



**НЕДЕЛЯ**

**НАУКИ СПбПУ**

**П**

**13–19 ноября 2017 года**

**МАТЕРИАЛЫ**  
научной конференции  
с международным участием

**ВЫСШАЯ ШКОЛА БИОТЕХНОЛОГИИ  
И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Санкт-Петербург  
2017



УДК 637.05:637.07:637.1:663.8:664.6

ББК 28.08:30.16:36.83:36.95:36.99

Н42

Неделя науки СПбПУ : материалы научной конференции с международным участием. **Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий.** – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. – 190 с.

В сборник включены статьи студентов, аспирантов, молодых ученых и сотрудников СПбПУ, университетов, научных организаций и предприятий Санкт-Петербурга, России, зарубежных стран по материалам докладов, принятых на секционные заседания конференции «Неделя науки СПбПУ» Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий. Статьи отражают современный уровень научно-исследовательской работы участников конференции в области биотехнологии и пищевых технологий.

Представляют интерес для специалистов в различных областях знаний, для учащихся и работников системы высшего образования и Российской академии наук.

Редакционная коллегия

Высшей школы биотехнологии и пищевых технологий СПбПУ:

*Ю. Г. Базарнова* (директор высшей школы), *Н. А. Политаева*,  
*Е. В. Москвичева* (отв. ред.), *Е. С. Белокурова*

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ISBN 978-5-7422-5980-0

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017

## Секция «Актуальные проблемы прикладной биотехнологии»

УДК 579.64:663.4

К.Х. Курбанова<sup>1</sup>, О.А. Баранова<sup>2</sup>, О.Б. Иванченко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
<sup>2</sup>Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Защиты Растений

### ИЗУЧЕНИЕ КОНТАМИНАЦИИ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ ТОКСИНООБРАЗУЮЩИМИ ГРИБАМИ *P.FUSARIUM*

*Актуальность.* Ячмень - это традиционная зерновая культура, применяемая для производства солода и пива. Несмотря на активное развитие пивоваренной и солодовенной отраслей, на сегодняшний день в стране присутствует проблема обеспечения пивоваренных компаний сырьем надлежащего качества, т.к. оно является главным фактором, оказывающим наибольшее влияние на физико-химические и органолептические показатели готового продукта.

Причина низкого качества зерна пивоваренного ячменя - высокая восприимчивость зерновой культуры к комплексу фитопатогенных и сапрофитных микроорганизмов, приводящих к изменению химического состава, значительному снижению его жизнеспособности и ухудшению органолептических показателей. Состав микроорганизмов, контаминирующих ячмень, очень разнообразен. Среди них есть как патогенные, так и сапрофитные формы. Наличие микроорганизмов, которые находятся на поверхности и в некоторых случаях в глубине зерен ячменя, может значительно влиять как на качество свежепроросшего и сушеного солода, так и на ход солодоращения и, как следствие, готового пива. Таким образом, одна из главных задач при производстве пивоваренного солода и пива - не допустить развития микроорганизмов или замедлить их жизненные биохимические процессы и наиболее полно сохранить солодовенные свойства ячменя [1].

*Целью* данной исследовательской работы является исследование состава и содержание микрофлоры пивоваренного ячменя токсинообразующими патогенами р. *Fusarium*.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Провести биохимический анализ зерен исследуемого пивоваренного ячменя различных сортов;
2. Изучить энергию прорастания и всхожесть зерен исследуемого ячменя;
3. Получить чистую культуру исследуемых грибов и идентифицировать в образцах токсинообразующие виды патогенных грибов, путем проведения ПЦР с видоспецифичными праймерами.

В качестве объектов исследования использовали районированные в России пивоваренные сорта ячменя Бенте и Черио урожая 2015 и 2016 гг. Отбор проб производили согласно ГОСТ 12036-85 [2].

*Методы исследований.* Оценку энергии прорастания (всхожесть) проводили в соответствии с ГОСТ 12038-84 [3]. Содержание белка и крахмала определяли методом инфракрасной спектроскопии на приборе Infrac 1241 (Швеция). Работа была проведена на базе отдела биохимии и молекулярной биологии ВИР. Для получения чистых культур грибов применяли питательную среду - картофельно-глюкозный агар (КГА). ДНК для молекулярных исследований выделяли из мицелиальной массы гриба. Для выделения ДНК использовали СТАВ метод [4].

*Результаты.* При оценке зараженности исследуемых образцов было получено, что степень зараженности сорта Бенте урожая 2015г грибами р. *Fusarium* равна 10%, а в урожае



2016г. - 69%. Зараженность сорта Черио урожая 2015г. грибами составила 52%, а урожая 2016г. - 83%.

Таким образом, у обоих сортов наблюдается явное увеличение доли грибов *p. Fusarium* в патогенной микобиоте зерен 2016 года.

Параллельно с изучением микобиоты были учтены такие параметры, как энергия прорастания и всхожесть для оценки влияния на них только внутренней микобиоты после поверхностной стерилизации семян. Результаты проведенной оценки представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Анализ зерна пивоваренного ячменя сортов Бенте и Черио урожая 2015 и 2016гг на энергию прорастания и всхожесть

сорт, год	повторность	энергия прорастания %	Среднее значение	всхожесть %	Среднее значение
Бенте, 2015	1	83	90,8	42	65,8
	2	95		57	
	3	90		86	
	4	95		78	
Бенте, 2016	1	98	97	87	76
	2	98		90	
	3	94		46	
	4	99		81	
Черио, 2015	1	95	91	90	78
	2	93		88	
	3	80		54	
	4	96		80	
Черио, 2016	1	90	88	41	62,8
	2	73		30	
	3	93		91	
	4	96		89	

При оценке «энергии прорастания» учитывали только проклюнувшиеся зерна, в то время как «всхожесть» характеризуется количеством зерен, давших здоровые ростки. Как видно из таблицы 1, средние значения такого параметра как «всхожесть» и для урожая 2015 года и для 2016 года были низкими – 65,8% и 76% у сорта Бенте, а также 78% и 62,8% для сорта Черио, соответственно, при том, что для ячменя норма всхожести по ГОСТу Р 52325 - 2005 должна составлять не меньше 92% [5].

Результаты биохимического анализа процентного содержания белка и крахмала в зерне приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Процентное содержание белка и крахмала в зерне сортов пивоваренного ячменя Бенте и Черио

№ п/п	Название сорта	Урожай года	Содержание, %	
			белка	крахмала
1	Бенте	2015	10.9	65.1
2	Бенте	2016	12.4	61.3
3	Черио	2015	11.7	63.3
4	Черио	2016	12.0	64.1

Для определения видовой принадлежности выделенных с зерен сортов Бенте и Черио грибов рода *Fusarium* из пересеянных на чашки с КГА культур гриба, была выделена тотальная ДНК и поставлена ПЦР с видоспецифичными праймерами *Fg11f/r*, позволяющими идентифицировать токсинообразующий вид *Fusarium graminearum*.

Результаты ПЦР с видоспецифичными праймерами для грибов, выделенных с сорта Бенте 2016, представлены на рис. 1.

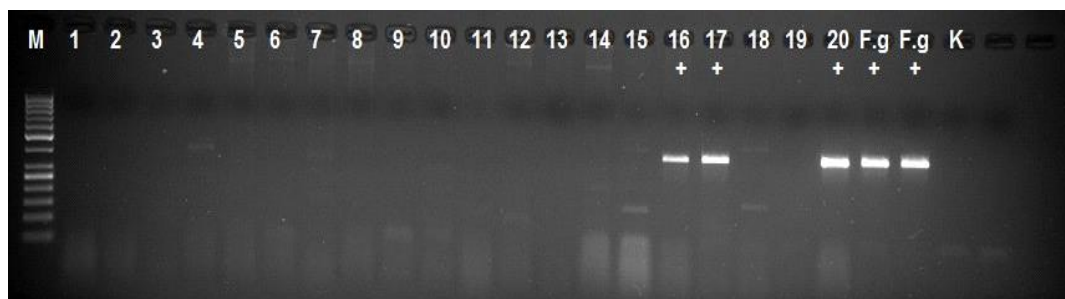


Рисунок 1 - Идентификация *Fusarium graminearum* с использованием видоспецифичных праймеров *Fg11f/r*: М – маркер молекулярного веса 50 bp «Fermentas», *F.g*– положительный контроль *Fusarium graminearum*; К– отрицательный контроль – без ДНК; "+" указано наличие диагностического фрагмента с молекулярным весом 500 п.о.

Из 20 проанализированных нами проб была определена принадлежность грибов рода *Fusarium* к виду *Fusarium graminearum* в образцах №№16, 17 и 20 зерна сорта Бенте урожая 2016 г.

Аналогичная работа была проведена для фузариозных грибов, выделенных с сорта Черио 2016 года. В результате уже в 9 из 16 проанализированных образцов (т.е. в 56,3%) был идентифицирован токсинообразующий вид *Fusarium graminearum*.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гагкаева Т.Ю., Гаврилова О.П., Левитин М.М., Новожилов К.В. – Фузариоз зерновых культур. –2011. – 112 с.
2. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб (с Изменениями N 1, 2).
3. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
4. Murray M.G., Thompson W.F. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA // Nucleic Acids Research. – 1980. – Vol.8. – P. 4321-4325.
5. ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортвые и посевные качества. Общие технические условия.

УДК 57.083.133

А.Р. Муртазин, А.К. Яковлева, З.А. Канарская, А.В. Канарский  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

#### БЕТА-ФРУКТОФУРАНОЗИДАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПСИХРОТОЛЕРАНТНЫХ ДРОЖЖЕЙ *GUEHOMYCES PULLULANS*

Дрожжи *Guehomyces pullulans* относят к психротолерантным базидиомицетовым дрожжам [1]. Анализ опубликованных результатов исследований показывает перспективность применения этих дрожжей в биотехнологии, как продуцентов ферментов, в

частности, следующих ферментов Mn(II)-пероксидазы [2], β-глюкозидазы [3], α-амилазы и глюкоамилазы [4], β-галактозидазы [5].

Цель работы: определить влияние температуры культивирования дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> на питательной среде из мелассы на удельную скорость роста, время генерации, выход биомассы и β-фруктофуранозидазную активность.

В работе был использован штамм дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub>, предоставленный коллекцией кафедры биологии почв Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Рассиропка мелассы проводилась питьевой водой до начального содержания редуцирующих веществ  $0,9 \pm 0,1$  %, pH  $5,5 \pm 0,1$ . Меласса содержит биогенные минеральные вещества. Исходя из этого, культивирование дрожжей проводили на питательной среде, как без дополнительного внесения, так и с дополнительным внесением (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> с учетом начального содержания редуцирующих веществ в питательной среде и выхода дрожжей. Питательную среду стерилизовали 30 мин при температуре 115 °С.

Для определения количества дрожжевых клеток использовали камеру Горяева – Тома [6]. Определение удельной скорости роста, время генерации и выхода биомассы использовали рекомендованные методики [7]. β-фруктофуранозидазную активность определяли по рекомендованной методике в работе [8].

Результаты и обсуждения.

Введение дополнительных минеральных веществ в питательную среду из мелассы при культивировании штамма дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> положительных результатов не дает. В то же время при культивировании дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> без дополнительного введения минеральных веществ в питательную среду из мелассы наблюдается более высокая удельная скорость роста и меньшее значение времени генерации этой культуры. Также в этих условиях культивирования отмечается более высокий выход биомассы дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> (таблица 1).

Таблица 1 – Кинетические характеристики роста и выход биомассы дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> при культивировании на питательной среде из мелассы\*

Характеристики роста и выход биомассы	Температура культивирования, °С		
	15	20	25
Удельная скорость роста μ, ч <sup>-1</sup>	<u>0,022 ± 0,001</u>	<u>0,042 ± 0,003</u>	<u>0,025 ± 0,001</u>
	0,019 ± 0,001	0,043 ± 0,003	0,020 ± 0,001
Время генерации Q, ч	<u>31,50 ± 1,76</u>	<u>16,50 ± 1,15</u>	<u>27,72 ± 1,69</u>
	36,47 ± 2,12	16,11 ± 0,87	34,65 ± 1,63
Выход биомассы от РВ, %	<u>35,50 ± 1,60</u>	<u>46,13 ± 2,44</u>	<u>40,00 ± 2,00</u>
	31,70 ± 1,62	43,28 ± 2,42	36,70 ± 2,24

\*числитель – культивирование без дополнительных минеральных веществ;

знаменатель – культивирование с внесением дополнительных минеральных веществ

Наиболее благоприятной температурой культивирования штамма дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> является 20 °С на фоне отсутствия дополнительных минеральных веществ. При этой температуре культивирования значение удельной скорости роста и время генерации экономически наиболее приемлемы.

Следует отметить, что эффективность синтеза биомассы дрожжей штамма *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> при культивировании на питательной среде из мелассы взаимосвязана с внеклеточной β-фруктофуранозидазной активностью. Штамм дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> синтезирует внеклеточный фермент β-фруктофуранозидазу, который гидролизует сахарозу и

соответственно увеличивается содержание редуцирующих веществ в питательной среде необходимых для синтеза биомассы при культивировании дрожжей (таблица 2).

Таблица 2 –  $\beta$ - фруктофуранозидазная активность штамма дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> при культивировании на питательной среде из мелассы\*

$\beta$ - фруктофуранозидазная активность, Мк.моль, при температуре культивирования, °С		
15	20	25
$\frac{1,67 \pm 0,07}{1,05 \pm 0,02}$	$\frac{1,48 \pm 0,03}{0,93 \pm 0,04}$	$\frac{2,17 \pm 0,08}{0,69 \pm 0,04}$

\*числитель – культивирование без дополнительных минеральных веществ;

Знаменатель – культивирование с внесением дополнительных минеральных веществ

Выводы:

1. Дрожжи *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> целесообразно культивировать на питательной среде из мелассы без внесения дополнительных биогенных минеральных веществ при температуре 20 °С. При этих условиях культивирования дрожжей *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> наблюдается высокая удельная скорость роста, меньшее значение времени генерации, максимальный выход биомассы.

2. Дрожжи *G. pullulans* KB<sub>1-34</sub> при культивировании на питательной среде из мелассы проявляют  $\beta$ -фруктофуранозидазную активность.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Desnos-Ollivier M., Rago Fell J.W., Scorzetti G. Reassignment of the basidiomycetous yeasts *Trichosporon pullulans* to *Guehomyces pullulans* gen. nov., comb. nov. and *Hyalodendron lignicola* to *Trichosporon lignicola* comb. nov. // *Int J Syst Evol Microbiol.* - 2004. - Vol.54. - Pp. 995-998.
2. Elena Slavikova, Bozena Kosfkova, Maria Mikulasova. Biotransformation of waste lignin products by the soil-inhabiting yeast *Trichosporon pullulans* // *Can. J. Microbiol.* - 2002. - Vol.48. – Pp. 200-203.
3. Annunciate Adami, Valeria Cavazzoni, Marco Trezzi, and Renato Craveri. Cellobiose Hydrolysis by *Trichosporon pullulans* Cells Immobilized in Calcium Alginate // *Biotechnology and Bioengineering.* - 1988. - Vol.32. - Pp. 391-395.
4. Song. Chunli, Chi. Zhenming, Li. Jing, Wang. Xianghong. [beta]-Galactosidase production by the psychrotolerant yeast *Guehomyces pullulans* 17-1 isolated from sea sediment in Antarctica and lactose hydrolysis // *Bioprocess and Biosystems Engineering.* - 2010. - Vol.33. - №.9. - Pp. 1025 – 1031.
5. V. M. Vagabov, E. G. Dedyukhina, T. V. Masternak, A. S. Larin. Water-soluble immunomodulator produced by *Trichosporon pullulans* yeast // *Process Biochemistry.* - 1998. - Vol.33. - №.7. - Pp. 721-724.
6. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии: Учеб пособие для студ. высш. учеб. заведений. Издательский центр “Академия”, Москва. - 2005. - 608 с.
7. Скиба, Е.А. Технология производства дрожжей: учебное пособие / Е.А. Скиба; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та. - 2010. – 121 с.
8. Польшалина Г.В., Чередниченко В.С., Римарева Л.В. Определение активности ферментов// *ДеЛи принт, Москва.* - 2003. - 375с.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СТРЕССОВЫХ РЕАКЦИЙ КЛЕТОК  
*SACCHAROMYCES CEREVISIAE* НА ТОКСИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ СПИРТА

Рост потребностей клиентов в различных свойствах дрожжей приводит к стремлению создавать штаммы с высокой устойчивостью к непосредственному контакту с холодной водой, солью, сахаром и жиром, спиртом. Под осмоустойчивостью понимают способность дрожжей не снижать ферментативную активность в среде с повышенным осмотическим давлением [1].

Размер и форма клеток дрожжевой популяции меняется в зависимости от условий среды, поэтому морфофизиологические показатели можно использовать в диагностических целях для прогнозирования устойчивости штаммов к стрессу [2, 3].

