

# Исследование органолептических и физико-химических свойств съедобных стаканов на основе яблочного сырья с использованием различных добавок: сухого молока, сухих сливок, картофельного и кукурузного крахмала, карбоксиметилцеллюлозы, лецитина

**Макарова Надежда Викторовна**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244  
E-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru*

**Еремеева Наталья Борисовна**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244  
E-mail: rmvnatasha@rambler.ru*

**Елисеева Елена Алексеевна**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244  
E-mail: e11seevaml@yandex.ru*

**Давыдова Яна Владимировна**

*ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»  
Адрес: 443100, город Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244  
E-mail: davydova\_1998@list.ru*

В статье рассмотрены вопросы создания съедобных стаканов на основе яблочного сырья с различными добавками. Впервые приводятся результаты исследования образцов съедобных стаканов с различными добавками (картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин, сухое молоко, сухие сливки). Съедобные стаканы получены на основе одного из самых распространенных видов фруктов – яблок. Для съедобных стаканов изучены органолептические свойства (внешний вид, цвет, вкус, аромат, пережевываемость), микроструктура поверхности стаканов, отношение упаковки к воде и другим пищевым жидкостям, влажность, водопоглощение. Результаты исследований показывают, что съедобные стаканы на основе яблочного сырья вполне приемлемы по органолептическим показателям. Несмотря на отдельные трещины и пустоты в структуре материала стаканов, они обладают высокими характеристиками устойчивости к воде и пищевым жидкостям при низкой и высокой температурах.

**Ключевые слова:** съедобные стаканы, яблоки, картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин, сухое молоко, сухие сливки, влажность, устойчивость, водопоглощение

## Введение

Во всех странах мира доля упакованных в общем объеме продаваемых пищевых продуктов постоянно возрастает, а, следовательно, все более и более становится важным вопрос утилиза-

ции или переработки этой упаковки (Wang, Xu, Yu, Ahmed, Liu, Bai, Zhang, Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu, 2016, p. 1924–1931). При этом огромная часть этой упаковки изготовлена из пластиковых материалов. В статье сербских ученых (Agarski, Vukelic, Micunovic, Budak, 2019, p. 55–65) приведены схемы

и расчеты по переработке упаковочных пластиковых материалов и делается вывод, что дополнительная переработка этих материалов потребует дополнительных энергетических, тепловых затрат и будет вносить существенную нагрузку на экологию. Одной из главных альтернатив пластиковой упаковки на данный момент считается биоразлагаемая упаковка (Fahouri, Martelli, Caon, Velasco, Buontempo, Bilck, Innocentini, 2018, p. 293–300). Однако специалисты отмечают (Taufik, Reinders, Molenveld, Onwezen, 2020, p. 1–10.), что в настоящий момент широкому замещению пластиковой упаковки на биоразлагаемую мешают такие факторы как высокая стоимость, отсутствие четких схем рециклинга, плохое сырьевое обеспечение и т.д.

В настоящее время активно развиваются работы по созданию съедобных пленок как альтернативы пластиковой упаковке. Среди возможного сырья для производства съедобных пленок рассматриваются различные источники. В работе (Liu, Lin, Lopez-Sanchez, Yang, 2020, p. 634–645) изучены цвет, прочность, оптическая прозрачность, плотность, термоустойчивость для съедобных пленок, полученных на основе бактериальной целлюлозы с добавлением конжакового глюкоманнана. Но именно высокое содержание целлюлозы и обеспечивает пленкам высокую механическую прочность.

Китайские ученые предлагают (Zhang, Wang, Zhao, Ma, Cheng, Zhou, Wu, 2020, p.1–8) в качестве исходного сырья для получения съедобных пленок использовать полуфабрикаты из грибов *L. edodes* и *F. velutipes*. При этом сам процесс производства пленки будет включать смешивание на коллоидном уровне. Изучение свойств полученных съедобных пленок показали, что они являются эффективным барьером для воды и кислорода при высокой механической прочности.

Для бургеров, включающих в себя рыбные полуфабрикаты, возможно использование (Albertos, Martin-Diana, Burón, Rico, 2019, p. 1–9) съедобных пленок как средств предотвращения изменения микробиологической среды и физико-химических свойств. Как основное сырье для производства таких пленок используются морские водоросли. При этом пленка включает в себя как саму массу из водорослей, так и экстракт водорослей. В качестве объекта сравнения выступает съедобная пленка из хитозана, которая имеет очень низкие показатели температуры разложения по сравнению с температурой разложения пленки из морской водоросли.

Исследование (Khodaei, 2020, p. 1–9) прочностных и эксплуатационных характеристик съедоб-

ных пленок, полученных на основе желатина с включением смол различного происхождения в нескольких вариативных массовых соотношениях показало, что повышенное содержание смол придает пленке не только гомогенность, но и улучшает ее характеристики.

Проведено (Rodríguez, Sibaja, Espitia, Otoni, 2020, p. 1–12) сравнительное изучение органолептических и физико-химических (толщины, прочности, цветности) свойств съедобных пленок на основе папайи с включением в состав аскорбиновой кислоты и порошка листьев растения *Moringa oleifera*. Результаты экспериментов показывают, что оба компонента могут быть использованы в составе съедобных пленок.

Для сохранения качества серебристого карпа предложено (Munir, Hu, Liu, Xiong, 2019, p. 114–120) использовать съедобную пленку на основе белка и глицерина с включением в ее состав экстрактов кожуры граната и косточек винограда.

