

**Literatura**

1. *Zasimova L.S., Horkina N.A., Kalinin A.M. Rol' gosudarstva v razvitii programm ukrepleniya zdorov'ya na rabochem meste // Voprosy gosudarstvennogo i municipal'nogo upravleniya. – 2014. – № 4. – S. 69–94.*
2. *De-Souza L.D.K. Sovershenstvovanie tehnologii teplovoj obrabotki predvaritel'no vakuumiro-vannyh pishhevyh sistem na osnove krup, ovoshhej i mjasa pticy: avto-ref dis. ... kand. tehn. nauk / Voronezh. gos. un-t inzh. tehnologij. – Voronezh, 2013. – 22 s.*



УДК 664.8.035.6

**Д.Е. Быков, Н.В. Макарова,  
А.В. Демидова, Н.Б. Еремеева**

**ОЦЕНКА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХСЛОЙНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОГО ПЮРЕ С ПЛАСТИФИКАТОРОМ АГАР-АГАР**

**D.E. Bykov, N.V. Makarova,  
A.V. Demidova, N.B. Ereemeeva**

**THE EVALUATION OF ORGANOLEPTIC, PHYSICAL AND CHEMICAL, STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF TWO-LAYER FILMS ON THE BASIS OF APPLE PUREE WITH AGAR-AGAR SOFTENER**

**Быков Д.Е.** – д-р техн. наук, проф., ректор Самарского государственного технического университета, г. Самара. E-mail: rector@samgtu.ru

**Макарова Н.В.** – д-р хим. наук, проф., зав. каф. технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета, г. Самара. E-mail: nvmakarova1969@yandex.ru

**Демидова А.В.** – зав. лаб. каф. технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета, г. Самара. E-mail: demianna23@gmail.com

**Еремеева Н.Б.** – ассист. каф. технологии и организации общественного питания Самарского государственного технического университета, г. Самара. E-mail: rmvnatasha@rambler.ru

**Bykov D.E.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Rector, Samara State Technical University, Samara. E-mail: rector@samgtu.ru

**Makarova N.V.** – Dr. Chem. Sci., Prof., Head, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, Samara. E-mail: nvmakarova1969@yandex.ru

**Demidova A.V.** – Head, Lab., Chair of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, Samara. E-mail: demianna23@gmail.com

**Ereemeeva N.B.** – Asst, Chair of Technology and Organization of Public Catering, Samara State Technical University, Samara. E-mail: rmvnatasha@rambler.ru

*Перспективным направлением является использование таких «активных» оболочек, как съедобные пленочные материалы. Основой этих покрытий являются природные полимеры – полисахариды, одним из самых известных является агар-агар. Съедобные пленки на основе природных полимеров обладают высокой сорбционной способностью, при попадании в организм человека адсорбируют и выводят из него ионы металлов, радионуклиды и другие вредные вещества. Целью данного исследования является изучение органолептических*

*свойств, структуры, водопоглотительной способности, прочностных характеристик композитных пленок на основе яблочного пюре, с включением в один из слоев агар-агара. Были изготовлены 6 образцов пленки с различными видами и содержанием пластификаторов. Для полученных образцов пленки изучены органолептические характеристики, структура, водопоглотительная способность и прочностные свойства. Все получаемые пленки обладают хорошей усвояемостью организмом вследствие содержания в составе*

полностью натуральных компонентов. Яблочное пюре обеспечивает специфическую темно-золотую окраску пленок. Результаты микроскопирования продемонстрировали, что образцы имеют неоднородную структуру с пузырьками воздуха. Наиболее гомогенизированным образцом являются пленки со вторым слоем, содержащие КМЦ и клетчатку. Значение показателя водопоглощения выше у пленочных материалов, в состав второго слоя которых входит желатин, каррагинан и клетчатка. Пленки, обладающие высокой водопоглощительной способностью, легко пережевываются и усваиваются организмом. Образцы полученной пленки на основе яблочного пюре и пектина мало устойчивы к действию воды, особенно при повышенной температуре. К числу пленок с наиболее высокими показателями по прочности относятся три вида пленки: с каррагинаном (10,02 МПа), агар-агаром (8,46 МПа), пектином (6,07 МПа). Проведенное исследование показывает, что изучение композитных пленок является перспективным.

