

ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДВОРЕЦ ТВОРЧЕСТВА ДЕТЕЙ И МОЛОДЁЖИ «ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ»

г. Москва

Детский Научный Клуб «ДНК»

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПЛАСТИКОВ ИЗ СЪЕДОБНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Автор: Колупаев Георгий Александрович
9 класс

Руководитель: Грачева Ирина Вячеславовна
педагог дополнительного образования
ГБОУДО «ДТДиМ «Преображенский»

2022 г.

Оглавление

Введение	стр.2
Обзор литературы	стр.2
Методики.....	стр.3
Результаты и обсуждение.....	стр.5
Выводы.....	стр.7
Заключение	стр.7
Источники информации.....	стр.8
Приложение.....	стр.9

Введение

Пластмассы (пластики) [1] со времени своего открытия в начале 20 века получили широчайшее распространение. Однако, скоро оказалось, что отработавший своё пластик не разлагается в природе десятками (и, как предполагают, сотнями) лет, в связи с чем возникла проблема пластикового загрязнения. Особенно острой эта проблема стала в последние десятилетия с распространением пластиковой упаковки для продуктов питания. Производство т.наз. «биоразлагаемых» пластиков не полностью решает эту проблему, т.к. часто такой пластик либо содержит расщепляющие добавки, приводящие в результате разложения в результате к образованию микрочастиц обычного пластика, либо компостируется только в промышленных условиях [2]. Поэтому представляется полезным замена хотя бы части упаковочного материала на пластик, изготовленный из съедобных материалов. Ведь такие пластики, даже если их предполагается выбросить как одноразовую упаковку, будут быстро разлагаться микроорганизмами в обычных условиях, не нанося вред природе. По информации Интернета такие пластики настолько просты в изготовлении, что изготовить их можно даже в домашних условиях [3].

В связи с этим **целью нашей работы** было изучение возможности изготовления пластика из съедобных растительных материалов и изучение его свойств.

Задачи работы:

- изучить информацию по истории создания пластиков из съедобного растительного сырья;
- изучить информацию по составу и способам изготовления таких пластиков в условиях учебной лаборатории;
- получить пластики разного состава и исследовать их свойства.

Обзор литературы

Пластические материалы из растительного и животного сырья были исторически первыми видами пластиков. Среди материалов со свойствами пластмасс были рога, черепаховый панцирь, янтарь, каучук и шеллак [4]. Затем появились искусственные материалы, представляющие собой химически модифицированную целлюлозу – паркезин, целлулоид, целлофан, либо белок – галалит [5,6]. В более позднее время получили пластики путем глубокой переработки

растительного сырья, например, полилактиды (ПЛА), то есть полимеры на основе молочной кислоты, образующейся после молочнокислого брожения сахаристых веществ; полигидроксиалкоаноаты (ПГА) — продукты переработки растительного сахара микроорганизмами [7].

В настоящее время наиболее распространённым сырьём для биопластиков является крахмал, к которому добавляют различные вещества (пластификаторы, растительные волокна и др.), увеличивающие его механическую прочность и пластичность. Из таких материалов делают поддоны для пищевых продуктов, сельскохозяйственные плёнки, упаковочные материалы, столовые приборы, сеточки для хранения овощей и фруктов и многое другое [7]. Полисахариды, пригодные для создания биопластика, содержатся не только в растениях, но и в водорослях, поэтому водорослевое сырьё в последнее время является продуктом для исследований в этой области [8,9]. Продукты, получаемые из водорослей, например, каррагинан или агар, предлагаются в качестве сырья для изготовления потенциально съедобной пластиковой плёнки в домашних условиях.

Методики

В Интернете мы нашли несколько рецептов изготовления плёнки из съедобных материалов [10, 11, 12]. Эта информация обобщена в таблице 1.

Таблица 1. Составы для изготовления потенциально съедобного пластика по данным Интернета.

	Рецепт 1	Рецепт 2	Рецепт 3
Каппа-каррагинан, г	15	-	-
Йота-каррагинан, г	-	3	-
Агар, г	-	-	12
Крахмал, г	7	3	-
Глицерин, г	1	1,5	3
Сорбитол, г	-	1,5	-
Вода, г	150	400	60

Смесь указанных компонентов во всех случаях предлагалось прогреть до кипения, вылить на ровную поверхность и высушить при 40-50°С либо при комнатной температуре.

