

Определение выделения частиц микропластика чайными пакетиками при заваривании

Корнилов Кирилл Николаевич¹, Роева Наталья Николаевна¹

¹ ФГУ ВО Московский государственный университет пищевых производств

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована К. Н. Корнилову, ФГУ ВО Московский государственный университет пищевых производств, адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: kornilovkn@mgurp.ru

Присутствие микроскопических частиц пластика в пищевых продуктах в настоящее время является актуальнейшей проблемой современной пищевой промышленности и одним из главных вопросов пищевой безопасности. При этом не существует ни чётких методик по определению таких частиц, ни способов очистки от них пищевых продуктов. В представленной работе впервые методом Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛСР) было проведено определение наночастиц пластика из чайных пакетиков при их заваривании в кипятке. Установлено, что некоторые из исследованных образцов пакетиков выделяют в воду огромное количество таких наночастиц. При этом на одну частицу микроскопического размера выделяются сотни миллионов наночастиц.

Ключевые слова: динамическое лазерное светорассеивание, микропластик, наночастицы, чайные пакетики

Введение

Вопросы химической безопасности пищевых продуктов всегда находятся на первом месте в пищевой промышленности. К сожалению, уже не секрет, что окружающая среда за три последних десятилетия была загрязнена медленно разлагающимися объектами из полимерных материалов (пластика). Множество изделий из полиэтилена (PE), полипропилена (PP), полиэтилентерефталата (PET) и других пластиков выбрасывается людьми каждый день. Указанные полимеры широко используются не только для создания упаковки для пищевых продуктов, но из них также изготавливают одноразовую посуду, пакеты, игрушки и другие бытовые изделия. Будучи выброшенными после использования, они медленно разлагаются в окружающей среде, образуя микроскопические частицы, которые могут попадать в воду, почву, живые организмы, а значит – и в пищевые продукты (Eriksen et al., 2014).

В связи с тем, что вопрос о переработке пластика до сих пор не решён, а разлагающиеся пластиковые объекты находятся повсюду вокруг нас, крайне актуальным является изучение вопроса о наличии микроскопических частиц пластмасс (микропластика, МР) в пищевых продуктах, об их размерах и количестве.

В представленной работе нами было изучено выделение микро и нано пластика из чайных пакети-

тиков при их заваривании в рамках проводимого крупномасштабного исследования содержания различных посторонних наночастиц в пищевых продуктах.

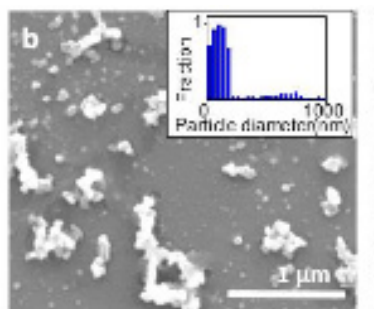
Одним из неизбежных результатов пластикового загрязнения окружающей среды является попадание частиц микропластика в пищу, которую употребляет человек. Исследуя этот вопрос, ученые выяснили, как пластик продвигается по пищевой цепочке от планктона до человека (Nelms et al., 2018). Уже известно, что обычная поваренная соль содержит примерно 0,005 микрограмма пластика на грамм (Luo et al., 2020).

И вот теперь найден новый источник микропластикового загрязнения: чайные пакетики. Оказалось, что заваренный с их помощью напиток содержит в тысячи раз больше пластика, чем соль и другие продукты (Hernandez et al., 2019)!

Причиной этого стало изменение технологии фасовки пакетированного чая: многие производители теперь используют не бумагу, а термопластик и другие синтетические вещества. Это увеличивает срок хранения чая и лучше удерживает форму пакетика, а о вреде здоровью ранее никто не задумывался, пока его наглядно не продемонстрировали ученые из канадского Университета МакГилла (рис. 1):

Рисунок 1

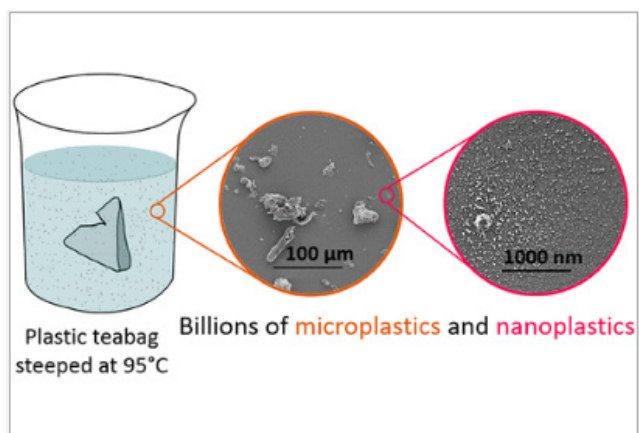
Фотография микропластика, выделившегося из чайных пакетиков, под микроскопом (Hernandez et al., 2019)



