колеблется от 0,001 до 1%.

В [48] описано эффективное использование эвгенола (4-аллил-2-метоксифенол) C₁₀H₁₂O₂ и лимонена (1-метил-4-изопропенилциклогексен-1, которые содержатся в цитрусовых для подавления деятельности некоторых дрожжей и бактерий.

Barbiroli A. и соавторы [49] установили, что бумага, пропитанная полифункциональным белками лиозим/лактоферрин показала лаг проявления деятельности с 1,86 часа до 2,57–6,50 часов для бактерий *Listeriainnocua* и с 1,08 до 1,79–3,25 часа для *E. Coli*. Эти испытания проводились для оценки эффективности упаковки говядины.

Действие эфирных масел считается достаточно эффективным приемом для создания активной упаковки. Несомненно, что антимикробным эффектом обладают различные терпены, содержащиеся в них.

В табл. 4 приведены минимальные подавляющие дозы различных масел на ряд бактерий (мг на чашку Петри) [50].

Существуют патенты, в которых авторы стремятся «освоить» все возможные на дату патентования антимикробные добавки. В качестве примера приведем [51], в котором присутствуют: силикат алюминия, диоксид титана, карбонат кальция, оксид цинка, сульфид цинка, гидроксид алюминия, сульфат кальция, сульфат бария, ароматические галогениды и нитрилы, 1,3-дихлоропрен, хлорпроизводные салициловой кислоты.

Общеизвестен факт проявления высокой бактерицидной активности серебра по отношению к аэробным и анаэробным микроорганизмам, вирусам и грибам. Менее изучен факт активности золота. Механизм действия этих двух металлов на клетку до конца не изучен.

Частицы наносеребра, полученные из прекурсоров (AgNO₃), этанол (96%) и водный аммиак (25%) как стабилизатор были введены в бумажную массу [52]. Было показано, что прочностные свойства бумаги практически не изменились. Испытание проводилось в течение 2 недель при температуре 37 °С, при этом было выявлено угнетающее действие на бактерии *Escherichia coli* (питательная среда Лурия-Бетранине).

Таблица 4 — Действие терпенов и их производных на подавление различных микроорганизмов (мг на чашку Петри)
Table 4 — Effect of terpenes and their derivatives on the suppression of various microorganisms (mg per Petri dish)

Вид бактерий	Карвакрол	Коричный альдегид	Аллилгорчиное масло	Эвгенол	Ментол	Цис-3-гексен-1-ол	Ацетат карвакрола
<i>P. fluorescens</i>	30	10	2.5	>30	>30	>30	>30
<i>E. coli</i>	5	5	5	10	30	>30	>30
<i>S. aureus</i>	5	5	10	5	30	>30	>30
<i>B. subtilis</i>	10	10	10	15	20	>30	>30
<i>L. plantarum</i>	20	20	>30	>30	>30	>30	>30
<i>S. cerevisiae</i>	5	5	5	20	20	>30	>30
<i>B. cinerea</i>	5	5	10	>30	>30	>30	>30
<i>P. notatum</i>	5	10	5	–	–	–	–

Бумага с покрытием, включающим серебро, показала высокую антибактериальную активность в отношении *E. coli* и *S. aureus* [53].

О совместном применении наночастиц золота и серебра сообщается в онлайн-издании [54].

В японском патенте [55] предлагается использовать изотопы серебра и/или оксида цинка, а также оксид тория в количестве 0,05–2,0% для получения бумаги с антимикробными свойствами.

В [56] проведено исследование фунгицидных свойств разработанной антимикробной композиции на основе кластерного серебра для пищевых упаковок из бумаги и картона. В качестве объекта исследования использовали хлеб белый из пшеничной муки [57], сыр полутвердый [58]. Содержание серебра с размером частиц 1–2 нм составило 0,001–0,0001%. Сделан вывод о том, что разработанная антимикробная композиция для пищевых упаковок предотвращает порчу пищевых продуктов, подавляя развитие микроскопических грибов, что в конечном итоге позволяет увеличить срок хранения пищевых продуктов примерно в 7 раз.

Антибактериальная упаковочная бумага на основе графена может быть использована в пищевой упаковке, чтобы продлить срок годности продуктов [59]. Исследователи из Шанхайского университета заявили, что были разработаны два производных графена в виде водной дисперсии, которые эффективно подавляют рост кишечной палочки и оказывают минимальное токсическое воздействие на клетки. Графен представляет собой монослой из плотно упакованных атомов углерода, который обладает многими любопытными свойствами и имеет множество интересных приложений. В этой работе сообщается об антибактериальной активности двух водорастворимых производных графена — оксида графена (ГО) и восстановленного оксида графена (РГО). Такие наноматериалы на основе графена могут эффективно подавлять рост бактерий *E. coli*, оказывая минимальную цитотоксичность.

В [60, 61] был использован бидиглюконатхлоргексидина (СНХ), смешанный с микрофибриллированной целлюлозой. Эта композиция использовалась в качестве покрытия на образцах картона. Антибактериальные тесты были проведены для оценки сохранения антибактериальной активности образцов *Bacillus subtilis*.

По мнению авторов исследования, наличие микрофибриллированной целлюлозы способствует повышению эффективности подавления микроорганизмов за счет адсорбции антимикробного препарата на ее поверхности и замедленной диффузии в картон. Свиная печень хранилась в различных видах упаковки при температуре 4–6 °С, а затем предъявлялась покупателям. Первое место по органолептическим показателям среди пластика и полиэтиленовой пленки с большим отрывом заняла картонная упаковка с диглюконатом хлоргексидина (СНХ), смешанным с микрофибриллированной целлюлозой.

Натриевая соль дегидрацетовой кислоты (пи-

щевой консервант Е265) была использована [62, 63] в композиции бумаги и картона совместно с поливинилпирролидоном. Стойкость к воздействию плесневых грибов после года хранения была оценена в 0 баллов.

Хлоргексидин (лекарственный препарат, антисептик) в виде биглюконата (в химическом отношении является дихлорсодержащим производным бигуанида, растворим в воде) в количестве 0,005–0,03 г/м² используется для получения антибактериальной бумаги [64].

Полигексаметиленгуанидин часто используют в композициях бумаги. Например, в [65] описано введение в волокнистую суспензию полигексаметилен-гуанидингидрохлорида с молекулярной массой 10000–100000 в количестве 0,1–2,0% от массы абсолютно сухого волокна.

Известен способ, включающий введение в суспензию волокнистого полуфабриката на основе небеленой сульфатной целлюлозы полидиметилдиаллиламмоний хлорида, предварительно обработанного кислотным агентом, предпочтительно сульфатом алюминия или серной, либо соляной кислотой [66]. К сожалению, данных, свидетельствующих о бактерицидных свойствах бумаги, не приведено.

Известен способ приготовления бумажной массы, включающий введение полимерного катионного ПАВ полидиметилдиаллиламмоний хлорида в суспензию волокнистого полуфабриката на основе сульфатной целлюлозы [67]. К сожалению, нам не удалось получить доступ к первоисточнику.