**Ключевые слова:** двойные съедобные пленки, яблочное пюре, агар-агар.

*Perspective direction is using such "active" covers as edible film materials. The basis of these coverings are natural polymers, i.e. polysaccharides, one of the best known is agar-agar. Edible films on the basis of natural polymers possess high sorption ability, entering human body adsorb and bring out ions of metals, radionuclides and other harmful substances. The objective of the research is studying organoleptic properties, structures, water absorbing ability, strength characteristics of composite films on the basis of apple puree with inclusion of agar-agar in one of the layers. 6 samples of the film with different types and the content of softeners were made. For received samples of film organoleptic characteristics, the structure, water absorbing ability and structural properties were studied. All received films possessed good digestibility owing to the part of completely natural components. Apple puree provides specific dark and gold coloring of films. The results of microscopy showed that the samples had non-uniform structure with vials of air. The most homogenized samples were the films with the second layer containing CMC and cellulose. The value of indicator of water absorption was higher in film materials which part of the second layer were gelatin, carrageenan and cellulose. The films possessing high water absorb-*

*ing ability are easily chewed and digested by the organism. The samples of received film on the basis of apple puree and pectin are a little steady against water effect, especially at increased temperature. With the highest rates on the durability three types of the film were those having carrageenan (10.02 MPas), agar-agar (8.46 MPas), pectin (6.07 MPas). Conducted researches show that studying of composite films is promising.*

**Keywords:** double edible films, apple puree, agar-agar.

**Введение.** Перспективным направлением является использование таких «активных» оболочек, как съедобные пленочные материалы. Основой этих покрытий являются природные полимеры – полисахариды, одним из широко известных является агар-агар. Агар-агар – смесь полисахаридов агарозы и агаропектина [1]. Агароза (содержание 50–80 %) – линейный полисахарид, построенный из строго чередующихся остатков β-D-галактопиранозы и 3,6-ангидро-α-L-галактопиранозы, связанных попеременно (1, 4)-β и (1, 3)-α-связями.

Агар-агар получают из морских красных водорослей родов *Gracilaria*, *Gelidium*, *Ahnfeltia*, произрастающих в Белом море и Тихом океане. В зависимости от вида водорослей состав выделенных полисахаридов может изменяться. Агар-агар незначительно растворяется в холодной воде и набухает в ней. В горячей воде образует коллоидный раствор, который при охлаждении дает хороший прочный гель, обладающий стекловидным изломом. У агара-агара этот процесс осуществляется за счет образования двойных спиралей и их ассоциации независимо от содержания катионов, сахара или кислоты. Гелеобразующая способность агара-агара в 10 раз выше, чем у желатина. При нагревании в присутствии кислоты способность к гелеобразованию снижается. Гели стабильны при pH выше 4, 5 и термообратимы [2]. Агар-агар обладает прекрасной структурообразующей способностью и поэтому широко используется как компонент пищевых продуктов.

Съедобные пленки на основе природных полимеров обладают высокой сорбционной способностью и при попадании в организм человека адсорбируют и выводят из него ионы металлов, радионуклиды и другие вредные вещества. Пищевая упаковка может не только защищать продукты питания от нежелательных воздействий окружающей среды, окисления, микроби-

альной порчи и др., но и обогатить их витаминами, необходимыми для человека. Многие полисахариды, используемые в качестве пищевых загустителей или стабилизаторов, такие как альгинаты, каррагинаны, пектины могут использоваться в качестве пленкообразующих материалов для разработки съедобных пленок и покрытий [3]. В том числе были получены пленки на основе агара [4]. Пленки на основе агара прозрачные, прочные и гибкие даже при низком содержании влаги. Их паропроницаемость незначительно отличается от крахмальных пленок или пленок на основе производных целлюлозы [5]. Кроме того, пленки на основе агара обладают способностью образовывать термосвариваемый шов [6].

Таким образом, агар-агар может являться перспективным компонентом съедобных пленок.

**Цель исследования:** разработка технологии получения композитных пленок на основе яблочного пюре, с включением в один из слоев агар-агара.

**Задачи исследования:** 1) разработка рецептуры композитных съедобных пленок;

2) изучение органолептических свойств и структуры композитных съедобных пленок; 3) определение показателей водопоглотительной способности, прочностных характеристик композитных съедобных пленок.