Спирт образуется в процессе брожения, и влияние его на дрожжи определяется как этанольный стресс. Токсические свойства этанола – результат увеличения проницаемости и пористости клеточной мембраны, что приводит к проблемам с транспортом питательных веществ. Кроме того, наблюдается дефицит доступной цитоплазме воды. При содержании этанола в среде выше 1,2 % происходит снижение удельной скорости роста дрожжей. Концентрация спирта в среде от 2 % и более приводит к уменьшению выхода биомассы. Полностью рост дрожжей подавляется при наличии 8–9,5 % этанола. Этанол влияет на продолжительность времени генерации дрожжевой клетки. Повышение концентрации этанола с 0 до 1 % повышает время генерации примерно с 2,3 до 3,5 ч, а при концентрации этанола 3,8 % она составляет уже 6,9 ч. Промышленные дрожжи в результате плотного пивоварения подвергаются воздействию высоких концентраций этанола. При 23 %-й экстрактивности начального сусла объемная доля спирта составляет более 9,0 %. Образующийся спирт угнетает как скорость размножения дрожжей, так и процесс брожения [4].

*Цель работы* – морфофизиологическая оценка стрессовых реакций дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на токсическое влияние спирта.

Для достижения этой цели были поставлены следующие *задачи* [5, 6]:

- определить бродильную активность дрожжей при влиянии спирта;
- исследовать соотношение клеток в различных физиологических состояниях в популяциях, подверженных токсическому воздействию спирта;
- провести морфофизиологическое исследование дрожжей подверженных токсическому воздействию спирта.

*Объектами исследования* стали дрожжи *Saccharomyces*: винные дрожжи штамм GV6, «Muntons»; хлебопекарные дрожжи, ОАО «Комбинат пищевых продуктов»; пивные дрожжи штамм W-34/70, «Weihenstephan».

*Методы исследования.* Микрофотографии делали с помощью камеры IS-500, которая устанавливается в тубус светового микроскопа. Обработка фотографий, измерения проводятся с помощью компьютерной программы Levenhuk.

Ранжирование клеток на живые, мертвые, ослабленные проводили при окрашивании метиленовым синим. Ранжирование клеток по физиологическому состоянию дает представление о токсическом влиянии факторов на физиологическое состояние клеток.

Эффективность процесса брожения определяли по интенсивности образования CO<sub>2</sub> по модифицированному экспресс-методу [7].

Для выявления информативных морфологических признаков дрожжевых клеток, подверженных осмотическому влиянию спирта использовали различные концентрации спирта (5, 10, 20%), контрольный образец не содержит спирта.

*Результаты.* Интенсивность выделения углекислого газа характеризует бродильную активность дрожжей. Наибольшее количество углекислого газа в контрольных образцах (без спирта) наблюдается у штамма комбината пищевых продуктов (табл. 1). С увеличением доли спирта в суспензии количество CO<sub>2</sub> прямо пропорционально уменьшается. Наибольшее влияние оказывают 20% раствор спирта.

Таблица 1 – Определение интенсивности брожения по интенсивности выделения CO<sub>2</sub>, мл

Образец	Доля спирта в суспензии, %			
	0, контроль	5	10	20
GV6	5,0±0,25	3,85±0,20	1,55±0,20	0,20±0,10
WB-06	4,50±0,25	2,40±0,10	0,62±0,10	0,20±0,10
КПП	10,50±0,30	9,40±0,25	8,3±0,20	1,0±0,10

Уже при действии 5% спирта наблюдается снижение интенсивности почкования дрожжевых клеток. При 10% спирта влияние более сильное, что проявляется в уменьшении количества клеток, что связано с процессом флокуляции дрожжевых клеток. Наибольшее токсическое воздействие оказывает концентрация спирта 20%, что сопровождается достоверным уменьшением числа дрожжевых клеток у штамма комбината пищевых продуктов и wb06. При увеличении концентрации спирта увеличивается доля ослабленных и мертвых клеток (табл. 2). При 20% спирта более половины клеток окрашиваются метиленовым синим.

Таблица 2 – Соотношение дрожжевых клеток в разных физиологических состояниях при токсическом действии спирта

Образцы	5%		10%		20%	
	мертвые, %	живые, %	мертвые, %	живые, %	мертвые, %	живые, %
кпп	6,0±1,00	94,0±0,80	7,0±1,70	93,0±1,40	73,0±1,10	27,0±0,90
WB06	13,0±3,20	87,0±2,60	16,0±3,90	84,0±3,20	50,0±5,20	50,0±4,20
9v6	13,0±1,80	87,0±1,80	11,0±2,40	89,0±2,40	64,0±9,10	36,0±9,10

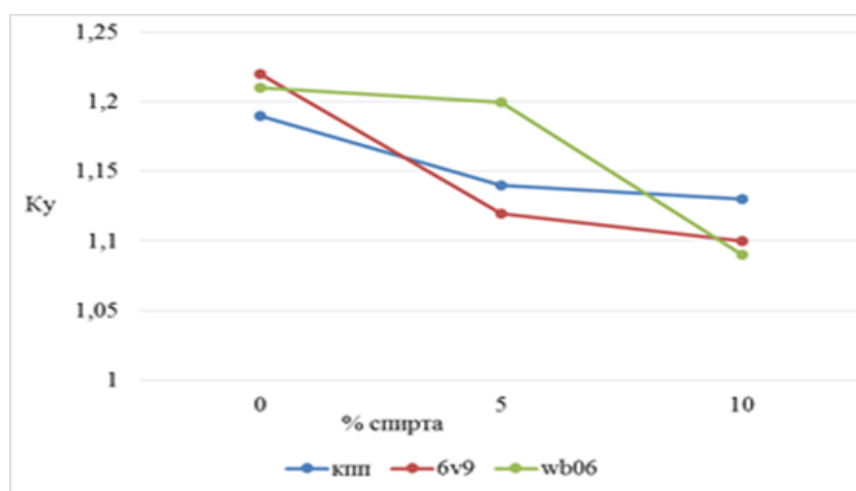


Рисунок 1 – Изменение коэффициента удлиненности основных дрожжевых клеток при токсическом действии спирта

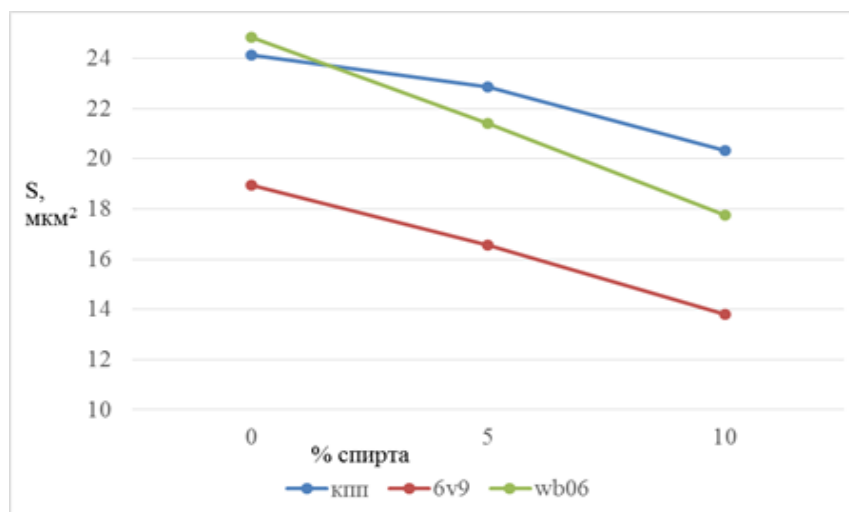


Рисунок 2 – Изменение площади проекции основных дрожжевых клеток при токсическом действии спирта

При увеличении токсического воздействия спирта наблюдается уменьшение коэффициента удлиненности живых клеток у всех изучаемых штаммов, клетки становятся округлыми (рис. 1).

Увеличение воздействия спирта приводит к уменьшению площади проекции живых клеток (рис. 2), что можно описать как плазмолиз, вода по градиенту концентрации переходит в окружающую среду, клетки «сжимаются».

Таким образом, при воздействии этилового спирта на дрожжи меняются морфологические параметры клеток (форма и площадь проекции клеток), что можно использовать как диагностические показатели, для выявления наиболее и наименее стойких штаммов дрожжей. Для объективной оценки необходимо исследовать большое число клеток популяции (~100 шт.), что требует создания компьютерной программы обработки микротографий для облегчения работы.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ Р 54731-2011. Дрожжи хлебопекарные прессованные. Технические условия. – Введ. 2013-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2013 – 12 с.
2. Боргоякова А.С. Разработка морфофизиологического метода оценки качества дрожжей. / А.С. Боргоякова, Т.А. Кузнецова, О.Б. Иванченко // XV Международная конференция молодых ученых «Пищевые технологии и биотехнологии» (г. Казань, 13-14 апреля 2016 г.). Сборник материалов конференции. – Казань: Издательство «БРИГ», 2016. – С.97-99.
3. Кузнецова Т.А. Влияние компонентов шиповника на морфофизиологическое состояние клеток дрожжей / Т.А. Кузнецова, О.Б. Иванченко, Н.С. Калинин // Международный научно-исследовательский журнал. – № 08 (62). – Часть 2. – 2017 Август. – С. 16-20.
4. Меледина Т.В. Физиологическое состояние дрожжей: Учеб. пособие / Т.В. Меледина, С.Г. Давыденко, Л.М. Васильева. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 48 с.
5. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1093-1102.
6. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. – С. 1265-1274.
7. Давыденко С.Г. Разработка нового экспресс-метода оценки физиологического влияния пива / С.Г. Давыденко, Т.В. Меледина // Пиво и напитки. – № 6. – 2014. – С. 26-30.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА БУФЕРНУЮ ЕМКОСТЬ ВИН

Существует много способов фальсификации виноградных вин и разбавление водой является наиболее распространенным. При разведении водой изменяются качественные показатели виноматериала. Производители суррогата доводят значения контролируемых показателей до требуемых по существующим нормативным документам [1]. Для выявления фальсификата разработаны методики [2–4], в которых предписывается проанализировать различные показатели: катионный и анионный состав, содержание различных органических кислот, фенольных веществ, кинематическая вязкость и другие.

Одним из важных показателей для идентификации виноматериалов является буферная емкость вина. Буферная емкость раствора – это количественная характеристика буферной способности растворов, то есть способности противодействовать изменению рН при внесении в раствор кислоты или основания. Данный показатель зависит от соотношения и концентрации компонентов состава вина, в первую очередь – от содержания органических кислот [5]. Данные о влиянии органических кислот на рассматриваемый показатель виноматериалов в литературных источниках отсутствуют. Определение буферной емкости для идентификации натуральных вин является достаточно простым и быстрым методом оценки подлинности исследуемого вина, что актуально на рынке виноградных вин.

Целью данной работы являлось исследование влияние различных кислот на такой физико-химический показатель вина, как буферная емкость. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд задач:

- изучить влияние различных органических кислот на буферную емкость на примере модельных водно-спиртовых растворов;
- исследовать изменение буферной емкости разбавленных вин при восстановлении их органическими кислотами.

Объекты, материалы и методы исследования. Массовая концентрация титруемых кислот определялась согласно ГОСТ 32114-2013 [8].

Буферная емкость определялась с помощью титратора Metrohm Titrino plus 848 в режиме рН-метрии при времени определения не менее 3 мин и условии, что дрейф последней значащей цифры не превышает единицы. Буферная емкость находилась как количество грамм-эквивалентов 1 моль/дм<sup>3</sup> раствора гидроксида натрия, необходимое для смещения величины рН в 1 дм<sup>3</sup> вина на одну единицу по следующей формуле:

$$BE = 20 \cdot V$$

где BE – буферная емкость, мг-экв/дм<sup>3</sup>; 20 – коэффициент для пересчета в мг-экв/дм<sup>3</sup>; V – объем гидроксида натрия концентрацией 1 моль/дм<sup>3</sup>, пошедший на изменение величины рН пробы вина на единицу, см<sup>3</sup>.

В опыте были приготовлены водно-спиртовые модельные растворы, физико-химические показатели которых соответствовали натуральному виноградному вину. Растворы содержали 10 % об. этилового спирта, 4 г/дм<sup>3</sup> глюкозы и дистиллированную воду. Кислотность вина в количестве 4 г/дм<sup>3</sup> создавалась путем внесения лимонной, винной, янтарной кислот или их смесью в соотношениях 1:1 или 1:1:1.

Для исследования изменения буферной емкости разбавленных вин при восстановлении их органическими кислотами было использовано вино столовое сухое красное,



приобретенное в розничной сети со следующими физико-химическими показателями: объемная доля этилового спирта – 10–12 % об., массовая концентрация сахаров – 4 г/дм<sup>3</sup>, массовая концентрация титруемых кислот – 5±0,4 г/дм<sup>3</sup>, буферная емкость 46±6 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Колебания в значениях характеристик наблюдаются в разных партиях вина.

Разбавление вина проводилось путем внесения в исходное вино 40 % воды, соответствующей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [6]. Выбранная степень разбавления соответствует границе органолептического определения, фальсифицированного разбавлением вина [7]. Массовая концентрация титруемых кислот в разбавленном вине составила 4,1±0,1 г/дм<sup>3</sup>, то есть практически минимально допустимое ГОСТом значение. По ГОСТ 32030-2013 [1] массовая концентрация титруемых кислот должна быть не менее 3,5 г/дм<sup>3</sup> при отклонении ±1,0 %. Буферная емкость разбавленного вина составила 28,5±0,7 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что меньше на 18 мг-экв/дм<sup>3</sup> от исходного вина.

Результаты и их обсуждение. Влияние органических кислот различного вида на буферную емкость модельных растворов представлено в таблице (табл. 1)

Таблица 1 - Вид вносимой органической кислоты в модельный раствор

№ раствора	Органическая кислота	Буферная емкость, мг-экв/дм <sup>3</sup>
1	лимонная	17,60
2	винная	26,60
3	янтарная	12,40
4	лимонная и винная	21,10
5	лимонная и янтарная	13,16
6	винная и янтарная	16,32
7	лимонная, винная и янтарная	16,00

Из таблицы 1 следует, что наибольшее влияние на буферную емкость вина оказывает винная кислота. При добавлении в раствор винной кислоты, буферная емкость выше на 34 %, чем при внесении лимонной, и выше на 53 %, чем при внесении янтарной кислоты. При внесении смесей кислот в модельные растворы буферная емкость возросла на большую величину, если смесь содержала винную кислоту.

Далее проводилось исследование влияния органических кислот на буферную емкость вина. Следует заметить, что вино имеет завышенное значение буферной емкости в 46±6 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что больше максимально допустимого значения 45 мг-экв/дм<sup>3</sup> [5]. Это говорит либо о возможной фальсификации вина, либо о его низком качестве. При разбавлении вина показатель «буферная емкость» снижается до рекомендуемых значений, но в таком случае титруемых кислот становится значительно меньше: снижение с 5±0,4 г/дм<sup>3</sup> до 4,1±0,1 г/дм<sup>3</sup>.

Таблица 2 - Измерение буферной емкости разбавленного вина с восстановленным содержанием титруемых кислот

№ образца	Органическая кислота	Буферная емкость, мг-экв/дм <sup>3</sup>
1	лимонная	32,7
2	винная	34,0
3	янтарная	32,6
4	лимонная и винная	32,9
5	лимонная и янтарная	32,6
6	винная и янтарная	32,7
7	лимонная, винная и янтарная	33,2

При восстановлении показателя содержания титруемых кислот, были получены следующие данные (табл. 2).

Вывод. Сопоставляя данные исследования модельных растворов и восстановленных органическими кислотами образцов, можно отметить, что винная кислота оказывает большее влияние на буферную емкость, чем лимонная и янтарная.

Также, при восстановлении содержания титруемых кислот различными органическими кислотами, в разбавленном вине достигается значение буферной емкости от 32,6 до 34,0 мг-экв/дм<sup>3</sup>, что соответствует рекомендациям по показателю «Буферная емкость» [5]. То есть, при достижении начальной массовой концентрации титруемых кислот буферная емкость разбавленного вина возрастает с 28,5 мг-экв/дм<sup>3</sup> в среднем на 4–6 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Однако изначально в ходе разведения вина буферная емкость снизилась на 18 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Следовательно, восстановление содержания титруемых кислот добавлением органических кислот не позволит восполнить сниженную буферную емкость исходного вина.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. ГОСТ 32030-2013. Вина столовые и виноматериалы столовые. Общие технические условия [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации, АО «Кодекс» 2012-2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103855> (дата обращения: 15.10.2017).

2. Якуба Ю.Ф., Каунова А.А., Темердашев З.А., Титаренко В.О., Халафян А.А. Виноградные вина, проблемы оценки их качества и региональной принадлежности // Аналитика и контроль. – 2014. – № 4. – С. 344–372.

3. Аникина Н.С. Методические основы идентификации аутентичности виноградных виноматериалов и вин // Виноградарство и виноделие. – 2012. – Т 42. – С. 86–89.

4. Аникина Н.С. Разработка методической базы для идентификации подлинности виноградных виноматериалов и вин // Виноградарство и виноделие. 2009. – Т 39. – С. 90–92.

5. Методы технохимического контроля в виноделии. Под. ред. Гержиковой В.Г. – Симферополь: «Таврида», 2002 г. – 260 с.

6. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Электронный ресурс] // АО «Кодекс» 2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 13.10.2017).

