

**ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БИОПЛАСТИЧЕСКОГО
МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЯИЧНОЙ
СКОРЛУПЫ И ОЦЕНКА ЕГО ФИЗИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ**

С.Н. Облобердиев¹, Г.Ш. Коробекова²

Ф.Ш. Гуломова³, М.Ж. Бекмуродова³,

*¹и.о. доцента, Янгиерский филиал Ташкентского
химико-технологического института, Янгиер, Узбекистан*

*²магистрант, Янгиерский филиал Ташкентского
химико-технологического института, Янгиер, Узбекистан*

*³студент бакалавриата, Янгиерский филиал Ташкентского химико-
технологического института, Янгиер, Узбекистан*

Аннотация. В данной работе рассматривается получение экологического биопластического материала с использованием отходов яичной скорлупы. Яичная скорлупа применялась как природный минеральный наполнитель, способствующий улучшению структуры, прочности и технологических свойств биоматериала. В ходе исследования оценивались внешний вид, плотность, гибкость, прочность и возможность практического применения полученного материала. Результаты показывают, что отходы яичной скорлупы могут быть использованы как доступное и экологически безопасное сырьё для создания биопластических материалов.

Ключевые слова: *биопластик, яичная скорлупа, экологический материал, отходы, физико-технологические свойства, природный наполнитель.*

Annotation. This study examines the production of an eco-friendly bioplastic material using eggshell waste. Eggshell was used as a natural mineral filler to improve the structure, strength, and technological properties of the biomaterial. The appearance, density, flexibility, strength, and practical application potential of the obtained material were evaluated. The results indicate that eggshell waste can be used as an accessible and environmentally safe raw material for producing bioplastic materials.

Keywords: *bioplastic, eggshell, eco-friendly material, waste, physicotecnological properties, natural filler.*

Annotatsiya. Mazkur ishda tuxum po'chog'i chiqindilaridan foydalanib ekologik bioplastik material olish masalasi o'rganildi. Tuxum po'chog'i tabiiy mineral to'ldiruvchi sifatida qo'llanilib, biomaterialning tuzilishi, mustahkamligi va texnologik xossalarni yaxshilashga xizmat qildi. Tadqiqot davomida olingan materialning tashqi ko'rinishi, zichligi, egiluvchanligi, mustahkamligi va amaliy qo'llash imkoniyatlari baholandi. Natijalar tuxum po'chog'i chiqindilaridan bioplastik materiallar ishlab

chiqarishda arzon va ekologik xavfsiz xomashyo sifatida foydalanish mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: bioplastik, tuxum po'chog'i, ekologik material, chiqindi, fizik-texnologik xossalar, tabiiy to'ldiruvchi.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема переработки пищевых отходов и создания экологически безопасных материалов сегодня является одной из актуальных задач. Яичная скорлупа относится к доступным отходам, содержащим большое количество минеральных веществ, в частности карбоната кальция, что позволяет использовать её как природный наполнитель при получении биопластических материалов.

Во многих исследованиях изучались биополимерные материалы на основе крахмала, желатина, глицерина и различных природных добавок. Однако применение отходов яичной скорлупы для улучшения физико-технологических свойств биопластика изучено недостаточно.

Целью данного исследования является получение экологического биопластического материала с использованием отходов яичной скорлупы и оценка его прочности, гибкости, плотности и внешнего вида. Новизна работы заключается в использовании доступного пищевого отхода в качестве минерального компонента для повышения качества и практической ценности биопластического материала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования являлся экологический биопластический материал, полученный с использованием отходов яичной скорлупы в качестве природного минерального наполнителя. В качестве основного сырья и добавок использовались яичная скорлупа, крахмал, желатин, глицерин и дистиллированная вода.

Сначала яичную скорлупу промывали, высушивали и измельчали до порошкообразного состояния. Крахмал смешивали с водой и нагревали при температуре 70–80°C до образования однородной массы. Отдельно желатин растворяли в тёплой воде при температуре 50–60°C. Затем раствор желатина, глицерин и порошок яичной скорлупы добавляли к крахмальной массе и перемешивали в течение 10–15 минут до получения однородной смеси.

Полученную смесь тонким слоем выливали на ровную поверхность и высушивали при комнатной температуре или в сушильном шкафу при 40–50°C до образования плёнкообразного материала. Полученные образцы биопластика оценивали по внешнему виду, гибкости, плотности, прочности, хрупкости и структуре поверхности.

В ходе эксперимента использовалось простое лабораторное оборудование: химический стакан, стеклянная палочка, электрический нагреватель, термометр, аналитические весы, сушильный шкаф и измерительные инструменты.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате эксперимента был получен плёнкообразный экологический биопластический материал с использованием порошка яичной скорлупы в качестве природного минерального наполнителя. Подготовленные образцы отличались по внешнему виду, гибкости, плотности и прочности в зависимости от количества добавленного порошка яичной скорлупы.

Таблица 1.

Физико-технологические свойства образцов биопластика

Образец	Количество порошка яичной скорлупы	Внешний вид	Гибкость	Прочность	Общая оценка
Образец 1	0 г	Гладкий, прозрачный	Высокая	Низкая	Мягкий, но менее прочный
Образец 2	1 г	Гладкий, светлый	Хорошая	Хорошая	Оптимальный результат
Образец 3	2 г	Слегка шероховатый, белый	Средняя	Высокая	Прочный, но менее гибкий

Результаты показали, что контрольный образец без порошка яичной скорлупы обладал большей гибкостью, но имел низкую прочность. Образец 2, содержащий 1 г порошка яичной скорлупы, показал наилучшее соотношение гибкости и прочности. Образец 3 отличался более высокой твёрдостью и плотностью, однако его гибкость снизилась из-за увеличения количества минерального наполнителя.

