

## Исследование свойств съедобной упаковки на основе яблочного сырья с добавлением натуральных пластификаторов – семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*)

Д-р хим. наук **Н.В. Макарова**, makarovanv1969@yandex.ru

канд. техн. наук **Н.Б. Еремеева**, rmnatasha@rambler.ru

**Е.А. Елисеева**, e11seevaml@yandex.ru

*Самарский государственный технический университет  
443100, Россия, Самара, ул. Молодогвардейская, 244*

Изучены свойства съедобной пищевой упаковки на основе яблочного сырья с добавлением в качестве пластификатора геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*). С целью определения гидромодуля семян чиа и семян льна были проведены предварительные исследования по определению оптимальной вязкости гелей, полученных с использованием различных соотношений семян и воды. Для получения геля семян льна соотношение семян и растворителя (воды питьевой) составлял 1:6, для получения геля семян чиа – 1:12. Натуральный пластификатор добавляли в количестве 5; 25; 50% к массе яблочного пюре. Съедобная упаковка имела форму стакана и изготавливалась на композитной основе. Обсуждена зависимость физико-химических показателей и органолептических свойств съедобной упаковки в зависимости от содержания натуральных пластификаторов в массе яблочного пюре. В качестве контрольного образца использована упаковка, изготовленная без использования пластификатора (100% яблочного пюре). Определены содержание влаги, водопоглощение, стойкость к различным жидкостям полученных образцов съедобной упаковки. Проведено микроскопирование поверхности и оценка органолептических свойств полученных образцов. Выявлено, что все образцы обладают органолептическими и физико-химическими показателями, позволяющими рекомендовать гель семян чиа и гель семян льна к использованию в качестве структурообразователей при производстве съедобной пищевой упаковки. Установлено, что образцы с гелем семян чиа и гелем семян льна обладают схожими свойствами, однако семена льна имеют стоимость в 2–3 раза меньше, чем семена чиа, в связи с чем их использование в качестве пластификатора при производстве съедобной яблочной пленки можно считать более целесообразным. Образцы, содержащие в составе 25 и 50% к массе яблочного пюре, так же обладают близкими по уровню показателей свойствами, что делает использование 50% пластификатора менее рациональным.

**Ключевые слова:** пищевая упаковка; съедобная упаковка; яблочное сырье; *Salvia hispanica* (семена чиа); *Linum usitatisimum L.* (семена льна).

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-3-13-24

---

## Properties of edible packaging based on apple raw materials with the addition of plasticizers – chia seeds (*Salvia hispanica*) and flax seeds (*Linum usitatisimum L.*)

D. Sc. **Nadezhda V. Makarova**, makarovanv1969@yandex.ru

Ph. D. **Natalia B. Eremeeva**, rmnatasha@rambler.ru

**Elena A. Eliseeva**, e11seevaml@yandex.ru

*Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russia*

A method for the production of edible food packaging based on apple raw materials with an addition of chia seeds (*Salvia hispanica*) and gel of flax seeds (*Linum usitatisimum L.*) as a plasticizer is analyzed. The optimum viscosity of gels with different rations of water and seeds was pre-defined to find a hydromodulus for chia and flax seeds. To obtain flax seed gel, the ratio of seeds to solvent (drinking water) was 1: 6, and to obtain chia seed gel – 1:12. The plasticizer was added in the amount of 5, 25, 50% by weight of applesauce. The package had the shape of a glass and was made according to the composite principle. The dependence of the physicochemical parameters and the organoleptic properties of the package depending on the content of plasticizer in the weight of applesauce is analized. A package made without the use of a plasticizer (100% apple sauce) was used as a control sample. The moisture content, water absorption, and resistance to various liquids of the obtained samples of edible packaging are determined. The surface was microscopically examined and the organoleptic properties of the samples obtained were evaluated. It was revealed that organoleptic and physico-chemical parameters of all samples

**allow recommending chia seed gel and flax seed gel to be used as structure-forming agents in the production of edible food packaging. It has been established that samples with chia seed gel and flax seed gel have similar properties, but the cost of flax seeds is 2–3 times less than the one of chia seeds, therefore, their use as a plasticizer in the production of edible apple film can be considered to be more appropriate. Samples containing 25 and 50% apple puree also exhibit similar properties, which makes the use of 50% plasticizer less rational.**

**Keywords:** food packaging; edible packaging; apple raw materials; chia seeds (*Salvia hispanica*); flax seeds (*Linum usitatissimum L.*).

## Введение

Неотъемлемой частью пищевых продуктов является их упаковка. Она защищает продукт от воздействий окружающей среды и придает ему эстетические свойства, обращает на себя внимание потребителей, обеспечивает его конкурентоспособность на рынке [1]. С целью максимального удовлетворения потребностей и предпочтений потребителей в настоящее время разрабатывается большое число инновационных пищевых упаковок, позволяющих увеличить срок годности пищевых продуктов, сохранить их физико-химические и органолептические свойства, снизить негативное влияние упаковки на продукт и, как следствие, на организм человека. Данные свойства достигаются за счет замедления окислительных процессов, снижения воздухопроницаемости упаковки, повышения антимикробных свойств, предотвращения инфузии влаги, использования поглотителей/излучателей CO<sub>2</sub>, поглотителей этилена [2].

В настоящее время большая часть упаковочных материалов для пищевых продуктов представлена полимерами. Они имеют низкую себестоимость и позволяют производить широкий ассортимент упаковки [3]. Однако большое количество используемой одноразовой упаковки ведет к появлению глобальных проблем, связанных с переработкой мусора. Существуют несколько путей решения проблемы: одни из них – рециклинг, сжигание и захоронение. Однако, технологический цикл вторичной переработки сложен и ведет к ухудшению качества продукции. Сжигание приводит к выбросам в атмосферу веществ, негативно влияющих на окружающую среду и организм человека. Захоронение мусора ведет к попаданию вредных веществ его разложения в почву и гидросферу [4]. Сокращение производства, повторное использование и переработка могут снизить негативное воздействие упаковки пищевых продуктов на окружающую среду [5]. Одной из современных тенденций в пищевой промышленности является разработка биоразлагаемой пищевой упаковки. Перспективным направлением в упаковке пищевых продуктов является использование биополимеров для производства съедобных пищевых пленок и покрытий. Данные материалы являются полностью экологичными в отличие от упаковочных материалов, получаемых из невозобновляемых ресурсов [6]. Биополимеры отличаются от остальных пластиков возможностью разложения на микроорганизмы путем химического, физического или биологического воздействия [4]. С точки зрения управления отходами, биоразлагаемая пищевая упаковка с высокими барьерными свойствами может выступать заменой для современной многослойной упаковки, которая не подлежит вторичной переработке и не разлагается под действием окружающей среды [7]. Однако, на данном этапе развития биополимерная упаковка обладает рядом существенных недостатков: низкий уровень возможности контроля технологических характеристик. Например, хрупкость характерна для изделий из целлюлозы и полигидроксibuтилата, плохая термопластичность и влагочувствительность свойственны полимерам на базе крахмала [8]. Наряду с этим на данном этапе развития биополимерной промышленности имеются ограничения возможности крупнотиражного производства; биополимерная упаковка характеризуется высокой стоимостью [4].