7. Г.А. Сергеевна Проблемные аспекты правоприменения законодательного ограничения на продажу алкогольной продукции в ночное время // Философия социальных коммуникаций. – 2014. – №2(27). – С. 17–27.

8. ГОСТ 32114-2013 Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот [Электронный ресурс] // АО «Кодекс» 2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103864> (дата обращения: 13.10.2017).

УДК 577.12

Л.Ж. Ростом<sup>1</sup>, О.Б. Иванченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ОЦЕНКА ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ МИКОТОКСИНА ФУМОНИЗИНА В1 НА *LACTOBACTERIUM ACIDOPHILUM*

*Актуальность.* Известно, что пищевые продукты, являясь сложной многокомпонентной смесью, наряду с полезными для организма веществами, могут быть источниками соединений, представляющих потенциальную опасность для здоровья человека. К ним относятся загрязнители антропогенного или естественного происхождения,

обладающие мутагенным и/или канцерогенным действием. К числу наиболее опасных контаминантов природного происхождения зерновых культур следует отнести токсичные метаболиты плесневых грибов – микотоксины. Особого внимания в связи с широким распространением в природе заслуживают микотоксины микроскопических грибов р. *Fusarium* и, в первую очередь, ряд фумонизинов, продуцируемых *Fusarium moniliforme* [1]. Грибы данного рода поражают просо, овес, сорго, ячмень, кукурузу, пшеницу, рис и продуцируют токсины – монилиформин, токсин Т-2, зеараленон, деоксиниваленон, фузариоцины А и С, фумонизины В1, В2, В3 [2]. В настоящее время известно более двадцати фумонизинов, четыре из которых относятся к группе В. Наиболее распространенным и хорошо изученным является фумонизин В1, структурно относящийся к сфинголипидам. Микотоксин сохраняется в зерне при хранении, не разрушается в процессе термической обработки продукта, и, таким образом, попадая в организм человека, является источником различных заболеваний. Попадая в организм с пищей, фумонизин В1 всасывается в толстой кишке и практически не метаболизируется. Более 75% токсина выводится через почки. Фумонизин В1-канцероген для животных и человека. В регионах, где фумонизин контаминирует значительный процент посевных площадей, повышен процент рака пищевода у населения, что коррелирует с потреблением зараженного зерна.

В последнее время большинство специалистов и исследователей в области вопросов питания уделяют большое внимание так называемым бактериям – пробиотикам. К ним относятся бифидобактерии и молочнокислые микроорганизмы родов *Lactobacillus* и *Lactobacterium*. Это связано с тем, что наибольшее количество благотворно влияющих на здоровье людей бактерий выделено именно из кишечника человека и именно эти бактерии, колонизируя желудочно-кишечный тракт и, постоянно присутствуя в нем, берут на себя основную защитную функцию, в то время как другие микроорганизмы являются транзитными [3].

*Цель и задачи работы.* Целью данной работы явилось исследование влияния микотоксина фумонизина на бактерии *Lactobacterium acidophilum* в условиях прямого его воздействия на клетки и в условиях метаболической активации фумонизина ферментами клеток печени крыс *in vitro*.

*Методы исследования.* Химически чистый образец фумонизина В1, предоставлен Walter F.O. Marasas (Tygerberg, South Africa). Токсические свойства микотоксина на клетки *Lactobacterium acidophilus* оценивали методом титрования. Клетки лактобактерий культивировали в питательной среде вместе с фумонизином, затем обработанные клетки осаждали центрифугированием и ресуспендировали в питательной среде с последующим титрованием. Результаты исследований и наличие роста клеток бактерий представлены в таблице 1.

*Результаты и выводы.* Так как фумонизин, поступая в организм, подвергается воздействию ряда ферментных систем, были проведены опыты с добавлением монооксигеназ смешанных функций клеток печени млекопитающих для моделирования процесса трансформации фумонизина в организме высших животных. В большинстве случаев процесс превращения химических соединений расценивается как фактор детоксикации. Однако известно, что иногда исходные вещества метаболизируются с образованием реакционно-способных структур, которые обладают большими токсическими и мутагенными свойствами [4].

Нами было установлено, что метаболическая активация *in vitro* печенью крыс не изменяла биологическую активность микотоксина. Токсический эффект также зарегистрирован при воздействии фумонизина в концентрациях  $10^{-3}$  М и  $10^{-5}$  М

Таким образом, микотоксин проявляет токсическое действие на клетки *Lactobacterium acidophilum*, которое не модифицируется в условиях метаболической активации *in vitro* и,

следовательно, при попадании в организм человека может вызывать изменения в качественном и количественном составе микрофлоры кишечника.

Таблица 1 - Рост культуры *Lactobacterium acidophilum* при воздействии фумонизина В1

Вариант эксперимента	Титр культуры							
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
<b>-S9</b>								
Фумонизин 10 <sup>-3</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	-
10 <sup>-4</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	+
10 <sup>-5</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	-
10 <sup>-6</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	+
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>+S9</b>								
Фумонизин 10 <sup>-3</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	-
10 <sup>-4</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	+
10 <sup>-5</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	-
10 <sup>-6</sup> М	+	+	+	+	+	+	+	+
Контроль	+	+	+	+	+	+	+	+

-S9 – опыт без метаболической активации; +S9 – опыт с метаболической активацией *in vitro*; К – контроль, О – опыт, (+) – рост бактерий наблюдается, (-) – отсутствие роста бактерий.

Фумонизин имеет потенциально много точек приложения в клетке, вследствие чего, трудно определить конкретный механизм его действия. Данные литературы свидетельствуют, что фумонизин является ингибитором церамидсинтетазы – ключевого фермента в биосинтезе сфинголипидов *de novo* и в превращении сфингозина в церамид, ингибирует рост клеток и индуцирует их гибель по апоптическому типу. Кроме того, в результате действия фумонизина в клетках накапливается сфинганин и сфингозин, которые вероятнее всего, и участвуют в индукции гибели клетки. Известно, что сфинголипиды входят в состав клеточных мембран эукариотических и прокариотических клеток. Но количество свободных сфингоидных оснований как внутри клеток, так и в межклеточном пространстве невелико и строго контролируется, так как эти соединения обладают высокой биологической активностью и могут быть цитотоксичными в высоких концентрациях [5].

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Мартынова Е.А., Иванченко О.Б. Биологические эффекты фумонизинов и контаминация ими зернопродуктов. - Научная монография. - Москва, 2015. – 215 с.
2. Солдатенко Н.А., Фетисов Л.Н., Русанов В.А. Фузариотоксины в зерновых кормах юга России / Материалы 3-го съезда микологов России. М.: Изд-во Национальной академии микологии. - 2012.-Т.3,С.432-433.
3. Peterson C., Sharma V., Elmen L., Peterson S. Immune homeostasis, dysbiosis and therapeutic modulation of the gut microbiota // Clin.Exp.Immunol. - 2015. - V.179. - P.363-377.
4. Мишин В.М., Ляхович В.В. Множественные формы цитохрома Р-450. - М.: Наука, 1985. – 180 с.
5. Мартынова Е.А., Соловьев А.С., Хренов А.В., Заботина Т.Н., Алексенко А.В. Модуляция фумонизином В1 содержания продуктов сфингомиелинового цикла и экспрессии рецептора CD3 в иммунокомпетентных органах // Биохимия. -1995. – Т. 60, №4. – С. 618-625.

## ИЗУЧЕНИЕ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ СУХИХ ВИННЫХ ДРОЖЖЕЙ

*Актуальность.* Вино-это алкогольный напиток, который получается путем полного или частичного спиртового брожения виноградного или плодово-ягодного сока. Одной из главных стадий технологического процесса изготовления вина (виноделия) является спиртовое брожение, осуществляющееся живыми клетками дрожжей.

Виноделие невозможно представить без использования этих микроскопических организмов [1]. Кроме того, для производства вина используют особые штаммы дрожжей, у каждого из которых имеются свои характерные особенности. Наиболее распространенными родами и видами винных дрожжей, которые играют главную роль в виноделии, являются *Saccharomyces vini*. Они активно размножаются и имеют высокую бродильную активность, а также быстро приспосабливаются к среде и определяют на конечном этапе состав вина. Количество спирта, который образуется при сбраживании 20 % мас. сахаров, составляет 11,6-12 %. В настоящее время известны основные и главные свойства, которыми должны обладать дрожжи: высокая бродильная активность, а также устойчивость к стрессовым факторам. К сожалению, не всегда дрожжевые клетки характеризуются хорошей ферментативной активностью. Это может быть вызвано рядом причин, главная из которых – возраст клетки [2]. Следовательно, оценка жизнеспособности клетки, ее состояние является актуальным.

*Цель и задачи.* Целью данной работы явилось изучение жизнеспособности сухих винных дрожжей. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить количество живых и мертвых клеток в исследуемых образцах дрожжей.
2. Оценка жизнеспособности сухих винных дрожжей по интенсивности скорости снижения рН.

Объектами исследования явились коммерческие штаммы сухих винных дрожжей GV-02 и GV-11 (производство *Gervin*, Франция).

*Методы исследования.* Жизнеспособность сухих винных дрожжей исследовали двумя методами. Первый метод - метод подсчета живых и мертвых клеток в камере Горяева. Второй метод – метод оценки изменения скорости снижения рН при добавлении в среду культивированного 20%-ого раствора глюкозы и сахарозы. Наиболее простым для проверки жизнеспособности дрожжевых клеток в суспензии является метод с применением метиленового синего (МС). При отмирании клетки становятся более проницаемыми для МС и при отсутствии оксидазной активности цвет остается синим. Метиленовый синий указывает на отсутствие у клеток метаболизма, а не на их гибель как таковую. Подсчет общего количества «синих» клеток производили в камере Горяева под микроскопом [3].

Жизнеспособность сухих винных дрожжей исследовали по скорости снижения рН при добавлении в среду культивированного 20%-ого раствора глюкозы и сахарозы. Анализы проводились по методу Операкова и Сиглер [4].

*Результаты.* Состояние (жизненность или жизнеспособность) засеваемых дрожжей является очень важным фактором для правильного протекания процесса брожения. На сегодняшний день имеется много методов определения жизнеспособности клеток: окрашивание клеток метиленовой синью, метод определения скорости размножения, измерение содержания компонентов клетки (белка, РНК, ДНК) определение метаболической активности и др. Однако в производственных условиях крайне трудно произвести точную оценку физиологического состояния дрожжей. Для проведения достаточно быстрой оценки жизнеспособности дрожжевых клеток были использованы два метода: метод, основанный на

прижизненном окрашивании (метод определения живых и мертвых клеток) и метод, основанный на интенсивности снижения величины рН в углеводной среде (тест «силы подкисления»).

На сегодняшний день известно, что допустимая норма содержания мертвых клеток в популяции дрожжей, вносимых в бродильный чан – менее 5%. Более высокие показатели технического регламента вызывают замедление брожения, способствуют развитию сторонней микрофлоры и автолизу дрожжей, что заметно сказывается на эффективности производства вина. Результаты исследования количества живых и мертвых клеток представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Количество живых и мертвых клеток сухих винных дрожжей

Показатель	Штаммы дрожжей	
	GV-02	GV-11
Всего клеток, %	100	100
Живые клетки, %	96,5	98,1
Мертвые клетки, %	3,5	1,9

Как видно из результатов опыта исследуемые образцы сухих винных штаммов дрожжей содержат 1,9 – 3,5% мертвых клеток. Больше количество мертвых клеток зарегистрировано у штамма GV-02 и составляет 3,5%. А минимальное – у образца GV-11 и составляет 1,9%.

Основными углеводами, которые выступают в роли главных источников энергии для размножения дрожжей, являются: моносахарид - глюкоза, дисахарид – сахароза.

Результаты исследования жизнеспособности сухих винных дрожжей по скорости снижения рН с углеводным субстратом – глюкоза, представлены на рисунке 1.

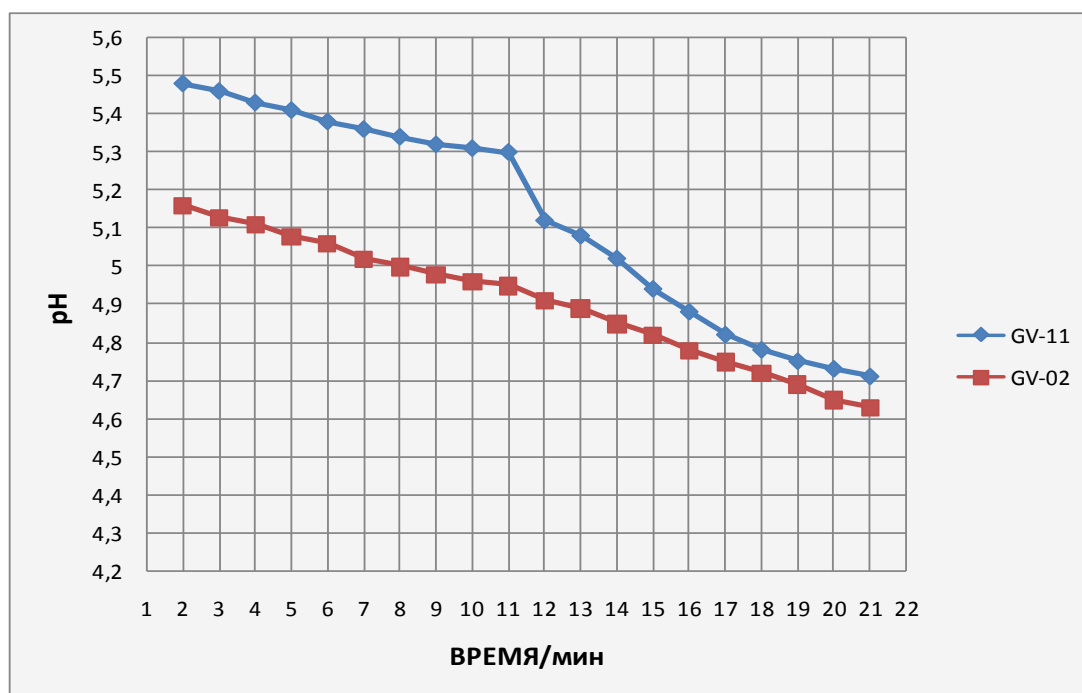


Рисунок 1 – Изменение падения рН среды при внесении в среду глюкозы

Величина снижения значения внеклеточного рН, вызванная выделением дрожжами ионов водорода, определяет физиологическое состояние дрожжей. Тест «силы подкисления»

- заключается в измерении значения внеклеточного рН дрожжевой суспензии до (спонтанное снижение) и после добавления глюкозы. Снижение значения внеклеточного рН вызывается выделением дрожжами ионов  $H^+$ . Уровень спонтанного подкисления является индикатором содержания гликогена, а индуцированный глюкозой уровень подкисления является индикатором скорости прохождения гликолитического пути. Этот метод является полезным, быстрым и удобным для определения жизнеспособности дрожжевых клеток. Чем больше разница между начальным и конечным значениями рН, тем выше активность дрожжей. По данным рисунка 1 замечено, что образец дрожжей GV-11, показал лучший результат скорости падения внеклеточного рН.

Результаты исследования жизнеспособности сухих винных дрожжей по скорости снижения рН с углеводным субстратом – сахарозой, представлены на рис. 2.

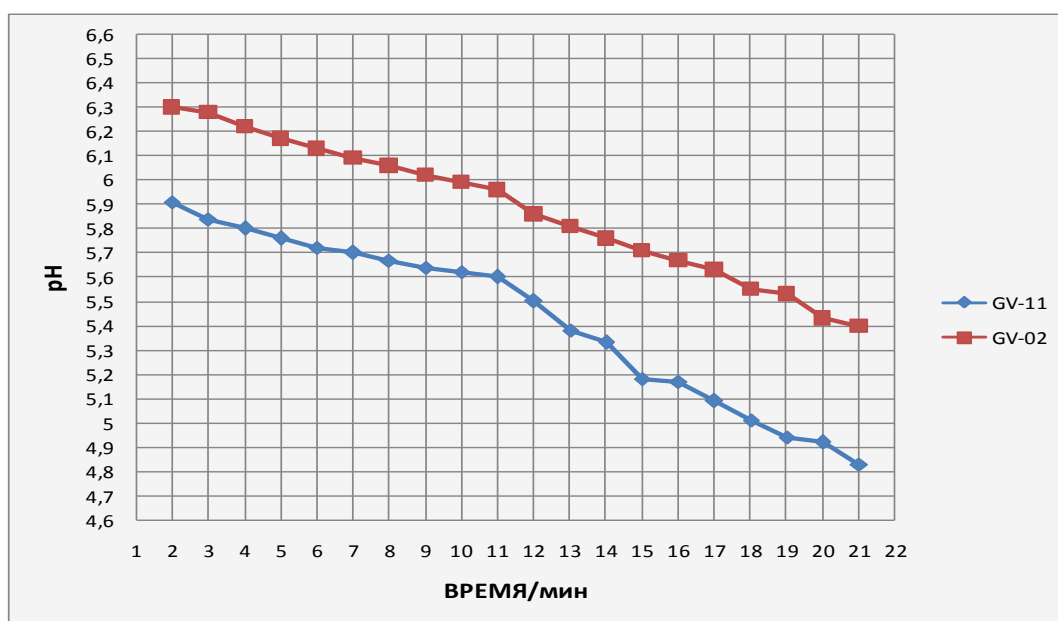


Рисунок 2 - Изменение падения pH среды при внесении в среду сахарозы

Как видно из эксперимента с сахарозой, наибольшую скорость снижения рН показал образец GV-11. Это значит, что данный образец обладает наилучшей жизнеспособностью, так же, как и в опыте с глюкозой.