**Материалы, методы и результаты исследования.** Для получения яблочного пюре яблоки подвергают подготовке, предусматривающей инспекцию, сортировку, калибровку и мойку, удаляют несъедобные части: плодоножку, семенную камеру и кожуру, измельчают до пюреобразного состояния, пюре протирают, затем к полученной массе добавляют пластификатор агар-агар 0,1–5,0 % (табл. 1) от массы яблочного пюре, равномерно распределяют по всему объему. Таким образом получают первый слой съедобной пленки. Аналогично получают второй слой на основе яблочного пюре и другого пластификатора. Оба слоя подвергают вальцеванию. Двойную пленку сушат при температуре 55–70 °С в течение 1–3 ч, а затем охлаждают до комнатной температуры.

Таблица 1

Состав двойных пленок

Код	1-й слой	2-й слой
ЯП/А-ЯП/А	Яблочное пюре – агар-агар	Яблочное пюре – агар-агар
ЯП/А-ЯП/КК		Яблочное пюре – ксантановая камедь
ЯП/А-ЯП/КМЦ		Яблочное пюре – КМЦ
ЯП/А-ЯП/П		Яблочное пюре – пектин
ЯП/А-ЯП/КЛ		Яблочное пюре – клетчатка
ЯП/А-ЯП/Ж		Яблочное пюре – желатин
ЯП/А-ЯП/К		Яблочное пюре – каррагинан

Были изготовлены 6 образцов пленки с различными видами и содержанием пластификаторов. Для полученных образцов пленки изучены органолептические характеристики, структура, водопоглотительная способность и прочностные свойства.

**Органолептические характеристики.** Исследования органолептических показателей были проведены по ГОСТ 8756.1-79 [7].

**Сканирующая электронная микроскопия.** Микроскопирование проводилось на лабораторном микроскопе Celestron Laboratory с линзой стократного увеличения по методу J. George, Siddaramaiah [8].

**Влагопоглотительная способность пленки.** Влагопоглотительная способность была опре-

делена для всех пленок по методу H. Gialamas с изменениями [9]. Образцы пленок помещают в дистиллированную воду и выдерживают при 23 °С в течение 30, 60, 90 мин и при 90 °С в течение 30, 60, 90 мин. Определяют степень водопоглощения как отношение массы пленки после эксперимента к массе пленки до эксперимента в процентах.

**Толщина пленки.** Толщину пленки измеряли с помощью цифрового микрометра FIT 19909. Выполняли пять измерений для каждой пленки: один в центре образца и четыре – на различных участках периметра пленки. Рассчитывалось среднее значение толщины пленки.

**Испытание на растяжение пленочных материалов.** Проводили на лабораторном испы-

тательном комплексе, включающем разрывную машину INSTRON-5988 (Испытательная лаборатория по определению механических свойств и химического состава конструкционных материалов, научный сотрудник А.Е. Горбунов) со скоростью приложения нагрузки в больших пределах от 0,001 до 508 мм/мин. Испытывались образцы шириной 10 мм при расстоянии между зажимами 150 мм. Определение деформационных свойств материалов с получением графика зависимости «нагрузка-перемещение», «напряжение-перемещение» и математическую обработку результатов проводили по программному обеспечению Bluehill 3. Исследования прочностных характеристик и толщины были проведены по ГОСТ Р 53226-2008 [10].

Общий вид съедобных пленок представлен на рисунке 1.

Все получаемые пленки обладают хорошей усвояемостью организмом вследствие содержания в составе полностью натуральных компонентов – протопектина яблочного пюре и добавляемых пластификаторов, ароматом яблок и бумажным вкусом с привкусом яблочного пюре. Яблочное пюре обеспечивает специфическую темно-золотую окраску пленок (рис. 2). Структура пленок однородная, губчатая. Пленка с добавлением ксантановой камеди во второй слой имеет более золотистый оттенок и мучнистый привкус. Применение яблочного пюре для изготовления съедобной упаковки позволит получить более привлекательный вид по сравнению с традиционной целлофановой оболочкой, что приведет к повышению потребительских свойств продукта.

Фотографии пленок, полученные с помощью микроскопа, представлены на рисунке 2.