Съедобная пленка представляет собой тонкий биоразлагаемый слой, используемый для покрытия пищевых продуктов, пригодный к употреблению в пищу [9]. В настоящий момент наибольшее применение съедобное покрытие имеет в сфере послесборовой обработки фруктов, овощей и ягод. Так, покрытие на основе сока алоэ-вера применяется для сохранения органолептических свойств и создания антимикробного эффекта при обработке винограда и *Artocarpus heterophyllus* (плодов хлебного дерева) [10, 11].

Для создания необходимой текстуры и консистенции съедобных пленок широко применяются различные гидроколлоиды. Так, покрытие свежесобранной черешни пленкой на основе альгината натрия

позволяет замедлить внешние признаки увядания и сократить потерю массы при хранении, но не оказывает влияния на содержание антоцианов, фенолов и общую антиоксидантную активность ягод [12]. Однако, важным свойством биополимеров является возможность использования в качестве добавок натуральных веществ, обладающих антиокислительной активностью, повышающих сроки хранения пищевых продуктов [13]. Доказано, что добавление в состав съедобных покрытий экстракта имбиря [14], экстракта *Trachyspermum ammi* [15], наночастиц серебра и других добавок, оказывающих антиоксидантное и антимикробное действие, позволяет продлить срок хранения плодов и ягод, снизить общую бактериальную обсемененность, а также улучшить их органолептические показатели [16].

Природными источниками натуральных гидроколлоидов являются семена чиа (*Salvia hispanica*) и семена льна (*Linum usitatissimum L.*), способные выделять гели при впитывании воды.

В НИИ питания РАМН было проведено определение ряда показателей пищевой ценности муки из семян чиа. Полученные данные указывают на значительное содержание в муке из семян чиа пищевых волокон (22–40%) и токоферолов (11–16 мг/кг). В муке также велико содержание общего жира (до 32%) и альфа-линоленовой кислоты (52–64%). Сравнительная оценка содержания пищевых веществ в семенах чиа и семенах льна указывает на достаточное сходство основных показателей. Вместе с тем, обращает на себя внимание несколько более высокое содержание белка и меньшее содержание жира в семенах чиа в сравнении с семенами льна. Заслуживает особого внимания благоприятный жирнокислотный состав семян чиа. В них ниже содержание насыщенных жирных кислот (3,3 против 3,7 г/100 г в семенах чиа и льна, соответственно) и выше содержание ненасыщенных жирных кислот (27 против 20 г/100 г), соотношение которых составляет 9:1 и 6:1 в семенах чиа и льна, соответственно. В семенах чиа выше содержание  $\omega$ -3 ПНЖК (21 против 17%) [17].

Гель семян чиа (*Salvia hispanica*) представляет собой смесь полисахаридов, в основном состоящую из целлюлозы (58%) и углеводов (34%). Извлеченный гель обладает эмульгирующими, загущающими и пластифицирующими свойствами и имеет большой потенциал использования в пищевой промышленности в качестве загустителя, эмульгатора, а также в качестве стабилизатора [18]. Доказано влияние степени измельчения семян чиа на способность к отделению геля исследуемых образцов: в большей степени изучаемое свойство проявлялось у семян более мелкого помола. Слегка измельченные (цельные) семена чиа (размер частиц более 1,0 мм) в меньшей степени проявили способность к отделению геля, содержание сухих веществ которого имело самые низкие значения [19].

Семена льна (*Linum usitatissimum L.*) являются ценным пищевым сырьем, так как содержат в своем составе все необходимые для жизнедеятельности человека макро- и микроэлементы: белки, липиды с высоким содержанием ПНЖК, усвояемые углеводы (сахароза, крахмал, декстрины), пищевые волокна, лигнаны, витамины группы В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, РР), витамин С, токоферолы, минеральные вещества (фосфор, калий, магний, железо, марганец, цинк, кальций, натрий) [20]. Больше всего в состав белкового комплекса семян льна входят соединения, извлекаемые водой, – в среднем по сортам: 43,9% от общего количества, на долю солерастворимой фракции приходится 19,6%, щелочерастворимой – 10,5% [21].

При впитывании семенами льна воды происходит выделение слизи, физико-химические свойства которой различны в соответствии с генотипом растения и условиями окружающей среды. Вязкость и состав слизи влияют на состав полезных веществ, входящих в состав семян льна. Вместе со слизью секретируются некоторые ферменты, связанные с рамногалактуронаном-1 (рамногалактуроназа и  $\beta$ ,  $d$ -галактозидаза) и арабиноксиланом ( $l$ -арабинофуранозидаза,  $\beta$ -ксиланаза) [22, 23].

Анализ стоимости семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) в интернет-магазинах и торговых сетях г. Самара показал, что стоимость семян чиа составляет 80–200 руб/100 г, а семян льна 30–100 руб/100 г, в зависимости от производителя и размера партии, что позволяет сделать вывод о большей экономической целесообразности использования семян льна по сравнению с семенами чиа.

Целью данного исследования является:

- разработка технологии производства съедобных стаканов на основе яблочного пюре с добавлением геля семян чиа (*Salvia hispanica*) в качестве натурального пластификатора;
- изучение органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного пюре с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*);

- разработка технологии производства съедобных стаканов на основе яблочного пюре с добавлением геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*) в качестве натурального пластификатора;
- изучение органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного пюре с добавлением семян льна (*Linum usitatisimum L.*);
- сравнительный анализ органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*).