Антибактериальная бумага, которая выдерживает нагревание до температуры 90 °С и более полуживает при введении полилизина (эпсилон-поли-L-лизин или EPL), который повышает микробиологическую стойкость пшеничного хлеба. Полилизин используется в хлебобулочной промышленности Японии с 2004 г. Известно, что у хлеба с концентратом полилизина 0,025% к массе муки первые признаки плесневения появляются на 72 часа позже, чем у контрольного образца [68].

Наличие у катионных ПАВ противомикробных свойств широко известно. Как правило, наиболее активны катионные вещества (микробные клетки обладают отрицательным зарядом), действующие на карбоксильные группы аминокислот и кислых полисахаридов бактерий. В [95, 96] описана противомикробная бумага, которая включает в себя бумажное полотно (массой от 10 до 60 грамм на квадратный метр), катионизирующий агент (полиамин, полидиаллилдиметил хлорид аммония, полиэтиленмин, полиамин эпихлоргидрин, полиамидамин эпихлоргидрин, поливиниламин) концентрацией в диапазоне от 0,05 мас.% до 5,00 мас.%, антимикробный препарат (поверхностно-активное вещество аминного типа) с концентрацией в диапазоне 0,01–3,00 мас.%. Антимикробная добавка и катионизирующий агент добавляются на бумажное полотно, имеющее массовую концентрацию более 15 мас.%, где наряду с вяжущими сгущающими свойствами

отмечается и его антисептическое действие.

Гуазатин (водорастворимая смесь из полиаминов, главным образом октаметилендиамина, иминодиоктаметилендиамина, октаметилен-бис-иминооктаметилендиамина и карбамонитрила) предлагается использовать в [69].

В патенте [70] в бумажную массу, изготавливаемую обычным способом, вводят полиэтиленмин с молекулярной массой 20000–200000, содержание которого составляет 1–10% от веса абсолютно сухого волокна. К сожалению, конкретных данных, свидетельствующих о бактерицидных свойствах бумаги, не приведено.

При использовании в составе бумаги N-замещенных иминов малеопимаровой кислоты наблюдается эффективное угнетение синегнойной палочки [71].

Кроме того в качестве антимикробных добавок используют триклозан совместно с дихлорофеном в количестве 0,1–0,4% от массы бумаги [72], так называемые серебряные формы цеолитов, для которых характерно образование кластеров серебра внутри полости цеолитов (20–100 фунтов на 1 тонну бумаги) [73].

Этилен. Этилен является регулятором роста некоторых растений, так как ускоряет дыхание, скорость и последующее созревание садово-огородных продуктов. Наибольшее влияние он оказывает на фрукты, овощи и цветы. Иногда присутствие этилена необходимо, например, для развития цитрусовых плодов, бананов и томатов, но в большинстве случаев желательно удалить этилен или подавить его негативные последствия. Ключом к сохранности этих продуктов является контроль за содержанием этилена [74].

Наиболее чувствительны к этилену арбузы, киви, морковь, авокадо, брюссельская капуста, брокколи, бананы, кресс-салат, зеленые помидоры, пастернак, шпинат, петрушка, мята, салат-латук. При этом оптимальной температурой хранения для данных продуктов является температура 0 °С. Очень низкая чувствительность к этилену у ананасов и грейпфрутов.

Наиболее распространенные предложения по сорбции этилена включают в себя участие перманганата калия [75].

Реакция Вагнера — окисления этилена до гликоля, протекает при низких температурах, при этом темно-розовый цвет перманганата меняется на черный.

Ранее мы уже цитировали работу с использованием перманганата, в которой отмечалось, что такие соединения приводят к некоторому снижению прочности бумаги.

В [76] показано, что палладий обладает более высокой адсорбционной способностью этилена, чем поглотители на основе перманганата, в том числе в условиях высокой относительной влажности.

Вторыми по значимости идут цеолиты, оксид алюминия и активированный уголь.

На рынке мы нашли несколько видов бумаж-

ной упаковки для улавливания этилена. Японская фирма HonsuPaperLtd (торговая марка продукта Neupalonc) использует активированный уголь [77].

Венгерская компания Dunapack предлагает продукт «Frisspack» — поглотитель в виде силикагеля и перманганата калия. Содержания сорбента в бумаге 2–4 г/м² [78]. Упаковочный материал был испытан при хранении свежих продуктов, включая яблоки, груши, персики, абрикосы, бананы, вишню, виноград, клубнику, малину, морковь, лук, картофель, грибы, помидоры и зеленый перец. Бумага Frisspack существенно тормозила созревание почти всех видов фруктов и овощей. Плоды в пакетах, изготовленных из Frisspack, отличались меньшей потерей веса, меньшим содержанием сахара, сохранили свою текстуру и цвет в большей степени, чем фрукты, которые хранятся в обычных упаковочных материалах.

Наиболее часто в картонную и полимерную тару помещают саше с поглотителем этилена в виде перманганата, активированного угля, диоксида титана, цеолитов, активированной глины.

Поглотители запаха. Обычно в качестве поглотителей запаха используют традиционные адсорбенты, например: активированный уголь [79], соли титана и коллоидный кремний [80], цеолит [81], хлорид алюминия и полиалкилакрилат [82], хитозан и размолотый чайный лист [35].

Для поглощения неприятных запахов [83] предлагается использовать реакцию между оксидом или гидроксидом алюминия с ортофосфорной кислотой с получением свежесозданного фосфата алюминия, который вносится в бумажную массу.

Для этих же целей предлагают вводить в бумажную массу 1,5% размолотого цеолита [84].

Неудачную попытку использовать основной карбонат меди предприняла фирма DaiwaSpinning [85]. Конечный продукт не прошел приемку в органах по безопасности продукции США.

Антиокислители. Казалось бы, вакуумная упаковка полностью решает проблему воздействия активных форм кислорода на сроки хранения продукции. Однако в последнее время возникли определенные сомнения. Во-первых, в упакованной продукции возникает градиент давления, что приводит к плотному обжиму упаковки и продукта и возникновению нежелательных процессов анаэробного брожения (ботулизм) и, как следствие, изменение вкуса. Кислород в окружающей среде обеспечивает некоторую защиту против роста бактерий (*C. Botulinum*) ботулизма в пищевых продуктах, которые не были упакованы с применением вакуума. Во-вторых, этот же эффект приводит к образованию микротрещин на упаковке. В-третьих, полимерная упаковка, как правило, прозрачная, что не исключает отрицательного воздействия света на продукт. И, наконец, плотная упаковка продуктов с высокой влажностью (мясо, рыба) создает идеальные условия для миграции компонентов полимеров, о которых не любят вспоминать производители пленки для упа-

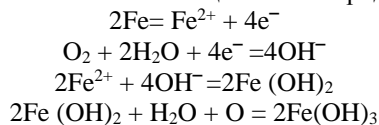
ковки. Сюда же стоит добавить очевидный факт — после хранения продукции в морозильнике трудно отделить продукт от вакуумной упаковки. Очевидно, вследствие перечисленных выше проблем, в промышленности стали появляться продукты, упакованные в газомодифицированной среде, что, с одной стороны, удорожает стоимость продукции, а с другой, вопрос, связанный с понижением рН из-за применяемого углекислого газа, так до сих пор подробно не исследовался.

