

Определение содержания различных наночастиц в питьевой воде и жидких пищевых продуктах

Корнилов Кирилл Николаевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: kirillkorn1982@gmail.com

Роева Наталья Николаевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: roeva@mgupp.ru

Присутствие микроскопических частиц пластика в пищевых продуктах является актуальнейшей проблемой современной пищевой промышленности и одним из главных вопросов пищевой безопасности. Связано это с тем, что микроскопические частицы пластика к настоящему времени обнаружены практически во всех объектах окружающей среды, но их влияние на организм не до конца изучено. При этом не существует ни чётких методик по определению таких частиц, ни способов очистки от них пищевых продуктов. В представленной работе методом Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛСР) было определено наличие наночастиц разного химического состава в питьевой воде и некоторых напитках. Измерен размер найденных микро и нано объектов, их распределение по фракциям. С этой целью использован Лазерный анализатор наночастиц «Zetatrac» (США). Определена также средняя молекулярная масса обнаруженных частиц, их средняя удельная площадь поверхности и дзета потенциал. В некоторых образцах его величина находится в области менее 1мВ, что свидетельствует о склонности микрообъектов к коагуляции, а других – более 10 мВ, т.е. здесь суспензии вполне стабильны. На основании инструментально определённых характеристик сделано предположение о том, что нано и микро частицы в питьевой воде и нано частицы в питьевых напитках по химическому составу близки к полимерам – полипропилены и полиэтилтетефталату. В некоторых образцах питьевой воды обнаружены наночастицы, идентичные по характеристикам как пластику, так и ржавчине. Определено так же содержание нано и микро объектов в исследованных образцах жидкостей. Оно составляет от 0.8 до $5 \cdot 10^{-3}$ %.

Ключевые слова: Динамическое Лазерное Светорассеивание, питьевая вода, напитки, наночастицы, молекулярная масса, дзета потенциал, пластик, ржавчина

Введение

В настоящее время вопросы химической безопасности пищевых продуктов встают на первое место в пищевой промышленности. Ни для кого не секрет, что окружающая среда за три последних десятилетия была загрязнена медленно разлагающимися объектами из полимерных материалов (пластика). Огромное количество изделий из полиэтилена, полипропилена, полиэтилентерефталата и других пластиков выбрасывается людьми каждый день. Указанные полимеры широко используются не только для создания упаковки и тары для пищевых продуктов, но из них также изготавливают одноразовую посуду, пакеты, игрушки, соломенные трубки 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.

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

Таким образом, целью нашей работы было: определить содержание различных посторонних наночастиц в питьевой воде и напитках, установить размер таких частиц, их плотность, удельную поверхность и дзета потенциал. Наряду с содержанием пластика нами было выявлено также и наличие микроскопических частиц ржавчины в образцах воды.

Литературный обзор

Всем нам часто приходится слышать о том, что окружающая среда загрязнена пластмассовыми отходами и что микрочастицы пластика размером до 5 мм можно найти и в океаническом планктоне, и в насекомых (Al-Jaibachi, Cuthbert, & Callaghan, 2018), и в рыбах (Sighicelli et al, 2018), и в птицах (Wagner & Lambert, 2018). И хотя все мы знаем про пищевые цепочки, трудно поверить в то, что всё это напрямую касается нас, что пластик доходит до нашего стола (Mason, Welch, & Neratko, 2018).

Исследователи из Венского медицинского университета нашли тому чёткое доказательство. Они проверили на предмет пластика биологические жидкости у восьми человек из восьми стран: Финляндии, Италии, Японии, России, Польши, Нидерландов, Великобритании и Австрии – и у всех нашли крохотные пластмассовые частицы, количество которых в среднем составляло 20 частиц на 10 грамм пробы. По химическому составу наиболее часто встречающимися оказались частицы из полипропилена и полиэтилентерефталата, из которых делают очень много всего, включая пластиковые бутылки. Свои результаты авторы работы доложили на конференции Европейского общества гастроэнтерологов (Schwabl et al, 2018).

Ни один из участников исследования не придерживался какой-то особой диеты, однако некоторые ели рыбу за неделю до того, как у них взяли жидкость на анализ, и все ели какую-то еду, которая была завернута в пластмассовую упаковку и пила из пластиковых бутылок. Как именно пластик попал в их организм, неясно, может быть, через пищевую цепочку, может быть, прямо от повреждённой тары – но, так или иначе, попал. С одной стороны, речь идёт всего о восьми людях, и хорошо бы всё то же самое повторить с большим числом добровольцев. Но, с другой стороны, пластик нашли у всех, несмотря на очень широкую географию – то есть можно предположить, что на Земле уже нет или почти нет мест, где человек не ел бы собственный пластик.