*Вывод.* По результатам данных первого опыта исследования жизнеспособности дрожжей, представленных в таблице 1- количество живых и мертвых клеток сухих винных дрожжей, в образцах GV-02 и GV-11, образец GV-02 показал лучший результат: всего 1,9% количества мертвых клеток. Вместе с тем, необходимо отметить, что во всех исследуемых образцах содержание мертвых клеток не превышает 5%, что позволяет использовать их в технологическом процессе. А по результатам исследования жизнеспособности сухих винных дрожжей по скорости снижения рН с углеводными субстратами – глюкозой и сахарозой, образец GV-11 показал лучший результат. Таким образом, на основании проведенных исследований можно заключить и рекомендовать для использования в производстве этот образец дрожжей, т.к. он обладает более высокой жизненной силой.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Борисова С. В. Использование дрожжей в промышленности / С. В. Борисова, О. А. Решетник, З. Ш. Мингалеева. – СПб.: «Гиорд», 2008. – 215 с.

2. Бабьева, И. П. Биология дрожжей / И. П. Бабьева, И.Ю. Чернов. - М.: К 250-летию Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, 2004. – 239 с.

3. Качмазов Г. С. Дрожжи бродильных производств. Практическое руководство. - 2012 (Эл.ресурс : <http://e.lanbook.com/view/book/4126/>).

4. Микробиология пива / Прист Ф.Дж., Й.Кэмпбелл (ред); пер с англ. Под общ. ред. Т.В. Мелединой и Тыну Сойдла. - СПб.: Из-во Профессия, 2005. – 368 с.

УДК 577.114

А.С. Критченков, Ю.А. Скорик  
Институт высокомолекулярных соединений РАН

## СИНТЕЗ ПИРИДОКСАЛЬНОГО ПРОИЗВОДНОГО ХИТОЗАНА, ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ГЕННО-ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВЕКТОРА

Актуальность настоящего исследования связана с бурным развитием новых подходов к получению невирусных генно-терапевтических векторов. Невирусные векторы, как правило, характеризуются отсутствием характерных для вирусных векторов таких тяжёлых побочных эффектов как иммуногенность и канцерогенность [1]. Наиболее актуальным и перспективным направлением является разработка новых генно-терапевтических векторов на основе природных полимеров, обладающих повышенной катионной плотностью. Такие катионные полимеры эффективно образуют комплексы с полианионом ДНК и доставляют ДНК в генетический аппарат клетки [2]. Среди подобных природных полимеров особо выделяется хитозан. Хитозан обладает рядом уникальных свойств, обусловленных его биосовместимостью, биodeградируемостью и отсутствием токсичности. Однако хитозан характеризуется низкой трансфекционной активностью как генно-терапевтический вектор из-за низкой растворимости в воде и недостаточной буферной ёмкости для выхода его комплекса с ДНК из эндосомы по механизму протонной губки. Однако химическая модификация хитозана путём введения в его полимерную матрицу заместителей способна увеличить катионную плотность и буферную ёмкость производного по сравнению с хитозаном и придать растворимость в воде [3]. В данной работе мы предлагаем синтез нового водорастворимого производного хитозана с повышенной катионной плотностью и буферной ёмкостью, полученного путём введения в хитозановую цепь пиридоксала. Пиридоксаль содержит пиридиновый цикл, атом азота которого эффективно протонируется. Таким образом, полученный полимер будет обладать повышенной катионной плотностью и растворимостью в воде. Кроме того, пиридоксаль является природным соединением (витамин В6), что является важным аспектом касательно биосовместимости и биodeградируемости полученного нового производного.

*Методы исследования.* В исследовании использовали низкомолекулярный крабовый хитозан (ЗАО «Биопрогресс») со средней молекулярной массой  $3.7 \times 10^4$  (по данным вискозиметрии), степенью деацетилирования 0.66 (из данных элементного анализа, спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и элементного анализа), влажностью 8.0% (определено гравиметрически), пиридоксаль гидрохлорид (Aldrich),  $\text{D}_2\text{O}$  99.9% (Aldrich). Остальные реагенты и растворители были получены из коммерческих источников и использовались без дополнительной очистки. Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  снимались на приборе Bruker Avance II+ 400 MHz (UltraShield Magnet) в растворе  $\text{CF}_3\text{COOH}$  в  $\text{D}_2\text{O}$  при  $70^\circ\text{C}$ .

Производные хитозана были получены следующим образом. Пиридоксаль гидрохлорид растворяли в воде и добавляли один эквивалент гидрокарбоната натрия. Хитозан растворяли в 0.1М соляной кислоте. К раствору хитозана добавляли гидрокарбонат натрия до  $\text{pH} = 7.0$ . Полученный нейтральный раствор хитозана смешивали с раствором пиридоксала. Мольное



соотношение реагентов хитозан/пиридоксаль в пересчёте на одно глюкозаминное звено хитозана составляло 1:3, 1:6 и 1:10. Реакционная смесь перемешивалась на магнитной мешалке при комнатной температуре 1 час. Затем к реакционной смеси добавлялся пятикратный избыток тетраборгидрида натрия (в пересчёте на одно глюкозаминное звено хитозана). После 2 ч перемешивания при комнатной температуре полимеры осаждали из реакционной смеси ацетоном, растворяли в дистиллированной воде. Очистку полимеров проводили путём диализа против дистиллированной воды, сушили лиофильно.

*Цели и задачи работы.* Цель работы заключалась в получении нового водорастворимого катионного производного хитозана. В рамках выбранной цели были поставлены следующие конкретные задачи: (i) изучение влияния условий проведения реакции на взаимодействие пиридоксала с хитозаном, (ii) разработка методики синтеза пиридоксальных производных хитозана с заданными степенями замещения, (iii) идентификация полученных полимеров с помощью комплекса физико-химических методов анализа.

*Результаты.* Взаимодействие пиридоксала и хитозана протекает согласно Схеме 1 (путь А). В результате реакции образуются соответствующие основания Шиффа.

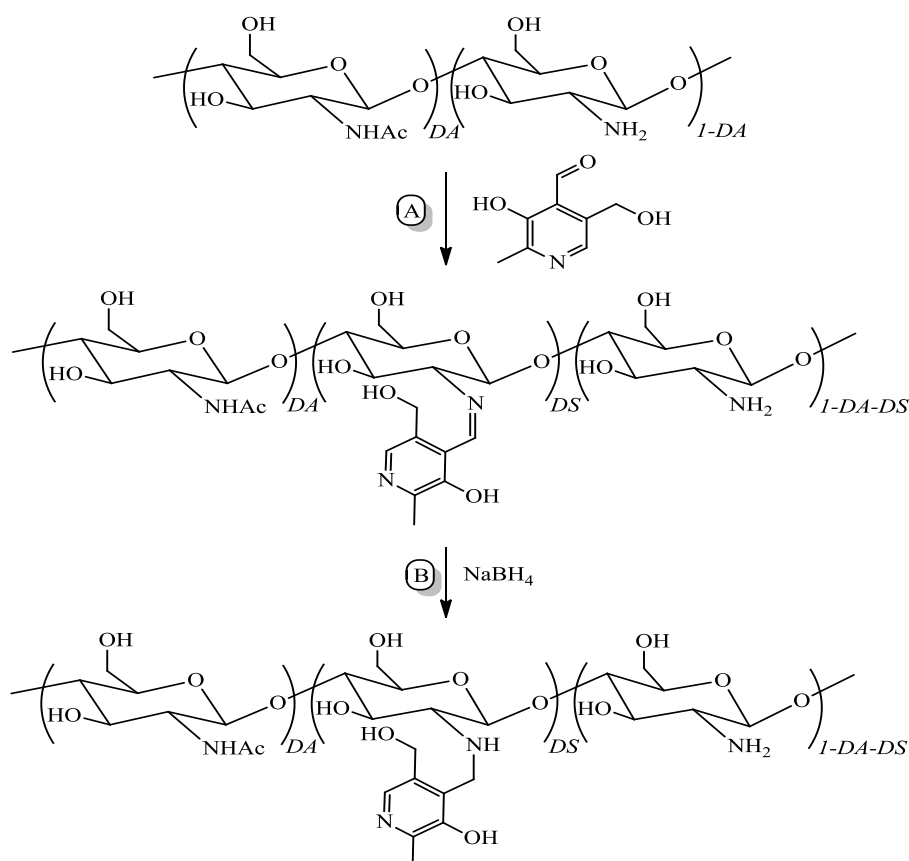


Схема 1 - Получение пиридоксального производного хитозана

Восстановление полученных оснований Шиффа боргидридом натрия (Схема 1, путь В) приводит к образованию конечного производного. Было изучено влияние мольного соотношения реагентов на степень замещения образующегося полимера. Так, при мольном соотношении хитозан/пиридоксаль 1:3 образуются полимеры со степенью замещения 12%, при соотношении 1:6 – 32%, а при соотношении хитозан/пиридоксаль 1:10 – 60%. Также изучалось влияние pH и времени протекания реакции на степень замещения. Было показано, что с увеличением избытка пиридоксала и движением pH из кислой в слабощелочную

область СЗ продукта увеличивается. Касательно влияния времени, также наибольшая степень замещения достигается через час, после чего отмечается тенденция к её постепенному спаду. Полученные данные позволили разработать методику получения пиридоксальных производных хитозана с заданными степенями замещения.

Полученные полимеры хорошо растворяются в воде и были охарактеризованы с помощью комплекса физико-химических методов анализа, включающих элементный СНН анализ, ИК спектроскопию и спектроскопию ЯМР на ядрах  $^1\text{H}$ . Наиболее информативным является спектр ЯМР  $^1\text{H}$ , отчётливо демонстрирующий введение пиридоксального фрагмента в хитозановую цепь (синглет, соответствующий протону пиридинового цикла при 8.61 м.д., синглет соответствующий метильной группе пиридоксального фрагмента при 3.08 м.д., а также сдвиг в слабое поле аномерного протона, свидетельствующий о получении N-производного хитозана).

Выводы. Таким образом, в рамках выполнения данной части работы гомогенных условиях получено новое водорастворимое катионное производное хитозана – пиридоксальное производное, изучено комплексное влияние условий проведения синтеза на степень замещения продукта. Полученное производное представляет интерес для дальнейших исследований его в качестве генно-терапевтического вектора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-34-60173).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Keeler, A.M., M.K. ElMallah, and T.R. Flotte, *Gene Therapy 2017: Progress and Future Directions*. Cts-Clinical and Translational Science, 2017. 10(4): p. 242-248.
2. Riley, M.K. and W. Vermerris, *Recent Advances in Nanomaterials for Gene Delivery-A Review*. Nanomaterials, 2017. 7(5)
3. Kritchenkov, A.S., S. Andranovits, and Y.A. Skorik, *Chitosan and its derivatives: vectors in gene therapy*. Russian Chemical Reviews, 2017. 86(3): p. 231-239.

УДК 632

Т.Р. Кудряшова<sup>1</sup>, Е.В. Полуэктова<sup>2</sup>, А.М. Максимова<sup>2</sup>, А.О. Берестецкий<sup>2</sup>, О.Б. Иванченко<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
<sup>2</sup>Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Защиты Растений

#### ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ИЗОЛЯТА *PHOMA* SP. 32.43

*Актуальность.* В настоящее время биологически активные вещества (БАВ), продуцентами которых являются растения, микроорганизмы и грибы используются как перспективные субстанции для разработки новых лекарственных средств и препаратов защиты растений. Также природные БАВ используют для целенаправленного синтеза новых веществ, обладающих более высокой активностью. Несмотря на то, что на сегодняшний день уже выделено и исследовано большое количество БАВ, задача поиска новых продуцентов, получения из них ранее неизвестных веществ, и их идентификация до сих пор остаётся актуальной [1].

Грибы рода *Phoma* в основном известны, как продуценты вторичных метаболитов, которые обладают фитотоксической, антимикробной и инсектицидной активностью [2].

Род *Phoma* объединяет грибы, характеризующиеся шаровидными, эллипсоидальными, приплюснутыми, погруженными в субстрат, реже выступающими, пикнидами с простым порусом или сосковидным устьищем конической формы. Стенки их темные, тонкие, параплектенхимные. Конидиеносцы простые, расположенные радиально или отсутствуют. Конидии бесцветные, реже слегка желтоватые, разнообразной формы, от яйцевидных

до цилиндрических, прямые или согнутые. Грибы этого рода генетически связаны с аскомицетами из родов *Leptosphaeria*, *Cucurbitaria*, *Pleospora*, *Diaporthe*, *Ophiobolus* [3].

В роде *Phoma* насчитывают 200 видов. Они повреждают промышленные материалы, вызывая пятна на штукатурке внутри зданий с повышенной влажностью, разрушая лакокрасочные покрытия, размягчая бетон, например, *Ph. glomerata*. Большинство грибов рода *Phoma* — сапрофиты или факультативные паразиты, проводящие часть жизненного цикла на живых растениях, поражая в первую очередь стебли. Болезни, вызываемые этими грибами, называют фомозами [1].

*Цель работы.* Целью данной работы является изучение биологической активности экстрактов штамма *Phoma* sp. 32.43 из культуры *Phoma*, полученной на различных жидких и твердых питательных средах. Для достижения поставленной цели решались задачи сравнительного анализа влияния состава жидких сред и твердых зерновых субстратов на фитотоксичную активность экстрактов.

Объектом исследования явился штамм гриба *Phoma* sp. 32.43, выделенный из горца птичьего (*Polygonum aviculare*), собранного в Краснодарском крае. Штамм хранится в коллекции лаборатории фитотоксикологии и биотехнологии ФГБНУ ВИЗР (Санкт-Петербург, г. Пушкин).

*Методы исследования.* Для культивирования гриба использовали жидкие и твердые питательные субстраты, а именно: перловая и пшённая крупы, картофельно-глюкозный агар, мальтозный агар, овсяный агар, среда ДМГ, среда Чапека с витаминами.

Одной из главных характеристик гриба *Phoma* является его биологическая активность [4]. Биологическую активность исследовали по проявлению фитотоксической активности. Для исследования биологической активности пробы подготавливали следующим образом: штамм *Phoma* 32.43 культивировали при помощи жидкофазной и твердофазной ферментации. Использовали две жидкие синтетические питательные среды (ДМГ и ЧАВ). В качестве субстратов для твердофазной ферментации *Phoma* sp. 32.43 использовали пшённую, перловую крупы. Экстракцию метаболитов гриба из культурального фильтрата проводили хлористым метиленом через 2 недели после посева. Экстракты из колонизированного мицелием *Phoma* 32.43 зернового субстрата на 14-е сутки культивирования гриба получали экстракцией 50%-ным водным ацетоном с последующей переэкстракцией хлористым метиленом после упаривания ацетона.

Перед проведением биотестов экстракты растворяли в ацетоне до концентрации 10 мг/мл. Отбирали по 40 мкл в пробирки эппендорфа и испаряли растворитель. Добавляли 8 мкл этанола, затем после полного растворения экстракта в этаноле — 142 мкл дистиллированной воды. Экстракты оценивали в концентрации 5 мг/мл.

Для исследования фитотоксичной активности использовали отсеченные листья арабидопсиса и отрезки листьев пырея длиной 2 см. Перед нанесением тест-образцов испытываемые растения надкалывали иглой.

Подготовленные листовые сегменты помещали в пластиковую камеру на увлажненную водой двухслойную фильтровальную бумагу. На каждую повторность использовали 6 сегментов (или отрезков) листьев каждого растения. На каждый отрезок наносили по 9 мкл раствора. Контролем служил экстракт питательной среды. Далее ставили в инкубатор на 48 часов при режиме день – ночь 12/12. Наличие фитотоксических метаболитов определяли по появлению и характеру некрозов и хлорозов растений по сравнению с контролем. Результаты проявления фитотоксической активности представлены в табл. 1 и 2.

Высокую фитотоксическую активность показал метаболитный комплекс, извлеченный из культурального фильтрата гриба на среде ЧАВ по отношению к пырею и арабидопсису (зона некроза арабидопсиса – 5-7 мм; зона некроза пырея – 5 – 6 мм).

Экстракт из твердофазной культуры гриба на перловой крупе, проявил высокую фитотоксическую активность (зона некроза арабидопсиса – 4-6 мм; зона некроза пырея – 5 – 7 мм). Интересно отметить, что экстракт из культуры гриба на перловой крупе проявляет высокую фитотоксическую активность по отношению к пырею (зона некроза – 4 – 6 мм).

Таблица 1 - Фитотоксическая активность экстрактов из культурального фильтрата и твердофазной культуры *Phoma* 32.43.