О. И. Смирнова с соавторами [86] предложила использовать в составе растительного пергамента (50 г/м^2) природный антиоксидант квертецин в количестве 0,2–0,6 кг на тонну бумаги. Такая бумага снижает штаффообразование и убыль масла на 6,3–13,3%, сроки годности масла увеличиваются на 10–15%. Квертецин или 3,3',4',5,7-пентагидроксифлавонон связывает H_2O_2 и, окисляя супероксиданион (анион перекиси), обеспечивает нейтрализацию свободных радикалов, приводящую к образованию семихинон-радикала и далее H_2O_2 [87, 88].

Концепция включения ферментов в упаковочный материал впервые была описана в [89]. В этом патенте ферменты глюкозооксидаза и каталаза, которые находились в растворе, вводят в композицию (поливиниловый спирт, крахмал, казеин, или карбоксиметилцеллюлоза) влагостойкой бумаги. Энзимная система, включающая наряду с ферментами глюкозу, являлась барьером по отношению к кислороду. Патентуемая бумага была успешно использована при упаковке сыра. Авторы, однако, обходят вопрос, связанный с наличием глюкозы в составе антиоксидантной добавки.

Позже аналогичная процедура была проделана с бумажным ламинатом [90].

Вторым достаточно важным способом поглощения кислорода является использование солей двухвалентного железа, которые окисляются кислородом при обычных температурах в трехвалентное. Первое упоминание об использовании солей железа мы находим в [91], где фактически использовали порошок железа в саше из бумаги. Ниже приведена схема участия железа в поглощении кислорода:



Регулирование влажности. Влажность стимулирует рост и распространение различных микроорганизмов. Известно, что при осуществлении обмена веществ вода поддерживает нормальное осмотическое давление в клетке бактерии, что делает ее жизнеспособной. Например, широко используемый в косметике глицерин является не только растворителем и компонентом смягчающим кожу, но и, благодаря своей способности поглощать воду, прерывает метаболические процессы в клетке бактерии, что позволяет относить его к антибактериальным средствам.

Принято считать, что для бактерий минимальная влажность пищевых продуктов, при которой они еще могут развиваться, составляет 30%.

Для регулирования влажности удачным оказалось использование способности бумаги поглощать пары воды [92].

Аналогичный прием использует фирма FoodHandlerInc. [93, 94], которая предлагает оригинальную конструкцию для упаковки мяса, рыбы, бакалейных товаров (рис. 3).

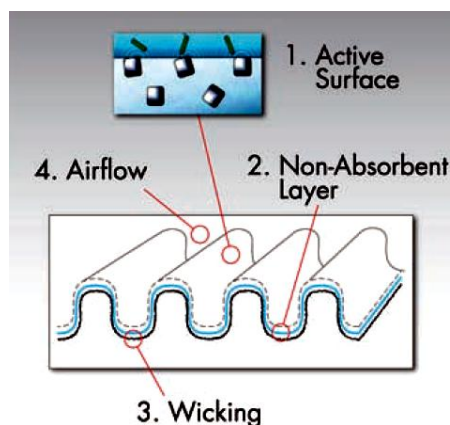


Рисунок 3 — Упаковка для пищи фирмы FoodHandlerInc.
Fig. 3 — Food packaging by FoodHandlerInc.

С наружной стороны комбинированная пленка состоит из бумаги, которая впитывает воду (Wicking), с внутренней — из полимерной пленки, препятствующей выходу жира, и закрепленной поверхности (Non-Absorbent layer), позволяющей пропускать воздух. Следует также сказать, что третий слой, (Active Surface) состав которого не приводится, обладает антимикробными и адсорбционными свойствами.

Заключение. Рассмотренные выше данные, касающиеся получения и использования активной бумажной упаковки, свидетельствуют о том, что такое естественное свойство целлюлозы как способность к быстрому и безопасному разложению будет предопределять в ближайшее время спрос на данную продукцию. Использование биоразлагаемых полимеров типа полилактидов сдерживается их высокой ценой. В тоже время существенные трудности с введением активных веществ в бумажную упаковку связаны с мокрым способом получения бумаги, что затрудняет использование нерастворимых в воде компонентов.

Литература

1. Трыкова Т. А. Тара и упаковка для продовольственных товаров: краткий курс лекций для студентов 4 курса направления подготовки 38.03.07 Товароведение. Саратов, 2016. 64 с.
2. Intelligent and Active Packaging for Fruits and Vegetables / ed. Charles L Wilson. USA: CRC Press, 2007, 360 p.
3. Active food packaging / ed. M. L. Rooney. New South Wales: Springer Science+Business Media Dordrecht, 1995, 256 p.
4. Rodriguez A., Batlle R., Nerin C. The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging // Prog. Org.