За основу мы взяли первый состав и попытались изготовить плёнку. В результате после нагревания мы получили густую смесь, которая самостоятельно не распределялась по поверхности, а после высыхания оказалась жёсткой и ломкой (см. Приложение, рис.1).

Для получения менее густой смеси мы решили значительно увеличить относительное количество воды, а чтобы устранить ломкость, добавить больше глицерина, являющегося пластификатором. Необходимое содержание воды изначально подобрали опытным путём, а количество глицерина меняли на этапе изготовления образцов. В качестве гелеобразователей в сочетании с крахмалом использовали каррагинан, агар, а также полисахарид микробного происхождения – ксантан. Использовали крахмал двух видов – картофельный и кукуруз-

ный. Для сравнения также изготовили плёнки на основе этих двух видов крахмала без добавления других полисахаридов.

В итоге базовая смесь состояла из 100 мл воды, 0,7 г крахмала, 1,5 г каррагинана, агара или ксантана. В случае использования ксантана из-за высокой густоты смеси количество воды увеличивали до 200 мл. В эту смесь вводили 1, 2 или 3 мл глицерина. Компоненты тщательно перемешивали, в случае ксантана для этого использовали блендер. Затем смесь нагревали до кипения и выливали на силиконовый коврик. До высыхания держали при комнатной температуре, в случае ксантана сушили при 40°C в сушильном шкафу.

Смеси с использованием только крахмала двух видов без добавок других загустителей состояли из 90 мл воды, 3 г крахмала и 10 мл 9%-ного уксуса [13]. Количество глицерина в смесях также варьировалось от 1 до 3 мл.

Составы использованных смесей приведены в таблице 2.

Таблица 2. Составы смесей для изготовления плёнок, использованные в исследовании.

№ образца	Крахмал картофельный, г	Крахмал кукурузный, г	Каппа-каррагинан, г	Агар, г	Ксантан, г	Уксус 9%, мл	Глицерин, мл	Вода, мл
1-1	3	-	-	-	-	10	1	90
1-2	3	-	-	-	-	10	2	90
1-3	3	-	-	-	-	10	3	90
2-1	-	3	-	-	-	10	1	90
2-2	-	3	-	-	-	10	2	90
2-3	-	3	-	-	-	10	3	90
3-1	0,7	-	1,5	-	-	-	1	100
3-2	0,7	-	1,5	-	-	-	2	100
3-3	0,7	-	1,5	-	-	-	3	100
4-1	-	0,7	1,5	-	-	-	1	100
4-2	-	0,7	1,5	-	-	-	2	100
4-3	-	0,7	1,5	-	-	-	3	100
5-1	0,7	-	-	1,5	-	-	1	100
5-2	0,7	-	-	1,5	-	-	2	100
5-3	0,7	-	-	1,5	-	-	3	100
6-1	-	0,7	-	1,5	-	-	1	100
6-2	-	0,7	-	1,5	-	-	2	100
6-3	-	0,7	-	1,5	-	-	3	100
7-1	0,7	-	-	-	1,5	-	1	200
7-2	0,7	-	-	-	1,5	-	2	200
7-3	0,7	-	-	-	1,5	-	3	200
8-1	-	0,7	-	-	1,5	-	1	200
8-2	-	0,7	-	-	1,5	-	2	200
8-3	-	0,7	-	-	1,5	-	3	200

Поскольку такие плёнки интересны, прежде всего, как упаковочный материал, мы исследовали их поведение при соприкосновении с водой в нейтральной, кислой и щелочной средах. Небольшие фрагменты каждого получившегося образца погружали в воду, а также в 5%-ные растворы уксуса, пищевой соды, соляной кислоты и едкого натра и отмечали внешний вид образца через неделю.

Образцы плёнок также были подвергнуты замораживанию путём выдерживания в течение 2 часов при -28°C в бытовом морозильном шкафу «Liebherr».

Наиболее удачный образец был испытан также в условиях, приближенных к условиям переваривания пищи в желудке. Он выдерживался в 0,5%-ном растворе соляной кислоты с добавлением аптечного препарата пищеварительных ферментов «Микразим» при температуре $37 - 40^{\circ}\text{C}$ в течение 1,5 часов.

Результаты и выводы

Внешние характеристики получившихся плёнок описаны в таблице 3. В ряде случаев плёнки оставались липкими настолько, что их не удавалось без повреждения отделить от основы. Такие составы были признаны абсолютно неудачными, в таблице им соответствует прочерк. Наиболее удачные по внешним характеристикам составы выделены жирным шрифтом.