## Теоретическое обоснование

В качестве исходного сырья для производства съедобных пленок чаще всего выступает крахмал. В последние годы ученые комбинируют крахмал различного происхождения с другими пищевыми компонентами с целью получения съедобных пленок с улучшенными характеристиками. Так, польские ученые используют для получения съедобных пленок (Pająk, Przetaczek-Roznowska, Juszczyk, 2019, p. 441–449) крахмал киноа, тыквы с добавлением глицерина. В статье (Yildirim-Yalçın, Şeker, Sadikoğlu, 2019, p. 6–13) приведены результаты испытаний съедобных пленок на основе модифицированного кукурузного крахмала и виноградного сока, а в работе (Zuo, Song, Chen, Shen, 2019, p. 324–331) получены двухслойные съедобные пленки на основе смеси крахмалов зеина, кукурузы, пшеницы. Тогда как эквадорские ученые (Santacruz, Rivadeneira, Castro, 2015, p. 89–94) используют хитозан для модификации механических свойств съедобных пленок на основе крахмала.

Молоко или полученные на его основе продукты занимают значительную долю в объеме самых востребованных пищевых продуктов (Du Plooy, Schönfeldt, Hall, 2018, p. 22–28). При этом популярность молока связана именно с его доказанным положительным влиянием на организм человека. Так, например, молочные жиры обладают противомикробными, противовоспалительными, антиканцерогенными свойствами (Gómez-Cortés, Juárez, De la Fuente, 2018, p. 1–9). Одними из важнейших компонентов

молока являются белки (Ye, Zhou, Shi, Chen, Du, 2016, p. 89–95). Включение белков в качестве основного или вспомогательного компонента в рецептурный состав является одним из направлений разработки новых вариантов съедобных пленок. При этом комбинации исходного сырья могут быть различными: пюре папайи, желатин, соевые белки (Tulamandi, Rangarajan, Rizvi, Singhal, Chattopadhyay, Saha, 2016, p. 60–71), изолят соевых белков, смола акации, глицерин (Xue, Gu, Wang, Li, Adhikari, 2019, p. 178–189), белки пшеницы, желатин, жирные кислоты (Fakhouri, Martelli, Caon, Velasco, Buontempo, Bilck, Innocentini Mei, 2018, p. 293–300), казеинат кальция и генипин (Lin, Wang, Weng, 2020, p. 1–7).

Лецитин является одним из компонентов пищевого сырья и проявляет способность предупреждать сердечно-сосудистые изменения (Robert, Couëdelo, Vaysse, Michalski, 2020, p. 121–132) и проявлять цитотоксическую активность (Jardim, Neves Siqueira, Bão, Sousa, Parize, 2020, p.1–10). Именно лецитин совместно с карбоксиметилцеллюлозой выступает как компонент съедобных пленок (Silva-Weiss, Quilaqueo, Venegas, Ahumada, Silva, Osorio, Giménez, 2018, p. 165–173). Тогда как сама карбоксиметилцеллюлоза используется как основа для получения нанокompозитов в технологии инкапсулирования (Bozaci, Akar, Ozdogan, Demir, Altinisik, Seki, 2015, p. 128–135) или биоразлагаемых материалов (Da Silva, Mageste, Barros e Silva, Ferreira, Ferreira, 2020, p. 1–8; De Melo Fiori, Camani, Rosa, Carastan, 2019, p. 1–9).

Таким образом, исследования по съедобным пленкам имеют постоянно увеличивающийся объем. Использование крахмала, белков, лецитина, карбоксиметилцеллюлозы в составе съедобных пищевых пленок перспективно. При этом применяются различные добавки для получения съедобных пленок с улучшенными характеристиками. Однако, из литературных источников видно, что вопросы создания съедобной посуды из съедобных пленок не имеют значительного объема.

### Задачи исследования

Целью работы является: 1) производство нескольких видов съедобной упаковки – съедобных стаканов, полученных на основе яблочного сырья с добавлением пластификатора – пектина в количестве 2% и разного процентного содержания кар-

тофельного и кукурузного крахмала, сухих сливок, сухого молока, соевого лецитина, карбоксиметилцеллюлозы; 2) анализ органолептических свойств, микроструктуры, водопоглотительной способности, устойчивости к воздействию жидких модельных растворов (дистиллированной воды температурой 20–25°C, дистиллированной воды температурой 90–95°C, 5%-ного раствора поваренной соли температурой 20–25°C, 5%-ного раствора лимонной кислоты температурой 20–25°C); 3) сравнительный анализ полученных результатов с целью определения зависимости между изученными свойствами, природой и количеством дополнительной добавки; 4) подбор типа и дозы оптимальной добавки для получения съедобной посуды с заданными характеристиками.

### Материалы

*Метод производства съедобных стаканов.* Для получения яблочного пюре, используемого в качестве основы упаковки, плоды яблок подвергают подготовке, предусматривающей инспекцию, сортировку, калибровку и мойку, удаляют несъедобные части (плодоножку, семенную камеру, кожуру) нарезают и измельчают до пюреобразного состояния, протирают. К полученной массе яблочного пюре добавляют пектин в количестве 2% от массы исходного сырья, специальные добавки (сухое молоко, сухие сливки, картофельный крахмал, кукурузный крахмал, соевый лецитин, карбоксиметилцеллюлоза), подвергают гомогенизации. Съедобную упаковку получают многослойным формованием съедобной пленки. Полученный слой съедобного стакана сушат в течение 1 ч. Последующие слои наносят аналогичным образом, сушат 30 мин. Готовую съедобную упаковку охлаждают до комнатной температуры.

*Определение органолептических характеристик съедобных стаканов.* Исследования органолептических показателей были проведены по ГОСТ 8756.1–2017<sup>1</sup> Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема массовой доли составных частей. Для каждого образца упаковки съедобных стаканов были определены такие характеристики как внешний вид, цвет, вкус, аромат и пережевываемость (Kalem, 2018, p. 38–43).