### Объекты и методы исследования

Съедобную пищевую упаковку получали на основе пюре яблочного. Упаковка имела форму стакана и изготавливалась по композитному способу. В качестве пластификатора использовали гель семян чиа (*Salvia hispanica*) и гель семян льна (*Linum usitatisimum L.*). Для определения гидромодуля семян льна и семян чиа проводили предварительные исследования по определению оптимальной вязкости исследуемых гелей. Для получения геля семян льна соотношение семян и растворителя (воды питьевой) составило 1:6, для получения геля семян чиа – 1:12. Массу выдерживали при 23°C в течение 2 ч. Полученные гели использовали без отделения семян чиа (льна) от массы геля. Данные гели добавляли в количестве 5; 25; 50% к массе яблочного пюре, массу наносили на форму и высушивали в сушильном шкафу с непрерывной конвекцией при температурах не выше 75÷80°C. В качестве контрольного образца использовался стакан без добавления пластификатора (100% яблочное пюре).

Для полученных образцов определяли содержание влаги, водопоглощение, стойкость к различным жидкостям: 5% раствору NaCl, 5% раствору кислоты лимонной, воде дистиллированной температурой 23 и 100°C; органолептические показатели; проводили микроскопирование.

Влажность определяли согласно ГОСТ 5900-2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ.

Для определения водопоглощения в съедобные стаканы помещали 200 мл дистиллированной воды температурой 20÷25°C. Через 30 мин воду сливают. Водопоглощение стакана определяют как процент увеличения его массы за счет поглощения воды.

Для определения стойкости к жидкостям в съедобные стаканы помещали 200 мл модельного раствора и измеряли время, необходимое для размягчения стакана (деформации, образование разрывов в форме и структуре стакана).

В качестве модельных жидкостей выступают:

- ✓ вода дистиллированная температурой 20–25°C;
- ✓ вода дистиллированная с начальной температурой 95–100°C
- ✓ 5%-й водный раствор поваренной соли с температурой 20–25°C;
- ✓ 5%-й водный раствор лимонной кислоты с температурой 20–25°C;

Микроскопирование съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*) проводили на лабораторном микроскопе «Микромед 3-20М».

Органолептическая оценка проводилась по параметрам «внешний вид», «цвет», «аромат», «консистенция», «вкус» по ГОСТ 5897-90 Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров массы нетто и составных частей; ГОСТ 31986-2012 Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания; ГОСТ ISO 11036-2017 Органолептический анализ. Методология. Характеристики структуры; ГОСТ ISO 11037-2013 Органолептический анализ. Руководство по оценке цвета пищевых продуктов; ГОСТ ISO 13299-2015 Органолептический анализ. Методология. Общие характеристики по составлению органолептического профиля; ГОСТ ISO 16779-2017 Органолептический анализ. Оценка (определение и верификация) срока годности пищевой продукции; ГОСТ ISO 6658-2016 Органолептический анализ. Методология. Общее руководство.

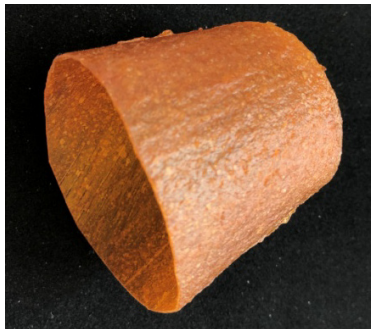



### Результаты и их обсуждение




Оценка органолептических и физико-химических свойств позволяет определить приемлемость продукта к использованию. В случае съедобной упаковки особенно важным является сочетание высоких эксплуатационных свойств съедобного стакана как упаковки с хорошими показателями по вкусу, цвету, аромату, внешнему виду и консистенции продукта.



Результаты органолептических исследований исследуемых съедобных стаканов и их внешний вид представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты органолептической оценки и внешний вид исследуемых образцов съедобной упаковки  
Table 1. Samples of edible packaging under consideration and their organoleptic evaluation

Образец	Фотография	Параметр	Характеристика
Съедобный стакан без добавления пластификатора с содержанием яблочного пюре 100% (контрольный образец)		Внешний вид	Полупрозрачный стакан. Поверхность гладкая, с блеском. Слегка липкий на ощупь, эластичный при сжатии
		Цвет	Янтарный
		Аромат	Яблочный, аромат карамельного сахара
		Вкус	Яблочной пастилы, без посторонних привкусов, послевкусие слегка кислое
		Консистенция	Легко пережевывается
Съедобный стакан с содержанием геля семян льна ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) 5%		Внешний вид	Полупрозрачный, с блеском. Поверхность гладкая, полупрозрачная с вкраплениями крупных семян. Слегка липкий на ощупь, эластичный при сжатии
		Цвет	Янтарный
		Аромат	Яблочный, аромат карамельного сахара
		Вкус	Яблочной пастилы, без посторонних привкусов, послевкусие слегка кислое с ореховым привкусом семян льна
		Консистенция	Легко пережевываемая. Семена хрустящие
Съедобный стакан с содержанием геля семян льна ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) 25%		Внешний вид	Поверхность стакана вне семян гладкая, полупрозрачная. Большая часть поверхности покрыта неравномерным слоем семян.
		Цвет	Янтарный – стакана, семена коричневые
		Аромат	Яблочный, аромат карамельного сахара, легкий аромат семян льна
		Вкус	Ореховый вкус семян льна, со слегка кислым яблочным вкусом
		Консистенция	Жесткая; хрустящая при пережевывании семян; яблочная основа легко пережевываемая
Съедобный стакан с содержанием геля семян льна ( <i>Linum usitatissimum</i> L.) 50%		Внешний вид	Стакан правильной формы, большая часть поверхности покрыта семенами
		Цвет	Янтарный – стакана, семена – коричневые
		Аромат	Яблочный, аромат карамельного сахара, легкий аромат семян льна
		Вкус	Доминирует вкус семян, яблочная основа сладко-кислая
		Консистенция	Жесткая; хрустящая при пережевывании семян; яблочная основа легко пережевываемая