Различная толщина плёнок была связана с консистенцией смеси после нагревания – более густые смеси растекались хуже и давали при высыхании более толстые плёнки, и наоборот, смеси, растекавшиеся лучше, образовывали тонкие плёнки.

Таблица 3. Свойства образцов плёнок на основе полисахаридов.

№	Изменяемые компоненты смесей	Количество глицерина, мл		
		1	2	3
1	Картофельный крахмал	Гибкий, толстый, прочный, неэластичный, нелипкий	Гибкий, средней толщины, прочный, мало эластичный, нелипкий	Гибкий (резиноподобный), средней толщины, эластичный, прочный, нелипкий
2	Кукурузный крахмал	Негибкий, прочный, неэластичный, средней толщины	-	-
3	Картофельный крахмал + каррагинан	Негибкий, слегка ломкий, средней толщины, неэластичный, нелипкий	Негибкий, прочный, средней толщины, очень слабо эластичный, нелипкий	Гибкий, тонкий, непрочный, слабо эластичный, слабо липкий
4	Кукурузный крахмал + каррагинан	Очень прочный, негибкий, средней толщины, не-	Прочный, жесткий, средней толщины, неэла-	Гибкий, средней толщины, прочный, слабо эла-

		эластичный, нелипкий	стичный, нелипкий	стичный, практически нелипкий
5	Картофельный крахмал + агар	Гибкий, средней толщины, прочный, неэластичный, нелипкий	Гибкий, средней толщины, прочный, неэластичный, нелипкий	Гибкий, средней толщины, прочный, средне эластичный, нелипкий
6	Кукурузный крахмал + агар	Гибкий, тонкий, прочный, очень слабо эластичный, нелипкий	Гибкий, тонкий, средне прочный, очень слабо эластичный, нелипкий	-
7	Картофельный крахмал + ксантан	Негибкий, средней толщины, неэластичный, непрочный, нелипкий	Гибкий, средней толщины средней прочности, неэластичный, слегка липкий	-
8	Кукурузный крахмал + ксантан	Гибкий, толстый, прочный, неэластичный, нелипкий	Гибкий, средней толщины, неэластичный, непрочный, слегка липкий	-

Добавление большего количества глицерина ожидаемо делало плёнки более гибкими и эластичными, но в некоторых случаях (кукурузный крахмал без добавок, добавка ксантана с обоими видами крахмала) приводила к сохранению липкости после высыхания.

Следует также отметить, что образцы с каррагинаном, за исключением образца №4-3, имели слегка шероховатую поверхность; в плёнках с добавлением ксантана оставались пузырьки воздуха, которые попали туда при приготовлении смеси с использованием блендера.

При исследовании взаимодействия с различными водными растворами (см. таблицу 1 в Приложении) было показано, что сильнощелочная среда оказывает на подобные плёнки наиболее разрушительное действие, хотя часть образцов сохраняла форму и в этих условиях. У некоторых образцов отмечались также признаки химического взаимодействия с едким натром (слабое пожелтение раствора). В слабощелочной, нейтральной и кислой среде большая часть образцов размягчилась, но сохранила форму, за исключением образцов с ксантаном, которые образовывали более или менее густую либо желеобразную массу в подавляющем большинстве случаев. Плёнки, сохранившие форму, также набухали в большей или меньшей степени при длительном контакте с водой. При этом кратковременный контакт с водой не приводил к изменению свойств плёнок.

При замораживании ни одна из плёнок не стала более ломкой.

Важно отметить, что хотя плёнки с удовлетворительными характеристиками можно получить на основе только крахмала (например, образец №3-1),

добавки полисахаридов водорослевого и микробного происхождения позволяют в несколько раз снизить его содержание в плёнках. Крахмал, в отличие от агара, каррагинана и ксантана, является не только съедобным, но и питательным (усвояемым) веществом для человека [14], а значит, может быть использован в пищевых целях, в связи с чем его экономия в производстве съедобных пластиков также является положительным фактором.

На основании анализа результатов мы пришли к выводу, что наиболее удачны образцом для испытания в качестве потенциально съедобного пластика является плёнка, изготовленная с применением смеси кукурузного крахмала, агара и 1 мл глицерина (образец №6-1, Приложение, рис.2е). Этот образец был выбран, поскольку он при хороших внешних характеристиках (небольшая толщина, гибкость, прочность, отсутствие липкости) содержал наименьшее количество глицерина. Небольшая толщина также является положительной характеристикой, т.к. из того же количества исходных веществ получается достаточно прочная плёнка большей площади.