Название экстракта	Некроз арабидопсис, мм	Некроз пырей, мм
Контроль (5% водный этанол)	1.00 ± 0	1.00 ± 0
Экстракт среды ДМГ	1.00 ± 0	1.00 ± 0
Экстракт КФ* <i>Phoma</i> sp. 32.43 на среде ДМГ	2.00 ± 0.67	3.50 ± 0.50
Экстракт из перловой крупы	1.00 ± 0	1.00 ± 0
Экстракт ТФК** <i>Phoma</i> sp. 32.43 на перловой крупе	3.50 ± 1.17	4.67 ± 0.67
Экстракт из пшеничной крупы	1.00 ± 0	1.00 ± 0
Экстракт ТФК <i>Phoma</i> sp. 32.43 на пшеничной крупе	5.50 ± 0.83	5.00 ± 1.00
Экстракт из среды ЧАВ	1.17 ± 0.28	0.92 ± 0.14
Экстракт КФ <i>Phoma</i> sp. 32.43 на среде ЧАВ	5.67 ± 1.21	4.50 ± 1.50

Примечание: КФ\* – культуральный фильтрат; ТФК\*\* - твердофазная культура

Таким образом, в процессе роста на жидкой среде ЧАВ и твердой зерновой среде – пшеничной крупе *Phoma* sp. 32.43 образует в среду комплекс метаболитов с высокой фитотоксической активностью. Экстракты, полученные при культивировании гриба на среде ДМГ были менее активны (зона некроза арабидопсиса – 1 - 3 мм; зона некроза пырея – 3 – 4 мм).

Таблица 2 - Фитотоксическая активность экстрактов из КФ *Phoma* 32.43

Название экстракта	Свет	Некроз арабидопсис, мм	Некроз пырей, мм
Контроль (5% водный этанол)		0,43 ± 0,08	0,43 ± 0,78
Контроль из среды ДМГ		1,25 ± 0,417	1,12 ± 0,32
Экстракт КФ* <i>Phoma</i> sp. 32.43 на среде ДМГ	-	4,54 ± 0,53	4,02 ± 0,49
Экстракт КФ <i>Phoma</i> sp. 32.43 на среде ДМГ	+	5,54 ± 0,53	3,98 ± 0,42

КФ\* - культуральный фильтрат

Метаболитный комплекс, извлеченный из культурального фильтрата гриба на среде ДМГ, проявил фитотоксическую активность по отношению к пырею и арабидопсису.

Наиболее фитотоксичными оказались экстракты культурального фильтрата *Phoma* sp. 32.43, при культивировании гриба в условиях переменного освещения. Также важно отметить, что наиболее активные экстракты были получены при использовании в качестве экстрагента хлористого метилена.

Менее активными оказались экстракты культурального фильтрата, полученного при культивировании гриба в темноте.

Метаболитные комплексы из культурального фильтрата, выращенного при переменном освещении/темноте и экстрагированные этилацетатом, проявили меньшую фитотоксическую активность по сравнению с комплексом из КФ, выращенного при переменном освещении и экстрагированного хлористым метиленом.

*Вывод.* При переменном освещении *Phoma* sp. 32.43 выделяет в культуральный фильтрат метаболиты с более высокой фитотоксической активностью, чем при культивировании в темноте.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Николаева Е.В. Изучение влияния состава жидкой питательной среды и продолжительности культивирования на биологическую активность *Alternaria* sp. 201 / Материалы научной конференции, посвященной 185-й годовщине образования Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета). - Санкт-Петербург, Издательство Санкт-Петербургского государственного технологического института. (технического университета), 2013. – 422 с.
2. Полуэктова Е.В. Фитотоксические метаболиты гриба *Phoma* sp. N 19 / Е.В. Полуэктова, А.О. Берестецкий / Современная микология в России. Том 3. Материалы 3-го Съезда микологов России. – Москва, 2012. – С. 64.
3. Montel E., Bridge P. D., Sutton B. C. An integrated approach to *Phoma* systematics // *Mycopathologia*. - 1991. - Vol. 115, N 2. - P. 89-103.
4. Vining, LC, Functions of secondary metabolites // *Annu Rev Microbiol*. - 1990. - V.44. - P.395–427.

УДК 577.151

Д.А. Морщинина, М.В. Шульга, Л.Э. Ржечицкая, Э.Ф. Миннибаева  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

### ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ ГИДРОЛИЗ ВЫСОКООЛЕИНОВОГО ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Продукты переработки растительных масел – высшие жирные кислоты и их эфиры – находят широкое применение в различных отраслях промышленности. Их применяют в качестве компонентов моющих средств, лаков и красок, эмульгаторов, пластификаторов, пеногасителей, флозирующих агентов, душистых и ароматообразующих веществ [1]. Особый интерес представляют ненасыщенные жирные кислоты (ННЖК) в качестве структурных мономеров в производстве полимерных материалов и среди них олеиновая кислота. В отличие от других ННЖК она содержит одну кратную связь в положении 9 и относительно устойчива к перекисному окислению.

Олеиновая кислота встречается во многих растительных маслах (табл. 1), но в качестве источника последней в настоящее время рассматривается высокоолеиновое подсолнечное масло (ВОПМ) [2, 3].

Таблица 1 – Содержание олеиновой кислоты в растительных маслах

Наименование масла	Массовая доля олеиновой кислоты, %	Наименование масла	Массовая доля олеиновой кислоты, %
Оливковое масло	70-85	Масло какао	39-43
ВОПМ	65-75	Подсолнечное масло	30-40
Арахисовое масло	до 70	Рапсовое масло	30-35
Кукурузное масло	40-45	Соевое масло	32-35

В промышленности олеиновую кислоту получают путем химического гидролиза растительных масел с последующим фракционированием образующейся смеси жирных кислот и многократной перекристаллизацией из метанола или ацетона при низких температурах [4]. Существующие химические методы гидролиза масел весьма затратны с

технологической и энергетической точки зрения и создают экологическую нагрузку на окружающую среду.

Альтернативой химического гидролиза является ферментативный. Ферментативный гидролиз растительных масел представляет собой гетерогенный процесс, который обычно ведут в присутствии эмульгаторов различной природы, что осложняет процесс выделения целевого продукта из гидролизата и дальнейшую его очистку. Для осуществления частичного или полного гидролиза жиров наибольшее распространение в промышленности получили липазы микробиологического происхождения [5].

Цель работы – подобрать ферментный препарат и условия ферментативного гидролиза ВОПМ. Для получения олеиновой кислоты в работе предложен ферментативный гидролиз в маловодной системе, без использования эмульгатора. Кроме того, была поставлена задача определить массовую долю целевой ННЖК методом ПМР-спектроскопии и идентифицировать продукты гидролиза ВОПМ методом ИК-спектроскопии.

В маловодной среде ферментативный гидролиз растительных масел ведут при 30-35 °С, без использования сложного технологического оборудования и применения дополнительной очистки целевого продукта, так как процесс образования побочных продуктов минимизирован [6].

Для проведения гидролиза ВОПМ в среде гексана были опробованы три ферментных препарата микробиологического происхождения, среди них два иммобилизованных на силикагель (табл. 2).

В процессе эксперимента варьировали температуру (25 – 40°С), скорость перемешивания (100-200 об./мин), объем органического растворителя (гексана). Наилучшие результаты получены при температуре 30°С при рН 7 (фосфатный буфер). Самую низкую гидролитическую активность (менее 1%) показал неиммобилизованный ферментный препарат «Lipozyme Cal B», в то время как иммобилизованная форма данного ферментного препарата показала среднюю активность (табл. 3).

Таблица 2 – Характеристика ферментных препаратов

Наименование ферментного препарата	Оптимальные условия	Субстрат	Производитель
Lipozyme Cal B (жидк.)	рН 6-8, температура 50-75 °С	оливковое масло	Дания
Lipozyme TL IM, (иммобилизованный на силикагель)	рН 6-8, температура 50-75 °С	оливковое масло	Дания
Novozym 435 (иммобилизованный на силикагель)	рН 7-9, температура 30-50 °С	оливковое масло	Дания

Таблица 3 – Глубина протекания гидролиза ВОПМ, %

Наименование ферментного препарата	Условия проведения гидролиза ВОПМ	Время гидролиза, ч					
		1	2	3	4	5	6
Lipozyme TL IM	ферментный препарат – 10 мг, вода – 10 мкл, гексан – 0,5 мл	-	12,1	22,0	25,7	33,4	-
Novozym 435	ферментный препарат – 10 мг, фосфатный буфер – 10 кл, гексан – 0,5 мл	1,8	2,3	2,9	3,3	3,7	7,2

С увеличением продолжительности времени гидролиза до 12 часов при той же температуре удалось максимально повысить степень конверсии, дальнейшее увеличение времени гидролиза не дало положительного результата (табл. 4).

Карбонильная группа (C=O) в одноосновных жирных кислотах и их эфирах относится к наиболее легко различимым структурным фрагментам молекул в ИК спектрах. Характеристические валентные колебания  $\nu$  (C=O), обнаруженные в гидролизате ВОПМ, исходном масле и олеиновой кислоте, приведены в таблице 5.

Таблица 4 – Глубина гидролиза ВОПМ под действие иммобилизованных ферментных препаратов в течение 12 часов

Наименование ферментного препарата	Глубина протекания гидролиза	
	мкМ/мл	%
«Lipozyme TL IM»	421,4±0,01	42,1
«Novozym 435»	90,6±0,96	9,1

Таблица 5 – Характеристические частоты валентных колебаний карбонильной группы в исследуемых продуктах

Наименование продукта	$\nu$ (C=O), $\text{см}^{-1}$			
	в сложных эфирах		в карбоновых кислотах	
	эксп.	лит. [7]	эксп.	лит. [7]
Высокоолеиновое подсолнечное масло	1743,8	1750-1730	-	-
Олеиновая кислота	-	-	1707,6	1725-1700
Гидролизат ВОПМ	1743,2	-	1709,1	-

В результате исследования были установлены оптимальные условия проведения процесса гидролиза ВОПМ с помощью ферментного препарата микробиологического происхождения «Novozyme 435» в маловодной среде без эмульгатора с целью получения олеиновой кислоты. Конечные продукты идентифицированы по характеристическим полосам поглощения методом ИК-спектроскопии. Наличие полос поглощения при  $1743,2 \text{ см}^{-1}$  и  $1709,1 \text{ см}^{-1}$  свидетельствует о неполном гидролизе (около 42%) и присутствии в гидролизате исходного масла. Для определения массовой доли олеиновой кислоты в растительном масле был применен метод ПМР-спектроскопии [7, 8], массовая доля последней составила 75%.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Филимонова, Е. И. Получение олеиновой кислоты из жирных кислот таллового масла: дисс. канд. хим. наук: 05.17.04 / Е. И. Филимонова. – Ярославль, 1999. – 180 с.
2. Гамаюрова, В. С. Мифы и реальность в пищевой промышленности. II. Сравнение пищевой и биологической ценности растительных масел / В. С. Гамаюрова, Л. Э. Ржечицкая // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 18. – С. 146-155.
3. Шнайдер, К. Л. Ферментативный гидролиз растительных масел с использованием неводных сред: дисс. ... канд. хим. наук: 02.00.15 / К. Л. Шнайдер. – К., 2009. – 136 с.
4. Гамаюрова В.С., Ферменты. Лабораторный практикум: учебное пособие/В.С.Гамаюрова, М.Е.Зиновьева. – СПб.: Проспект Науки, 2001. – 256 с.
5. Глазунова, Л. М. Липазы микроорганизмов. Получение и применение ферментов, витаминов, аминокислот, премиксов: обзорная информация / Л. М. Глазунова, Ю. И. Гончарова, В. С. Минина. – М.: ОНТИТЭИмикробиопром, 1984. – Серия У. – 35 с.
6. Гамаюрова В.С., Зиновьева М.Е. Ферментативный катализ в неводных средах // Бутлеровские сообщения. Т. 25. – № 7. – 2011. – С. 87-95.
7. Stuart B. Infrared spectroscopy: fundamentals and applications / B. Stuart. John Wiley & Sons, Ltd: 2004. – 203 p.
8. G. Knothe, James A. Kenar, Determination of the fatty acid profile by  $^1\text{H-NMR}$  spectroscopy, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2004. – V.106. – P. 88-96.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ШТАММОВ КЛУБЕНЬКОВЫХ БАКТЕРИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ БОБОВЫХ КУЛЬТУР, МЕТОДОМ AFLP

Основой любой микробной технологии является штамм микроорганизма, обладающий ярко-выраженным практически-ценным свойством. Несмотря на широкое использование такого метода долгосрочного поддержания микробов как низкотемпературное замораживание, процессы хранения, а особенно технологического культивирования штаммов зачастую сопровождаются потерей их целевых свойств и контаминацией. Эти негативные явления определяются рядом объективных причин: отсутствием селективного отбора в процессе производства биопрепаратов, многократным повторным культивированием, частой сменой условий жизнедеятельности штаммов на пути от ферментера до потребителя. Учитывая тот факт, что процесс селекции коммерческих штаммов занимает, как правило, несколько лет, а период их применения достигает нескольких десятилетий, особую актуальность имеет проблема сохранения микроорганизмов в искусственных условиях - коллекциях научно-исследовательских институтов или производственных лабораториях.

К важным задачам для решения этой проблемы относят идентификацию и паспортизацию культур, используемых в биотехнологической отрасли. Для этого используются методы изучения физиолого-биохимических свойств штаммов, а так же современные, основанные на изучении генетических особенностей конкретного штамма, например: MLEE (оценка подвижности нескольких метаболически важных водорастворимых ферментов), RAPD (проведение полимеразной цепной реакции с использованием одного декануклеотидного праймера с произвольной нуклеотидной последовательностью), PFGE (фракционировании высокомолекулярных ДНК с помощью электрофореза в агарозном геле в условиях периодически меняющегося по направлению электрического поля), AFLP (анализе полиморфизма длин рестрицированных и амплифицированных фрагментов ДНК) [1].

AFLP–фингерпринтинг наиболее перспективный метод молекулярно-генетической паспортизации микроорганизмов, ввиду возможности почти неограниченного количества образцов при единовременном анализе, и высокой чувствительности к полиморфизму ДНК, что позволяет получать индивидуальные «профили» штаммов и различать их в пределах одного вида. AFLP так же не требует наличия предварительной информации относительно целевого генома и имеет высокую степень воспроизводимости [2].

Целью исследовательской работы было получение генетических паспортов четырех коммерческих производственных штаммов клубеньковых бактерий, стимулирующих рост кормовых бобовых культур, повышающих их урожайность и используемых для производства биопрепаратов, на основе применения молекулярно-генетического метода AFLP–фингерпринтинга. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: выделение геномной ДНК из каждой исследуемой культуры, получение геномных фингерпринтов согласно методике AFLP, исследование фингерпринтов в условиях секвенатора, программная обработка и анализ полученных результатов.



Экспериментальная часть работа проведена в отделении Всероссийской коллекции непатогенных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии [3, 4].

Генетический паспорт для микроорганизма, полученный методом AFLP, представляет собой графическое изображение олигонуклеотидных отрезков ДНК различной длины, распределившихся в толще полиакриламидного геля в условиях автоматического капиллярного электрофореза на генетическом анализаторе ABI PRISM 3500XL, а также формализованных данных, указывающих на наличие или отсутствие в анализируемых образцах отрезков ДНК определенной длины, выраженной в парах нуклеотидов.

На рисунке 1 представлен набор фрагментов ДНК для каждого штамма, который генерируется в результате AFLP.

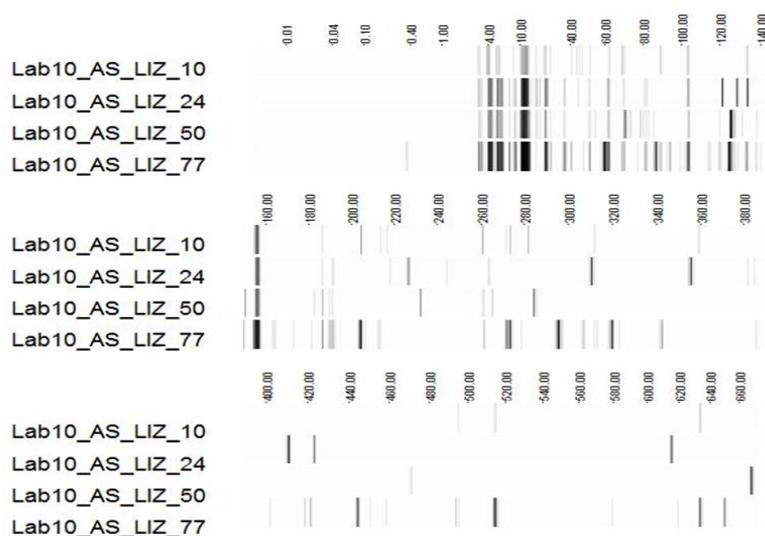


Рисунок 1 – Результат анализа AFLP-профилей штаммов *Rhizobium leguminosarum* и *Sinorhizobium meliloti*

Примечание:

Lab10\_AS\_LIZ\_10 - *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* RCAM0610 (для инокуляции вики).

Lab10\_AS\_LIZ\_24 - *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* RCAM2624 (для инокуляции фасоли).

Lab10\_AS\_LIZ\_50 - *Sinorhizobium meliloti* RCAM1750 (для инокуляции люцерны).