Купив в магазинах Монреаля четыре вида паке-тированного чая, они удалили всю заварку, а за-тем на пять минут поместили пустые пакетики в кипяток при температуре 95 °С. Полученная жид-кость была проанализирована под микроскопом, и оказалось, что пятиминутный контакт пакетика с горячей водой насыщает ее миллиардами частиц микропластика (рис. 2):

Рисунок 2

Процесс выделения микропластика из чайных пакетиков



Практический вред от выделившихся частиц был проверен на мелких ракообразных из надотряда ветвистоусые (лат. Cladocera), дафниях: при экологических исследованиях их часто используют в качестве модельного объекта. Рачки оказались способны выжить при очень высоких концентрациях микропластика, но у них наблюдались отклонения в поведении и анатомии. В частности, у одних экзоскелет развивался с нарушениями, а другие меняли привычную скорость плавания.

Исследователи подчеркивают, что точных знаний о вредном воздействии пластиковых частиц на здоровье человека пока не существует, и необхо-

димо уделить внимание этому вопросу: это позво-лит оценивать риски использования тех или иных продуктов питания.

Материалы и методы

Как мы уже сообщали в предыдущих работах (Корнилов & Роева, 2019), (Корнилов & Роева, 2020), самым информативным и быстрым спо-собом изучения размера наночастиц в рас-творах к настоящему времени является метод Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛС или Dynamic Light Scattering – DLS), позволяющий оптически измерять размер частиц (их гидроди-намический радиус), находящихся в состоянии броуновского движения (Pike and Abbiessm, 1997). В этом методе лазерный луч проходит через раствор и рассеивается движущимися частицами. После определения характера рассеивания лазерного луча можно определить и размер частиц. Именно поэтому метод ДЛСР был использован в данном исследовании как самый удобный и информатив-ный для достижения поставленных нами целей.

Кроме того, ранее нами именно этим методом уже были успешно изучены наночастицы, входящие в состав напитков (Корнилов & Роева, 2019), в состав косметических кремов (Соринская & Корнилов, 2019) и растительного пищевого масла (Корнилов & Роева, 2020). Указанным методом был также изме-рен размер микроскопических частиц мякоти в со-ках (Корнилов, Шатровский, Роева & Мокеев, 2020). Впервые наночастицы пластика были найдены нами и в водопроводной воде (Корнилов, Шатровский & Анисимов, 2020), и в хлебе (Корнилов et al., 2021).

В качестве объектов исследования в представлен-ной работе были выбраны стандартные бумажные чайные пакетики, которые легко доступны для всеобщего употребления:

Рисунок 3

Объекты исследования



Все результаты получены и обработаны при помощи программного обеспечения «Microtrac Flex» для анализаторов размеров частиц «Zetatrac».

Результаты и их обсуждение

Чайная заварка была удалена из пакетиков при их вскрытии. После этого пакетики помещались в кружки и заливались кипятком из дистиллированной воды (Рисунок 3). В кювету прибора помещались образцы каждой из полученных жидкостей после охлаждения.

В настройках прибора перед обнаружением пластика был указан показатель преломления дисперсионной среды (воды) $n=1,3330$. Показателем преломления пластика был указан $n=1,5$ – в соответствии с руководством по эксплуатации прибора (Freud, 2011). В частности, показатель преломления полиэтилентерефталата указан равным 1.575, полиэтилена – 1.510, а полипропилена – 1.500. В результате выяснилось следующее:

Ни в одном из представленных образцов не обнаружено каких-либо частиц пластика с указанными характеристиками (Рисунок 4):

На представленном рисунке мы можем видеть, что во всех трёх случаях найденная концентрация нано и микрочастиц в образцах равна нулю.