- Coat, 2007, vol.60, pp. 33–38.
5. Rodríguez A., Nerin C., Batll R. New cinnamon-based active paper packaging against *Rhizopusstolonifer* food spoilage // *J. Agric. Food Chem.*, 2008, vol. 56, pp. 6364–6369.
 6. Packaging Quarterly Update / Deloitte Corporate Finance LLC. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xa/Documents/corporate-finance/us-dcf-packaging-update-q3-2017.pdf>.
 7. Регламент N 10/2011 Европейской комиссии о пластиковых материалах и изделиях, предназначенных для контакта с продуктами питания: от 14.01.2011. 153 с.
 8. The US state that banned banning plastic bags // Independent [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.independent.co.uk/news/world/americas/michigan-the-us-state-that-just-banned-banning-plastic-bags-a7505611.html>.
 9. Patent USA, 2833669, Ziegler Joseph. Method of applying deodorising, disinfecting, fungicidal and bactericidal substances to carriers and in particular fibrous carrier substances, 1954.
 10. Patent USA, 4533435, Henry S. Intili. Antimicrobial paper, 1985.
 11. Patent USA, 6939442B2, 20050199360A1, Fred Klimpl, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper, 2005.
 12. Patent USA, 20040149409A1, Fred Klimpl, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper, 2004.
 13. Рэнби Б., Рабе Я. Фотодеструкция, фотоокисление, фотостабилизация полимеров. М.: Мир, 1978. 675 с.
 14. Opinion on Zinc oxide (nano form) colipa S 76: 18.09.2012 / Scientific Committee on Consumer Safety [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/scs_o_103.pdf.
 15. Снежко А. Г., Иванова Т. В., Федотова А. В. Активная упаковка на основе бумаги и картона // Сыроделие и маслоделие, 2008, № 5. С. 6–9.
 16. Химия, биология, био- и нанотехнологии: современная наука и производство: сборник материалов международного научного е-симпозиума (28–30 октября 2014, Россия, Москва) / под ред. Г. Б. Завильгельского. Киров, 2014. 72 с.
 17. Maryam A, Saleh I. Preventive protection of paper works by using nanocomposite coating of zinc oxide // *Journal of Cultural Heritage*, 2017, vol. 25, pp. 142–148.
 18. Divsalar E., Tajik H., Moradi M., Forough M., Lotfi M., Kuswandi B. Characterization of cellulosic paper coated with chitosan-zinc oxide nano-composite containing nisin and its application in packaging of UF cheese // *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, pp. 31.
 19. Самуйлова Л. В., Пучкова Л. В. Косметическая химия: учебное издание: в 2 ч. Ч. 1. М.: Химия, 2005. 336 с.
 20. Patent USA, 20160040363A1, Javad Karimi, Saman Vahdat. Production antimicrobial paper, 2016.
 21. Pang X. Chen Y., Zhang Z. Study on the Antibacterial Paper Coated by ZnO/MFC for Food Packaging // *Appl. Mech. And Mat.*, 2015, vol. 731, pp. 457–461.
 22. Patent Japan, JPH10298898, Mitsugi Fujitao Antimicrobial paper, 1998.
 23. Bo Pang, Jipeng Yan, Lan Yao, Huan Liu, Jing Guan, Haisong Wang, Huizhou Liu. Preparation and characterization of antibacterial paper coated with sodium lignosulfonate stabilized ZnO nanoparticles // *RSC Adv.*, 2016, pp. 9753–9759.
 24. Jaisai M., Baruah S., Dutta J. Paper modified with ZnO nanorods – antimicrobial studies // *Beilstein J.Nanotechnol*, 2012, pp. 684–691.
 25. Li X., Xing Y., Jiang Y., Ding Y., Li W. Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens // *International Journal of Food Science and Technology*, 2009, pp. 2161–2168.
 26. Dutta P. K., Tripathi S., Mehrotra G. K., Dutta J. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications // *FoodChemistry*, 2009, pp. 1173–1182.
 27. Иванушко Л. А., Соловьева Т. Ф., Запорожец Т. С., Сомова Л. М., Горбач В. И. Антибактериальные и антиоксидеские свойства хитозана и его производных // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2009. № 3. С. 82–85.
 28. DelNobile M. A., Gammariello D., Conteand A., Attanasio M. A combination of chitosan, coating and modified atmosphere packaging for prolonging Fior di latte cheese shelf life // *Carbohydr. Polym.*, 2009, vol. 78, no.1, pp. 151–156.
 29. D'Almeida M., Attik N., Amalric J. et al. Chitosan coating as an antibacterial surface for biomedical applications. *PLoS ONE*, 2012, vol. 12. Режим доступа: doi.org/10.1371/journal.pone.0189537.
 30. Nechita P, Bobu E., Parfene G., Dinica R. M., Balan T. Antimicrobial coatings based on chitosan derivatives and quaternary ammonium salts for packaging paper // *Cellulose Chem. Technol.*, 2015, vol. 49, pp. 625–632.
 31. Aikio S., Grönqvist S., Hakola L., Hurme E., Jussila S. et al. Bioactive Paper and Fibre Products, Finland: VTT, 2006, 84 p.
 32. Joeger R. D. Antimicrobial Films for Food Applications: a Quantitative Analysis of Their Effectiveness // *Packaging Technology and Science*, 2007, pp. 231–273.
 33. Jin T., Gurtler J. B. Inactivation of Salmonella in liquid egg albumen by antimicrobial bottle coatings infused with allylisoithiocyanate, nisin and zinc oxide nanoparticles // *Journal of Applied Microbiology*, 2011, pp. 704–712.
 34. Пат. 250665 СССР, Способ изготовления фунгицидно-активного материала для упаковки продуктов / Зосим З. Л., Зимица А. И.; заявитель Укр. НИИ целлюлозно-бумажной пром-ти; заявл. 28.09.1967; опубл. 12.01.1970. Бюл. N 26. 1 с.
 35. Brody Aaron L., Strupinsky Eugene R., Lauri R. Kline. Active Packaging for Food Applications, London: CPC Press, 2001, pp. 222.
 36. Shalini G. Rudra, DhruvaVimal Singh, Sarkar Jyoti, Shivhare U. S. Mechanical properties and antimicrobial efficacy of active wrapping paper or primary packaging of fruits // *Food Bioscience*, 2013, pp. 49–58.
 37. Ghosh K.G., Srivatsava A. N., Nirmala N., Sharma T. R. Development and Application of Fungistatic Wrappers in Food Preservation. Part I. Wrappers Obtained by Impregnation Method // *Journal of Food Science & Technology*, 1973, pp. 105–110.
 38. Ghosh K. G., Srivatsava A. N., Nirmala N., Sharma T. R. Development and Application of Fungistatic Wrappers in Food Preservation. Part II. Wrappers Made by Coating Process // *Journal of Food Science & Technology*, 1977, pp. 261–264.
 39. Пат. 394485 СССР, Способ изготовления фунгицидно-активного материала для упаковки пищевых продуктов / Зимица А. И., Зосим З. Л.; заявитель Укр. НИИ целлюлозно-бумажной пром-ти; заявл. 08.12.1971; опубл. 22.08.1973. Бюл. N 34. 1 с.
 40. Scannell A. G. M., Hill C., Ross R. P., Marx S., Hartmeier W., Arendt E. K. Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin // *International Journal of Food Microbiology*, 2000, vol. 60, no. 2–3, pp. 241–249.
 41. Özge Erdohan, K. N. Turhan. Olive leaf extract and usage for development of antimicrobial food // *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances* / ed. A. Mendez-Vilas, 2011, vol. 2, pp. 1094–1101.
 42. Oliveira T. M., Soares N. F., Pereira R. M., Fraga K. F. Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in Gorgonzola cheese conservation // *Packaging Technology and Science*, 2007, vol. 20, no. 2, pp. 147–153.
 43. Ming X., Weber G. H., Ayres J. W., W. E. Sandine Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *Listeria monocytogenes* on meats // *Journal of Food Science*, 1997, pp. 413–415.
 44. Rodriguez A., Nerin C., Batlle R. New Cinnamon-Based Active Paper Packaging against *Rhizopusstolonifer* Food Spoilage // *J.Agric. Food Chem.*, 2008, vol. 56, pp. 6364–6369.
 45. Patent Japan, JP2000110099, Kenichi Hara. Antibacterial paper for food, 2000.
 46. Patent USA, 20090232948A1, Marisa Astudillo Campillo, Ignacio Covian Sanchez, Ramon Mujica Garay, Christina Nerin De La Puerta. Active packaging that inhibits food pathogens, 2009.
 47. Patent USA, 20160040363A1, Javad Karimi, Saman Vahdat. Producing antibacterial paper, 2016.
 48. Bevilacqua, A., Corbo M. R., Sinigaglia M. In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Activity of Eugenol, Limonene, and Citrus Extract against Bacteria and Yeasts, Representative of the Spoiling Microflora of Fruit Juices // *Journal of Food Protection*, 2010, pp. 888–894.