Lab10\_AS\_LIZ\_77 - *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* RCAM1077 (для инокуляции гороха).

Данные отражают точные размеры фрагментов ДНК, генерируемых при проведении AFLP, которые можно использовать для аутентификации исследованных штаммов, взятых из разных источников, при условии проведения сравнительного анализа в соответствии с приведенной методикой. Генетические паспорта клубеньковых бактерий можно использовать для аутентификации штаммов, взятых из различных источников, в частности, приобретенных в коммерческих целях для применения на предприятиях агропромышленного комплекса

Использование данного метода применительно к клубеньковым актуально для сельского хозяйства, поскольку изготовление и использование удобрений на их основе значительно повышает урожайность бобовых, являющихся уникальным источником растительного белка для пищевой промышленности [5]. Наличие нескольких эффективных подходов к анализу получаемых данных обеспечивает экологическую и биологическую безопасность в случае разработки новых биопрепаратов и их применения на предприятиях агропромышленного комплекса для стимулирования роста бобовых культур.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Paun O., Schönswetter P. Amplified fragment length polymorphism: an invaluable fingerprinting technique for genomic, transcriptomic, and epigenetic studies. *Methods Mol. Biol.*, 2012, 862:75-87.
2. Сафронова В.И., Андронов Е.Е., Чижевская Е.П. Разработка методики молекулярно-генетической паспортизации штаммов сельскохозяйственных микроорганизмов с помощью AFLP-фингерпринтинга // *Журнал Сельскохозяйственная биология*. – 2012. – № 6. – С. 19-22.
3. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // *IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума*. 2016. - С. 1093-1102.
4. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // *IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума*. 2016. – С. 1265-1274.
5. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И., Жилинская Н.Т., Иванченко О.Б. Инновационные технологии в дополнительном образовании по микробиологической безопасности пищевой и биотехнологической продукции // в сборнике: *ВЕТЕРИНАРНО-САНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ. Материалы I-й международной конференции по ветеринарно-санитарной экспертизе*. Воронежский государственный аграрный университет; Редколлегия: А. В. Аристов, П. А. Паршин, А. В. Востроилов, И. А. Глотова, Д. А. Саврасов, О. М. Мармурова, С. Н. Семенов, И. Д. Шелякин. 2015. - С. 225-228.

УДК 663.95

Е.С. Белокурова, Е.С. Сингаевская  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ЧЕРНОМ ЧАЕ

На протяжении многих лет чай остаётся популярным напитком среди разных народов. Причина любви к чаю заключается в тонизирующем эффекте, который чайный настой оказывает на организм человека благодаря наличию алкалоидов. Алкалоиды являются важным компонентом чая. Алкалоиды – это азотсодержащие циклические физиологически активные органические соединения. В одном и том же растении обычно встречается несколько алкалоидов, близких по строению. Алкалоиды чая представлены в основном пуриновыми основаниями. В состав чайного листа входит три различных вида алкалоидов: кофеин, теобромин и теofilлин. В чайном листе кофеин находится в комплексе с таннинами и часто обозначается при помощи термина теин [1].

Кофеин относится к таким уникальным веществам чая, которые практически не претерпевают изменений при переработке. Содержание кофеина в готовом чае зависит от условия произрастания чайного растения. Содержание кофеина в чайных растениях сильно варьируется, т. к. алкалоидность чайных листьев зависит не только от природных факторов выращивания чайного куста: характера почвы, высоты местности над уровнем моря, водного режима, продолжительности дня, интенсивности солнечной радиации, но и агротехнической обработки почвы [2].

Кроме того, по данным многих исследований известно, что кофеин распределяется неравномерно в чайном растении. Первый листочек флешки содержит 4-5 % кофеина, второй — 3-4 %, третий — 2,5 %, остальные — от 0,5 до 1,5 %. В семенах чая кофеин не обнаружен. Это свидетельствует о том, что кофеин не заложен в чае от рождения, а накапливается в процессе выращивания чайного куста. Поэтому чаи высокого качества, изготовленные из первых листочков, содержат больше кофеина, чем чаи из грубого сырья [3].

Цель исследования: определить содержание физиологически активных органических соединений: танина и кофеина в образцах чёрного байхового чая, выращенного в разных странах.

Объекты исследования.

Объектами исследования служили 6 образцов чёрного байхового чая, приобретённого в розничной торговой сети г.Санкт-Петербурга. Образца чая были выращены в Китае, Индии и на Цейлоне. 5 образцов были развешаны на российских чаеразвесочных фабриках и только 1 образец цейлонский чёрный байховый листовой чай “Dilmah” был выращен, расфасован и упакован на Цейлоне.

Методы исследования.

Метод определения танина основан на способности танина окисляться марганцовокислым калием при участии индигокармина в качестве индикатора. Сначала проводили экстракцию танина из сухого чая, а затем оттитровывали его 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствором перманганата калия.

Пипеткой отбирают 10 см<sup>3</sup> фильтрата и переносят в мерный стакан вместимостью 1 дм<sup>3</sup>, куда предварительно вносят 750 см<sup>3</sup> холодной водопроводной воды и 25 см<sup>3</sup> раствора индигокармина, перемешивают и титруют 0,1 моль/дм<sup>3</sup> раствором перманганата калия. Синяя окраска раствора при титровании и постоянном перемешивании переходит в золотисто-желтую.

Определение содержания кофеина в исследуемых образцах чая проводилось спектрофотометрическим методом по Бокучаевой М.П. и Попову В.Р. В основе данного метода лежит принцип извлечения кофеина из водного экстракта и с последующим спектрофотометрическим определением кофеина в максимуме его поглощения. Определение оптической плотности хлороформенного экстракта кофеина производили при длине волны 275 нм на спектрофотометре СФ-26. Количество кофеина вычисляли по калибровочной кривой. Для её построения использовали препарат медицинского кофеина, полученного из чая [4].

Результаты исследования.

На рисунке 1 представлена диаграмма, отражающая содержание танина в исследованных образцах чая. На рисунке 2 представлена диаграмма, отражающая содержание кофеина в исследованных образцах чая.

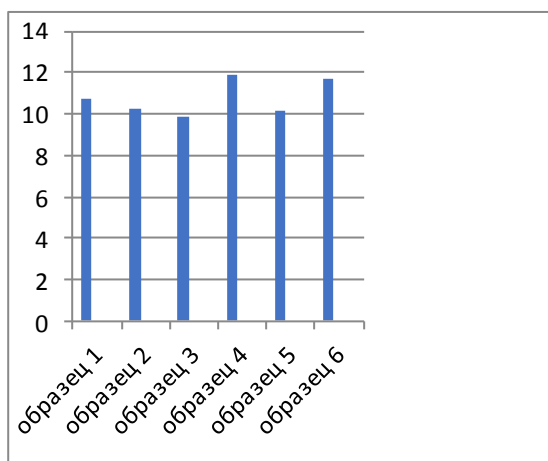


Рисунок 1 - Содержание танина, %

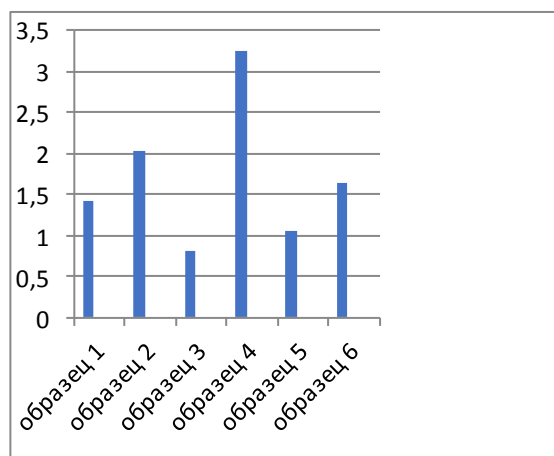


Рисунок 2 - Содержание кофеина, %

Результаты исследования: Содержание физиологически активных органических соединений в исследованных образцах чая составило: по танину от 9,9 % до 11,65 %; по кофеину от 0,8 до 3,25 %.

Выводы. По содержанию физиологически активных органических соединений самым лучшим оказался образец чая выращенного, расфасованного и упакованного на острове Цейлон. Можно предположить, что при транспортировке, хранении и расфасовке чайного листа происходят окислительные процессы, которые оказывают отрицательное влияние на органические соединения чая.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. E. S. Belokurova, L. M. Borisova, O. S. Zybin Исследование товароведных характеристик чёрного байхового чая при продаже его на потребительском рынке // В мире научных открытий. №5, 2015 г., с.184-196.
2. Герасимова В.А., Белокурова Е.С., Вытовтов А.А. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров. – СПб.: Питер, 2005. - 416 с.: ил. – (Серия "Учебники для вузов").
3. Белокурова Е.С., Старостенко И.Э., Герасимова В.А. К вопросу о производителях и потребителях чая в условиях технического регулирования. Сб. «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства» Сборник материалов IX Международной научно-практической конференции. 22 апреля 2011 г., Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2011 г. с.137-139.
4. Белокурова Е.С., Герасимова В.А. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Товароведение и экспертиза чая и кофепродуктов» для студентов по 080401 "Товароведение и экспертиза потребительских товаров". СПб, СПбГЭИ, 2007 г.

УДК 663.813

П.И. Серякова, М.Е. Зиновьева

Казанский национальный исследовательский технологический университет

#### СОЗДАНИЕ ПРОДУКТА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В современном мире значительная доля заболеваний связана с органами пищеварения. Это вызывает острую необходимость разработки и поиска эффективных и перспективных средств для профилактики и лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта. Лечение фармакологическими препаратами не всегда оказывается эффективным и может неблагоприятно сказаться на организме человека.

Наиболее простой и натуральный способ лечения заболеваний ЖКТ является употребление продуктов питания, обогащенные про- и пребиотиками. Включение в рацион таких продуктов существенно улучшает процесс пищеварения и формирует здоровую микрофлору кишечника. В связи с этим, создание продуктов и напитков на основе овощей и фруктов, обладающих лечебно-профилактическим действием на организм, является наиболее актуальным. Такие продукты и напитки, безусловно, будут пользоваться спросом среди различных слоев населения [1].

Целью работы является получение напитка функционального назначения на основе сока.

Основные задачи работы:

- оценить возможность получения напитка на основе грушевого и тыквенного соков;
- исследовать некоторые параметры получения напитка функционального назначения.

В качестве основы для получения напитков функционального питания использовались соки для детского питания: грушевый сок торговой марки «Агуша» и тыквенный нектар «Бабушкино лукошко».

В качестве закваски использовался пробиотический препарат «Лактобактерин сухой». «Лактобактерин сухой» представляет собой микробную массу живых, лиофилизированных в среде культивирования лактобактерий *L. plantarum* или *L. fermentum*. Одна доза содержит не менее 2 млрд. живых лактобактерий.

«Лактобактерин сухой» представляет собой микробную массу живых, лиофилизированных лактобактерий, обладающих антагонистической активностью по отношению к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, и создающих благоприятные условия для развития полезной микрофлоры кишечника. Препарат «Лактобактерин сухой» прошел, многолетние клинические испытания и не имеет противопоказаний, широко выпускается на предприятиях России и имеет наиболее низкую стоимость из представленных на отечественном рынке препаратов. Первоначально при сквашивании нектара лактобактерии вносились в виде лиофильно-высушенной культуры. Количество внесенных бифидобактерий составило  $8 \cdot 10^6$  на  $1 \text{ см}^3$  напитка.

Сквашивание сока проводилось при температуре 37-38 °С в термостате в отсутствие перемешивания, отбор проб производился через 0, 2, 4, 6 ч. В пробах определяли титруемую кислотность, а также число колониеобразующих единиц (КОЕ) методом посева в селективную среду (ГМС) [2, с. 4-5; 3, с. 1-3 ;4, с. 6-7].

Исследование показало, что титруемая кислотность в напитках в процессе сквашивания увеличилась незначительно, всего на 1-2 °Т. Увеличение кислотности не оказывала существенного влияния на органолептические свойства напитков.

Изменение количества лактобактерий в процессе сквашивания различных напитков представлено на рисунке 1.

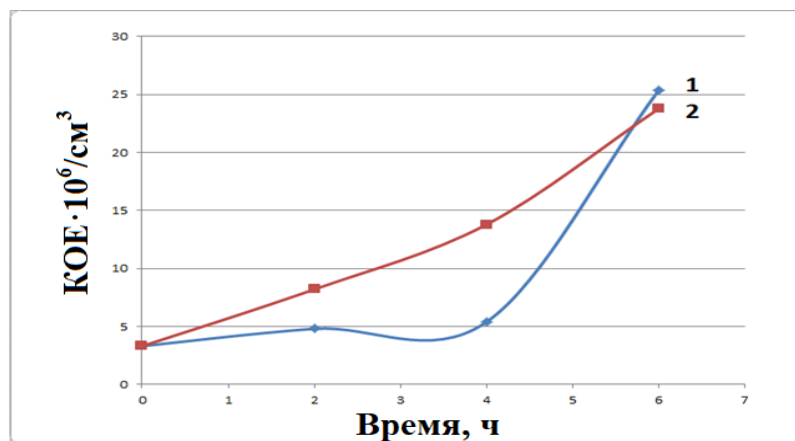


Рисунок 1 – Изменение количества лактобактерий в процессе сквашивания различных напитков: 1 – Сок «Агуша» грушевый осветленный, восстановленный; 2 – Нектар «Бабушкино Лукошко» тыквенный

Несмотря на то, что оба напитка оказались пригодными для получения продукта функционального назначения, при сквашивании сока грушевого органолептические показатели изменились в худшую сторону, в соке образовался осадок, произошло помутнение напитка. Это существенно снижает его потребительскую привлекательность. Поэтому для дальнейших исследований был выбран нектар тыквенный «Бабушкино лукошко».

В дальнейших исследованиях рассматривалось сквашивание напитка закваской, восстановленной в течение 2 часов. Восстановление закваски проводилось путем помещения ее в стерильный 0,9 % физиологический раствор. Также изучалось влияние внесения лактулозы в тыквенный нектар на процесс сквашивания нектара.

Изменение количества лактобактерий в процессе сквашивания тыквенного нектара восстановленной и невосстановленной закваской представлено на рисунке 2.

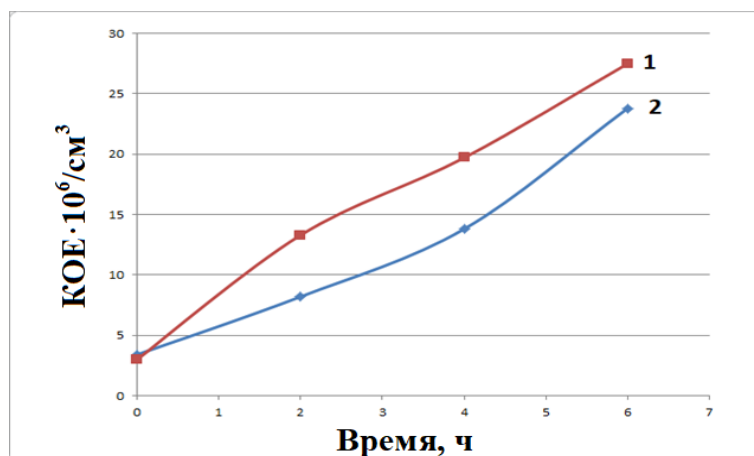


Рисунок 2 – Изменение количества лактобактерий в процессе сквашивания тыквенного нектара восстановленной и невосстановленной закваской: 1 – Нектар «Бабушкино Лукошко» тыквенный с добавлением лактулозы, сквашенный восстановленной закваской; 2 – Нектар «Бабушкино Лукошко» тыквенный

Как видно из представленных данных, добавление лактулозы и использование восстановленной закваски привело к ускорению процесса сквашивания нектара.

Таким образом, исследования показали, что нектар тыквенный «Бабушкино лукошко» является хорошей основой для получения напитка функционального назначения. Полученный напиток не только содержит полезные пробиотические культуры микроорганизмов, но и в его состав включена пребиотическая добавка лактулоза, которая обладает целым рядом полезных свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Karyna Svidlo, Oksana Zhulinska, Mykhailo Peresichnyi. (2013). Technology of functional juice containing non-alcoholic drinks. Journal of Hygienic Engineering and Design 3. – 2013. – P. 54-58.
2. ГОСТ 6687.0-86. Продукция безалкогольной промышленности. Правила приемки и методы отбора проб. – Москва: Изд-во Госстандарт России, 1991. – 6 с.
3. ГОСТ 6687.4-86. Напитки безалкогольные, квасы и сиропы. Методы определения кислотности. – Москва: Изд-во Государственный комитет СССР по стандартам, 1987. – 3 с.
4. ГОСТ 33924-2016. Молоко и молочная продукция. Методы определения бифидобактерий. – Москва: Изд-во Стандартинформ, 2016. – 8 с.