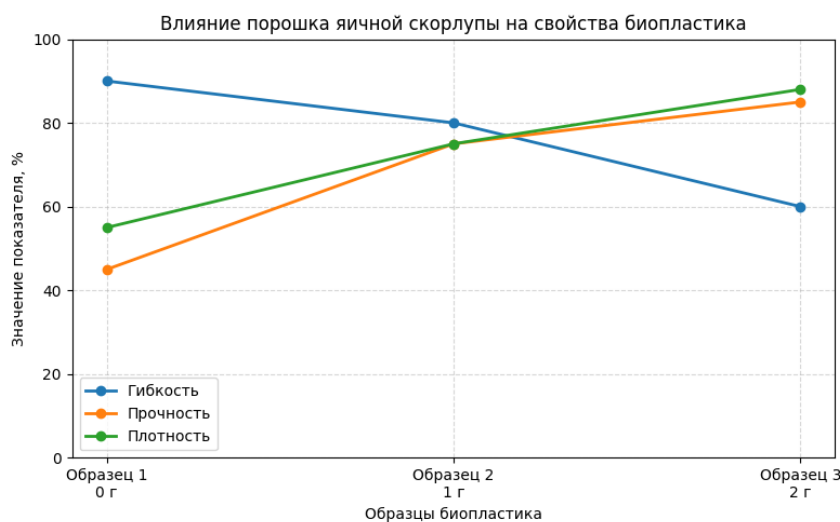


Рисунок 1. Влияние порошка яичной скорлупы на физико-технологические свойства биопластического материала

Из графика видно, что с увеличением количества порошка яичной скорлупы прочность и плотность биопластического материала повышаются, а гибкость постепенно снижается. Наиболее оптимальный результат показал образец 2, так как он обладал хорошим соотношением гибкости, прочности и плотности.

Полученный материал имел светлый цвет, гладкую поверхность и плёнообразную структуру. Добавление порошка яичной скорлупы способствовало повышению плотности и механической устойчивости биопластика. Поэтому образец 2 был выбран как наиболее подходящий вариант для практического применения.

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что порошок яичной скорлупы улучшает физико-технологические свойства биопластического материала. Контрольный образец без порошка скорлупы был гибким, но недостаточно прочным, тогда как образцы с добавлением порошка имели более плотную структуру и лучшую механическую устойчивость.

Это объясняется высоким содержанием карбоната кальция в яичной скорлупе, который выполняет роль природного минерального наполнителя. Крахмал и желатин сформировали основную полимерную матрицу, глицерин повысил гибкость, а порошок яичной скорлупы улучшил плотность и прочность материала. Однако при чрезмерном добавлении порошка материал становился менее гибким и слегка шероховатым.

По сравнению с биопластиками, полученными только на основе крахмала или желатина, добавление отходов яичной скорлупы повысило прочность и практическую ценность материала. Основным преимуществом данного метода является использование дешёвого, доступного и экологически безопасного

отхода. Недостатком является снижение эластичности при избытке минерального наполнителя.

Разработанный биопластический материал может быть использован для простой упаковки, одноразовых экологических изделий, учебных лабораторных опытов, а также как основа для дальнейших исследований биоразлагаемых материалов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что отходы яичной скорлупы могут эффективно использоваться в качестве природного минерального наполнителя при получении экологического биопластического материала. Добавление порошка яичной скорлупы способствовало повышению плотности, прочности и улучшению структуры поверхности полученного биопластика. Наилучший результат был отмечен у образца с умеренным количеством порошка яичной скорлупы, так как он имел оптимальное соотношение гибкости и прочности. Чрезмерное добавление порошка снижало эластичность материала. Таким образом, отходы яичной скорлупы можно рассматривать как дешёвое, доступное и экологически безопасное сырьё для получения биоразлагаемых материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Avérous L., Pollet E. Biodegradable Polymers. Environmental Silicate Nano-Biocomposites. Springer, 2012.
2. Mohanty A.K., Misra M., Drzal L.T. Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites. CRC Press, 2005.
3. Siracusa V., Rocculi P., Romani S., Rosa M.D. Biodegradable polymers for food packaging: a review. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(12), 634–643.
4. Abdul Khalil H.P.S., Bhat A.H., Yusra A.F.I. Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: a review. Carbohydrate Polymers, 2012, 87(2), 963–979.
5. Waheed M., Yousaf M., Shehzad A., et al. Eggshell calcium: a cheap alternative to expensive supplements. Trends in Food Science & Technology, 2019, 91, 219–230.
6. Murakami F.S., Rodrigues P.O., Campos C.M.T., Silva M.A.S. Physicochemical study of CaCO₃ from egg shells. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2007, 27(3), 658–662.
7. ISO 17088:2021. Plastics — Organic recycling — Specifications for compostable plastics. International Organization for Standardization.
8. ASTM D6400-21. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. ASTM International.
9. Закон Республики Узбекистан «Об отходах». www.lex.uz
10. Internet source: www.sciencedirect.com — scientific articles on bioplastics and biodegradable materials.