49. Barbiroli A., Bonomi F., Capretti G., Iametti S., Manzoni M., Piergiovanni L. Antimicrobial activity of lysozyme and lactoferrin incorporated in cellulose-based food packaging // *Food Control.*, 2012, pp. 387–392.
50. *Environmentally Compatible Food Packaging* / ed. E. Chiellini, England, 2008, 574 p.
51. Patent USA, 4533435, Henry S. Intili. Antimicrobial paper, 1984.
52. Todorova D. A., Lasheva V. G. Study the possibilities of using silver nano particle sin packaging paper // *Bulgarian Chemical Communications*, 2017, vol. 49, pp. 210–214.
53. Gottesman R., Shukla S., Perkas N., Solovyov L. A., Nitzan Y., Gedanken A. Sonochemical Coating of Paper by Microbiocidal Silver Nanoparticles // *Langmuir*, vol. 27, pp. 720–726.
54. Tsung-Ting Tsai, Tse-Hao Huang, Chih-Jung Chang, Natalie Yi-Ju Ho, Yu-Ting Tseng, Chien-Fu Chen. Antibacterial cellulose paper made with silver-coated gold nanoparticles. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-03357-w.pdf>
55. Patent Japan, JP02104798, Yuzo Yokota. Antimicrobial paper, 1990.
56. Розаленок Т. А., Сидорин Ю. Ю. Исследование и разработка антимикробной композиции для пищевых упаковок // *Техника и технология пищевых производств*, 2014. № 2. С. 130–133.
57. ГОСТ 26987-86. Хлеб белый из пшеничной муки высшего, первого и второго сортов. Технические условия. Введен 1986-12-01. М., 5 с.
58. ГОСТ Р 52972-2008. Сыры полутвердые. Технические условия. Введен 2008-12-13. М.: Стандартинформ, 2008. 15 с.
59. Wenbing Hu, Cheng Peng, Weijie Luo, Min Lv, Xiaoming Li, Di Li, Qing Huang, Chunhai Fan. Graphene-Based Antibacterial Paper // *ACS Nano*, 2010, pp. 4317–4323.
60. Lavoine N., Desloges I., Manship B., Bras J. Antibacterial paperboard packaging using microfibrillated cellulose // *J Food Sci Technol.*, 2015, pp. 5590–5600.
61. Giménez-Martín E., López-Andrade M., Ontiveros-Ortega A., Espinosa-Jiménez M. Adsorption of chlorhexidine onto cellulosic fibers // *Cellulose*, 2009, pp. 467–479.
62. Снежко А. Г., Иванова Т. В., Федотова А. В. Активная упаковка на основе бумаги и картона // *Сыроделие и маслоделие*. 2008. № 5. С. 6–9.
63. Пат. 2163558 РФ, B65D65/38, B32B27/10. Упаковочный материал для пищевых продуктов / Снежко А. Г. [и др.], заявл. 11.04.2000; опубл. 27.02.2001.
64. Patent Japan, JP2009242299, Miki Yasuno. Antimicrobial paper, 2009.
65. Пат. 1719519 СССР, D21H 27/00, D21H 21/36. Способ получения бумажной массы для изготовления бактерицидной бумаги / Гембицкий П. А. [и др.]; заявл. 25.12.1989, опубл. 15.03.1992, Бюл. N 10.
66. Пат. 2026914 РФ, D21H21/36, D21H23/08, D21H17:45, D21H17:66, D21H17:74. Способ приготовления бумажной массы / Диклер Я.Е., Олейник А.Т., Заяц Ю.Н., Кутьев Н.П.; заявл. 13.01.1994; опубл. 20.01.1995.
67. Nicke R. Productions steigerung durch Flockungsmittel-Zellstoff und Papier, 1982, no.1, pp. 19–23.
68. Patent Japan, JP3296244B2, Ito Takashi, Hiraki Jun. Antimicrobial paper, 1998.
69. Patent Japan, JPS6239505, Eiichi Adachi, Yasukatsu Kataoka, Yoshikazu Mori, Koji Okunishi. Antimicrobial paper, 1987.
70. Пат. 338581 СССР, МПК D21H 3/38. Бумажная масса для изготовления бумаги санитарно гигиенического и бытового назначения / Бондаренко Н. Ю. [и др.]; заявл. 26.10.1970; опубл. 01.01.1972, Бюл. N 16.
71. Пат. 918374 СССР, МПК: D21H 5/22. Пропиточный состав для бумаги / Палиенко Л. Я. [и др.]; заявл. 16.10.1979; опубл. 07.04.1982, Бюл. N 13.
72. Patent USA, 4533435, Henry S. Intili. Antimicrobial paper, 1984.
73. Patent USA, 6939442, Fred Climple, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper, 2005.
74. Terry L. A., Ikenhans T., Poulston S., Rowsell L., Smith A. J. Development of new palladium-promoted ethylene escavenger // *Postharvest Biol. Technol.*, 2007, pp. 214–220.
75. Abe K. A., Watada A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables // *J. Food Sci.*, 1991, vol. 56, no. 6, pp. 1589–1592.
76. Shin Y., Shin J., Lee Y. Effects of oxygen scavenging package on the quality changes of processed meatball product // *Food Sci. Biotechnol.*, 2009, no. 18, pp. 73–78.
77. Nurholis M. Active Packaging / Food Science Department Agricultural Technology Faculty Brawijaya University. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mnurholis.lecture.ub.ac.id/files/2013/04/Active-Packaging.pdf>.
78. Szikla, Zoltan. Ethylene Absorbing Paper for the Packaging of Fresh Fruits and Vegetables // Presented at MAPack 93, Conference on Modified Atmosphere Packaging, Greenville, South Carolina, 1993.
79. Patent USA, 5540916, Parks C. J. Odor sorbing packaging, 1996.
80. Patent Japan, 214263/93, Takada S., Yasuda T. Highly adsorptive pigment, 1993.
81. Patent USA, 2014204, Weber M.G., Fitting S. W., Weber R. E., Yeo R. S. Lubricating means for antifriction bearings, 1990.
82. Patent USA, 109919/91, Itoh O., Mori H. Deodorant sheet, 1991.
83. Patent Japan, 95931/84, Nakajima Y., Tsuwako A., Maruyama K., Ihno S., Takenaga M. Paper for absorbing unpleasant odors, 1984.
84. Patent Japan 62299/80, Tsuchiya K., Shimaguchi S., Honda K. Absorbent paper, 1980.
85. Patent Japan, 235571/88, Tokai Yu, Ootaguro M., Komatsu Y. Manufacture of odor-absorbing cellulose fibers, 1988.
86. Смирнова О. И., Волинова В. А. Активная упаковка для сливочного масла // *Сыроделие и маслоделие*. 2014. № 2. С. 50–53.
87. Heijnen C. G. M., Haenen G. R. M. M., VanAcker F. A. A., VanDerVijgh W. J. F., Bast A. Flavonoids as peroxy nitrite scavengers: the role of the hydroxyl groups // *Toxicology in Vitro*, 2001, vol. 15, no. 1, pp. 3–6.
88. Metodiewa D., Jaiswal A. K., Cenas N., Dickancaite E., Segura-Aguilar J. Quercetin may act as a cytotoxic prooxidant after its metabolic activation to semiquinone and quinoidal product // *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, vol. 26, pp. 107–116.
89. Patent USA, 2765233, Sarett Ben L., Don Scott. Enzyme-treated sheet product and article wrapped therewith, 1956.
90. Budny, John. Presentation at Pack Alimentaire. San Francisco, California. 1990.
91. Patent USA, 4856650, Inoue Y. Oxygen absorbent package, 1989.
92. Patent Japan, 252554/90, Mita K., Kuroki J., Inaoka J. Water-adsorptive sheet, 1990.
93. Product Usage Guide, Promotional material soft the company FoodHandler Inc. // *ElkGroveVillage*, 2014, pp. 8.
94. Patent USA, 7989043B2, Anthony S. Salemi, Anthony C. Pappageorg. Antimicrobial product and method for using the same, 2011.
95. Nechita E. B., Parfene G., Dinica R. M., Balan T. Antimicrobial coatings based on chitosan derivatives and quaternary ammonium salts for packaging paper // *Cellulose Chem. Technol.*, 2015, vol. 49, no. 7–8, pp. 625–632.
96. Patent USA, EP2526227, Sanapo Gabriel, Graton Benoit, Bouchard Jean-Marc, Beauline Charles, Arsenault Regis, Allard Pascal, Samuel Jean-Francois, Charest Marie-Helene. Antimicrobial tissue paper and process to manufacture same, 2012.