Испытание этого образца в условиях, приближенных к перевариванию пищи в желудке показало, что через 1,5 часа плёнка хотя не растворилась полностью, но слегка набухла, потеряла прочность и довольно легко распадалась на фрагменты при небольшом воздействии. Таким образом, этот материал, скорее всего, не будет вызывать механического раздражения пищеварительного тракта.

Выводы

- в настоящее время в мире интенсивно ведутся разработки по созданию био-разлагаемых пластиков из съедобного растительного сырья;
- в условиях учебной лаборатории можно получить пластики из некоторых видов растительного сырья с удовлетворительными потребительскими свойствами;
- добавки неусвояемых полисахаридов позволяют существенно снизить использование крахмала при изготовлении таких плёнок;
- из такого сырья можно получить достаточно прочные пластиковые плёнки, сохраняющие свои свойства при кратковременном контакте с водой и замораживании, однако теряющие прочность при длительном взаимодействии с водой;
- из полученных нами пластиков наилучшими характеристиками обладал образец, содержащий в своём составе кукурузный крахмал и агар.

Заключение

Мы считаем, что плёнки такого состава могут использоваться для временной упаковки, в том числе, для замораживания, либо для глазирования продуктов, не содержащих много влаги, а также для капсулирования и фасовки сухих медикаментов. Такую плёнку по её составу и свойствам можно считать съедобной для человека, но злоупотреблять поеданием этой «упаковки» всё же не стоит. Зато при попадании в окружающую среду такая плёнка не должна

наносить никому вреда и, скорее всего, будет достаточно быстро переработана микроорганизмами.

Источники информации

1. Пластик – это... [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://investments.academic.ru/1269/Пластик> , свободный.
2. Биоразлагаемые пакеты не спасут от пластикового загрязнения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://greenpeace.ru/expert-opinions/2018/10/02/pochemu-biorazlagaemye-pakety-ne-spasut-planetu/> , свободный.
3. Съедобный пластик <https://nlo-mir.ru/tehnologi/sedobnyj-plastik.html> Съедобная пластиковая упаковка своими руками [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=I8QSYntvwTA> , свободный.
4. Век пластика от паркезина до загрязнения природы [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://habr.com/ru/company/sibur_official/blog/561878/ , свободный.
5. История пластика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://promresursy.com/interesno/istoriya.html>, свободный.
6. Галалит или искусственный рог [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elementy.ru/kartinka_dnya/354/Galalit_ili_iskusstvennyy_rog, свободный.
7. Пластики биологического происхождения [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elementy.ru/nauchnopolulyarnaya_biblioteka/431802/Plastiki_biologicheskogo_proiskhozhdeniya, свободный.
8. Запуск упаковки из съедобного пластика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.futuroprossimo.it/2020/10/notpla-la-startup-del-packaging-di-plastica-commestibile-a-base-di-alghe/>, свободный.
9. Можно ли сделать пластик из водорослей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sciencedaily.com/releases/2013/05/130527100524.htm>, свободный.
10. Сам сделал съедобную плёнку из каррагинана [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vk.com/wall-29287308_500266 , свободный.
11. Съедобный пластик - как сделать упаковочную пленку из водорослей [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nlo-mir.ru/tehnologi/sedobnyj-plastik.html>, свободный.
12. Как приготовить биопластик [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikihow.com/изготовить-биопластик>, свободный.
13. Три способа сделать биопластик [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.19e72c10-624eb6cb-89e1811a-74722d776562/https://www.wikihow.com/Make-Bioplastic, свободный.
14. Усвояемые и неусвояемые углеводы. [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://megaobuchalka.ru/9/14051.html> : , свободный.