Переходят ли пластиковые частицы из кишечника в другие органы и как они сказываются на нашем здоровье, пока не очень понятно, хотя можно предположить, что исследований на ту тему в скором времени появится более чем достаточно.

Хотелось бы, чтобы подобные исследования заставят человечество быть умереннее в использовании

пластмасс, производство которых, пока только растёт и достигло уже 300 мегатонн в год (Ericson et al, 2014).

Один из наиболее интересных русскоязычных анализов современного состояния исследований проблемы загрязнения микропластиком окружающей среды представлен в работе по изучению водных объектов в Европе, Центральной Азии и Сибири (Казмирук, В.Д. & Казмирук, Т.Н., 2018).

Теоретическое обоснование

Микропластиком (Micro Plastic, MP) обычно называют частицы размером менее 5 мкм (Imhof, Ivleva, Schmid, Niessner, & Laforsch, 2013). Самым информативным и быстрым способом изучения размера таких микрочастиц в растворах к настоящему времени является метод Динамического Лазерного Светорассеивания (ДЛС или *Dynamic Light Scattering* – DLS), позволяющий оптически измерять размер частиц (их гидродинамический радиус), находящихся в состоянии броуновского движения (Schmitz, 1990). В этом методе лазерный луч проходит через раствор и рассеивается движущимися частицами (Pike & Abbiss, 1997). После определения характера рассеивания лазерного луча можно определить и размер частиц¹.

Именно поэтому метод ЛДСР был использован в данном исследовании как самый удобный и информативный для достижения поставленных нами целей.

Кроме того, ранее нами именно этим методом уже были успешно изучены наночастицы, входящие в состав алкогольных напитков (Юсубов, 2019) и даже в состав косметических кремов (Соринская & Корнилов, 2019).

Кроме того, одним из ключевых параметров, характеризующих коллоидную систему, является дзета потенциал частиц, который также определялся нами в ходе работы. Прямая зависимость коагуляционной устойчивости суспензий и эмульсий от его величины делает этот параметр незаменимым при экспериментальной экспресс оценке характеристик стабильности дисперсных водных растворов, включая растворы наночастиц (Dukhin & Goetz, 2017).

Исследование

¹ Freud, P.J. (2011). *Nanoparticle sizing: dynamic light scattering analysis in the frequency spectrum mode. application note. Provided by: Microtrac Inc. Particle Size Measuring Instrumentation*, p. 1-7. Retrieved from: http://www.betatekinc.com/papers/microtrac_nanoparticle_sizing_dynamic_light_scattering_analysis_in_the_frequency_spectrum_mode.pdf

В качестве объектов исследования нами были выбраны образцы воды, которые легко доступны для всеобщего употребления:

1. водопроводная вода из-под крана в лаборатории,
2. вода из домашнего фильтра,
3. вода Аква минерале, негазированная (Рисунок 1):

Перед исследованием в анализаторе наночастиц нами был измерен рН воды при помощи рН-метра Sartorius. Выяснилось, что данный показатель в норме у всех трёх образцов: образец 1 – 7,0, образец 2 – 6,7, образец 3 – 7,03. Так же были определены плотность и показатели преломления для всех образцов. Все они совпали с табличными значениями для воды: $\rho = 0,998 \text{ г/см}^3$, $n = 1,3330$.

В качестве других объектов исследования нами были выбраны коммерчески распространённые газированные напитки Coca Cola, Pepsi и Sprite.

Перед исследованием в анализаторе наночастиц нами были получены все доступные физико-химические параметры жидкостей, характеризующие их химический состав (Таблица 1).

Плотность определялась при помощи ареометра. Показатель преломления – при помощи рефрактометра ИРФ-456. рН – при помощи рН-метра Sartorius.

Все результаты определения наночастиц методом ЛДСР получены и обработаны при помощи программного обеспечения «Microtrac Flex» для анализаторов размеров частиц «Zetatrac». На каждом исследуемом образце проводилось по три измерения, которые затем обрабатывались программой, управляющей анализатором Microtrac FLEX.

Используемый нами прибор позволяет избавиться от влияния фоновых частиц любых размеров, которые потенциально могут находиться в водопроводной воде, путём исключения их влияния на итоговое светорассеивание функцией «Set Zero» - установкой на ноль фоновых значений. То есть

перед проведением изучения водных объектов определялось наличие каких-либо частиц в чистом растворителе – дистиллированной воде. После чего данные по растворителю вычитались из данных исследуемых проб..

Рабочее время, в течение которого прибором происходил сбор данных (Run Time), составлял 30 секунд. Количество измерения проб (Number of Runs) для достижения достоверного результата равнялось трём.