*Определение влажности съедобных стаканов.* Определение влажности проводится по ГОСТ 28561-90<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> ГОСТ 8756.1-2017. Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с.

<sup>2</sup> ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.

*Микроскопия съедобных стаканов* (Liaotrakoon, Raviyan, 2018, p. 243–249). Микроскопирование образцов многослойной съедобной упаковки проводилось на лабораторном микроскопе Микромед 3–20М.

*Определение влагопоглощительной способности съедобных стаканов* (Tao, Shi, Cui, 2018, p. 5470–5478). Влагопоглощительная способность была определена для всех видов съедобных упаковок следующим образом: в образцы упаковок помещают дистиллированную воду и выдерживают при 23°C в течении 60 мин. Определяют степень водопоглощения как отношение массы упаковки после эксперимента к массе упаковки до эксперимента в процентах.

*Определение устойчивости многослойной съедобных стаканов к модельным жидким средам* (Manrich, Moreira, Otoni, Lorevice, Martins, Mattoso, 2017, p. 83–91). Образец многослойной съедобной упаковки выдерживают с модельной жидкостью (дистиллированная вода температурой 20–25°C,

дистиллированная вода температурой 90–95°C, 5 %-ный раствор лимонной кислоты температурой 20–25°C, 5%-ный раствор поваренной соли температурой 20–25°C) и определяют время до потери съедобной упаковкой жесткости и формы.

## Результаты и их обсуждение

Органолептические показатели для пищевых продуктов являются очень важными характеристиками, т.к. определяют приемлемость, востребованность, успешность данного продукта на рынке. Съедобные стаканы кроме функциональных свойств должны иметь приемлемые органолептические характеристики. Результаты оценки органолептических свойств съедобных стаканов с добавками представлены в Таблице 1.

Анализ данных по органолептическому анализу съедобных стаканов с добавками (картофельный крахмал, кукурузный крахмал, карбоксиметилцеллюлоза, сухое молоко, сухие сливки, леци-

Таблица 1  
Органолептические характеристики съедобных стаканов с добавками

Показатель	Характеристика	Показатель	Характеристика
<b>Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (1%)</b>		<b>Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий с мучнистым привкусом
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с картофельным крахмалом (2,5%)</b>		<b>Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (1%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая

Таблица 1

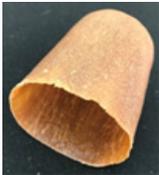
Показатель	Характеристика	Показатель	Характеристика
<b>Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (2,5%)</b>		<b>Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Светло-коричневый
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом (5%)</b>		<b>Съедобные стаканы с сухим молоком (1%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий с мучнистым привкусом	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (1%)</b>		<b>Съедобные стаканы с сухим молоком (2,5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Светло-коричневый	Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой (2,5%)</b>		<b>Съедобные стаканы с сухим молоком (5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Светло-коричневый	Цвет	Соломенный
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий с молочным привкусом
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая

Таблица 1

Показатель	Характеристика	Показатель	Характеристика
<b>Съедобные стаканы с сухими сливками (5%)</b>		<b>Съедобные стаканы с лецитином (1%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с сухими сливками (15%)</b>		<b>Съедобные стаканы с лецитином (2,5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая
<b>Съедобные стаканы с сухими сливками (25%)</b>		<b>Съедобные стаканы с лецитином (5%)</b>	
Внешний вид		Внешний вид	
	Съедобный стакан ровной формы		Съедобный стакан ровной формы
Цвет	Соломенный	Цвет	Коричневый
Аромат	Слабый – яблок	Аромат	Слабый – яблок
Вкус	Кисло-сладкий	Вкус	Кисло-сладкий
Консистенция	Хорошо пережевываемая	Консистенция	Хорошо пережевываемая

тин) показывает, что стаканы обладают хорошим внешним видом, приятным вкусом и ароматом, зависящим от типа добавки в рецептуре стаканов, приемлемой пережевываемостью.

Влажность пищевого продукта является важной характеристикой. Влажность съедобных стаканов с различными добавками имеет два аспекта. С одной стороны, чем ниже влажность съедобных стаканов, тем длиннее срок их хранения, ниже вероятность микробиологической и физико-хими-

ческой порчи. Однако слишком низкие значения влажности съедобных стаканов с различными добавками приводят к высокой хрупкости стаканов и их плохой пережевываемости. Результаты определения влажности съедобных стаканов с различными добавками приведены на Рисунке 1.

Самые низкие значения влажности имеют съедобные стаканы с добавлением карбоксиметилцеллюлозы. Тогда как, съедобные стаканы с лецитином показывают влажность в районе 6,5–6,8%. Значе-

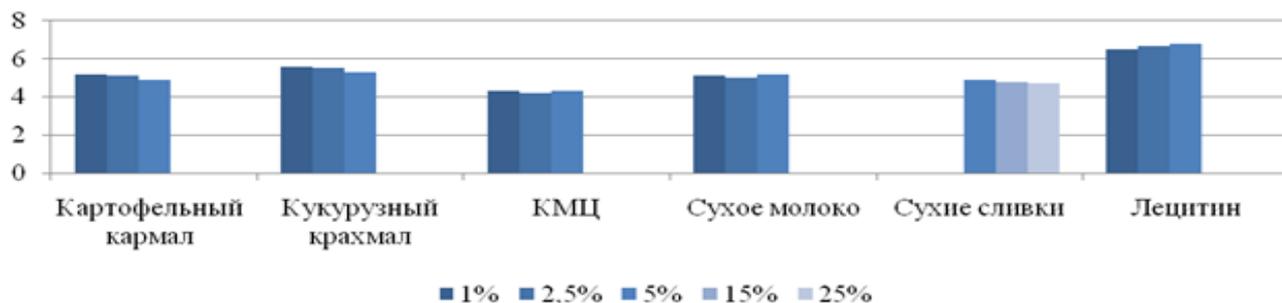


Рисунок 1. Влажность съедобных стаканов с различными добавками

ния влажности стаканов с добавлением картофельного и кукурузного крахмала в разном процентном содержании показывает, что чем выше количество крахмала в рецептуре съедобного стакана, тем ниже процент влажности. Относительно других добавок (сухое молоко, сухие сливки, лецитин, карбоксиметилцеллюлоза) не существует четкой зависимости между количеством добавки и значением влажности.