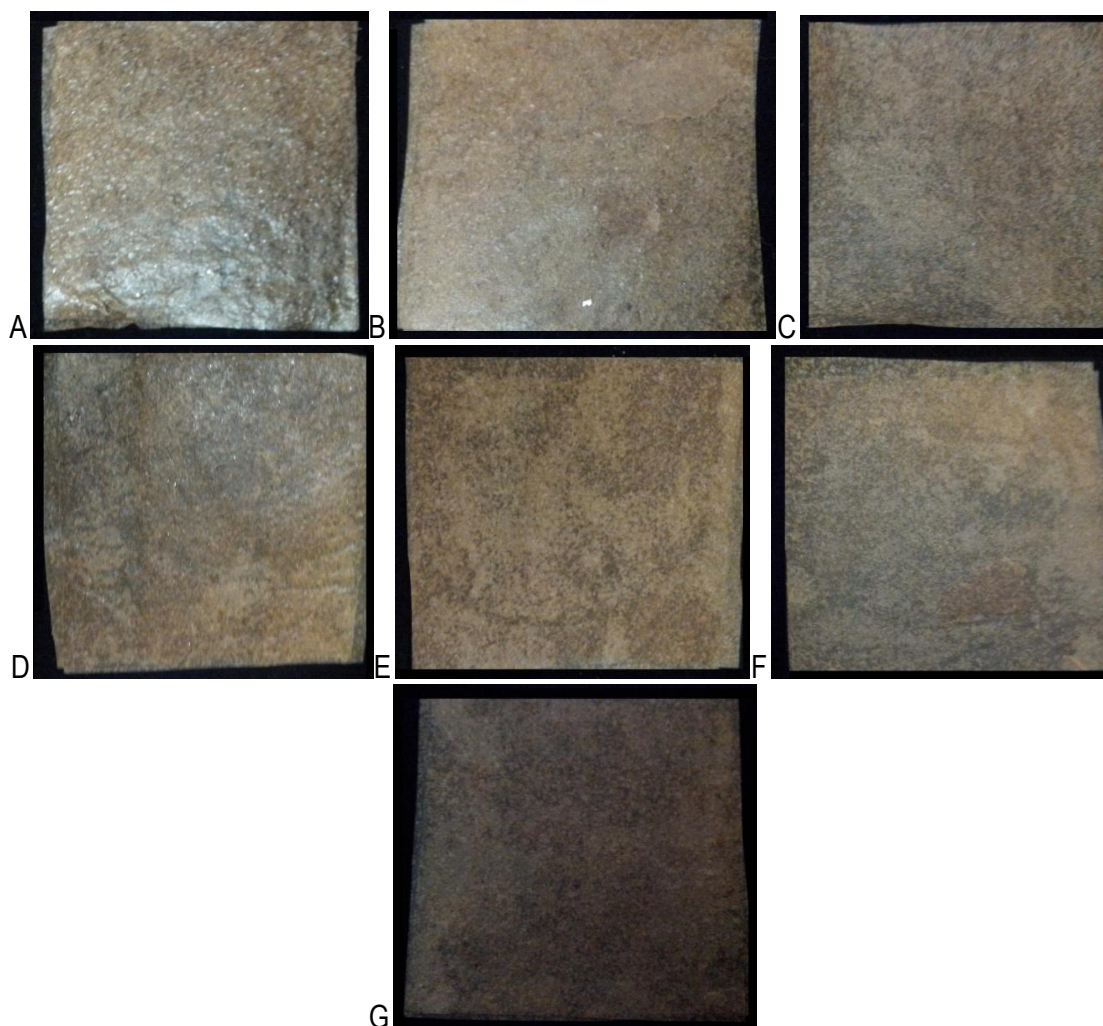


Рис. 1. Внешний вид съедобной пленки из яблочного сырья с добавлением пластификаторов: А – ЯП/А-ЯП/А; В – ЯП/А-ЯП/КК; С – ЯП/А-ЯП/КМЦ; D – ЯП/А-ЯП/П; E – ЯП/А-ЯП/КЛ; F – ЯП/А-ЯП/Ж; G – ЯП/А-ЯП/К