Приложение



Рис.1. Образец плёнки, полученный по методике из Интернета [10]



Рис.2а. Плёнки из картофельного крахмала



Рис.2б. Плёнки из кукурузного крахмала

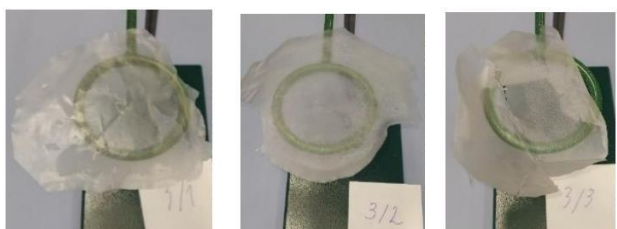


Рис.2в. Плёнки из картофельного крахмала и каррагинана

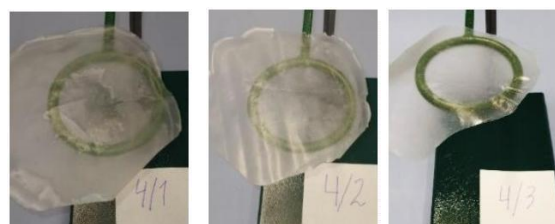


Рис.2г. Плёнки из кукурузного крахмала и каррагинана



Рис.2д. Плёнки из картофельного крахмала и агара

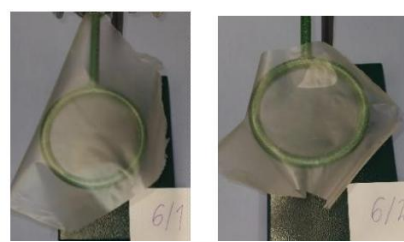


Рис.2е. Плёнки из кукурузного крахмала и агара

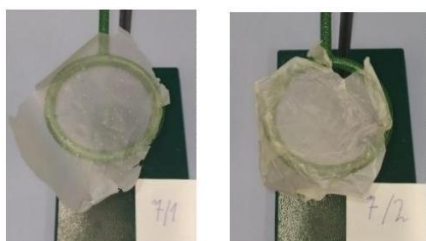


Рис.2ж. Плёнки из картофельного крахмала и ксантана

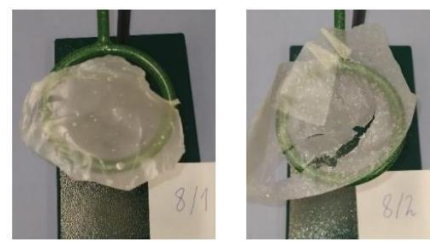


Рис.2з. Плёнки из кукурузного крахмала и ксантана

	Изменяемые		Количество глицерина, мл
--	------------	--	--------------------------

№	компоненты смесей	Среда*	1	2	3
1	Карт. крахмал	А	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Б	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		В	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Г	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Д	растворяется	растворяется	растворяется
2	Кукур. крахмал	А	мутная смесь	-	-
		Б	мутная смесь	-	-
		В	распадается на фрагменты	-	-
		Г	мутная смесь	-	-
		Д	растворяется	-	-
3	Карт. крахмал + каррагинан	А	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Б	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		В	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Г	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Д	растворяется	сохраняет форму	сохраняет форму
4	Кукур. крахмал + каррагинан	А	сохраняет форму	распадается на фрагменты	сохраняет форму
		Б	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		В	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Г	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Д	растворяется	растворяется	растворяется
5	Карт. крахмал + агар	А	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Б	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		В	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Г	сохраняет форму	сохраняет форму	сохраняет форму
		Д	сохраняет форму	сохраняет форму, р-р желтоватый	сохраняет форму, р-р желтоватый
6	Кукур. крахмал + агар	А	сохраняет форму	сохраняет форму	-
		Б	сохраняет форму	сохраняет форму	-
		В	сохраняет форму	сохраняет форму	-
		Г	сохраняет форму	сохраняет форму	-
		Д	сохраняет форму	сохраняет форму, р-р желтоватый	-
7	Карт. крахмал + ксантан	А	мутная смесь	мутная смесь	желеобразная смесь
		Б	мутная смесь	мутная смесь	желеобразная смесь
		В	мутная смесь	мутная смесь	желеобразная смесь
		Г	мутная смесь	мутная смесь	желеобразная смесь
		Д	растворяется	растворяется	сохраняет форму, р-р желтоватый
8	Кукур. крахмал + ксантан	А	желеобразная смесь	желеобразная смесь	-
		Б	желеобразная смесь	желеобразная смесь	-
		В	желеобразная смесь	желеобразная смесь	-
		Г	желеобразная смесь	желеобразная смесь	-
		Д	мутная смесь	сохраняет форму	-

Таблица 1. Результаты взаимодействия образцов плёнок с водными средами.

*Использованная среда: А – соляная кислота, 5%; Б – уксусная кислота, 5%; В – вода; Г – пищевая сода, 5%; Д – едкий натр, 5%.