Микроскопия образцов съедобных стаканов с различными добавками позволят выявить недостатки

в структуре продукта. Наличие большого количества трещин, пустот, неоднородность структуры приводит к деформации стакана, потери прочности, утрачиванию функциональных свойств упаковки. Результаты микроскопирования образцов съедобных стаканов с различными добавками приведены в Таблице 2.

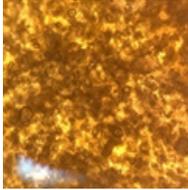
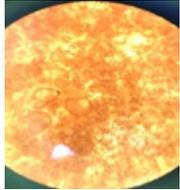
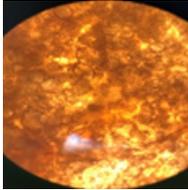
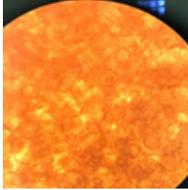
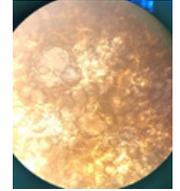
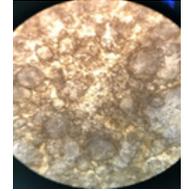
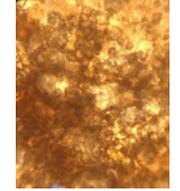
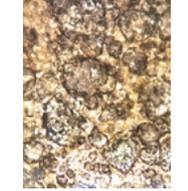
Анализ фотографий микроскопирования образцов стаканов показал, что структура самого стакана однородная, хотя и имеет ряд небольших участков с пустотами из пузырьков воздуха.

Таблица 2

Результаты микроскопирования съедобных стаканов с различными добавками

Образец	Микроскопирование	Образец	Микроскопирование
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 1%		Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 2,5%	
Съедобные стаканы с картофельным крахмалом 5%		Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 1%	
Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 2,5%		Съедобные стаканы с кукурузным крахмалом 5%	
Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой 1%		Съедобные стаканы с карбоксиметилцеллюлозой 2,5%	

Таблица 2

Образец	Микроскопирование	Образец	Микроскопирование
Съедобные стаканы с карбоксиметил-целлюлозой 5%		Съедобные стаканы с сухим молоком 1%	
Съедобные стаканы с сухим молоком 2,5%		Съедобные стаканы с сухим молоком 5%	
Съедобные стаканы с сухими сливками 5%		Съедобные стаканы с сухими сливками 15%	
Съедобные стаканы с сухими сливками 25%		Съедобные стаканы с лецитином 1%	
Съедобные стаканы с лецитином 2,5%		Съедобные стаканы с лецитином 5%	

Водопоглощение (влагопоглощение) для съедобных продуктов играет решающую роль, т.к. недостаточное поглощение воды продуктом приводит к его плохому перевариванию в желудке и кишечнике. Съедобные стаканы должны обладать хорошими показателями по водопоглощению. Однако, слишком высокие значения по водопоглощению могут привести стаканы к утрате их формы, функциональным свойствам: стаканы будут протекать, не сохраняя жидкость внутри себя.

Результаты экспериментов по определению водопоглощения съедобных стаканов с различными добавками представлены на Рисунке 2. Все значения по водопоглощению находятся в одних пределах 217–248% и практически мало отличаются друг от друга. Хотя природы и физические свойства различных добавок для съедобных стаканов отличаются друг от друга, но так как вода соприка-

сается с жидкой частью только внутри стакана на небольшом проценте поверхности от общего объема поверхности стакана, то и на водопоглощение съедобного стакана природа добавки практически не влияет. Хотя с увеличением доли добавки в рецептуре стакана показатель водопоглощения также повышается.

Функциональными свойствами съедобных стаканов является их способность сохранять форму, целостность и внешний вид при наполнении их жидкостями различной природы. В качестве таких жидкостей могут выступать не только вода комнатной температуры, но и горячий чай, кофе, безалкогольные напитки, соки, нектары и т.д. Все эти жидкости могут иметь рН и температуру среды отличную от рН и температуры обычной воды. С целью изучения устойчивости съедобных стаканов к таким жидкостям проведены испытания съедоб-