Средняя молекулярная масса частиц измерялась методом Дебая, основываясь на данных о гидродинамическом радиусе частиц, полученных тем же методом светорассеяния².

Необходимо отметить, что представленным методом определяются только размеры частиц сферической формы.

Результаты и их обсуждение

Из анализа значений рН, плотности и показателя преломления можно сделать вывод о том, что ни в каком из образцов воды нет каких-либо химических примесей, которые могут быть обнаружены этими простейшими методами.

Поэтому самой главной частью работы являлся ответ на вопрос: если ли в воде какие-либо взвешенные (т.е. свободно плавающие нано – или микро объекты), каковы размеры и распределение их по фракциям.

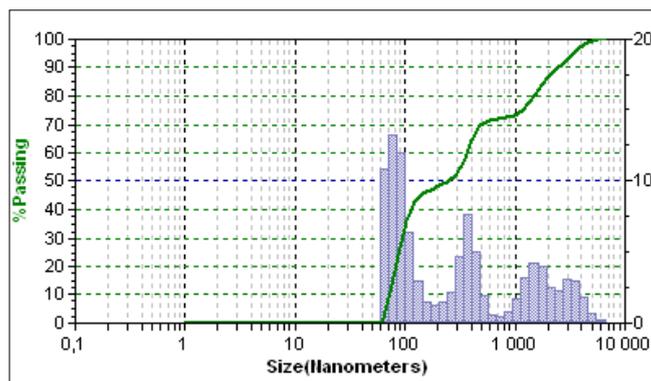
В настройках прибора перед обнаружением пластика был указан показатель преломления дисперсионной среды (воды) $n=1,3330$. Показателем преломления пластика был указан $n=1,5$ – в соответствии руководством по эксплуатации прибора (Freud, 2011). В частности, показатель преломления полиэтилентерефталата указан равным 1.575, полиэтилена – 1.510, а полипропилена – 1.500. Лазерный анализатор был настроен на обнаружение шарообразных объектов.

Таблица 1

Физико-химические характеристики исследуемых безалкогольных напитков

Название	Плотность, ρ , г/мл	Показатель преломления, n	рН	Содержание сахара (на этикетке)
Coca Cola	1,040	1,3466 (9,2% сахара)	2,30	10,6 г в 100 мл (10,2%)
Pepsi	1,040	-	2,28	11,2 г в 100 мл (10,8%)
Sprite	1,010	1,3357 (1,8% сахара)	2,61	2 г в 100 мл (2%)

² Plantz, P. E. (2008). *Explanation of data reported by*



(a)

Size (nm)	1944	1635	1375	1156	972	818	687	578	486	409	344	289	243	204,4	171,9	144,5	121,5	102,2	85,90+
% Chan	4,04	4,23	3,2	1,74	0,75	0,51	0,6	1,97	5,05	7,67	4,71	2,22	1,46	1,28	1,52	2,98	6,45	12,04	13,25

(б)

Рисунок 1. Результаты определения размера наночастиц в водопроводной воде: а) гистограмма распределения частиц по размерам, б) таблица распределения наночастиц по размерам

В результате выяснилось следующее:

В образце 1 были обнаружены частицы нано и микро размеров со следующими параметрами (Рисунок 1):

На рис. 1а четко видно присутствие нескольких фракций микроскопических частиц в растворе. Однако только некоторые из них (менее 100 нм) являются настоящими наночастицами. Четыре основные фракции имеют центр при 85, 365, 1562 и 3460 нм.

Средний диаметр частиц d_M , согласно анализу, составляет 248 нм. Это означает, что ровно половина частиц в суспензии меньше этой величины, а ровно половина – больше ее.

Среднечисловой диаметр d_N равен 92 нм.

Наиболее распространенными в суспензии являются частицы с $d_C = 86$ нм (13% от всех частиц).

Средневесовой диаметр d_V равен 2383 нм.

Средняя молярная масса наночастицы, рассчитанная прибором на основе данных ДЛС, $M = 366 \cdot 10^{10}$ г / моль.

По формуле $M = \rho \cdot N_A \cdot (\pi/6) \cdot d^3$ можно найти плотность наночастиц. Важным вопросом является то, какой размер мы должны принять за диаметр в данной формуле.

Лучше всего использовать средневесовой диаметр

d_V , потому что вклад самых крупных частиц в молярную массу максимален. Тогда плотность будет равна: $\rho = 0,86$ г/см³. Это меньше плотности обычного полипропилена (ПП) в 0,95 г/см³, полипропилена (ПЭ) в 0,91-0,96 г/см³ или полиэтилентерефталата (ПЭТ)³ в 1,38 г/см³.

Средняя удельная поверхность наночастиц в этом случае $S = 9$ м²/г.