<p>Съедобный стакан с содержанием геля семян чиа (<i>Salvia hispanica</i>) 5%</p>		Внешний вид	Поверхность гладкая, с небольшим количеством мелких семян. Слегка липкий на ощупь
		Цвет	Янтарный – стакана, семена – коричневые, с примесью черных
		Аромат	Яблочный, аромат карамельного сахара
		Вкус	Яблочный, ореховый привкус семян
		Консистенция	Легко пережевываемая. Эластичная. Семена хрустящие.
<p>Съедобный стакан с содержанием геля семян чиа (<i>Salvia hispanica</i>) 25%</p>		Внешний вид	Стакан жесткий; Большая часть поверхности покрыта коричневыми семенами, форма правильная
		Цвет	Коричневый
		Аромат	Ореховый аромат семян чиа, аромат карамельного сахара
		Вкус	Доминирует ореховый вкус семян, яблочная основа сладко-кислая, вкус яблочный без посторонних привкусов
		Консистенция	При пережевывании хрустящая, яблочная основа легко пережевываемая
<p>Съедобный стакан с содержанием геля семян чиа (<i>Salvia hispanica</i>) 50 %</p>		Внешний вид	Жесткий стакан правильной формы полностью покрытый семенами, основа не просматривается
		Цвет	Коричневые семена
		Аромат	Ореховый аромат семян чиа, аромат карамельного сахара
		Вкус	Доминирует ореховый вкус семян, яблочная основа сладко-кислая, вкус яблочный без посторонних привкусов
		Консистенция	При пережевывании хрустящая, яблочная основа легко пережевываемая

Таким образом, все образцы съедобных стаканов обладают приемлемыми органолептическими характеристиками. В частности, из результатов органолептической оценки съедобных стаканов можно сделать следующие выводы:

1. добавление семян чиа (*Salvia hispanica*)/семян льна (*Linum usitatissimum L.*) придает стакану большую жесткость и прочность, по сравнению с контрольным образцом, содержащим 100 % яблочного пюре. Семена существенно изменяют вкус и аромат стаканов, добавляя к вкусу яблочного пюре и аромату карамельного сахара, характерных для контрольного образца, собственные ореховые привкус и аромат;
2. увеличение концентрации геля семян льна (*Linum usitatissimum L.*) приводит к увеличению жесткости стакана, снижению липкости за счет большего покрытия поверхности стакана семенами. Кроме того, с увеличением концентрации геля семян привкус и аромат семян льна увеличивается;
3. увеличение концентрации геля семян чиа (*Salvia hispanica*) приводит к увеличению жесткости стакана, снижению липкости за счет большего покрытия поверхности стакана семенами. Кроме того, с увеличением концентрации геля семян привкус и аромат семян чиа увеличивается;
4. съедобные стаканы с одинаковыми концентрациями геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatissimum L.*) обладают близкими органолептическими показателями. Существенное различие во вкусе и аромате обуславливается различиями во вкусе и аромате исходных семян.

Содержание влаги в пищевых продуктах не только влияет на внешний вид и органолептические показатели продукта, но и обуславливает стабильность продукта при хранении [24], что особенно важно

для съедобной упаковки. Результаты определения содержания влаги в съедобных стаканах на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*) представлены на рисунке 1.

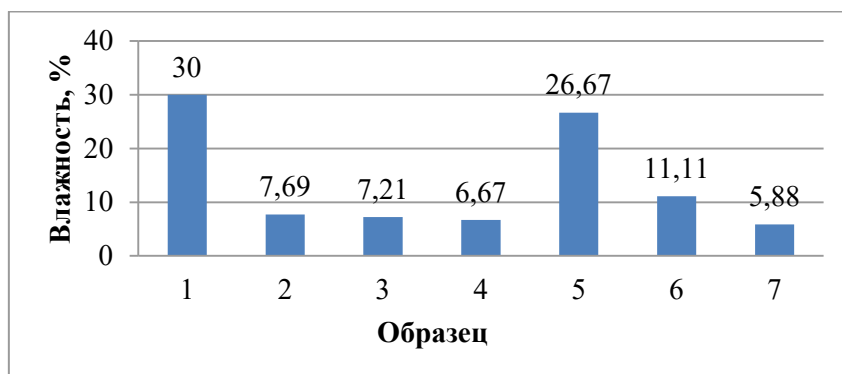


Рисунок 1 – Результаты определения содержания влаги в съедобных стаканах на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*):

1 – контрольный образец – яблочный стакан без добавок; 2 – яблочный стакан с добавлением 5% семян льна; 3 – яблочный стакан с добавлением 25% семян льна; 4 – яблочный стакан с добавлением 50% семян льна; 5 – яблочный стакан с добавлением 5% семян чиа; 6 – яблочный стакан с добавлением 25% семян чиа; 7 – яблочный стакан с добавлением 50% семян чиа

Figure 1. Moisture content in edible glasses made on the base of apple raw materials with an addition of chia (*Salvia hispanica*) and flax (*Linum usitatisimum L.*) seeds:

1 – control sample – apple glass without additives; 2 – apple glass with the addition of 5% flax seeds; 3 – apple glass with the addition of 25% flax seeds; 4 – apple glass with the addition of 50% flax seeds; 5 – apple glass with the addition of 5% chia seeds; 6 – apple glass with the addition of 25% chia seeds; 7 – apple glass with the addition of 50% chia seeds

Результаты определения содержания влаги в съедобных стаканах на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*) свидетельствуют о том, что:

1. яблочные стаканы с добавлением геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*) обладают меньшей влажностью по сравнению с контрольным образцом;
2. в среднем стаканы с добавлением семян льна (*Linum usitatisimum L.*) обладают меньшей влажностью, чем стаканы с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*);
3. с увеличением количества геля семян чиа (*Salvia hispanica*) по отношению к яблочному пюре наблюдается снижения содержания влаги в съедобном стакане;
4. с увеличением количества геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*) по отношению к яблочному пюре наблюдается снижения содержания влаги в съедобном стакане;

Водопоглощение так же является основной характеристикой упаковки. Низкое водопоглощение обуславливает влагоотталкивающую способность, что позволяет стакану дольше сохранять форму и стойкость при контакте с жидкостями. Но при этом съедобная упаковка не может обладать очень низкими показателями водопоглощения, так как способность поглощать воду свидетельствует о хорошей перевариваемости пищевого продукта в организме человека.

Результаты определения водопоглощения съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*) представлены на рисунке 2.

Результаты определения водопоглощения съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatisimum L.*) показывают, что как для стаканов с добавлением геля семян чиа (*Salvia hispanica*), так и для стаканов с добавлением геля семян льна (*Linum usitatisimum L.*) увеличение концентрации семян в образце приводит к увеличению водопоглощения съедобного стакана. Таким образом, гели семян чиа и семян льна способны лучше поглощать воду, чем сама масса из яблочного пюре и пластификатора.