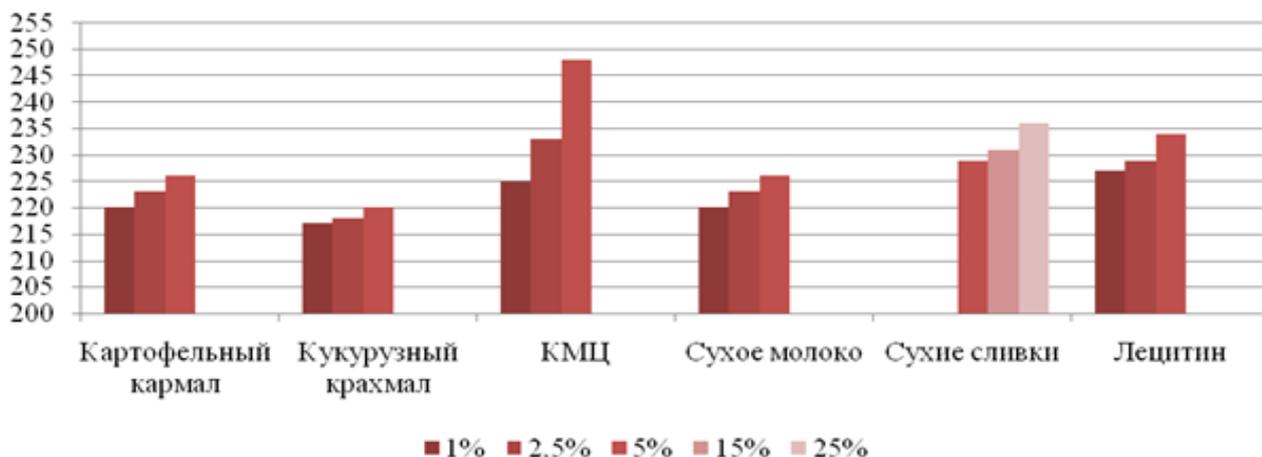


Рисунок 2. Водопоглощение съедобных стаканов с различными добавками

ных стаканов и определено время, в течение которого данные стаканы сохраняют свою форму, твердость граней и функциональные свойства упаковочного материала.

Результаты определения устойчивости съедобных стаканов с различными добавками к четы-

рем модельным жидкостям разной температуры и разного рН среды приведены в Таблице 3. Необходимо отметить, что согласно полученным результатам, стаканы способны сохранять свойства посуды для жидкости даже при температуре 90–95°C течении не менее 40 мин. Практически сходные результаты имеют съедобные стака-

Таблица 3

Устойчивость к модельным жидкостям съедобных стаканов с различными добавками

Образец	Показатель	Характеристика, мин	
Картофельный крахмал	1%	Вода 20 °С	75
		Вода 100 °С	50
		Лимонная кислота 5 %	73
		NaCl 5 %	72
	2,5%	Вода 20 °С	74
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	72
	5%	Вода 20 °С	69
		Вода 100 °С	47
		Лимонная кислота 5 %	66
		NaCl 5 %	64
Кукурузный крахмал	1%	Вода 20 °С	72
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	70
		NaCl 5 %	71
	2,5%	Вода 20 °С	69
		Вода 100 °С	45
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	5%	Вода 20 °С	66
		Вода 100 °С	41
		Лимонная кислота 5 %	65
		NaCl 5 %	64

Таблица 3

Образец	Показатель	Характеристика, мин	
КМЦ	1%	Вода 20 °С	67
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	66
		NaCl 5 %	67
	2,5%	Вода 20 °С	72
		Вода 100 °С	53
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	71
	5%	Вода 20 °С	77
		Вода 100 °С	57
		Лимонная кислота 5 %	76
		NaCl 5 %	75
Сухое молоко	1%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	51
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	2,5%	Вода 20 °С	74
		Вода 100 °С	53
		Лимонная кислота 5 %	73
		NaCl 5 %	72
	5%	Вода 20 °С	68
		Вода 100 °С	49
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	67
Сухие сливки	5%	Вода 20 °С	73
		Вода 100 °С	54
		Лимонная кислота 5 %	72
		NaCl 5 %	71
	15%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	51
		Лимонная кислота 5 %	68
		NaCl 5 %	69
	25%	Вода 20 °С	66
		Вода 100 °С	46
		Лимонная кислота 5 %	65
		NaCl 5 %	64
Лецитин	1%	Вода 20 °С	73
		Вода 100 °С	48
		Лимонная кислота 5 %	71
		NaCl 5 %	70
	2,5%	Вода 20 °С	70
		Вода 100 °С	45
		Лимонная кислота 5 %	67
		NaCl 5 %	67
	5%	Вода 20 °С	65
		Вода 100 °С	41
		Лимонная кислота 5 %	63
		NaCl 5 %	62

ны с различными добавками с водой 20–25°C и 5%-ной лимонной кислотой и 5%-ным хлоридом натрия, что свидетельствует, что pH среды практически не влияет на устойчивость стаканов. В целом необходимо отметить, что в среднем не менее 1 ч съедобные стаканы с различными добавками способны сохранять устойчивость к воздействию жидкостей.

Таким образом, нами получены образцы съедобных стаканов с различными добавками (кукурузный и картофельный крахмал, сухое молоко и сливки, карбоксиметилцеллюлоза, лецитин) из многослойной съедобной пленки на основе яблочного сырья с добавлением в качестве пластификатора пектина. В ходе изучения органолептических, структурных свойств установлено, что упаковка имеет приемлемые органолептические характеристики для потребителя. Хотя микроструктура упаковки и является неоднородной, в целом упаковка устойчива к воздействию воды и пищевых жидкостей при разных температурах.