Лазерный анализатор наночастиц «Zetatrac» позволяет также определять **дзета потенциал** (ζ) и **средний заряд** наночастиц q (Рисунок 2):

– Zeta Potencial –	
Mobility	0,86 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	11,00 mv
Charge	0,205 fC
Polarity	Positive
Conductivity	421 uS/cm

Рисунок 2. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в водопроводной воде

Величина дзета потенциала в 11 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии вполне стабильны и не склонны к дальнейшей коагуляции (Dukhin & Goetz, 2017). Средний заряд наночастицы положительный.

Электропроводность водопроводной воды, измеренная прибором, 421 мкСм/см, что вполне характерно для воды из природных источников.

³ Speight, J. G. Lange's Handbook of Chemistry, Seventeenth Edition (McGraw-Hill Education: New York, Chicago, San Francisco, Athens, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, Singapore, Sydney, Toronto, 2017). <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781259586095>

Концентрация всех взвешенных частиц в воде, подсчитанная прибором, равна 0.00057% по объёму. Такое малое количество, естественно, невозможно измерить каким-либо другим способом, кроме выбранного нами.

После определения пластика настройки прибора были изменены на определение ржавчины с $n=2,26$. Каких-либо микроскопических частиц с указанными параметрами прибором обнаружено не было. Возможно, это связано с тем, что за несколько месяцев до этого старые металлические трубы в нашей лаборатории были заменены на новые из полипропилена.

Далее было проведено определение наличия микроскопических частиц в воде из фильтра.

В данном случае какие-либо частицы пластика прибор не обнаруживает. Однако совершенно неожиданно оказалось, что частицы ржавчины, наоборот, присутствуют в воде во взвешенном состоянии (Рисунок 3).

Количество обнаруженных частиц очень маленькое: меньше, чем 0.01% по объёму. И образуют они единственную фракцию с центром в 1,06 нм.

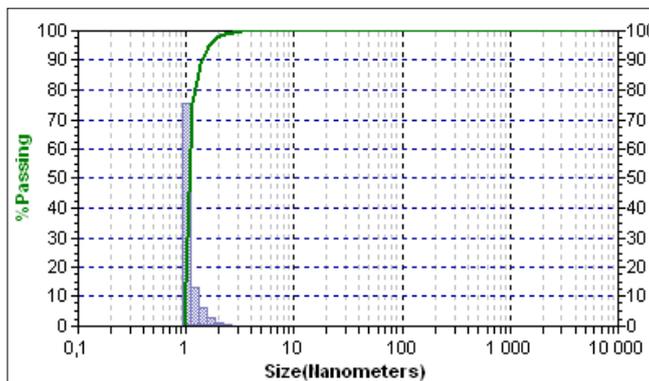
Средняя **молярная масса** наночастицы $M = 376$ г/моль, что соответствует всего 4 слипшимся между собой молекулам состава $FeO(OH)$.

Плотность $\rho = 1$ г/см³. Надо учитывать, что наночастицы скорее всего имеют гидратную оболочку из молекул воды.

Теперь перейдём к анализу электрокинетических свойств найденных микрочастиц (Рисунок 4):

Электропроводность воды в данном случае занижена и равна только 267 мкСм/см. Это может быть связано с тем, что минеральные вещества, растворённые в ней, задерживаются фильтром. Но наночастицы с экстремально маленьким размером, как мы видим, через фильтр проходят. Пусть и в крайне малом количестве.

Теперь перейдём к анализу частиц в питьевой воде



(a)

% Tile	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Size (nm)	0,980	1,000	1,020	1,050	1,060	1,090	1,110	1,160	1,400	1,600

(б)

Рисунок 3. Результаты определения размера наночастиц ржавчины в воде из фильтра: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,73 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	9,30 mv
Charge	0,00008 fC
Polarity	Positive
Conductivity	267 uS/cm

Рисунок 4. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в воде из фильтра

Аква минерале.

В данном образце нами не обнаружено ни каких-либо микроскопических частиц пластика, ни ржавчины. С другой стороны, эта воды сильно деминерализована: её электропроводность $k=102$ мкСм/

см – в 4 раза меньше, чем у водопроводной воды. На этикетке указана общая минерализация данной воды в 50 мг на л.

Итоговые данные исследования наночастиц в питьевой воде можно представить в виде Таблицы:

Таблица 2

Результаты исследования питьевой воды методом ЛДСР

Вода	dM, нм	dN, нм	dC, нм	dV, нм	M, г/моль	ρ , г/см ³	S, м ² /г	ζ , мВ	κ , мкСм/см	C, %
Водопроводная вода	248	92	86 (13%)	2383	366·10 ¹⁰	0,86	9	11	421	0,57·10 ⁻³
Вода из фильтра	1,06	-	-	-	376	1,00	-	9,3	267	0,1·10 ⁻³
Аква минерале негазированная	не обнаружено	-	-	-	-	-	-	-	102	0

После того, как в питьевой воде нами были обнаружены некоторые нано и микро объекты, необходимо исследовать на предмет их содержания и безалкогольные напитки.