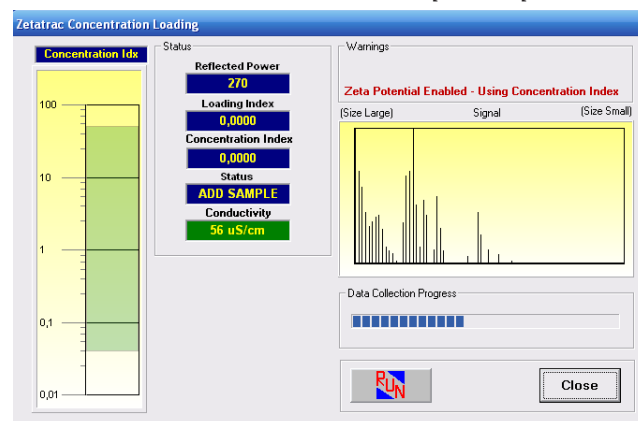
Полученный результат не давал нам полной картины происходящего и вступал в противоречие с работой (Hernandez et al., 2019). В связи с этим мы провели исследование не только плоских чайных пакетиков, сделанных из бумаги, но и пакетиков в форме пирамидок, материал которых явно отличается от бумажного (Рисунок 5):

После охлаждения образцов жидкостей, полученных при заваривании пирамидальных пакетиков в дистиллированной воде, прибор в обоих случаях показал наличие в образцах огромного количества свободно двигающихся частиц экстремально маленького размера – диаметром около 1 нм (Рисунок 6):

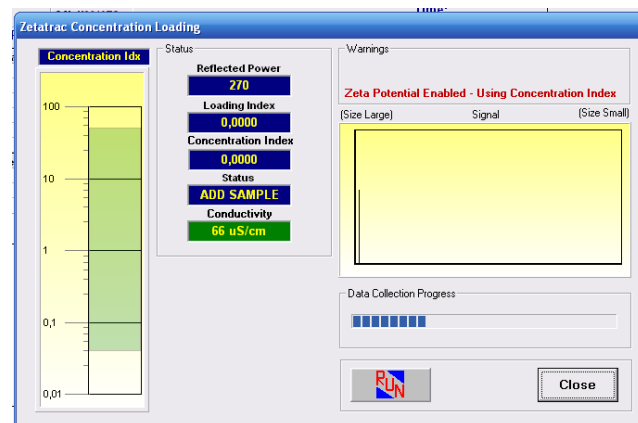
Рассмотрим характеристики обнаруженных наночастиц.

Медианный диаметр частиц d_M , согласно данным анализа, равен 1,07 и 1,08 нм. Это значит, ровно половина частиц в суспензии меньше этой величины и ровно половина – больше её. Погрешность измерения диаметра прибором составляет 20%, по-

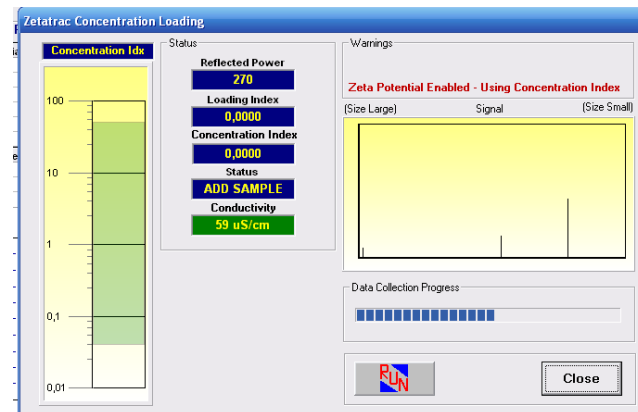
Рисунок 4
Результаты определения размера наночастиц, выделившихся из чайных пакетиков при заваривании:



а) чай «Ахмад»,



б) чай «Гринфилд»,



в) чай «Тесс»

этому можно считать обе цифры равными 1,1 нм. Среднечисловой диаметр d_N в обоих случаях также равен 1,1 нм. Самыми распространёнными в суспензии являются частицы также с $d_C = 1,1$ нм (72% и 65% от всех частиц). Средневесовой диа-

Рисунок 5

Исследование выделения микропластика из пирамидальных чайных пакетиков



метр d_v равен 1,55 нм в первом случае, и 1,1 нм – во втором.