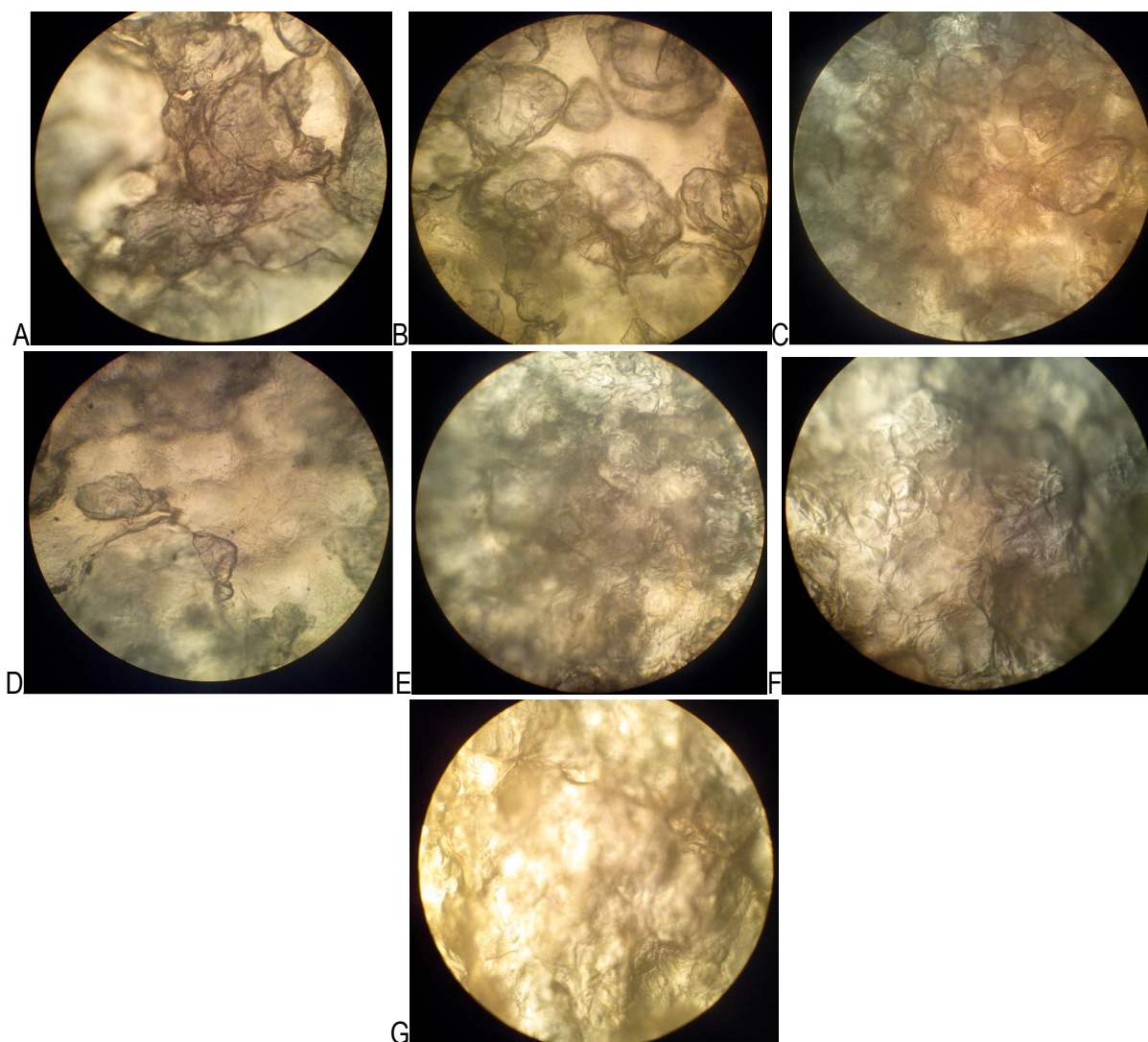


Рис. 2. Микроскопирование съедобных пленок на основе яблочного сырья с добавлением пластификаторов: А – ЯП/А-ЯП/А; В – ЯП/А-ЯП/КК; С – ЯП/А-ЯП/КМЦ; D – ЯП/А-ЯП/П; E – ЯП/А-ЯП/КЛ; F – ЯП/А-ЯП/Ж; G – ЯП/А-ЯП/К

Результаты микроскопирования продемонстрировали, что образцы имеют неоднородную структуру с пузырьками воздуха. Наиболее гомогенизированным образцом являются пленки со вторым слоем, содержащие КМЦ и клетчатку.

Также установлено, что значение показателя водопоглощения выше у пленочных материалов, в состав второго слоя которых входят желатин, каррагинан и клетчатка (табл. 2). Пленки, обладающие высокой водопоглощательной способностью, легко пережевываются и усваивают-

ся организмом. Образцы полученной пленки на основе яблочного пюре и пектина мало устойчивы к действию воды, особенно при повышенной температуре.