Из Таблицы 1 видно, что химический состав напитков в целом совпадает с указанным на этикетке. Поэтому самой главной частью работы является ответ на вопрос – есть ли в жидкости какие-либо наночастицы.

В результате выяснилось следующее:

В Coca Cola был обнаружены наночастицы пластика со следующими характеристиками (Рисунок 5):

Для наглядности распределение частиц по размерам представлено нами в виде процентного содержания всех частиц меньше указанного диаметра. То есть из Рисунка 5б видно, что 10% все частиц в су-

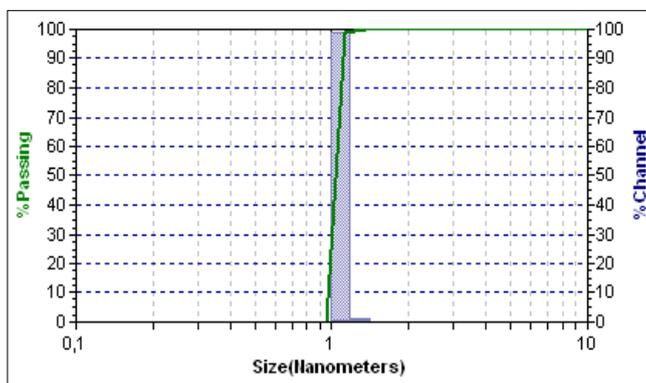
спензии меньше 0,97 нм, а 95% всех обнаруженных частиц меньше 1,12 нм.

Рисунок 5а чётко показывает наличие всего двух фракций наночастиц в растворе: первая фракция (самый мощный столбец: 1,13 нм) – 99% всех частиц и вторая (маленький столбик: 1,34 нм) – 1% частиц.

Если принять, что наночастицы состоят только из плотно упакованных атомов С, и атомный радиус углерода равен 0.077 нм (Wieser et al, 2018), то 99% обнаруженных наночастиц имеют радиус в 3,7 атома С.

Таким образом, объём таких частиц равен 207 атомам С (0,755 нм³). Значит, масса такой частицы равна 413·10⁻²³ г.

По формуле $m = \rho \cdot V$ можно найти **плотность** наночастиц $\rho = 5,47$ г/см³. Это выше, чем плотность



(а)

- Percentiles -	% Tile	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	Size (nm)	0,970	0,990	1,010	1,020	1,040	1,050	1,070	1,080	1,110	1,120

(б)

Рисунок 5. Результаты определения размера наночастиц в Coca Cola: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

обычного полипропилена (ПП), полиэтилена (ПЭ) или полиэтилентерефталата (ПЭТ). Подсчитанная нами плотность экстремально высокая, поэтому нужно сделать другой вывод о химическом составе наночастиц. Они точно не состоят из плотноупакованных атомов углерода.

Например, наночастицы могут состоять из полимерных звеньев состава CH_2 .

Средняя **молярная масса** наночастицы $M = 348$ г/моль. Это соответствует всего 29 атомам С. **Плотность** наночастиц (при диаметре в 1,13 нм): $\rho = 0.77$ г/см³. Это меньше, чем плотность известных полимеров.

Возможно, в наночастицах атомы находятся не в состоянии плотной упаковки и имеют внутренние полости, заполненные воздухом.

Дзета потенциал (ζ) и средний заряд наночастиц q (Рисунок 6):

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,05 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	0,61 mv
Charge	0,00000 fC
Polarity	Positive
Conductivity	964 uS/cm

Рисунок 6. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в Coca Cola

Величина дзета потенциала в 0.61 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии не стабильны и способны к дальнейшей коагуляции. Однако их стабильность и отсутствие седиментации в пище-

вом продукте может быть связано с высоким значением рН среды и наличием в ней углекислого газа. Протоны кислой среды препятствуют слипанию наночастиц между собой. Средний заряд наночастицы положительный.