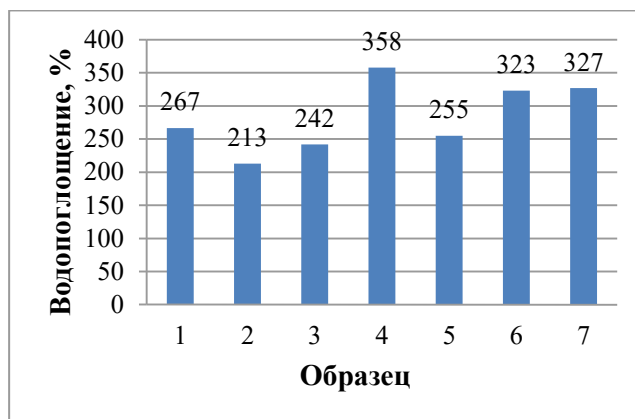


Рисунок 2 – Результаты определения водопоглощения съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*):

1 – контрольный образец – яблочный стакан без добавок; 2 – яблочный стакан с добавлением 5% семян льна; 3 – яблочный стакан с добавлением 25% семян льна; 4 – яблочный стакан с добавлением 50% семян льна; 5 – яблочный стакан с добавлением 5% семян чиа; 6 – яблочный стакан с добавлением 25% семян чиа; 7 – яблочный стакан с добавлением 50% семян чиа

Figure 2. Water absorption capacity of edible glasses made on the base of apple raw materials with an addition of chia (*Salvia hispanica*) and flax (*Linum usitatissimum L.*) seeds:

1 – control sample – apple glass without additives; 2 – apple glass with the addition of 5% flax seeds; 3 – apple glass with the addition of 25% flax seeds; 4 – apple glass with the addition of 50% flax seeds; 5 – apple glass with the addition of 5% chia seeds; 6 – apple glass with the addition of 25% chia seeds; 7 – apple glass with the addition of 50% chia seeds

Важнейшим параметром съедобного стакана, обуславливающим его практическую применимость, является стойкость к различным жидкостям. Высокие значения данного параметра позволяют стакану длительное время сохранять форму при при наполнении его различными типами жидкостей с разными рН: водой, безалкогольными напитками, чаем, кофе, кисломолочными продуктами и т.д. На рисунке 3 представлены результаты испытаний по сохранению формы съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) при контакте с водой дистиллированной температурой 20–25°C; водой дистиллированной с начальной температурой 95–100°C; 5%-м водным раствором поваренной соли с температурой 20–25°C; 5%-м водным раствором лимонной кислоты с температурой 20–25°C.

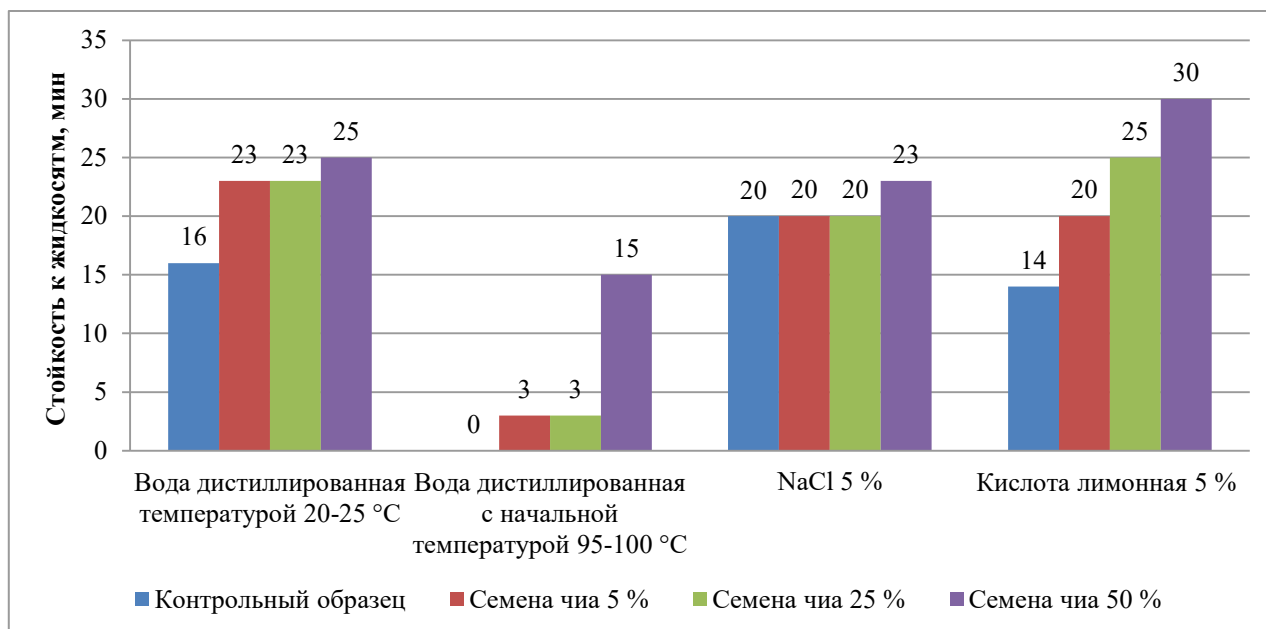


Рисунок 3 – Результаты определения стойкости к различным модельным жидкостям съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*)

Figure 3. Resistivity to various model liquids of edible glasses made on the base of apple raw materials with an addition of chia (*Salvia hispanica*) seeds

На рисунке 4 представлены результаты испытаний по сохранению формы съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян льна (*Linum usitatissimum L.*) при контакте с водой дистиллированной температурой 20–25°C; водой дистиллированной с начальной температурой 95–100°C;



5%-м водным раствором поваренной соли с температурой 20–25°C; 5%-м водным раствором лимонной кислоты с температурой 20–25°C.