Результаты физико-механических испытаний двухслойных пленочных материалов на основе яблочного пюре с разным содержанием пектина представлены на рисунке 3, анализ которого показывает, что увеличение содержания пектина в составе пленочных материалов способствует увеличению их механической прочности.

Влияние пектина на водопоглотительную способность двойных пленок с агар-агаром в 1-м слое

Условия (t, τ)	Водопоглотительная способность, %						
	ЯП/А- ЯП/А	ЯП/А- ЯП/КК	ЯП/А- ЯП/КМЦ	ЯП/А- ЯП/П	ЯП/А- ЯП/КЛ	ЯП/А- ЯП/Ж	ЯП/А- ЯП/К
23 °С, 30 мин	509,1	389,6	489	489	661	448	448
23 °С, 60 мин	-*	-	-	-	882	749	749
23 °С, 90 мин	-	-	-	-	-	-	-
40 °С, 30 мин	432	489	885	885	656	424	424
40 °С, 60 мин	-	-	-	-	-	-	-
40 °С, 90 мин	-	-	-	-	-	-	-

\*Образец растворился.

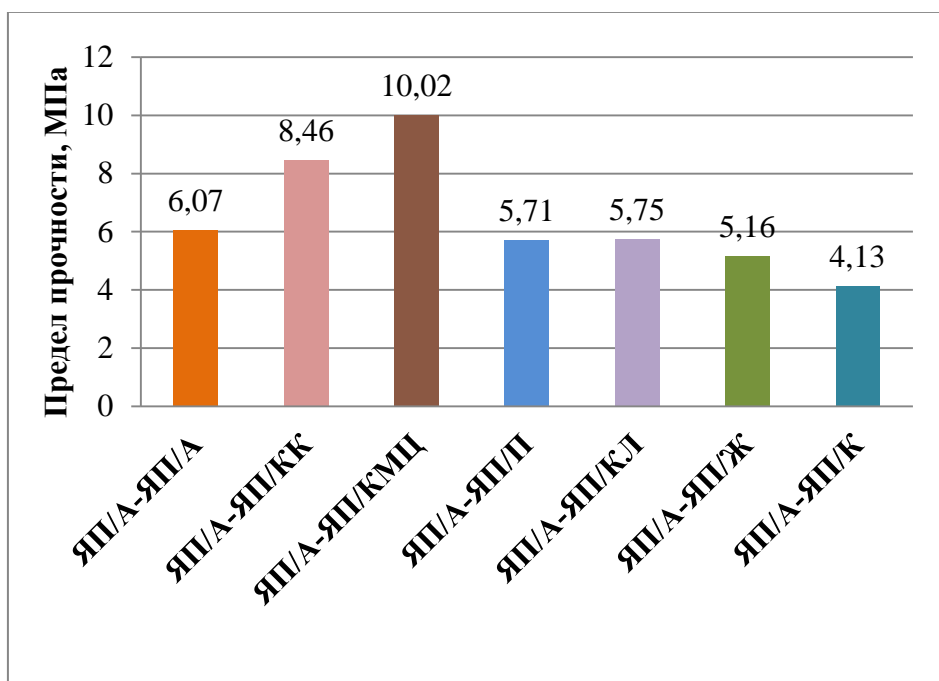


Рис. 3. Физико-механические свойства двухслойной пленки

К числу пленок с наиболее высокими показателями по прочности относятся три вида пленки с каррагинаном (10,02 МПа), с агар-агаром (8,46 МПа), пектином (6,07 МПа). Три пленки – с ксантановой камедью, желатином, КМЦ имеют сходные показатели, а пленка двойная с клетчаткой имеет худшие показатели.

**Заключение.** Проведенное исследование свойств композитных пленок показывает, что изучение композитных пленок является перспективным, полученные пленки обладают целым комплексом положительных свойств по органолептике, прочности, причем большую роль

при этом играет природа пластификатора во втором слое.