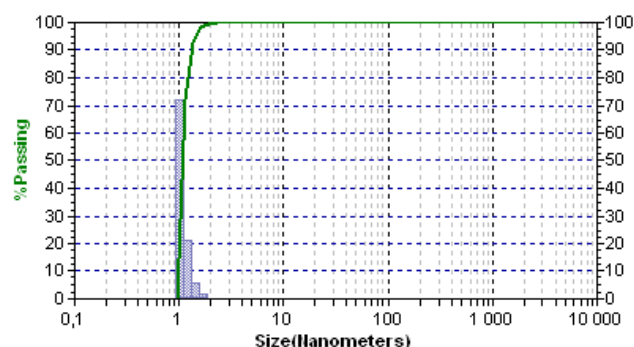
Средняя молярная масса наночастицы, посчитанная прибором на основании данных ЛДСР, $M = 627$ и 414 г/моль.

По формуле $M = \rho \cdot N_A \cdot (\pi/6) \cdot d^3$ можно найти плотность наночастиц. В качестве диаметра, как мы это делали в предыдущих работах, целесообразнее всего использовать средневесовой диаметр d_v , т.к. вклад самых крупных частиц в молярную массу максимальный. Тогда плотность будет равна $\rho = 0,54$ и $0,99$ г/см³. Можно сравнить эти цифры с плотностью обычного полипропилена (ПП) в $0,95$ г/см³, полиэтилена (ПЭ) в $0,91-0,96$ г/см³ или полиэтилентерефталата (ПЭТ) в $1,38$ г/см³ (Speight and Lange, 2005). Видно, что плотность наночастиц во втором образце близка к плотности полимеров. В первом образце величина плотность получилась экстремально маленькой из-за того, что средневесовой диаметр в 2 нм в 1,5 раза превышает среднечисловой. Это происходит по той причине, что в данном случае в суспензии обнаруживаются крупные частицы, сильно отличающиеся по размеру от всех остальных: в области 1.1-2.2 нм находятся 99,99% частиц. Но 0.01% от общего числа составляют частицы в 6,5 мкм, т.е. не наночастицы, а микропластик. Во втором образце все обнаруженные частицы имеют диаметр от 1,1 до 2,7 нм. И никаких крупных объектов не обнаруживается.

Дзета потенциал наночастиц в первом образце равен 36, а во втором – 37 мВ. Объемное содержание наночастиц: $2,44 \cdot 10^{-3}$ и $2,25 \cdot 10^{-3}$ %.

Рисунок 6

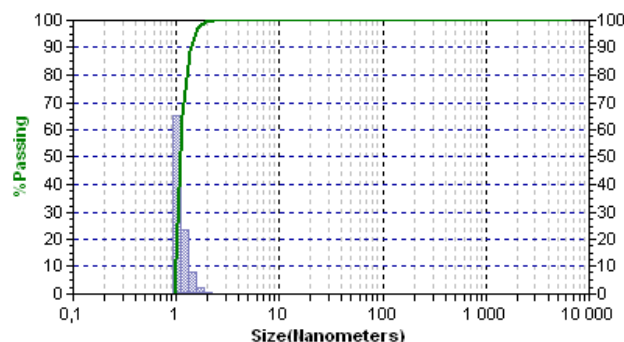
Результаты определения размера наночастиц в воде после заваривания пирамидальных чайных пакетиков:



а) гистограмма – чай «Гринфилд»

2,260	0,28
1,900	1,44
1,600	5,44
1,340	20,97
1,130	71,86

б) таблица распределения наночастиц по размерам – чай «Гринфилд»



в) гистограмма – чай «Липтон»

2,690	0,06
2,260	0,61
1,900	2,47
1,600	8,07
1,340	23,59
1,130	65,20

г) таблица распределения наночастиц по размерам – чай «Липтон»

Противоречие полученных нами данных с работой (Hernandez et al., 2019) может быть объяснено тем, что исследование микропластика было проведено разными методами. В работе (Hernandez et al., 2019) использовался электронный микроскоп, пределом обнаружения для которого является 100 нм, т.е. он не способен увидеть истин-