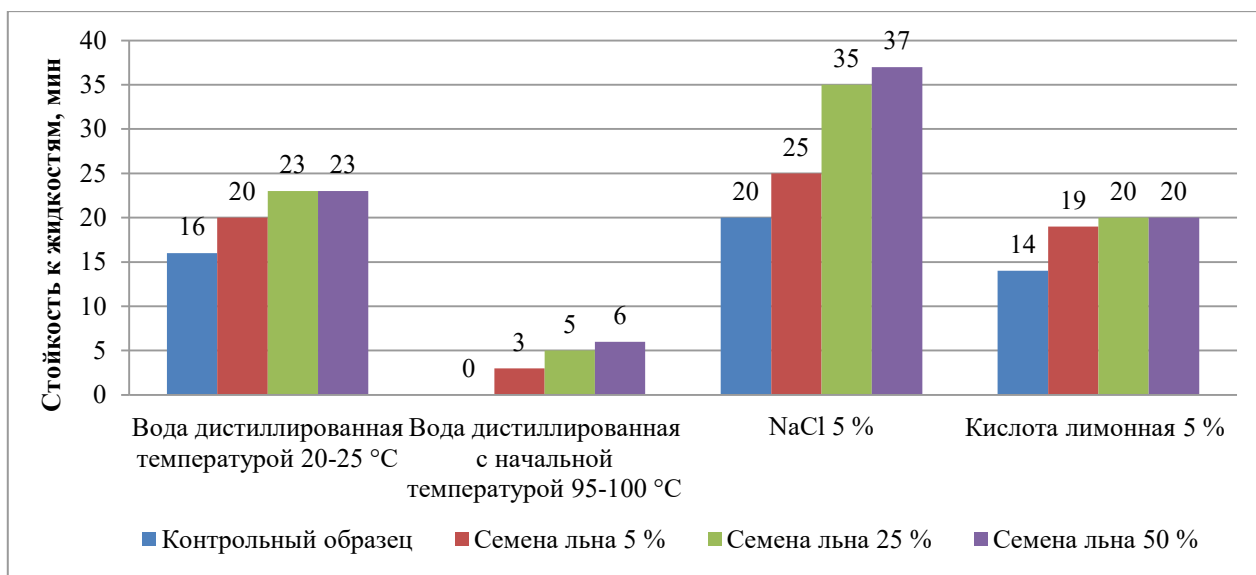


Рисунок 4 – Результаты определения стойкости к различным модельным жидкостям съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян льна (*Linum usitatissimum L.*)

Figure 4. Resistivity to various model liquids of edible glasses made on the base of apple raw materials with an addition of flax (*Linum usitatissimum L.*) seeds

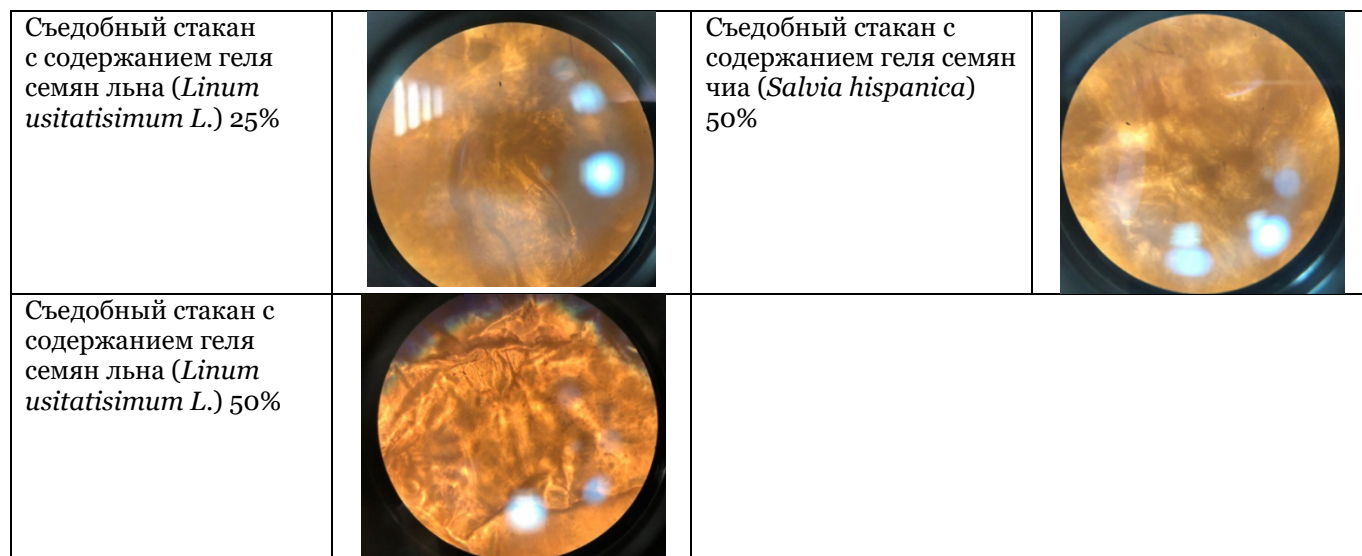
Анализ данных графиков (рисунок 3 и 4) позволяет сделать вывод о том, что увеличение количества геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatissimum L.*) к массе яблочного пюре в съедобном стакане повышает устойчивость съедобных стаканов ко всем видам испытуемых жидкостей. Причем, увеличение концентрации гелей семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) приводит к повышению стойкости стаканов для всех рассмотренных модельных растворов. Стаканы с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) обладают близкими по уровню результатов показателями измерения стойкости к различным жидкостям.

В таблице 2 представлены результаты микроскопирования съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*).

Таблица 2 – Результаты микроскопирования исследуемых образцов съедобной упаковки

Table 2. Microscopic examination of the edible packaging samples under consideration

Образец	Внешний вид поверхности пленки	Образец	Внешний вид поверхности пленки
Съедобный стакан без добавления пластификатора с содержанием яблочного пюре 100 % (контрольный образец)		Съедобный стакан с содержанием геля семян чиа ( <i>Salvia hispanica</i> ) 5%	
Съедобный стакан с содержанием геля семян льна ( <i>Linum usitatissimum L.</i> ) 5 %		Съедобный стакан с содержанием геля семян чиа ( <i>Salvia hispanica</i> ) 25%	



Образцы съедобных стаканов на основе яблочного сырья с добавлением геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и геля семян льна (*Linum usitatissimum L.*) обладают более однородной структурой поверхности по сравнению с контрольным образцом. Причем степень однородности повышается с повышением концентрации добавленного геля. Очевидно, что добавление семян чиа (*Salvia hispanica*) обуславливает более однородную структуру съедобных стаканов, чем добавление семян льна (*Linum usitatissimum L.*).

### Заключение

В результате исследований, направленных на изучение свойств съедобной упаковки на основе яблочного сырья с использованием в качестве пластификатора семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*), было установлено, что данная упаковка обладает высокими органолептическими показателями. Добавление семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) к яблочному пюре позволяет повысить жесткость стаканов за счет создания каркаса из семян; придает специфические аромат и вкус, снижает липкость и гибкость съедобного стакана.