### Литература

1. Крякунова Е.В., Манахова Т.Н. Влияние пластификаторов на физико-механические свойства пленочных материалов на основе крахмала // Вестн. Казан. технологического ун-та. – 2013. – № 22. – С. 225–228.
2. Шаталов И.С., Шаталова А.С., Шлейкин А.Г. Влияние диальдегида крахмала на прочность и растяжение желатиновой пленки

- ки // Научный журнал НИУ ИТМО. Сер. «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2014. – № 3. – С. 175–178.
3. *Krochta J.M., Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo M.O.* Edible coatings and films to improve food quality // Technomic Publishing Co. – 1994. – Vol. 21., № 2. – P. 279–304.
  4. *Ikeda S., Nitta Y., Kim B.S., Temsiripong T., Pongsawatnamit R., Nishinari K.* Single-phase mixed gels of xyloglucan and gellan // Food Hydrocolloids. – 2004. – Vol. 50, № 2. – P. 727–735.
  5. *Phan T.D., Peroval C., Debeaufort F., Despre D., Courthaudon J.L., Voilley A.* Arabinoxylan-lipid-based edible films and coatings. Influence of sucroester nature on the emulsion structure and film properties // Journal of Agricultural Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 2. – P. 266–272.
  6. *Kester J.J., Fennema O.* An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier properties to moisture vapor transmission and structural evaluation // Journal of Food Science. – 1989. – Vol. 54, № 112. – P. 1383–1389.
  7. ГОСТ 8756.1-79. Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема и массовой доли составных частей (с Изменениями № 1, 2). – М.: Стандартинформ, 2009. – 14 с.
  8. *Siddaramaiah G.J.* High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals // Carbohydr. Polym. – 2012. – Vol. 87, № 3. – P. 2031–2037.
  9. *Gialamas H., Zinoviadou K.G., Biliaderis C.G., Koutsoumanis K.P.* Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods // Food Res. Int. – 2010. – Vol. 43, № 10. – P. 2402–2408.
  10. ГОСТ Р 53226-2008. Полотна нетканые. Методы определения прочности. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.
- Literatura**
1. *Kryakunova E.V., Manahova T.N.* Vliyanie plastifikatorov na fiziko-mehaniicheskie svojstva ple-nochnyh materialov na osnove krahmala // Vestn. Kazan. tehnologicheskogo un-ta. – 2013. – № 22. – S. 225–228.
  2. *Shatalov I.S., Shatalova A.S., Shlejkin A.G.* Vliyanie dial'degida krahmala na prochnost' i ras-tjazhenie zhelatinovoj plenki // Nauchnyj zhurnal NIU ITMO. Ser. «Processy i apparaty pishhevyyh proizvodstv». – 2014. – № 3. – С. 175–178.
  3. *Krochta J.M., Baldwin E.A., Nisperos-Carriedo M.O.* Edible coatings and films to improve food quality // Technomic Publishing Co. – 1994. – Vol. 21., № 2. – P. 279–304.
  4. *Ikeda S., Nitta Y., Kim B.S., Temsiripong T., Pongsawatnamit R., Nishinari K.* Single-phase mixed gels of xyloglucan and gellan // Food Hydrocolloids. – 2004. – Vol. 50, № 2. – P. 727–735.
  5. *Phan T.D., Peroval C., Debeaufort F., Despre D., Courthaudon J.L., Voilley A.* Arabinoxylan-lipid-based edible films and coatings. Influence of sucroester nature on the emulsion structure and film properties // Journal of Agricultural Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, № 2. – P. 266–272.
  6. *Kester J.J., Fennema O.* An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier properties to moisture vapor transmission and structural evaluation // Journal of Food Science. – 1989. – Vol. 54, № 112. – P. 1383–1389.
  7. GOST 8756.1-79. Produkty pishhevye konservirovannye. Metody opredelenija organolepticheskikh pokazatelej, massy netto ili ob'ema i massovoj doli sostavnyh chastej (s izmenenijami № 1, 2). – М.: Standartinform, 2009. – 14 с.
  8. *Siddaramaiah G.J.* High performance edible nanocomposite films containing bacterial cellulose nanocrystals // Carbohydr. Polym. – 2012. – Vol. 87, № 3. – P. 2031–2037.
  9. *Gialamas H., Zinoviadou K.G., Biliaderis C.G., Koutsoumanis K.P.* Development of a novel bioactive packaging based on the incorporation of *Lactobacillus sakei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods // Food Res. Int. – 2010. – Vol. 43, № 10. – P. 2402–2408.
  10. GOST R 53226-2008. Polotna netkanye. Metody opredelenija prochnosti. – М.: Standartinform, 2009. – 20 с.