УДК 576

Е.В. Журишкина<sup>1</sup>, С.И. Степанов<sup>1</sup>, И.М. Лапина<sup>1</sup>, А.А. Кульминская<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова НИЦ «Курчатовский институт»,  
<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НА КЛЕТКИ HEP G2 И CHANG LIVER НАТИВНОГО И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ФУКОИДАНОВ ИЗ БУРЫХ ВОДОРОСЛЕЙ *FUCUS VESICULOSUS*

Среди обилия морских ресурсов, водоросли являются ценным источником органических и минеральных веществ. Полисахариды, выделяемые из них, находят широкое применение в пищевой и медицинской промышленности. Клеточные стенки бурых

водорослей содержат сульфатированные фукополисахариды, биологическая функция которых – препятствовать высыханию водорослей. Эти полисахариды, обозначаемые термином «фукоиданы», представляют собой полимеры с разветвленной структурой, в состав которых, помимо фукозы и сульфогрупп, включены другие моносахариды (манноза, галактоза, глюкоза и т.д.) в различных соотношениях, уронные кислоты и ацетильные группы [1]. Уникальность этих фукополисахаридов обусловлена проявлением ими разнообразных биологических активностей: противоопухолевой [2], антибактериальной, противовирусной, антикоагулянтной, иммуномодулирующей и противовоспалительной [3]. Многочисленные работы по изучению противоопухолевой активности фукоиданов ведутся в русле поиска средств, обладающих выраженной токсичностью к раковым клеткам и минимальным воздействием на нормальные, немалигнизированные клетки.

Несмотря на значительное число статей о различных биологических активностях сульфатированных полисахаридов, применение их в медицине тормозится по ряду причин, основными из которых можно считать большой размер молекул и неоднородность состава фукоидана, сезонные вариации в химическом составе, и, как следствие, не полностью выясненные механизмы воздействия фукоиданов на живые организмы.

С другой стороны, имеется много работ, описывающих высокую биологическую активность низкомолекулярных фукоиданов, полученных при помощи кислотного, радикального или ферментативного методов гидролиза [1]. Однако исследований, сравнивающих свойства высокомолекулярных и низкомолекулярных фукоиданов, значительно меньше. Еще меньше работ, сравнивающих цитотоксичность фукоиданов с разным молекулярным весом.

Ранее мы исследовали цитотоксичность частично очищенной фракции сульфатированных фукополисахаридов, полученной из смеси водорослей *L. digitata* и *F. vesiculosus*, в отношении клеток карциномы человека HeLa G-63, нейроэндокринной опухоли крысы PC-12 и эндотелиоцитов человека ECV-304 [4]. Было показано, что эффективность воздействия фукоидана на клетки, результатом которого является индукция апоптоза и нарушение клеточного цикла, зависит от многих факторов: дозы, времени обработки клеток фукополисахаридами, типа опухолевых клеток, а также характеристик самого фукоидана: его источника, способа получения и состава. В следующей нашей работе, с целью выяснения, какие структурные элементы фукоидана являются определяющими его активностью, мы сравнили влияние грубого фукоидана, выделенного из *F. vesiculosus*, и фракций, полученных из него с помощью анионообменной хроматографии, на клетки HeLa G-63, опухолевые Hep G2 и немалигнизированные Chang liver клетки печени [5]. Было показано, что полученные фракции фукоидана, отличающиеся по степени сульфатирования, содержанию фукозы, уронных кислот и положению сульфатных групп в фукозном остатке, оказывают различное влияние на выживаемость клеток. Мы показали, что опухолевые клетки проявляют к фукоидану заметно большую чувствительность, чем немалигнизированные.

Целью настоящей работы стали изучение и сравнение влияния нативного фукоидана, выделенного из водорослей *F. vesiculosus*, и полученных из него с помощью кислотного гидролиза образцов низкомолекулярного фукоидана на клетки печени: опухолевые Hep G2 и немалигнизированные Chang liver.

Грубая фракция сульфатированных полисахаридов F была выделена из сухих измельченных водорослей *F. vesiculosus* по методике, описанной в работе [6]. С помощью кислотного гидролиза в течение 5 и 10 мин были получены образцы частично деполимеризованного фукоидана F5 и F10, соответственно, по методике, приведенной в [2]. Исходный фукоидан F и низкомолекулярные образцы F5 и F10 представляли собой

сульфатированные полисахариды с содержанием фукозы 45,6%, 53,2%, 48,6% и сульфатов 14,6%, 14,2% и 13,3%, соответственно (определено по методикам [7] и [8]).

Анализ кривых скорости роста клеток Hep G2 и Chang liver показал, что как исходный фукоидан F, так и низкомолекулярные образцы F5 и F10 ингибируют пролиферацию обеих клеточных линий после 48 ч культивирования в их присутствии. Клетки Hep G2 проявили большую чувствительность к фукоиданам, чем клетки Chang liver, причем для обеих линий различия в реакции на все исследуемые образцы оказались несущественными (рис. 1).

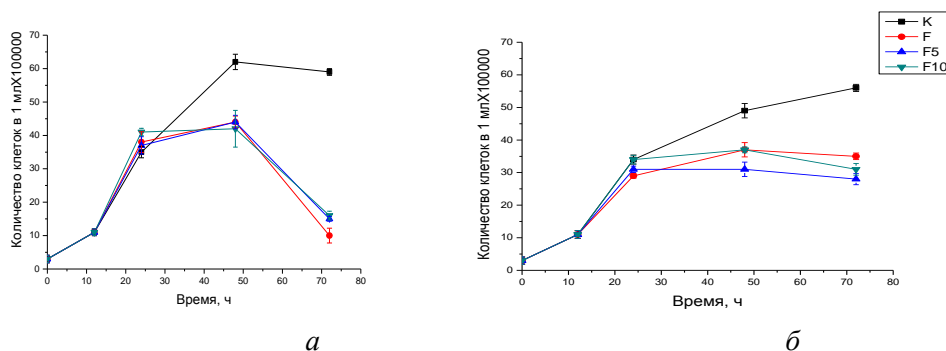


Рисунок 1 - Кривые скорости роста клеток Hep G2 (а) и Chang liver (б) при культивировании в присутствии фукоиданов F, F5 и F10 в концентрации 180 мкг/мл

По данным проточной цитометрии, обработка клеток Hep G2 и Chang liver сульфатированными фукополисахаридами F, F5 и F10 в концентрации 180 мкг/мл в течение 24 и 48 ч приводила к гибели клеток. На клетки Hep G2 фукоиданы оказывают более сильное влияние после 48 ч обработки. Наибольшую эффективность в отношении обеих клеточных линий проявлял образец F5 (рис. 2).

Цитотоксичность фукоиданов была оценена с помощью WST-теста после присутствия их в среде в течение 24 и 48 ч. Фукоиданы влияют на метаболическую активность клеток обеих линий после 48 ч воздействия, причем наибольшую активность проявили низкомолекулярные образцы F5 и F10 по сравнению с исходным фукополисахаридом F (данные не показаны).

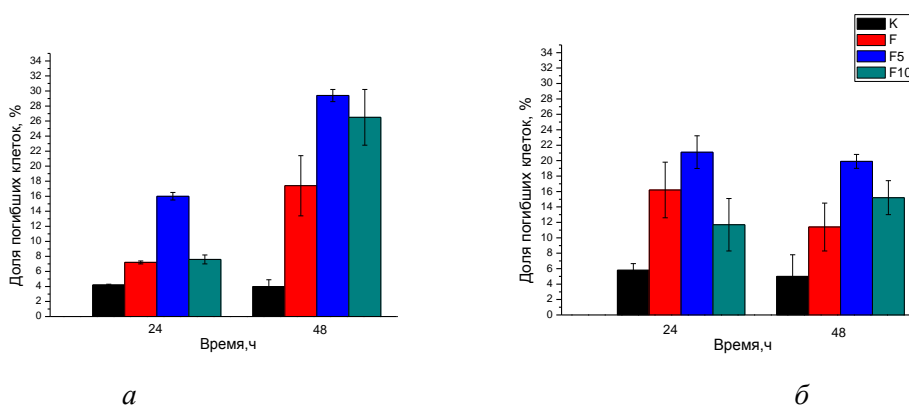


Рисунок 2 – Влияние фукоиданов F, F5 и F10 в концентрации 180 мкг/мл на гибель клеток Hep G2 (а) и Chang liver (б) в течение 24 и 48 часов

Таким образом, мы получили частично деполимеризованные образцы фукоиданов и сравнили их противоопухолевую активность с активностью нативного фукополисахарида. Как правило, молекулярный вес и содержание сульфатов рассматривают как факторы, влияющие на противоопухолевую активность. Поскольку кислотный гидролиз в мягких условиях позволяет избежать заметного десульфатирования фукоиданов, можно сделать вывод, что уменьшение молекулярного веса полисахаридов при практически одинаковой



степени сульфатирования действительно способствует увеличению противоопухолевой активности, что также находится в соответствии с ранее опубликованными работами других авторов [2,9].

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 16-14-00109).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Morua V.K., Kim J., Kim E.-K. 2012. Algal fucoidan: structural and size-dependent bioactivities and their perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 93: 71–82.
2. Yang Ch., Chung D., Shin I., Lee H., Kim J., Lee Y., You S. 2008. Effects of molecular weight and hydrolysis conditions on anticancer activity of fucoidans from sporophyll of *Undaria pinnatifida*. *Int. J. Biol. Macromol.* 43: 433–437.
3. Cumashi A., Ushakova N.A., Preobrazhenskaya M.E., D’Incecco A., Piccoli A., Totani L., Tinari N., Morozevich G.E., Berman A. E., Bilan M.I., Usov A.I., Ustuzhanina N.E., Sanderson C.J., Kelly M., Rabinovich G.A., Iacobelli S., Nifantiev N.E. 2007. A comparative study of the anti-inflammatory, anticoagulant, antiangiogenic and antiadhesive activities of nine different fucoidans from brown seaweeds. *Glycobiology.* 17: 541-552
4. Журишкина Е.В., Лапина И.М., Иванен Д.Р., Степанов С.И., Швецова С.В., Шаварда А.Л., Гильяно Н.Я., Кульминская А.А. 2015. Влияние фукоиданов, выделенных из водорослей *Laminaria digitata* и *Fucus vesiculosus*, на клетки HeLa G- 63, ECV 304 и PC 12. *Цитология.* 57 (10): 727-735.
5. Журишкина Е.В., Степанов С.И., Швецова С.В., Кульминская А.А., Лапина И.М. 2017. Сравнительный анализ влияния фукоидана из водорослей *Fucus vesiculosus* и фракций, полученных из него с помощью анионообменной хроматографии, на клетки HeLa G-63, Hep G2 и Chang liver. *Цитология.* 59 (2): 148-155.
6. Усов А.И., Билан М.И. 2009. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. *Успехи химии.* 78 (8): 846-862.
7. Dodgson K. S. 1961. Determination of inorganic sulphate in studies on the enzymatic and non-enzymatic hydrolysis of carbohydrate and other sulphate esters. *Biochem. J.* 78: 312-319.
8. Dische Z., Shettles L.B., Osnos M. 1949. New specific color reactions of hexoses and spectrophotometric micro-metods for their determination. *Arch. Biochem.* 22: 169.
9. Cho M.L., Lee B.-Y., You S. 2011. Relationship between oversulfation and conformation of low and high molecular weight fucoidans and evaluation of their in vitro anticancer activity. *Molecules.* 16: 291-297.

УДК 001.8:633.36

В.С. Попов, Е.А. Смирнова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА НОВЫХ СОРТОВ СЕМЯН ГУАРА

*Актуальность.* В настоящее время на мировом рынке продуктов питания происходит изменение трендов: наблюдается увеличение спроса на натуральные, низкокалорийные продукты питания, а также изделия специализированного назначения – безглютеновые, вегетарианские, «органические». Гидроколлоиды являются многофункциональными ингредиентами, и представляется актуальным более широкое исследование их свойств и в дальнейшем использование при разработке функциональных и специализированных продуктов питания с заданными характеристиками.

*Введение.* Гидроколлоиды – обширная группа пищевых ингредиентов полисахаридной и белковой природы, выполняющих функции загустителей, гелеобразователей и стабилизаторов. Многие из них являются функциональными (полезными для здоровья)

ингредиентами и позволяют создавать низкокалорийные продукты питания с заданными структурно-механическими свойствами.

Галактоманнаны являются резервными углеводами, представляющими собой полисахаридный запас клеточных стенок разнообразных альбуминовых или эндоспермных семян. К широко используемым относятся галактоманнаны из плодов рожкового дерева (*Ceratonia siliqua*), гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*) и, в меньшей степени, кустарника тары (*Cesalpinia spinosa*) [1].

Эти три вида галактоманнанов построены из цепей полностью линейного (1-4)- $\beta$ -D-маннана, к которым, посредством (1-6)- $\alpha$ -гликозидных связей, через равные интервалы присоединены боковые цепи, состоящие из единичных остатков  $\alpha$ -D- галактозы [2].

Коммерческие препараты растительных галактоманнанов получили название камеди. Промышленные продукты классифицируются, в основном, по параметрам вязкости, содержанию протеина, нерастворимому в кислоте остатку (как показателю остаточного содержания оболочек) и распределению размера частиц (гранулометрическому составу).

Все три типа галактоманнанов при растворении в воде проявляют свойства эффективных загустителей. Способность галактоманнанов к загущению зависит от размера или длины, а также от ассоциации макромолекул и, таким образом, от их молекулярной массы. Большинство галактоманнанов, подобно производным целлюлозы и пектинам, не расщепляются в желудочно-кишечном тракте и выполняют функции пищевых волокон.

Эти загустители и гелеобразователи широко используются в пищевых продуктах с целью придания им привлекательного внешнего вида, а также для увеличения их срока годности за счёт связывания воды.

В данной работе проведены исследования с целью сравнительной оценки физико-химических свойств и состава перспективных сортов семян гуара.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Определение содержания камеди, как основного компонента гуаровых семян.
- 2) Определение состава углеводов камеди.
- 3) Исследование реологических свойств выделенной гуаровой камеди.

Гуаровая камедь (E412) – это наименование измельчённого эндосперма, называемого гуаровыми хлопьями, из семян растения гуара *Cyamopsis tetragonoloba* L. Гуар является однолетним растением из семейства бобовых, которое произрастает в жарком, засушливом климате. Гуар издревле выращивали в Индии, Пакистане, Цейлоне и использовали в пищу людей и животных. С санскритского в слове «Gau-ahar» «Gau» означает корова, а «ahar» – пища. Семена гуара состоят на 20...22 % из оболочек, на 44...46 % из зародыша и на 32...36 % из эндосперма [1, с. 189; 3].

Гуаровая камедь благодаря своим абсорбционным свойствам способна снижать уровень холестерина и триглицеридов низкой плотности в крови. Также она проявляет гипогликемические свойства и уменьшает всасывание глюкозы в крови, что позволяет использовать гуаровую камедь при лечении и профилактике диабета.

*Объекты исследования.* Объектами исследования являлись 3 новых сорта семян гуара, представленные в таблице 1 и на рисунке 1.

*Методы исследования.*

- Содержание камеди. Оценку содержания камеди проводили после замачивания, отделения семядолей от оболочки и зародыша, высушивания и дробления весовым способом [4].

- Состав углеводов камеди. Содержание галактоманнана и минорных углеводов определяли после гидролиза 2М трифторуксусной кислотой [5] в виде триметилсилильных производных методом ГЖХ [6].

- Вязкость камеди. Для испытаний был приготовлен лабораторный образец очищенной камеди в количестве 5 г (сушка на воздухе при 50°C). Измерения вязкости проводились на ротационном вискозиметре Fungilab, модель Smart, шпиндель L2, 100 мин<sup>-1</sup> при температуре 20 °С.

Таблица 1 - Маркировка и внешний вид образцов

№ п/п	Маркировка	Внешний вид
1	ZD50.1 – ВИР им. Н.И.Вавилова. Гуар. Сорты Кубанский 1Б. Производство – Крым ур. 2016 г.	ZD50.1 – Серо-бежевые семена неправильной формы скруглено сплюснутого кубика Ø4, толщина 2, есть темные зерна.
2	ZD50.2 – Гуар. Сорты местный. Происхождение – Индия. Производство – Ростов (Батайск) ур. 2016 г.	ZD50.2 – Серовато-зелено-бежевые семена сплюснутой округлой формы Ø4, толщина 2.
3	ZD50.3 – Гуар. Сорты местный. Происхождение – Пакистан. Ориг. семена ур. 2014 г.	ZD50.3 – Серо-бежевые семена неправильной формы скруглено-сплюснутого кубика Ø4, толщина 2, есть темные зерна.



Рисунок 1 - Внешний вид образцов ZD50.1–3 (слева направо)

*Результаты и обсуждение.* Содержание общей камеди, галактоманнана и состава её углеводов, а также значения начальной вязкости приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Содержание, состав камеди и значение вязкости в образцах ZD50.1–3

Показатель	Образцы гуара		
	ZD50.1	ZD50.2	ZD50.3
Общее содержание камеди, %	39,0±3,9	33,3±3,3	36,4±3,6
Содержание галактоманнана в камеди, %	47,9±4,8	41,0±4,1	72,4±7,2
Содержание отдельных моносахаридов в камеди, % от суммы:			
— Манноза	58,6±5,9	52,9±5,3	52,0±5,2
— Галактоза	32,1±3,2	29,3±2,9	29,4±2,9
— Глюкоза	5,4±0,5	3,6±0,4	2,6±0,3
— Арабиноза	1,9±0,2	1,3±0,1	0,6±0,1
— Ксилоза	0,4±0,1	0,3±0,1	0,4±0,1
— Инозит	1,1±0,1	0,9±0,1	0,5±0,1
— Глюкозамин	0,4±0,1	0,3±0,1	менее 0,1
Начальная вязкость не менее, сП	39,6	38,9	123,7

Данные приведённые в таблице 2, показали, что наибольшее содержание общей камеди ( $39,0 \pm 3,9$ ), а также отдельных моносахаридов находится в образце ZD50.1, тогда как наибольшее содержание галактоманнана, главного действующего вещества в камеди, обнаружено в сорте ZD50.3 ( $72,4 \pm 7,2$ ).