Результаты измерения влажности съедобных стаканов показали, что добавление геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) к яблочному пюре снижает содержание влаги в съедобном стакане, что может положительно сказаться на увеличении срока хранения съедобных стаканов, причем наблюдается обратная зависимость между концентрацией геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) и влажностью стаканов: с увеличением концентрации добавленных гелей влажность уменьшается (влажность контрольного стакана, стаканов с содержанием семян чиа 5; 25 и 50% составляет 30,00; 26,67; 11,11 и 5,88% соответственно).

Добавление геля семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) позволяет повысить водопоглощение съедобных стаканов на основе яблочного пюре – с увеличением концентрации добавленного геля увеличивается водопоглощение исследуемого стакана.

Стаканы с семенами чиа (*Salvia hispanica*) и семенами льна (*Linum usitatissimum L.*) обладают большей устойчивостью к различным жидкостям по сравнению с контрольным образцом, причем стойкость увеличивается с возрастанием концентрации введенных гелей. Так, стойкость съедобных стаканов на основе яблочного пюре с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) в количестве 5; 25 и 50 к 5%-му водному раствору поваренной соли с температурой 20–25°C составляет 25; 35 и 37 мин соответственно, при стойкости контрольного образца 20 мин; а стойкость съедобных стаканов с добавлением 5; 25 и 50% семян льна (*Linum usitatissimum L.*) при контакте с водой дистиллированной температурой 20–25°C составляет 23,23 и 25 мин соответственно при стойкости контрольного образца 16 мин.

Установлено, что при схожих значениях физико-химических показателей семена льна (*Linum usitatissimum L.*) обладают значительно меньшей стоимостью (до 2–3 раз) по сравнению с семенами чиа (*Salvia hispanica*), что позволяет считать их использование более рациональным.

Микроскопирование съедобных стаканов с добавлением семян чиа (*Salvia hispanica*) и семян льна (*Linum usitatissimum L.*) показало, что увеличение концентрации геля семян чиа и семян льна позволяет повысить однородность съедобных стаканов.

### Литература

1. Rodríguez-Rojas A., Ospina A.A., Rodríguez-Vélez P. What is the new about food packaging material? A bibliometric review during 1996–2016. *Trends Food Sci. & Technol.* 2019, V. 85, pp. 252–261.
2. Majid I., Nayik G.A., Dar S.M., Nanda V. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.* 2018. V. 17, pp. 454–462.
3. Стюарт Б. Упаковка как инструмент эффективного маркетинга. М.: МГУП, 1999. 144 с.
4. Тасекеев М.С., Еремеева Л.М. Производство биополимеров как один из путей решения проблем экологии и АПК. Алматы: НЦ НТИ, 2009. С. 7.
5. Geueke B., Groh K., Muncke J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *J. Cleaner Prod.* 2018. V. 193, pp. 491–505.
6. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., Hromiš N.M. Edible films and coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Res.* 2015. V. 42, Is. 1, pp. 11–22.
7. Dilkes-Hoffman L.S., Lane J.L., Grant T., Pratt S., Lant P.A., Laycock B. Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. *J. Cleaner Prod.* 2018. V. 180, pp. 325–334.
8. Валеева Н.Ш., Хасанова Г.Б. Биополимеры – перспективный вектор развития полимерной промышленности // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 22. С. 135–139.
9. Wahyuni E.S., Arifan F. Optimization of chitosan drying temperature on the quality and quantity of edible film. *The second International Conference on Energy, Environmental and Information System E3S Web of Conferences 31.* 2018. pp. 5.
10. Teja T.R., Santhi K.K., Narsingarao A. Edible film coating of fresh cut jack fruit. *Int. J. Sci., Environment and Technol.* 2016. V. 16, Is. 3, pp. 1658–1668.
11. Valverde J.M., Valero D., Martínez-Romero D., Guillén F., Castillo S., Serrano M. Novel Edible Coating Based on Aloe vera Gel to Maintain Table Grape Quality and Safety. *Int. J. Sci. Engineering and Technol.* 2014, V. 3, Is. 8, pp. 1016–1019.
12. Chiabrando V., Giacalone G. Effects of alginate edible coating on quality and antioxidant properties in sweet cherry during postharvest storage. *Ital. J. Food Sci.* 2015. V. 27, pp. 173–180.
13. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., Hromiš N.M. Edible Films and Coatings – sources, properties and application. *Food & Feed Res.* 2015. V. 42, Is. 1, pp. 11–22.
14. Galgano F. Biodegradable packaging and edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. *Ital. J. Food Sci.* 2015, V. 27, Is. 1, pp. 1–20.
15. Karimnezhad F., Razavilar V., Anvar A.A., Eskandari S. Study the antimicrobial effects of chitosan-based edible film containing the *Trachyspermum ammi* essential oil on shelf-life of chicken meat. *Microbiology Res.* 2017. V. 8, Is. 1, pp. 84–87.
16. Estiningtyas H.R., Kawiji K., Manuhara G.J. The application of maizena-edible film with addition of ginger extract as natural antioxidant in cow sausage coating. *Biofarmasi.* 2012. V. 10, Is. 1, pp. 7–16.
17. Конь И.Я., Шилина Н.М., Гмошинская М.В., Бессонов В.В., Кочеткова А.А., Гурченкова М.А. Медикобиологическое обоснование возможности использования муки из семян растения чиа в питании детей старше 3-х лет [Электронный ресурс] // Отчет о научно-исследовательской работе НИИ питания. 2013. URL: <http://chia4kids.ru/ckfinder/userfiles/files/%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%9D%D0%98%D0%98%20%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%A7%D0%B8%D0%B0%20150413.pdf> (дата обращения 15.05.2019).
18. Ramos S., Fradinho P., Mata P., Raymundo A. Assessing gelling properties of chia (*Salvia hispanica L.*) flour through rheological characterization. *J. Sci. Food Agric.* 2017. V. 97, Is. 6, pp. 1753–1760.
19. Кузнецова Д.В., Курячева Е.В., Надточий Л.А. Исследование свойств геля, полученного из семян чиа (*Salvia hispanica L.*) // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2017. № 3, С. 10–15.
20. Бередица Л.С., Воронова Н.С. Исследование льняного семени, как нового функционального ингредиента в молочной промышленности // Инновационная наука. 2015. № 7. С. 11–13.
21. Краснова Д.А. Изменение содержания белка в семенах льна в зависимости от генетических особенностей сорта // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 2. С. 22–24.
22. Paynel F., Pavlov A., Ancelin G., Rihouey C., Picton L., Lebrun L., Morvan C. Polysaccharide hydrolases are released with mucilages after water hydration of flax seeds. *Plant Physiol. Biochem.* 2013. V. 62, pp. 54–62.
23. Ray S., Paynel F., Morvan C., Patrice L.P., Driouich A., Ray B. Characterization of mucilage polysaccharides, arabinogalactan proteins and cell-wall hemicellulosic polysaccharides isolated from flax seed meal: A wealth of structural moieties. *Carbohydrate Polymers.* 2013. V. 93, Is. 2, pp. 651–660.
24. Сергеева А.С., Московкин Д.Л. Применение инфракрасных термогравиметрических влагомеров для измерения влажности пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2013. № 10. С. 14–16.