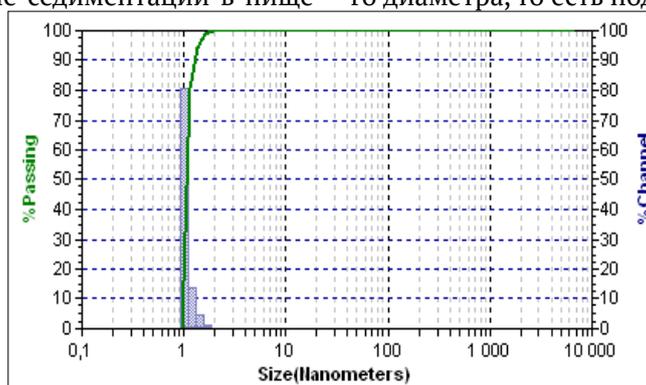
Заметим, что предварительно измеренная электропроводность водопроводной воды составила 436 мкСм/см. При этом электропроводность продукта составила 964 мкСм/см. Вязкость – 0.864 мПа·с.

Далее было проведено определение наличия наночастиц с такими же характеристиками в напитке Pepsi (Рисунок 7):

Из сравнения Рисунок 5 и 7 видно, что в обоих напитках образуются почти одинаковые по размеру наночастицы. Этот результат особенно интересен, если учитывать, что первый рисунок был сделан в октябре 2018, а второй – в январе 2020. То есть присутствие одинаковых наночастиц в похожих напитках обнаружено с разницей в 15 месяцев.

Рисунок 7б чётко показывает наличие пяти фракций наночастиц в растворе. Однако самая распространённая фракция (самый мощный столбец: 1,13 нм) составляет 81%. Это в точности те же самые наночастицы, что обнаружены и в Coca Cola. Вторая по распространённости фракция тоже полностью совпадает с предыдущим измерением: 1,34 нм – 14% всех частиц.

В связи с тем, что в данном случае частицы не так однородны, как в Coca Cola, необходимо записать так же подсчитанную величину их среднечислового диаметра, то есть подсчитанного статистически.



(a)

Size (nm)	15,190	12,770	10,740	9,030	7,600	6,390	5,370	4,520	3,800	3,190	2,690	2,260	1,900	1,600	1,340	1,130	0,950
% Chan	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,220	1,120	4,370	13,580	80,710	0,000

(б)

Рисунок 7. Результаты определения размера наночастиц в Pepsi: а) гистограмма распределения частиц по размерам; б) таблица распределения наночастиц по размерам

Он равен 1,18 нм.

Средняя молярная масса наночастицы, $M = 367$ г/моль. Это соответствует всего 30,6 атомам С.

Плотность наночастиц $\rho = 0,86$ г/см³. И они также, судя по всему, имеют внутренние полости с газом.

Эти отличия в характеристиках Pepsi от Coca Cola связаны с тем, что в первом напитке обнаружены наночастицы с диаметром, превышающим 1,6 нм общей долей в 5%.

Теперь перейдём к анализу электрокинетических свойств наночастиц (Рисунок 8).

- Zeta Potencial -	
Mobility	0,24 /u/s/V/cm
Zeta Potencial	3,01 mv
Charge	0,00003 fC
Polarity	Positive
Conductivity	879 uS/cm

Рисунок 8. Величина дзета потенциала для наночастиц, обнаруженных в Pepsi

Величина дзета потенциала в 3.01 мВ указывает на то, что наночастицы в суспензии в данном случае стабильны и не склонны к дальнейшей коагуляции. Средний заряд наночастицы положительный.

При этом электропроводность продукта составила 879 мкСм/см. Вязкость – 1.044 мПа·с.

Таблица 3

Результаты исследования напитков методом ЛДСР

Название	Диаметр наночастиц, d, нм	Объем наночастиц, в атомах С (нм ³)	Удельная поверхность, S, м ² /г	Электропроводность, κ, мкСм/см	Вязкость, η, мПа·с
Coca Cola	1,13 (99%)	207 (0,755)	8110	964	0,864
Pepsi	1,13 (81%) + 1,34 (14%)	207(0,755) + 345 (1,259)	7181	879	1,044
Sprite	Не обнаружено	-	-	-	-

Таблица 4

Концентрация обнаруженных объектов

Объект	вид частиц	dV, нм	V (нм ³)	ρ, г/см ³	m, g	Концентрация (объёмный процент)	Содержание частиц, г/л	Число частиц в литре
Водопроводная вода	пластик	2383	7,08·10 ⁹	0,86	6,1·10 ⁻¹²	5,7·10 ⁻⁴	4,9·10 ⁻³	8·10 ⁸
Вода из фильтра	ржавчина	1,06	0,623	1,00	6,2·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	1·10 ⁻³	16·10 ¹⁷
Coca Cola	пластик	1,13	0,755	0,77	5,8·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	0,8·10 ⁻³	14·10 ¹⁷
Pepsi	пластик	1,18	0,860	0,86	7,4·10 ⁻²²	1·10 ⁻⁴	0,9·10 ⁻³	12·10 ¹⁷

Самым удивительным является то, что в напитке Sprite наночастиц с указанными характеристиками вообще не было обнаружено.