### Литература

- Agarski B., Vukelic D., Micunovic M.I., Budak I. Evaluation of the environmental impact of plastic cap production, packaging, and disposal // *Journal of Environmental Management*. 2019. Vol. 245. P. 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.078>
- Albertos I., Martín-Diana A.B., Burón M., Rico D. Development of functional bio-based seaweed (*Himantalia elongate* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 22. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>
- Bozaci E., Akar E., Ozdogan E., Demir A., Altinisik A., Seki Y. Application of carboxymethylcellulose hydrogel based silver nanocomposites on cotton fabrics for antibacterial property // *Carbohydrate Polymers*. 2015. Vol. 134. P. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.036>
- Da Silva H.M., Mageste A.B., Barros e Silva S.J., Ferreira G.M.D., Ferreira G.M.D. Anthocyanin immobilization in carboxymethylcellulose/starch films: a sustainable sensor for the detection of Al(III) ions in aqueous matrices // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 230. P. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115679>
- De Melo Fiori A.P.S., Camani P.H., Rosa D.S., Carastan D.J. Combined effects of clay minerals and polyethylene glycol in the mechanical and water barrier properties of carboxymethylcellulose films // *Industrial Crops & Products*. 2019. Vol. 140. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111644>
- Du Plooy Z., Schönfeldt H.C., Hall N. The role of traditional foods in food-based dietary guidelines – A South African case study on maas (cultured milk) // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 238. P. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.044>
- Fakhouri F.M., Martelli S.M., Caon T., Velasco J.I., Buontempo R.C., Bilck A.P., Innocentini Mei L.H. The effect of fatty acids on the physicochemical properties of edible films composed of gelatin and gluten proteins // *LWT – Food Science and Technology*. 2018. Vol. 87. P. 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.056>
- Gómez-Cortés P., Juárez M., De la Fuente M.A. Milk fatty acids and potential health benefits: an updated vision // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 81. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Jardim K.V., Neves Siqueira J.L., Bão S.N., Sousa M.H., Parize A.L. The role of the lecithin addition in the properties and cytotoxic activity of chitosan and chondroitin sulfate nanoparticles containing curcumin // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 227. P.1–10. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115351>
- Kalem I.K., Bhat Z.F., Kumar S., Noor S., Desai A. The effects of bioactive edible film containing *Terminalia arjuna* on the stability of some quality attributes of chevon susages // *Meat Science*. 2018. Vol. 140. P. 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.011>
- Khodaei D., Oltrogge K., Hamidi-Esfahani Z. Preparation and characterization of blended edible films manufactured using gelatin, tragacanth gum and, Persian gum // *LWT – Food Science and Technology*. 2020. Vol. 117. P. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108617>
- Liaotrakoon V., Raviyan P. Modifying the properties of whey protein isolate edible film by incorporating palm oil and glycerol // *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2018. Vol. 40. No. 1. P. 243–249. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.17>
- Lin H.–Ch., Wang B.–J., Weng Y.–M. Development and characterization of sodium caseinate edible films cross-linked with genipin // *LWT – Food Science and Technology*. 2020. Vol. 118. P.1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108813>
- Liu Z., Lin D., Lopez-Sanchez P., Yang X. Characterizations of bacterial cellulose nanofibers reinforced edible films based on konjac glucomannan // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 145. P. 634–645. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.109>
- Manrich A., Moreira F.K.V., Otoni C.G., Lorevice M.V., Martins M.A., Mattoso L.H.C. Hydrophobic

- edible films made up of tomato cutin and pectin // *Carbohydrate Polymers*. 2017. Vol. 164. P. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.075>
- Munir S., Hu Y., Liu Y., Xiong Sh. Enhanced properties of silver carp surimi-based edible films incorporated with pomegranate peel and grape seed extracts under acidic condition // *Food Packaging and Shelf Life*. 2019. Vol. 19. P. 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.001>
- Pająk P., Przetaczek-Roznowska I., Juszcak L. Development and physicochemical, thermal and mechanical properties of edible films based on pumpkin, lentil and quinoa starches // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019. Vol. 138. P. 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.074>
- Robert Ch., Couédelo L., Vaysse C., Michalski M.-C. Vegetable lecithins: a review of their compositional diversity, impact on lipid metabolism and potential in cardiometabolic disease prevention // *Biochimie*. 2020. Vol. 169. P. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>
- Rodríguez G.M., Sibaja J.C., Espitia P.J.P., Otoni C.G. Antioxidant active packaging based on papaya edible films incorporated with *Moringa oleifera* and ascorbic acid for food preservation // *Food Hydrocolloids*. 2020. Vol. 103. P. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105630>
- Santacruz S., Rivadeneira C., Castro M. Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment // *Food Hydrocolloids*. 2015. Vol. 49. P. 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Silva-Weiss A., Quilaqueo M., Venegas O., Ahumada M., Silva W., Osorio F., Giménez B. Design of dipalmitoyl lecithin liposomes loaded with quercetin and rutin and their release kinetics from carboxymethyl cellulose edible films // *Journal of Food Engineering*. 2018. Vol. 224. P. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.001>
- Tao F., Shi Ch., Cui Y. Preparation and physico-chemistry properties of smart edible films based on gelatin – starch nanoparticles // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2018. Vol. 98. P. 5470–5478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9091>
- Taufik D., Reinders M.J., Molenveld K., Onwezen M.C. The paradox between the environmental appeal of bio-based plastic packaging for consumers and their disposal behavior // *Science of the total environment*. 2020. Vol. 705. P. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135820>
- Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S.S.H., Singhal R.S., Chattopadhyay S.K., Saha N.Ch. A biodegradable and edible packaging film based on papaya puree, gelatin, and defatted soy protein // *Food Packaging and Shelf Life*. 2016. Vol. 10. P. 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.10.007>
- Wang Y., Xu Sh.-W., Yu W., Ahmed A.-G., Liu X.-J., Bai J.-F., Zhang D., Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu Y. Food packing: A case study of dining out in Beijing // *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15. No. 8. P. 1924–1931. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61282-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61282-5)
- Xue F., Gu Y., Wang Y., Li Ch., Adhikari B. Encapsulation of essential oil in emulsion based edible films prepared by soy protein isolate-gum acacia conjugates // *Food Hydrocolloids*. 2019. Vol. 96. P. 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.014>
- Ye M.P., Zhou R., Shi Y.R., Chen H.C., Du Y. Effects of heating on the secondary structure of proteins in milk powders using mid-infrared spectroscopy // *Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 100. No. 1. P. 89–95. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11443>
- Yildirim-Yalçın M., Şeker M., Sadıkoğlu H. Development and characterization of edible films based on modified corn starch and grape juice // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 292. P. 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.006>
- Zhang K., Wang W., Zhao K., Ma Y., Cheng Sh., Zhou J., Wu Z. Producing a novel edible film from mushrooms (*L. edodes* and *F. velutipes*) byproducts with a two-stage treatment namely grinding and bleaching // *Journal of Food Engineering*. 2020. Vol. 275. P.1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109862>
- Zuo G., Song X., Chen F., Shen Z. Physical and structural characterization of edible bilayer films made with zein and corn-wheat starch // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 18. P. 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.09.005>