ные наночастицы от 1 до 100 нм. В нашем методе Лазерного Динамического Светорассеивания детектируются самые подвижные частицы, которые вносят наибольший вклад в Броуновское движение, а значит – и в светорассеивание. Наночастиц, выделяющихся из пластиковых пакетиков при их заваривании, огромное количество. Оно на много превышает количество частиц микропластика, диаметр которого от 1 до 10 мкм. Число частиц микропластика, указанное авторами (Hernandez et al., 2019), равно 11,6 млрд. из одного пакетика. Найденная нами концентрация наночастиц также позволяет определить их содержание в полученной суспензии. Рассчитанные нами концентрации для второго образца составляют 22,2 мг/л, что соответствует $3,2 \cdot 10^{19}$ частиц в литре. Т.к. объём воды, использованной нами для заваривания пакетиков, был равен объёму обычной чашки для чая (245 мл), то получается, что один чайный пакетик при заваривании выделил $7,9 \cdot 10^{18}$ наночастиц. Это число превышает число микрочастиц в 680 миллионов раз! Именно поэтому анализатор наночастиц и «не заметил» частицы микропластика, число которых составляет $1,5 \cdot 10^{-7}$ %. При этом отметим, что в первом образце микропластик всё-таки был детектирован прибором на самой границе предела обнаружения – в 0.01%. И микропластик в первом случае даже сделал свой вклад в среднюю массу и диаметр всех обнаруженных микрочастиц.

Однако, главным выводом можно считать то, что наночастиц размером 1,1–2 нм выделяется в сотни миллионов раз больше, чем частиц микропластика.

Неожиданным может показаться то, что наночастицы, выделяющиеся при заваривании пирамидальных чайных пакетиков, полностью совпадают по размерам с теми объектами, которые были обнаружены нами ранее в Коле и Пепси Коле (Корнилов & Роева, 2019). Их диаметр также лежал в области 1,1–2 нм, что соответствует по объёму 200–300 атомов углерода. Плотность их составляла 0.8–0.9 г/см³. Но по своей концентрации они значительно уступали наночастицам из чайных пакетиков: их было обнаружено не более 0,9 мг/ и $14 \cdot 10^{17}$ частиц в литре – т.е. в 23 раза меньше и по массе, и по количеству.

Можно предположить, что ранее обнаруженные нами в напитках наночастицы совершенно идентичны тем, что выделяются из пирамидальных чайных пакетиков. Однако пластик во втором случае подвергается термической обработке горячей водой, в связи с чем число выделившихся из него частиц не менее чем в 23 раза больше.

Выводы:

1. Впервые с помощью лазерного анализатора наночастиц «Zetatrac» определено наличие взвешенных микро и нано частиц в воде, полученной при заваривании чайных пакетиков в кипятке.
2. Ни в одном из трёх исследованных образцов пакетиков, сделанных из бумаги, выделившиеся нано и микрочастицы не обнаружены.
3. Из чайных пакетиков пирамидальной формы выделяется огромное количество наночастиц диаметром от 1 до 2 нм.
4. Число наночастиц пластика, выделяющихся из чайных пакетиков, в сотни миллионов раз превосходит число частиц микропластика.
5. По размерам наночастицы из пирамидальных чайных пакетиков полностью совпадают с объектами, обнаруженными ранее при исследовании некоторых безалкогольных сильногазированных напитков.
6. Число наночастиц, выделяющихся при термическом воздействии на пирамидальные чайные пакетики, не менее чем в 23 раза больше, чем число таких же наночастиц, обнаруженных в напитках.

Литература

- Корнилов, К.Н., & Роева, Н.Н. (2019). Определение содержания наночастиц пластика в питьевой воде и жидких пищевых продуктах. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s242>
- Корнилов, К. Н., Роева, Н. Н., Шатровский, Е. И., & Мокеев, В. И. (2020). Определение содержания взвешенных микрочастиц во фруктовых соках методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Достижения вузовской науки 2020*, (с. 9–14). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42376071>
- Корнилов, К. Н., Шатровский, Е. И., & Анисимов, Е. В. (2020). Определение содержания наночастиц пластика в безалкогольных напитках методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Студенческие научные достижения*, (с. 9–14). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42376601>
- Корнилов, К. Н., & Роева, Н. Н. (2020). Обнаружение частиц микропластика в растительных маслах. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s315>