References

1. Trykova T. A. *Tara i upakovka dlya prodovol'stvennykh tovarov: kratkij kurs lekcij dlja studentov 4 kursa napravlenija podgotovki 38.03.07 Tovarovedenie* [Packaging and packaging for food products: a short course of lectures for students 4 courses of training 38.03.07 Commodity]. Saratov, 2016. 64 p.
2. *Intelligent and Active Packaging for Fruits and Vegetables* / ed. Charles L Wilson. USA: CRC Press, 2007, 360 p.
3. *Active food packaging* / ed. M. L. Rooney. New South Wales: Springer Science+Business Media Dordrecht, 1995, 256 p.
4. Rodriguez A., Battl R., Nerin C. The use of natural essential oils as antimicrobial solutions in paper packaging. *Prog. Org. Coat*, 2007, vol.60, pp. 33–38.
5. Rodriguez A., Nerin C., Battl R. New cinnamon-based active paper packaging against *Rhizopusstolonifer* food spoilage. *J.*

- Agric. Food Chem.*, 2008, vol. 56, pp. 6364–6369.
- Packaging Quarterly Update / Deloitte Corporate Finance LLC. Available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/xa/Documents/corporate-finance/us-dcf-packaging-update-q3-2017.pdf>, 2017.
 - Reglament N 10/2011 *Evropejskoj komisii o plastikovyh materialah i izdelijah, prednaznachennyh dlja kontakta s produktami pitaniya* [Regulation No. 10/2011 European commission on plastic materials and articles intended for contact with foodstuffs].
 - The US state that banned banning plastic bags // Independent. Available at: <http://www.independent.co.uk/news/world/americas/michigan-the-us-state-that-just-banned-banning-plastic-bags-a7505611.html>. 2017.
 - Ziegler Joseph. Method of applying deodorising, disinfecting, fungicidal and bactericidal substances to carriers and in particular fibrous carrier substances. Patent USA, no.2833669, 1954.
 - Henry S. Intili. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 4533435, 1985.
 - Fred Klimpl, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 6939442B2, 20050199360A1, 2005.
 - Fred Klimpl, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 20040149409A1, 2004
 - Rjenbi B., Rabe Ja. *Fotodestrukcija, fotookslenie, fotostabilizacija polimerov* [Photodevelopment, photooxidation, photostabilization of polymers]. Moscow: Mir Publ., 1978. 675 p.
 - Opinion on Zinc oxide (nano form) colipa S 76: 18.09.2012 / Scientific Committee on Consumer Safety. Available at: http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/consumer_safety/docs/sccs_o_103.pdf.
 - Snezhko A. G., Ivanova T. V., Fedotova A. V. Aktivnaja upakovka na osnove bumagi i kartona [Active packing on the basis of paper and cardboard]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese-making and butter-making], 2008, no. 5, pp. 6–9.
 - Himija, biologija, bio- i nanotehnologii: sovremennaja nauka i proizvodstv : sbornik materialov mezhdunarodnogo nauchnogo e-simpoziuma, Russia, Moscow* [Chemistry, biology, bio- and nanotechnologies: modern science and production: collected materials of the international scientific e-symposium]. Kirov, 2014. 72 p.
 - Maryam A. Saleh I. Preventive protection of paper works by using nanocomposite coating of zinc oxide. *Journal of Cultural Heritage*, 2017, vol. 25, pp. 142–148.
 - Divsalar E., Tajik H., Moradi M., Forough M., Lotfi M., Kuswandi B. Characterization of cellulosic paper coated with chitosan-zinc oxide nano-composite containing nisin and its application in packaging of UF cheese. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2017, pp. 31.
 - Samujlova L. V., Puchkova T. V. *Kosmeticheskaja himija. Chast' I* [Cosmetic Chemistry. Part I]. Moscow, Khimiya Publ., 2005. 336 p.
 - Javad Karimi, Saman Vahdat. Production antimicrobial paper. Patent USA, no. 20160040363A1, 2016.
 - Pang X. Chen Y., Zhang Y., Zhang Z. Study on the Antibacterial Paper Coated by ZnO/MFC for Food Packaging. *Appl. Mech. And Mat.*, 2015, vol. 731, pp. 457–461.
 - Mitsugi Fujita. Antimicrobial paper. Patent Japan, no. JPH10298898, 1998.
 - Bo Pang, Jipeng Yan, Lan Yao, Huan Liu, Jing Guan, Haisong Wang, Huizhou Liu. Preparation and characterization of antibacterial paper coated with sodium lignosulfonate stabilized ZnO nanoparticles. *RSC Adv.*, 2016, pp. 9753–9759.
 - Jaisai M., Baruah S., Dutta J. Paper modified with ZnO nanorods – antimicrobial studies. *Beilstein J.Nanotechnol*, 2012, pp. 684–691.
 - Li X. , Xing Y., Jiang Y., Ding Y., Li W. Antimicrobial activities of ZnO powder-coated PVC film to inactivate food pathogens. *International Journal of Food Science and Technology*, 2009, pp. 2161–2168.