# Study of the Organoleptic and Physico-Chemical Properties of Edible Glasses Based on Apple Raw Materials Using Various Additives: Milk Powder, Dried Cream, Potato and Corn Starch, Carboxymethyl Cellulose, Lecithin

**Nadezhda V. Makarova**

FSBEI HE "Samara State Technical University"  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation  
E-mail: MakarovaNV1969@yandex.ru

**Natalia B. Ereemeeva**

FSBEI HE "Samara State Technical University"  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation  
E-mail: rmvnatasha@rambler.ru

**Elena A. Eliseeva**

FSBEI HE "Samara State Technical University"  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation  
E-mail: e11seevaml@yandex.ru

**Yana V. Davydova**

FSBEI HE "Samara State Technical University"  
244, Molodogvardeyskaya str., Samara, 443100, Russian Federation  
E-mail: davydova\_1998@list.ru

The article considers the creation of edible glasses based on apple raw materials with various additives. For the first time, the results of a study of samples of edible glasses with various additives (potato starch, corn starch, carboxymethyl cellulose, lecithin, milk powder, dried cream) are presented. Edible glasses are obtained on the basis of one of the most common types of fruits – apples. For edible glasses, the organoleptic properties (appearance, color, taste, aroma, chewability), the microstructure of the surface of the glasses, the ratio of packaging to water and other food liquids, humidity, water absorption were studied. The research results show that edible glasses based on apple raw materials are quite acceptable in terms of organoleptic characteristics. Despite individual cracks and voids in the structure of the material of the glasses, they have high characteristics of resistance to water and food liquids at low and high temperatures.

**Keywords:** edible glasses, apples, potato starch, corn starch, carboxymethyl cellulose, lecithin, milk powder, cream powder, moisture, stability, water absorption

## References

- Agarski B., Vukelic D., Micunovic M.I., Budak I. Evaluation of the Environmental Impact of Plastic Cap Production, Packaging, and Disposal. *Journal of Environmental Management*, 2019, vol, 245, pp. 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.078>
- Albertos I., Martín-Diana A.B., Burón M., Rico D. Development of Functional Bio-Based Seaweed (Himanthalia Elongate and Palmaria Palmata) Edible Films for Extending the Shelflife of Fresh Fish Burgers. *Food Packaging and Shelf Life*, 2019, vol, 22, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100382>
- Bozaci E., Akar E., Ozdogan E., Demir A., Altinisik A., Seki Y. Application of Carboxymethylcellulose Hydrogel Based Silver Nanocomposites on Cotton Fabrics for Antibacterial Property. *Carbohydrate*