- Корнилов, К.Н., Винник, А.О., & Шишонкова, Е.А. (2021). Определение содержания частиц микропластика в ржано-пшеничном хлебе разных сортов. В *Лучшая научно-исследовательская работа 2021*, (с. 8-13). <https://elibrary.ru/item.asp?id=45679026>
- Соринская, Е. А., & Корнилов, К. Н. (2019). Обнаружение липосом в компонентах для косметических кремов методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Лучшая научно-исследовательская работа 2019 года*, (с. 21-25). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37216487>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Borrorro, J.C., Galgani, F., Ryan, P., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9, e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Freud, P. J. (2011). Nanoparticle Sizing: Dynamic Light Scattering Analysis in the Frequency Spectrum Mode. Application №те. Provided by: Microtrac Inc. Particle Size Measuring Instrumentation, 54 p. <https://www.microtrac.com/applications/knowledge-base/dynamic-laser-light-scattering/>
- Hernandez, L. M., Xu, E. G., Larsson, H. C. E., Tahara, R., & Vimal, B. (2019). Maisuria Nathalie Tufenkji. Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12300-12310. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b02540>
- Luo, H., Zhao, Y., Li, Y., Xiang, Y., He, D., & Pan, X. (2020). Aging of microplastics affects their surface properties, thermal decomposition, additives leaching and interactions in simulated fluids. *Science of The Total Environment*, 714, 136862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136862>
- Nelms, S. E., Galloway, T. S., Brendan, J. G., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999-1007. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>
- Pike, E. R., & Abbissm, J. B. (1997). *Light Scattering and Photon Correlation Spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers, <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Speight, J. G., & Lange, N. A. (2005). *Lange's handbook of chemistry*. Edition 16. McGraw-Hill. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071432207>

Determination of the Microplastic Particle Release by Tea Bags During Brewing

Kirill N. Kornilov¹, Nataliya N. Roeva¹

¹ Department of Chemistry and Ecotoxicology, Moscow State University of Food Production Moscow, Russia

Correspondence concerning this article should be addressed to Kirill N. Kornilov, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation, e-mail: kornilovkn@mgupp.ru

The presence of microscopic particles of plastic (MP) in food is currently an urgent problem in the modern food industry and one of the main issues of food safety. However, there are no clear methods for the determination of such particles, nor methods for cleaning food products from them. In the present work, for the first time, the method of Dynamic Laser Light Scattering (DLS) was used to determine the plastic nanoparticles from tea bags when they were boiled in boiling water. It has been established that some of the studied samples of sachets release a huge amount of such nanoparticles into water. Moreover, hundreds of millions of nanoparticles are released per one microscopic particle. Pyramidal tea bags release a huge amount of nanoparticles with a diameter of 1 to 2 nm. The number of nanoparticles released during thermal action on pyramidal tea bags is at least 23 times greater than the number of the same nanoparticles that we have previously found in some drinks.

Keywords: Dynamic Laser Light Scattering, microplastic, nanoparticles, tea bags.

References

- Kornilov, K.N., & Roeva, N.N. (2019). Determination of the content of plastic nanoparticles in drinking water and liquid food products. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s242>
- Kornilov, K. N., Roeva, N. N., Shatrovsky, E. I., & Mo-keev, V. I. (2020). Determination of the content of suspended microparticles in fruit juices by the method of Laser Dynamic Light Scattering. In *Dostizheniya vuzovskoy nauki 2020* [Achievements of University Science 2020], (pp. 9-14). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42376071>
- Kornilov, K. N., Shatrovsky, E. I., & Anisimov, E. V. (2020). Determination of the content of plastic nanoparticles in soft drinks by the method of Laser Dynamic Light Scattering. In *Studencheskie nauchnye dostizheniya* [Student Scientific Achievement], (c. 9-14). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42376601>
- Kornilov, K. N., & Roeva, N. N. (2020). Detection of microplastic particles in vegetable oils. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s315>
- Kornilov, K. N., Vinnik, A. O., & Shishonkova, E. A. (2021). Determination of the content of microplastic particles in rye-wheat bread of different varieties. In *Luchshaya nauchno-issledovatel'skaya rabota 2021* [Best Research Paper 2021], (pp. 8-13). <https://elibrary.ru/item.asp?id=45679026>
- Sorinskaya, E. A., & Kornilov, K. N. (2019). Detection of liposomes in cosmetic cream ingredients by Laser Dynamic Light Scattering. In *Luchshaya nauchno-issledovatel'skaya rabota 2021* [Best Research Paper 2019], (pp. 21-25). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37216487>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Borerro, J.C., Galgani, F., Ryan, P., & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250 000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9, e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Freud, P. J. (2011). Nanoparticle Sizing: Dynamic Light Scattering Analysis in the Frequency Spectrum Mode. Application №te. Provided by: Microtrac Inc. Particle Size Measuring Instrumentation, 54 p. <https://www.microtrac.com/applications/knowledge-base/dynamic-laser-light-scattering/>
- Hernandez, L. M., Xu, E. G., Larsson, H. C. E., Tahara, R., & Vimal, B. (2019). MaisuriaNathalie Tufenkji. Plastic Teabags Release Billions of Microparticles and Nanoparticles into Tea. *Environmental Science & Technology*, 53(21), 12300-12310. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.9b02540>