 - Dutta P. K., Tripathi S., Mehrotra G. K, Dutta J. Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *FoodChemistry*, 2009, pp. 1173–1182.
 - Ivanushko L. A., Solov'eva T. F., Zaporozhec T. S., Somova L. M., Gorbach V. I. Antibakterial'nye i antitoksicheskie svojstva hitozana i ego proizvodnyh [Antibacterial and antitoxic properties of chitosan and its derivatives]. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal* [Pacific Medical Journal], 2009, no.3, pp. 82–85.
 - DelNobile M. A., Gammariello D., Conteand A., Attanasio M. A combination of chitosan, coating and modified atmosphere packaging for prolonging Fior di latte cheese shelf life. *Carbohydr. Polym.*, 2009, vol. 78, no.1, pp. 151–156.
 - D'Almeida M.,Attik N., Amalric J. et. al. Chitosan coating as an antibacterial surface for biomedical applications. *PLoS ONE*, 2012, vol. 12. doi.org/10.1371/journal.pone.0189537.
 - Nechita P, Bobu E., Parfene G., Dinica R. M., Balan T. Antimicrobial coatings based on chitosan derivatives and quaternary ammonium salts for packaging paper. *Cellulose Chem. Technol.*, 2015, vol. 49, pp. 625–632.
 - Aikio S., Grönqvist S., Hakola L., Hurme E., Jussila S. et. al. *Bi-active Paper and Fibre Products*. Finland: VTT, 2006, 84 p.
 - Joerger R. D. Antimicrobial Films for Food Applications: a Quantitative Analysis of Their Effectiveness. *Packaging Technology and Science*, 2007, pp. 231–273.
 - Jin T., Gurtler J. B. Inactivation of Salmonella in liquid egg albumen by antimicrobial bottle coatings infused with allylthiocyanate, nisin and zinc oxide nanoparticles. *Journal of Applied Microbiology*, 2011, pp.704–712.
 - Zosim Z.L, Zimina A.I. Sposob izgotovleniya fungitsidno-aktivnogo materiala dlya upakovki pishchevykh produktov [A method of manufacturing a fungicidal active material for food packaging]. Patent USSR, no. 250665, 1970.
 - Brody Aaron L., Strupinsky Eugene R., Lauri R. Kline. *Active Packaging for Food Applications*. London: CPC Press, 2001, 222 p.
 - Shalini G. Rudra, DhruvaVimal Singh, Sarkar Jyoti, Shivhare U. S. Mechanical properties and antimicrobial efficacy of active wrapping paper or primary packaging of fruits. *Food Bioscience*, 2013, pp. 49–58.
 - Ghosh K.G., Srivatsava A. N., Nirmala N., Sharma T. R. Development and Application of Fungistatic Wrappers in Food Preservation. Part I. Wrappers Obtained by Impregnation Method. *Journal of Food Science & Technology*, 1973, pp. 105–110.
 - Ghosh K. G., Srivatsava A. N., Nirmala N., Sharma T. R. Development and Application of Fungistatic Wrappers in Food Preservation. Part II. Wrappers Made by Coating Process. *Journal of Food Science & Technology*, 1977, pp. 261–264.
 - Zimina A. I, Zosim Z. L. Sposob izgotovleniya fungitsidno-aktivnogo materiala dlya upakovki pishchevykh produktov [A method of manufacturing a fungicidal active material for food packaging]. Patent USSR, no. 394485, 1973.
 - Scannell A. G. M., Hill C., Ross R. P., Marx S., Hartmeier W., Arendt E. K. Development of bioactive food packaging materials using immobilized bacteriocins Lacticin 3147 and Nisaplin. *International Journal of Food Microbiology*, 2000, vol. 60, no. 2–3, pp. 241–249.
 - Özge Erdohan, K. N. Turhan. Olive leaf extract and usage for development of antimicrobial food. Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances, 2011, vol. 2, pp. 1094–1101.
 - Oliveira T. M., Soares N. F., Pereira R. M., Fraga K. F. Development and evaluation of antimicrobial natamycin-incorporated film in Gorgonzola cheese conservation. *Packaging Technology and Science*, 2007, vol. 20, no. 2, pp. 147–153.
 - Ming X., Weber G. H., Ayres J. W., W. E. Sandine Bacteriocins applied to food packaging materials to inhibit *Listeria monocytogenes* on meats. *Journal of Food Science*, 1997, pp. 413–415.
 - Rodriguez A., Nerin C., Batlle R. New Cinnamon-Based Active Paper Packaging against *Rhizopusstolonifer* Food Spoilage. *J.Agric. Food Chem.*, 2008, vol. 56, pp. 6364–6369.
 - Kenichi Hara. Antibacterial paper for food. Patent Japan, no. JP2000110099, 2000.
 - Marisa Astudillo Campillo, Ignacio Covian Sanchez, Ramon Mujica Garay, Christina Nerin De La Puerta. Active packaging that inhibits food pathogens. Patent USA, no. 20090232948A1, 2009.
 - Javad Karimi, Saman Vahdat. Producing antibacterial paper. Patent USA, no. 20160040363A1, 2016.
 - Bevilacqua, A., Corbo M. R., Sinigaglia M. In Vitro Evaluation of the Antimicrobial Activity of Eugenol, Limonene, and Citrus Extract against Bacteria and Yeasts, Representative of the