- Polymers*, 2015, vol. 134, pp. 128–135. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.036>
- Da Silva H.M., Mageste A.B., Barros e Silva S.J., Ferreira G.M.D., Ferreira G.M.D. Anthocyanin Immobilization in Carboxymethylcellulose/Starch Films: A Sustainable Sensor for the Detection of Al(III) Ions in Aqueous Matrices. *Carbohydrate Polymers*, 2020, vol. 230, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115679>
- De Melo Fiori A.P.S., Camani P.H., Rosa D.S., Carastan D.J. Combined Effects of Clay Minerals and Polyethylene Glycol in the Mechanical and Water Barrier Properties of Carboxymethylcellulose Films. *Industrial Crops & Products*, 2019, vol. 140, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111644>
- Du Plooy Z., Schönfeldt H.C., Hall N. The role of traditional foods in food-based dietary guidelines – A South African Case Study on Maas (Cultured Milk). *Food Chemistry*, 2018, vol. 238, pp. 22–28. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.044>
- Fakhouri F.M., Martelli S.M., Caon T., Velasco J.I., Buontempo R.C., Bilck A.P., Innocentini Mei L.H. The Effect of Fatty Acids on the Physicochemical Properties of Edible Films Composed of Gelatin and Gluten Proteins. *LWT – Food Science and Technology*, 2018, vol. 87, pp. 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.08.056>
- Gómez-Cortés P., Juárez M., De la Fuente M.A. Milk Fatty Acids and Potential Health Benefits: An Updated Vision. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, vol. 81, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Jardim K.V., Neves Siqueira J.L., Bão S.N., Sousa M.H., Parize A.L. The Role Of the Lecithin Addition in the Properties and Cytotoxic Activity of Chitosan and Chondroitin Sulfate Nanoparticles Containing Curcumin. *Carbohydrate Polymers*, 2020, vol. 227, pp. 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115351>
- Kalem I.K., Bhat Z.F., Kumar S., Noor S., Desai A. The Effects of Bioactive Edible Film Containing Terminalia Arjuna on the Stability of Some Quality Attributes of Chevron Susages. *Meat Science*, 2018, vol. 140, pp. 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.02.011>
- Khodaei D., Oltrogge K., Hamidi-Esfahani Z. Preparation and Characterization of Blended Edible Films Manufactured Using Gelatin, Tragacanth Gum and, Persian Gum. *LWT – Food Science And Technology*, 2020, vol. 117, pp. 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108617>
- Liaotrakoon V., Raviyan P. Modifying the Properties of Whey Protein Isolate Edible Film by Incorporating Palm Oil and Glycerol. *Songklanakarinn Journal of Science and Technology*, 2018, vol. 40, no. 1, pp. 243–249. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2018.17>
- Lin H.-Ch., Wang B.-J., Weng Y.-M. Development and Characterization Of Sodium Caseinate Edible Films Cross-Linked With Genipin. *LWT – Food Science And Technology*, 2020, vol. 118, pp. 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108813>
- Liu Z., Lin D., Lopez-Sanchez P., Yang X. Characterizations of Bacterial Cellulose Nanofibers Reinforced Edible Films Based on Konjac Glucomannan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, vol. 145, pp. 634–645. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.109>
- Manrich A., Moreira F.K.V., Otoni C.G., Lorevice M.V., Martins M.A., Mattoso L.H.C. Hydrophobic Edible Films Made up of Tomato Cutin and Pectin. *Carbohydrate Polymers*, 2017, vol. 164, pp. 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.075>
- Munir S., Hu Y., Liu Y., Xiong Sh. Enhanced Properties of Silver Carp Surimi-Based Edible Films Incorporated with Pomegranate Peel and Grape Seed Extracts under Acidic Condition. *Food Packaging and Shelf Life*, 2019, vol. 19, pp. 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.foodpack.2018.12.001>
- Pająk P., Przetaczek-Roznowska I., Juszcak L. Development and Physicochemical, Thermal and Mechanical Properties of Edible Films Based on Pumpkin, Lentil and Quinoa Starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, vol. 138, pp. 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.07.074>
- Robert Ch., Couëdelo L., Vaysse C., Michalski M.-C. Vegetable Lecithins: A Review of their Compositional Diversity, Impact on Lipid Metabolism and Potential in Cardiometabolic Disease Prevention. *Biochimie*, 2020, vol. 169, pp. 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2019.11.017>
- Rodríguez G.M., Sibaja J.C., Espitia P.J.P., Otoni C.G. Antioxidant Active Packaging Based on Papaya Edible Films Incorporated with Moringa Oleifera and Ascorbic Acid for Food Preservation. *Food Hydrocolloids*, 2020, vol. 103, pp. 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105630>
- Santacruz S., Rivadeneira C., Castro M. Edible Films Based on Starch and Chitosan. Effect of Starch Source and Concentration, Plasticizer, Surfactant's Hydrophobic Tail and Mechanical Treatment. *Food Hydrocolloids*, 2015, vol. 49, pp. 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>
- Silva-Weiss A., Quilaqueo M., Venegas O., Ahumada M., Silva W., Osorio F., Giménez B. Design of Dipalmitoyl Lecithin Liposomes Loaded with Quercetin and Rutin and their Release Kinetics from Carboxymethyl Cellulose Edible Films. *Journal of Food Engineering*, 2018, vol. 224, pp. 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.01.001>
- Tao F., Shi Ch., Cui Y. Preparation and Physicochemistry Properties of Smart Edible Films

- Based on Gelatin – Starch Nanoparticles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018, vol. 98, pp. 5470–5478. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9091>
- Taufik D., Reinders M.J., Molenveld K., Onwezen M.C. The Paradox Between the Environmental Appeal of Bio-Based Plastic Packaging for Consumers and their Disposal Behavior. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 705, pp.1–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135820>
- Tulamandi S., Rangarajan V., Rizvi S.S.H., Singhal R.S., Chattopadhyay S.K., Saha N.Ch. A Biodegradable and Edible Packaging Film Based on Papaya Puree, Gelatin, and Defatted Soy Protein. *Food Packaging and Shelf Life*, 2016, vol. 10, pp. 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.10.007>
- Wang Y., Xu Sh.-W., Yu W., Ahmed A.-G., Liu X.-J., Bai J.-F., Zhang D., Gao L.-W., Cao X.-Ch., Liu Y. Food Packing: A Case Study of Dining out in Beijing. *Journal of Integrative Agriculture*, 2016, vol. 15, no. 8, pp. 1924–1931. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61282-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61282-5)
- Xue F., Gu Y., Wang Y., Li Ch., Adhikari B. Encapsulation of Essential Oil in Emulsion Based Edible Films Prepared by Soy Protein Isolate–Gum Acacia Conjugates. *Food Hydrocolloids*, 2019, vol. 96, pp. 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.014>
- Ye M.P., Zhou R., Shi Y.R., Chen H.C., Du Y. Effects of Heating on the Secondary Structure of Proteins in Milk Powders Using Mid-Infrared Spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 2016, vol. 100, no. 1, pp. 89–95. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11443>
- Yildirim–Yalçin M., Şeker M., Sadikoğlu H. Development and Characterization of Edible Films Based on Modified Corn Starch and Grape Juice. *Food Chemistry*, 2019, vol. 292, pp. 6–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.006>
- Zhang K., Wang W., Zhao K., Ma Y., Cheng Sh., Zhou J., Wu Z. Producing a Novel Edible Film from Mushrooms (*L. Edodes* and *F. Velutipes*) Byproducts with a Two-Stage Treatment Namely Grinding and Bleaching. *Journal of Food Engineering*, 2020, vol. 275, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109862>
- Zuo G., Song X., Chen F., Shen Z. Physical and Structural Characterization of Edible Bilayer Films Made with Zein and Corn–Wheat Starch. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 2019, vol. 18, pp. 324–331. <https://doi.org/10.1016/j.jsas.2017.09.005>