- Luo, H., Zhao, Y., Li, Y., Xiang, Y., He, D., & Pan, X. (2020). Aging of microplastics affects their surface properties, thermal decomposition, additives leaching and interactions in simulated fluids. *Science of The Total Environment*, 714, 136862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136862>.
- Nelms, S. E., Galloway, T. S., Brendan, J. G., Jarvis, D. S., & Lindeque, P. K. (2018). Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. *Environmental Pollution*, 238, 999-1007. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>
- Pike, E. R., & Abbiss, J. B. (1997). *Light Scattering and Photon Correlation Spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers, <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Speight, J. G., & Lange, N. A. (2005). *Lange's handbook of chemistry*. Edition 16. McGraw-Hill. <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071432207>

Разработка технологии субстанции для производства остеоиндуктивных материалов

Компанцев Дмитрий Владиславович¹, Иваницкая Яна Александровна¹

¹ *Пятигорский медико-фармацевтический институт филиал Волгоградского медицинского университета, 357532, Россия, Пятигорск, ул. Калинина 11*

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Компанцеву Д.В., Пятигорский медико-фармацевтический институт филиал Волгоградского медицинского университета, 357532, Россия, Пятигорск, ул. Калинина 11, e-mail: d.v.kompancev@pmedpharm.ru

Разработана технология получения остеопластического материала, состоящего из порошка натуральной костной ткани, в составе препарата присутствуют гидроксиапатит и трикальцийфосфатные соединения, а также комплекс минеральных веществ. Одной из наиболее актуальных проблем травматологии и ортопедии, хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, является проблема лечения пациентов с большими костными дефектами. Отличительная особенность таких дефектов – недостаточная выраженность естественных восстановительных процессов костной ткани. Актуальность работы проявляется в наличии острой проблемы разработки технологии получения костных блоков с целью дальнейшего использования в качестве конкурентно способного на мировом рынке остеоиндуктивного материала полностью биоинертного и биосовместимого с тканями организма для пластического возмещения костных дефектов челюстных костей. Полученный материал представлял собой сложную структурированную систему, состоящую из специально обработанной костной ткани, полученной от убойных животных (бычки возраст до 12-18 месяцев), содержащим биоусвояемый кремний и ряд биологически активных соединений, стимулирующих репаративные процессы в костной ткани. Разработана оптимальная технологическая схема получения остеиндуктивного материала. Оптимизирован состав и основные стадии разработанной технологии. Костный материал, полученный с использованием разработанной технологии, использован в дальнейших исследованиях по разработке сложных лекарственных форм, оказывающих остеиндуктивное действие.

Ключевые слова: остеогенез, костная пластика, остеопластический материал.

Введение

Проанализированные научные публикации, посвященные костно-заместительным материалам, применяемым в челюстно-лицевой хирургии для регенерации костной ткани, показали, что остеиндуктивные материалы отечественного производства не в полной мере отвечают запросам врачебного сообщества, что определяет необходимость дальнейших разработок в этом направлении (Борисенко, 2017). Импортные аналоги эффективнее отечественных препаратов, но их стоимость значительно снижает финансовые возможности ЛПУ страны, а также не доступна большей части граждан, нуждающихся в подобного рода вмешательствах (Livada, 2017; Zhang, 2017). Актуальность разработки нового остеиндуктивного костного материала подтверждена тем, что несмотря на много-

образии остеопластических материалов различного содержания и свойств, на сегодняшний день среди них нельзя выделить универсального (Бычков и соавт., 2018; Павленко и соавт., 2018). Кроме того, отсутствие комплекса оптимальных пластических материалов с остеиндуктивным свойством определяет необходимость дальнейших исследований в этом перспективном направлении (Ешиев, 2016).

На сегодняшний день на рынке представлен ограниченный ассортимент остеозамещающих материалов, применяемых в челюстно-лицевой хирургии, хирургической стоматологии и травматологии в целом. Среди импортных материалов ведущее место занимают Bio-Oss (Швейцария), Osteo-Biol (Италия). Эти препараты имеют процент приживаемости на уровне 98% и выше, но стоимость их в разы превышает цену отечественных препаратов аналогичного профиля (Опанасюк, 2017).