### References

1. Rodríguez-Rojas A., Ospina A.A., Rodríguez-Vélez P. What is the new about food packaging material? A bibliometric review during 1996–2016. *Trends Food Sci. & Technol.* 2019, V. 85, pp. 252–261.
2. Majid I., Nayik G.A., Dar S.M., Nanda V. Novel food packaging technologies: Innovations and future prospective. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.* 2018. V. 17, pp. 454–462.
3. Stewart B. Packaging as a tool for effective marketing. Moscow, MGUP Publ., 1999. 144 p. (*In Russian*).
4. Tasekeev M.S., Ereemeeva L.M. Production of biopolymers as one of the ways to solve problems of ecology and agro-industrial complex. Almaty, National Center for Scientific and Technical Information, 2009. 7 p. (*In Russian*).
5. Geueke B., Groh K., Muncke J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *J. Cleaner Prod.* 2018. V. 193, pp. 491–505.
6. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., Hromiš N.M. Edible films and coatings: Sources, properties and application. *Food and Feed Res.* 2015. V. 42, Is. 1, pp. 11–22.
7. Dilkes-Hoffman L.S., Lane J.L., Grant T., Pratt S., Lant P.A., Laycock B. Environmental impact of biodegradable food packaging when considering food waste. *J. Cleaner Prod.* 2018. V. 180, pp. 325–334.
8. Valeeva N. Sh., Khasanova G. B. Biopolymers - a promising vector of development of the polymer industry. *Bulletin of Kazan Technological University.* 2013, no. 22, pp. 135–139 (*In Russian*).
9. Wahyuni E.S., Arifan F. Optimization of chitosan drying temperature on the quality and quantity of edible film. *The second International Conference on Energy, Environmental and Information System E3S Web of Conferences 31.* 2018. pp. 5.
10. Teja T.R., Santhi K.K., Narsingarao A. Edible film coating of fresh cut jack fruit. *Int. J. Sci., Environment and Technol.* 2016. V. 16, Is. 3, pp. 1658–1668.
11. Valverde J.M., Valero D, Martínez-Romero D, Guillén F, Castillo S, Serrano M. Novel Edible Coating Based on Aloe vera Gel to Maintain Table Grape Quality and Safety. *Int. J. Sci. Engineering and Technol.* 2014, V. 3, Is. 8, pp. 1016–1019.
12. Chiabrando V., Giacalone G. Effects of alginate edible coating on quality and antioxidant properties in sweet cherry during postharvest storage. *Ital. J. Food Sci.* 2015. V. 27, pp. 173–180.
13. Šuput D.Z., Lazić V.L., Popović S.Z., Hromiš N.M. Edible Films and Coatings – sources, properties and application. *Food & Feed Res.* 2015. V. 42, Is. 1, pp. 11–22.
14. Galgano F. Biodegradable packaging and edible coating for fresh-cut fruits and vegetables. *Ital. J. Food Sci.* 2015, V. 27, Is. 1, pp. 1–20.
15. Karimnezhad F., Razavilar V., Anvar A.A., Eskandari S. Study the antimicrobial effects of chitosan-based edible film containing the *Trachyspermum ammi* essential oil on shelf-life of chicken meat. *Microbiology Res.* 2017. V. 8, Is. 1, pp. 84–87.
16. Estiningtyas H.R., Kawiji K., Manuhara G.J. The application of maizena-edible film with addition of ginger extract as natural antioxidant in cow sausage coating. *Biofarmasi.* 2012. V. 10, Is. 1, pp. 7–16.
17. Kon' I.Ya., Shilina N.M., Gmoshinskaya M.V., Bessonov V.V., Kochetkova A.A., Gurchenkova M.A. Biomedical justification of the possibility of using flour from the seeds of chia plants in the diet of children older than 3 years. Report on research work of the Research Institute of Nutrition. 2013. URL: <http://chia4kids.ru/ckfinder/userfiles/files/%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82%20%D0%9D%D0%98%D0%98%20%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%A7%D0%B8%D0%B0%20150413.pdf> (Accessed 15.05.2019). (*In Russian*).
18. Ramos S., Fradinho P., Mata P., Raymundo A. Assessing gelling properties of chia (*Salvia hispanica L.*) flour through rheological characterization. *J. Sci. Food Agric.* 2017. V. 97, Is. 6, pp. 1753–1760.
19. Kuznetsova D.V., Kiryacheva E.V., Nadtochy L.A. Properties of Gel from Chia Seeds (*Salvia Hispanica L.*). *Processes and Food Production Equipment.* 2017, no. 3, pp. 10–15 (*In Russian*).
20. Beredina L.S., Voronova N.S. Investigation of flaxseed as a new functional ingredient in the dairy industry. *Innovative Science.* 2015, no. 7, pp. 11–13 (*In Russian*).
21. Krasnova D.A. Changing the protein content in flax seeds depending on the genetic characteristics of the variety. *Achievements of Science and Technology of AICis.* 2010, no. 2, pp. 22–24 (*In Russian*).
22. Paynel F., Pavlov A., Ancelin G., Rihouey C., Picton L., Lebrun L., Morvan C. Polysaccharide hydrolases are released with mucilages after water hydration of flax seeds. *Plant Physiol. Biochem.* 2013. V. 62, pp. 54–62 (*In Russian*).
23. Ray S., Paynel F., Morvan C., Patrice L.P., Driouich A., Ray B. Characterization of mucilage polysaccharides, arabinogalactan proteins and cell-wall hemicellulosic polysaccharides isolated from flax seed meal: A wealth of structural moieties. *Carbohydrate Polymers.* 2013. V. 93, Is. 2, pp. 651–660.
24. Sergeeva A.S., Moskovkin D.L. The use of infrared thermogravimetric moisture meters to measure the moisture of food. *Food Industry.* 2013, no. 10, pp. 14–16 (*In Russian*).

Статья поступила в редакцию 19.06.2019