Результатом исследования данного раствора является полное отсутствие каких-либо частиц, показанное прибором.

В связи с этим приведём итоговую таблицу изменений.

И в завершении работы целесообразно подсчитать содержание обнаруженных нано и микро объектов в граммах и в частицах на литр:

Выводы:

1. С помощью лазерного анализатора наночастиц «Zetatrac» определено наличие взвешенных микро и нано частиц в питьевой воде из различных источников.
2. В воде из-под крана и в воде, прошедшей очистку бытовым фильтром обнаружены нано частицы: в первом случае – частицы, по характеристикам сходные с пластиком или подобными ему веществами, во втором случае – ультра микроскопические частицы ржавчины в исчезающе малом количестве.
3. Установлено распределение найденных нано частиц по фракциям, рассчитаны их средняя масса, плотность и удельная поверхность.
4. Определены электрокинетические параметры

- микрочастиц, в частности, их дзета потенциал.
5. Впервые с помощью лазерного анализатора наночастиц «Zetatrac» определено наличие и точные размеры наночастиц, предположительно, пластика, в некоторых безалкогольных напитках.
 6. Наночастицы обнаружены в Coca Cola и Pepsi, но не обнаружены в напитке Sprite.
 7. Определены размеры наночастиц в безалкогольных напитках, их масса, плотность и удельная поверхность.
 8. Установлены также электрокинетические параметры наночастиц, в частности, их дзета потенциал.
 9. Определено содержание наночастиц в тех объектах, где они были обнаружены.

Литература

- Казмирук, В. Д., & Казмирук Т. Н. (2018). Оценка и мониторинг загрязнения водных объектов миропластиком. В В.Г. Сычев, Л. Мюллер (Ред.), *Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири*, 1, (с. 373-377). <https://doi.org/10.25680/5741.2018.49.57.177>
- 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>
- Юсубов, Ю. (2019). Результаты исследования синтетического алкогольного напитка Jaguar методом Лазерного Динамического Светорассеивания. В *Лучшая научно-исследовательская работа 2019 года* (с. 31-34). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37044737>
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2018). Up and away: ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics. *Biology Letters*, 14, 20180479. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0479>
- Dukhin, A. S., & Goetz, P. J. (2017). Fundamentals of interface and colloid science. In R. J. Hunter (Ed.), *Characterization of liquids, dispersions, emulsions, and porous materials using ultrasound* (3rd ed.), 2, (pp. 19-83). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63908-0.00002-8>
- Eriksen, M., Lebreton, L., Carson, H., Thiel, M., Moore, C., Borroero, 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(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R. & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19), 867–868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsecs, T., Reiberger, T., & Schwabl, P. (2018). *Assessment of microplastic concentrations in human stool* [Preliminary results of a prospective study, Presented at UEG Week 2018 Vienna, October 24, 2018. (Presentation)]. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_Microplastics_Web.pdf
- Mason, S., Welch, V., & Neratko, J. (2018). *Synthetic polymer contamination in bottled water*. Fredonia State University. <https://dx.doi.org/10.3389%2Ffchem.2018.00407>
- Pike, E. R., & Abbiss, J. B. (1997). *Light scattering and photon correlation spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers. <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Schmitz, K. S. (1990). *An introduction to dynamic light scattering by macromolecules*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-29091-X>
- Sighicelli, M., Lietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Nuglio, S. & Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian subalpine lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645–651 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.008>
- Wagner, M. & Lambert, S. (2018). *Freshwater microplastics*. Springer International Publishing (pp. 1-23). <https://www.springer.com/gp/book/9783319616148>
- Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., De Bièvre, P., Gröning, M., Loss, R. D., Meija, J., Hirata, T., Prohaska, T., Schoenberg, R., O'Connor, G., Walczyk, T., Yoneda, S., & Zhu, X. (2013). *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)*, *Pure and Applied Chemistry*, 85(5), 1047-1078. <https://doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>

Determination of Different Nanoparticles Contamination in Drinking Water and non Alcoholic Beverages