- Spoiling Microflora of Fruit Juices. *Journal of Food Protection*, 2010, pp. 888–894.
49. Barbiroli A., Bonomi F., Capretti G., Iametti S., Manzoni M., Piergiorgio L. Antimicrobial activity of lysozyme and lactoferrin incorporated in cellulose-based food packaging. *Food Control*, 2012, pp. 387–392.
 50. *Environmentally Compatible Food Packaging* / ed. E. Chiellini, England, 2008, 574 p.
 51. Henry S. Intili. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 4533435, 1984.
 52. Todorova D. A., Lasheva V. G. Study the possibilities of using silver nano particle sin packaging paper. *Bulgarian Chemical Communications*, 2017, vol. 49, pp. 210–214.
 53. Gottesman R., Shukla S., Perkas N., Solovyov L. A., Nitzan Y., Gedanken A. Sonochemical Coating of Paper by Microbiocidal Silver Nanoparticles. *Langmuir*, vol. 27, pp. 720–726.
 54. Tsung-Ting Tsai, Tse-Hao Huang, Chih-Jung Chang, Natalie Yi-Ju Ho, Yu-Ting Tseng, Chien-Fu Chen. Antibacterial cellulose paper made with silver-coated gold nanoparticles. *Scientific reports*. Available at: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-03357-w.pdf>.
 55. Yuzo Yokota. Antimicrobial paper. Patent Japan, no. JPH02104798, 1990.
 56. Rozaljonok T. A. Issledovanie i razrabotka antimikrobnj kompozicii dlja pishhevij upakovok [Research and development of an antimicrobial composition for food packages]. *Tehnika i tehnologija pishhevij proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2014, no. 2, 130–133.
 57. GOST 26987-86. Hleb belyj iz pshenichnoj muki vysshego, pervogo i vtorogo sortov. Tehnicheskie uslovija [State Standard 26987-86. Bread white from wheat flour of the highest, first and second grades. Technical conditions].
 58. GOST R 52972-2008. Sry polutverdye. Tehnicheskie uslovija [State Standard 52972-2008. Syring semisolid. Technical conditions].
 59. Wenbing Hu, Cheng Peng, Weijie Luo, Min Lv, Xiaoming Li, Di Li, Qing Huang, Chunhai Fan. Graphene-Based Antibacterial Paper. *ACS Nano*, 2010, pp. 4317–4323.
 60. Lavoine N., Desloges I., Manship B., Bras J. Antibacterial paperboard packaging using microfibrillated cellulose. *J. Food Sci Technol.*, 2015, pp. 5590–5600.
 61. Giménez-Martín E., López-Andrade M., Ontiveros-Ortega A., Espinosa-Jiménez M. Adsorption of chlorhexidine onto cellulose fibers. *Cellulose*, 2009, pp. 467–479.
 62. Snezhko A. G., Ivanova T. V., Fedotova A. V. Aktivnaja upakovka na osnove bumagi i kartona [Active packing on the basis of paper and cardboard]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese-making and butter-making], 2008, no. 5, pp. 6–9.
 63. Snezhko A. G. e. a. Upakovochnyy material dlya pishchevykh produktov [Packing material for food products]. Patent RF, no. 2163558, 2001.
 64. Miki Yasuno. Antimicrobial paper. Patent Japan, no. JP2009242299, 2009.
 65. Gembitsky, P.A. e. a. Sposob polucheniya bumazhnoy massy dlya izgotovleniya bakteritsidnoy bumagi [Method for producing pulp for manufacturing bactericidal paper]. Patent USSR, no. 1719519, 1992.
 66. Dickler Ya. E., Oleynik A. T., Zayats Yu. N., Kutjev N. P. Sposob prigotovleniya bumazhnoy massy [Method for preparing pulp]. Patent RF, no. 2026914, 1995.
 67. Nicke R. Productions steigerung durch Flockungsmittel-Zellstoff und Papier, 1982, no. 1, pp. 19–23.
 68. Antimicrobial paper. Patent Japan, no. JP3296244B2, 1998.
 69. Eiichi Adachi, Yasukatsu Kataoka, Yoshikazu Mori, Koji Okunishi. Antimicrobial paper. Patent Japan, no. JPS6239505, 1995.
 70. Bondarenko N.Yu. e. a. Bumazhnaya massa dlya izgotovleniya bumagi sanitarno-gigiyenicheskogo i bytovogo naznacheniya [Paper pulp for making sanitary and hygienic paper and household purposes]. Patent USSR, no. 338581, 1972.
 71. Palienco L.Ya. e. a. Propitochnyy sostav dlya bumagi [Impregnating compound for paper]. Patent USSR, no. 918374, 1982.
 72. Henry S. Intili. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 4533435, 1984.
 73. Fred Climple, Ken Sonenberg. Antimicrobial paper. Patent USA, no. 6939442, 2005.
 74. Terry L. A., Ilkenhans T., Poulston S., Rowsell L., Smith A. J. Development of new palladium-promoted ethylene scavenger. *Postharvest Biol. Technol.*, 2007, pp. 214–220.
 75. Abe K. A., Watada A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 1991, vol. 56, no. 6, pp. 1589–1592.
 76. Shin Y., Shin J., Lee Y. Effects of oxygen scavenging package on the quality changes of processed meatball product. *Food Sci. Biotechnol.*, 2009, no. 18, pp. 73–78.
 77. Nurcholis M. Active Packaging: Food Science Department Agricultural Technology Faculty Brawijaya University. 2013. Available at <http://mnurcholis.lecture.ub.ac.id/files/2013/04/Active-Packaging.pdf>.
 78. Szikla, Zoltan. Ethylene Absorbing Paper for the Packaging of Fresh Fruits and Vegetables. Zoltan Szikla. Presented at MAPack 93, Conference on Modified Atmosphere Packaging, Greenville, South Carolina, 1993.
 79. Parks C. J. Odor sorbing packaging. Patent USA, no. 5540916, 1996.
 80. Takada S., Yasuda T. Highly adsorptive pigment. Patent Japan, no. 214263/93, 1993.
 81. Weber M. G., Fitting S. W., Weber R. E., Yeo R. S. Lubricating means for antifriction bearings. Patent USA, no. 2014204, 1990.
 82. Itoh O., Mori H. Deodorant sheet. Patent Japan, no. 109919/91, 1991.
 83. Nakajima Y., Tsuwako A., Maruyama K., Ihno S., Takenaga M. Paper for absorbing unpleasant odors. Patent Japan, no. 95931/84, 1984.
 84. Tsuchiya K., Shimaguchi S., Honda K. Absorbent paper. Patent Japan, no. 62299/80, 1980.
 85. Tokai Yu, Ootaguro M., Komatsu Y. Manufacture of odor-absorbing cellulose fibers. Patent Japan, no. 235571/88, 1988.
 86. Smirnova O. I., Volinova L. A. Aktivnaja upakovka dlja slivochnogo masla [Active packing for butter]. *Syrodellie i maslodellie* [Cheese-making and butter-making], 2014, no. 2, pp. 50–53.
 87. Heijnen C. G. M., Haenen G. R. M. M., VanAcker F. A. A., VanDerVijgh W. J. F., Bast A. Flavonoids as peroxy nitrite scavengers: the role of the hydroxyl groups. *Toxicology in Vitro*, 2001, vol. 15, no. 1, pp. 3–6.
 88. Metodiewa D., Jaiswal A. K., Cenas N., Dickanaitė E., Segura-Aguilar J. Quercetin may act as a cytotoxic prooxidant after its metabolic activation to semiquinone and quinoidal product. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, vol. 26, pp. 107–116.
 89. Sarett Ben L., Don Scott. Enzyme-treated sheet product and article wrapped therewith. Patent USA, no. 2765233, 1956.
 90. Budny, John. Presentation at Pack Alimentaire. San Francisco, California, 1990.
 91. Inoue Y. Oxygen absorbent package. Patent USA, no. 4856650, 1989.
 92. Mita K., Kuroki J., Inaoka J. Water-adsorptive sheet. Patent Japan, no. 252554/90, 1990.
 93. Product Usage Guide, Promotional material soft the company FoodHandler Inc. ElkGroveVillage, 2014, pp. 8.
 94. Anthony S. Salemi, Anthony C. Pappageorg. Antimicrobial product and method for using the same. Patent USA, no. 7989043B2, 2011.
 95. Nechita E. B., Parfene G., Dinica R. M., Balan T. Antimicrobial coatings based on chitosan derivatives and quaternary ammonium salts for packaging paper. *Cellulose Chem. Technol.*, 2015, vol. 49, no. 7–8, pp. 625–632.
 96. Sanapo Gabriel, Graton Benoit, Bouchard Jean-Marc, Beauline Charles, Arsenault Regis, Allard Pascal, Samuel Jean-Francois, Charest Marie-Helene. Anti-microbial tissue paper and process to manufacture same. Patent USA, no. EP2526227, 2012.

Поступила в редакцию 19.02.2018