Kirill N. Kornilov

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: kirillkorn1982@gmail.com

Nataliya N. Roeva

Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: roeva@mgupp.ru

The presence of microscopic particles of plastic in food is an urgent problem of the modern food industry and one of the main issues of food safety. This is due to the fact that microscopic plastic particles have so far been found in almost all environmental objects, but their effect on the body has not been fully studied. However, there are no clear methods for the determination of such particles, nor methods for cleaning food products from them. In the present work, the presence of nanoparticles of different chemical composition in drinking water and some drinks was determined by the method of Dynamic Laser Light Scattering (DLS). The size of the found micro and nano objects, their distribution by fractions was measured. For this purpose, the "Zetatrac" Laser Nanoparticle Analyzer (USA) was used. The average molecular weight of the detected particles, their average specific surface area and zeta potential are also determined. In some samples, its value is in the region of less than 1 mV, which indicates the tendency of micro objects to coagulate, and in others – more than 10 mV, i.e. here the suspensions are quite stable. Based on the instrumental-specific characteristics, it was suggested that nano and micro particles in drinking water and nano particles in drinking drinks are chemically similar to polymers – polypropylenes and polyethylene tetaphthalate. In some samples of drinking water, nanoparticles were found that are identical in characteristics to both plastic and rust. The content of nano and micro objects in the studied liquid samples was also determined. It ranges from 0.8 to $5 \cdot 10^{-3}\%$.

Keywords: Dynamic Laser Light Scattering, drinking water, nanoparticles, size distribution, molecular weight, zeta potential, plastic, rust

References

- Kazmiruk, V. D., & Kazmiruk, T. N. (2018). Assessing and Monitoring of Microplastic in waters. In V.G. Sychev, L. Myuller (Eds). *Novyye metody i rezul'taty issledovaniy landshaftov v Yevrope, Tsentral'noy Azii i Sibiri* [New methods and results of landscape research in Europe, Central Asia and Siberia]. Moscow. Vol. 1, pp. 373-377. (in Russ.). <https://doi.org/10.25680/5741.2018.49.57.177>
- Sorinskaya, E. A., & Kornilov K.N. (2019). Detection of liposomes in components for cosmetic creams by Laser Dynamic Light Scattering. In *Lutchaya nauchnaya statya 2019 goda* [The Best Research Project of 2019] (pp.21-25). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37216487>
- Yusubov, Yu. (2019). Results of a study of a synthetic alcoholic beverage Jaguar by Laser Dynamic Light Dispersion. In *Lutchaya nauchnaya statya 2019 goda* [The Best Research Project of 2019] (pp.31-34). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37044737>
- Al-Jaibachi, R., Cuthbert, R. N., & Callaghan, A. (2018). Up and away: ontogenic transference as a pathway for aerial dispersal of microplastics. *Biology Letters*, 14, 20180479. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0479>
- Dukhin, A. S., & Goetz, P. J. (2017). Fundamentals of interface and colloid science. In R. J. Hunter (Ed.), *Characterization of liquids, dispersions, emulsions, and porous materials using ultrasound* (3rd ed.), 2, (pp. 19-83). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63908-0.00002-8>
- 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(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>
- Imhof, H., Ivleva, N., Schmid, J., Niessner, R. & Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. *Current Biology*, 23(19), 867–868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Liebmann, B., Köppel, S., Königshofer, P., Bucsecs, T.,

How to Cite

Kornilov, K. N., & Roeva, N. N. (2019). Determination of Different Nanoparticles Contamination in Drinking Water and non Alcoholic Beverages. *Health, Food & Biotechnology*, 1(2). <https://doi.org/10.36107/hfb.2019.i2.s242>

- Reiberger, T., & Schwabl, P. (2018). *Assessment of microplastic concentrations in human stool* [Preliminary results of a prospective study, Presented at UEG Week 2018 Vienna, October 24, 2018. (Presentation)]. https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/presse/news_2018/UEG_Week_2018_-_Philipp_Schwabl_Microplastics_Web.pdf
- Mason, S., Welch, V., & Neratko, J. (2018). *Synthetic polymer contamination in bottled water*. Fredonia State University. <https://dx.doi.org/10.3389%2Fchem.2018.00407>
- Pike, E. R., & Abbiss, J. B. (1997). *Light scattering and photon correlation spectroscopy*. Kluwer Academic Publishers. <https://www.springer.com/gp/book/9780792347361>
- Schmitz, K. S. (1990). *An introduction to dynamic light scattering by macromolecules*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-29091-X>
- Sighicelli, M., Lietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., Di Vito, S., Nuglio, S., & Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian subalpine lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645–651 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.008>
- Wagner, M. & Lambert, S. (2018). *Freshwater microplastics*. Springer International Publishing (pp. 1-23). <https://www.springer.com/gp/book/9783319616148>
- Wieser, M. E., Holden, N., Coplen, T. B., Böhlke, J. K., Berglund, M., Brand, W. A., De Bièvre, P., Gröning, M., Loss, R. D., Meija, J., Hirata, T., Prohaska, T., Schoenberg, R., O'Connor, G., Walczyk, T., Yoneda, S., & Zhu, X. (2013). *Atomic weights of the elements 2011 (IUPAC Technical Report)*, *Pure and Applied Chemistry*, 85(5), 1047-1078. <https://doi.org/10.1351/PAC-REP-13-03-02>