Сравнение вязкости трех образцов камедей, показало, что наибольшая начальная вязкость (123,7 сП) по сравнению с остальными двумя сортами установлена для сорта ZD50.3. Растворы всех образцов проявляли псевдопластичные и тиксотропные свойства.

*Вывод.* Гуаровая камедь обладает достаточной жесткостью и повышенной эластичностью, хорошей растворимостью как в холодной, так и в горячей воде. Благодаря этим свойствам признаётся весьма эффективным загустителем, эмульгатором и стабилизатором. Применение новых сортов семян гаура с высоким содержанием общей камеди открывает перспективы для более широкого использования гидроколлоидов при производстве продуктов функционального и специализированного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс (ред.). Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – С. 183.
2. Нечаев А.П., Кочеткова А.А. Пищевые и биологически активные добавки, ароматизаторы и технологические вспомогательные средства. – СПб.: «ГИОРД» 2007. – С. 63.
3. А. Аймесон Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи. – СПб.: «Издательство профессия», 2012, 400 с.
4. Sabahelkheir Murwan K., ea. Quality assessment of guar gum (endosperm) of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) // ISCA J Biol Sci (2012) 1#1, P. 67–70.
5. Bukhari S.A., ea. Purification, fragmentation and characterization of gum from *Cyamopsis tetragonoloba* to enhance its nutraceutical attributes // Pak J Agri Sci (2014) 51#4, P. 1059–1068.
6. Medeiros P.M., Simoneit B.R.T. Analysis of sugars in environmental samples by gas chromatography – mass spectrometry // J Chromat A (2007) 1141#1, P. 271–278.

УДК 637.146.1

А.А. Мукабенова, И.А. Баженова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПРЕБИОТИКОВ НА КИСЛОТОНАКОПЛЕНИЕ, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ «ВАРЕНЦА»

*Актуальность.* На сегодняшний день отношение потребителей к здоровому образу изменилось. Люди все чаще стали задумываться о правильном ежедневном питании. Помимо экологической безопасности и безопасности в целом, потребители стали задаваться вопросом о влиянии различных продуктов питания на их здоровье [1, с. 14-15].

Кисломолочные продукты пользуются успехом во многих странах мира: их польза и безопасность определена во многих клинических испытаниях. Сегодня на рынке представлен широкий ассортимент молочных продуктов. Одним из них является «Варенец». Он очень богат полезными элементами и обладает свойствами, которые положительно влияют на организм человека, к тому же он является низкокалорийным продуктом [2, с. 22-24].

Сейчас очень развито производство продуктов, обогащенных полезными веществами, которые положительно влияют на организм человека. В кисломолочные продукты добавляют пребиотики, микроорганизмы-пробиотики и обогащают кальцием. По данным Международной молочной федерации, такие продукты в ближайшие годы будут занимать наибольший объем в производстве всех кисломолочных продуктов. [2, с. 25; 3, с. 51-53].

Так как интерес населения к продуктам, обогащенным полезными для организма человека веществами, с каждым годом все больше растет, и большинство компаний делает уклон именно на производство обогащенных продуктов, то исследование кисломолочного продукта «Варенец» с добавками пребиотиками очень актуально.

Цель данной работы – определить влияние добавок пребиотиков на физико-химические, микробиологические и органолептические показатели «Варенца».

Объектами исследования были выбраны лиофилизированные закваски для сметаны и ряженки, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Состав заквасок

Наименование закваски	Состав	Производитель
Закваски для ряженки		
«Скваска»	<i>Streptococcus thermophilus</i>	ООО «Каприна» по заказу ООО «Скваска», Россия
«Свой йогурт»	<i>Streptococcus thermophilus</i>	ФГУП «Экспериментальная биофабрика», Россия
«ЕКОКОМ»	<i>Streptococcus thermophilus</i>	ООО «Лактина», Болгария
«Oursson food»	<i>Streptococcus thermophilus</i>	ООО «Зеленая линия» по заказу «Орсон», Россия
Закваски для сметаны		
«Vivo»	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Lactococcus cremoris</i> , <i>Lactococcus diacetylactis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i> , лактоза	ООО «ВИВО Индустрия», Россия, Москва
«Свой йогурт»	<i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Streptococcus thermophilus</i>	ФГУП «Экспериментальная биофабрика», Россия

В качестве добавок пребиотиков были выбраны пшеничные ферментированные отруби «Рекицен-РД» и препарат «Лактусан». Во все продукты вносилось 2% препарата «Лактусан», или 2% отрубей, или их комбинация. Для получения всех продуктов использовалось молоко топленое «СВЕЖЕЕ завтра» с жирностью 2,5%. Приготовление продуктов происходило в термостате при температуре  $41 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 6 часов, за исключением тех, которые были сделаны из сметанных заквасок. Так как у них уже на 5 час термостатирования наблюдалось очень сильное отделение сыворотки и расслоение сгустка.

При термостатировании продуктов каждый час, проводили определение интенсивности кислотообразования путем титрования продуктов 0,1 н р-ром NaOH. Результаты исследований представлены в таблице 2

По представленным в таблице 2 данным титрования, видно, что необходимая кислотность, которая соответствует требованиям ГОСТ 31667-2012 Межгосударственный стандарт Варенец. Технические условия (для варенца допускается кислотность от 80 до  $120^\circ\text{T}$ ), достигается в продуктах к 3 часу, исключение составляют продукты без добавок – у них необходимая кислотность появляется только на 4 час. Видно, что нарастание кислотности происходит быстрее у продуктов с добавками-пребиотиками, чем у продуктов без них. Хуже всего процесс кислотонакопления проходил у закваски «Oursson food» без добавок – необходимый уровень кислотности достигался к 5 часу.

Препараты для микрокопирования приготавливали через каждые 2 часа на протяжении 6 часов термостатирования продуктов. В ходе исследования морфологии продуктов установили, что лактулоза стимулирует рост микроорганизмов. Для продуктов с добавлением этого препарата достаточно 4 часа термостатирования. Для продуктов, приготовленных только с добавлением отрубей, оптимальное время выдержки в термостате – 6 часов. Отруби представляют собой твердые волокна и, скорее всего, нужно время для их



размокания, и выхода из них необходимых веществ для роста микроорганизмов. Продукты без добавления препаратов пребиотиков, приготовленные из заквасок для ряженки, достигали готовности через 6 часов термостатирования и на 5 час – из сметанных заквасок.

Таблица 2 - Нарастание кислотности продуктов

Наименование продукта	Кислотность, °Т					
	1 час	2 час	3 час	4 час	5 час	6 час
«Скваска» без добавок	36	44	60	78	103	121
«Скваска» + лактусан	49	62	85	102	111	121
«Скваска» + отруби	51	68	89	108	123	144
«Скваска» + лактусан + отруби	55	69	91	103	117	130
«Свой йогурт» без добавок	35	41	63	95	109	126
«Свой йогурт» + лактусан	45	58	81	94	103	111
«Свой йогурт» + отруби	47	59	86	103	109	125
«Свой йогурт» + лактусан + отруби	50	72	87	111	125	139
«Oursson food» без добавок	35	38	53	62	86	98
«Oursson food» + лактусан	43	58	75	118	124	133
«Oursson food» + отруби	45	59	70	114	120	130
«Oursson food» + лактусан + отруби	44	61	73	110	112	129
«ЕКОКОМ» без добавок	33	51	68	89	103	122
«ЕКОКОМ» + лактусан	43	65	81	96	101	128
«ЕКОКОМ» + лактусан + отруби	44	61	90	113	120	139
«Vivo» без добавок	35	57	68	81	112	-
«Vivo»+ лактусан	55	73	83	90	106	-
«Vivo» + отруби	54	69	82	101	105	-
«Vivo» + лактусан + отруби	52	51	70	101	9,1	-
«Свой йогурт» смет. без добавок	33	48	65	84	103	-
«Свой йогурт» смет. + лактусан	59	61	81	106	117	-
«Свой йогурт» смет. + отруби	56	65	78	101	147	-
«Свой йогурт» смет. + лактусан + отруби	57	68	84	103	135	-

Во всех заквасках для ряженки с добавлением пребиотиков к 6 часу термостатирования наблюдалось истощение микроорганизмов, стрептококки становились тоньше, короче, увеличивалось число моно- и диплококков (рис. 1). А для сметанных заквасок с добавками тот же эффект наблюдается на 5 час.

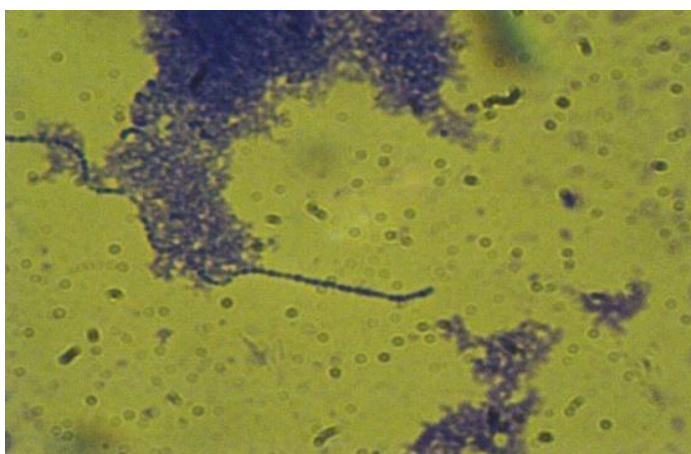


Рисунок 1 - Препарат продукта из закваски «Свой йогурт» с добавлением 2% лактусана и 2% отрубей, выдержанный 6 часов в термостате

Органолептическую оценку продуктов проводили по 5-балльной шкале, оценивали консистенцию, цвет, вкус и запах. В ходе чего выяснили, что продукты без добавления пребиотиков по всем органолептическим параметрам соответствуют требованиям ГОСТ. А в продуктах с добавлением препарата «Лактусан» появился сладковатый вкус, и консистенция продукта становилась более текучая, чем в продуктах без добавок. Продукты с отрубями, имели небольшой привкус и запах отрубей, но при этом сами отруби не нарушали консистенцию продукта, так как выпадали в осадок. Однако не всем нравится вкус отрубей, поэтому данную добавку можно сочетать с добавлением других пребиотиков, например, лактусана, который придает сладкий вкус и тем самым перебивает привкус отрубей, что было доказано органолептической оценкой продуктов с добавками лактусана и отрубей. Наивысшие оценки получили продукты с добавлением препарата «Лактусан», дегустаторы отмечали очень приятный сладковатый привкус, дополняющий кисломолочный вкус варенца.

*Выводы.* Как показывают результаты исследования, в продуктах с добавлением пребиотиков кислотонакопление происходило более интенсивно, время достижения нужной кислотности сокращалось на 1 час, и микроорганизмы развивались быстрее. Во всех продуктах с добавлением Препарата «Лактусан» и отрубей «Рекицен-РД» дегустаторы отмечали изменения во вкусе и текстуре продуктов.

В дальнейшем планируется расширить ассортимент используемых заквасок, пребиотических препаратов, и провести оценку готовых продуктов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кудрявцева Т.А. Совершенствование технологии бактериальных заквасок и ферментных препаратов: метод. указ / Евстигнеева Т.Н., Надточий Л.А. – Санкт-Петербург: изд-во ун-та ИТМО, 2008.
2. Курников В.О. Рынок молока: оценка ситуации в России // Журнал «Молочная сфера». – 2015. – №54.
3. Глазачев В.В. Технология кисломолочных продуктов: учебное пособие / Глазачев В.В. – Москва: изд-во Пищевая промышленность, 1968.

УДК 577.15

Э.Ф. Усманова, М.Е. Зиновьева

Казанский национальный исследовательский технологический университет

#### ЭНЗИМАТИЧЕСКИЙ ГИДРОЛИЗ КАСТОРОВОГО МАСЛА

Растительные масла и продукты их переработки могут служить источником различных промышленно важных веществ. В промышленности с целью получения глицерина и жирных кислот широкое применение находит химический гидролиз жиров и растительных масел, который протекает при высоких температурах и давлении (200-250 °С, 2,0-3,5 МПа) или в присутствии химических катализаторов (смесь нафтенных сульфокислот и серной кислоты) и часто приводит к деградации и ухудшению свойств получаемых продуктов. Ферментативный гидролиз липидов лишен этих недостатков. Преимуществами ферментативного гидролиза являются простота аппаратного оформления, экологическая безопасность процесса, а также возможность получения недеградированных продуктов гидролиза. При использовании ферментативного гидролиза снижаются затраты на энергоносители и уменьшается количество экологически вредных отходов [1, с. 1243; 2, с. 31 – 41; 3, с. 93 – 99; 4; 5, с. 93-99; 6, с. 496].

Касторовое масло (масло клещевины, лат. *Oleum Ricini*) – растительное масло из растений вида *Ricinus communis*, смесь триглицеридов рицинолевой, линолевой и олеиновой кислот, с преобладанием рицинолевой кислоты до 80-90 %. Одним из важнейших направлений в использовании касторового масла является получение рицинолевой кислоты. Рицинолевая кислота, источником которой является касторовое масло, представляет интерес для медицины, так как обладает эффективным бактерицидным, противовоспалительным и противогерпетическим действием. Но основная область применения рицинолевой кислоты – это использование для получения ряда кислот (себаценовой, ундециленовой и азелаиновой), гептанола, 2-октанола, ПАВ и других ценных продуктов [1-2].

Целью работы являлось изучение возможности энзиматического гидролиза касторового масла.

В работе были определены следующие задачи:

- изучить возможность гидролиза касторового масла ферментными препаратами «*Novozym 435*» и «*Lipozyme TL IM*».

- определить какой ферментный препарат осуществляет гидролиз эффективнее.

- изучить влияние содержания воды в системе на процесс гидролиза касторового масла.

Гидролиз масла осуществляли с помощью иммобилизованных на силикагеле липолитических ферментных препаратов «*Novozym 435*» и «*Lipozyme TL IM*».

Для осуществления гидролиза использовали гетерогенную среду: к увлажненному ферментному препарату (твердая фаза) добавляли раствор масла в среде органического растворителя (гексан:хлороформ 4:1). Суспензию выдерживали в течение 1-48 часов без перемешивания.

В результате исследований, экспериментально была определена возможность гидролиза касторового масла изученными ферментными препаратами (см. таблица 1).

Условия проведения процесса гидролиза: концентрация ферментного препарата

10 мг/см<sup>3</sup>; концентрация касторового масла в реакционной среде 50 %; температура проведения процесса 45 °С; содержание воды в реакционной системе 10 мкл/см<sup>3</sup>.

Ранее было установлено, что наибольший выход жирных кислот наблюдается при проведении реакции в течение 24 часов.

Установлено, что при прочих равных условиях, применение ферментного препарата «*Lipozyme TL IM*» позволяет осуществлять гидролиз касторового масла примерно на 30 % эффективнее, по сравнению с ферментным препаратом «*Novozym 435*».

Таблица 1 – Гидролиз касторового масла иммобилизованными ферментными препаратами

Используемый для гидролиза ферментный препарат	Выход жирных кислот за 24 часа, мкМоль/ см <sup>3</sup> касторового масла
« <i>Novozym 435</i> »	290
« <i>Lipozyme TL IM</i> »	382

На следующем этапе работы изучалось влияние содержания воды в системе на глубину гидролиза касторового масла ферментным препаратом «*Lipozyme TL IM*» (см. таблица 2).

Условия проведения процесса гидролиза: концентрация ферментного препарата 10 мг/см<sup>3</sup>; концентрация касторового масла в реакционной среде 50 %; температура проведения процесса 45 °С; содержание воды в реакционной системе 10-30 мкл/см<sup>3</sup>.

Анализ полученных данных таблицы 2 показал, что при добавлении воды в количестве 20 % к объему реакционной среды, выход жирных кислот значительно увеличивается. Но дальнейшее увеличение содержания воды в системе не приводит к повышению выхода жирных кислот, вероятно из-за образования слишком объемной гидратной оболочки вокруг



гранул ферментного препарата и уменьшения доступности гидрофобного субстрата для фермента.

Таблица 2 – Влияние содержания воды в системе на глубину гидролиза

Содержание воды мкл/см <sup>3</sup> реакционной среды	Выход жирных кислот, мкМоль/ см <sup>3</sup> касторового масла
10	382
20	960
30	690

Анализ полученных данных таблицы 2 показал, что при добавлении воды в количестве 20 % к объему реакционной среды, выход жирных кислот значительно увеличивается. Но дальнейшее увеличение содержания воды в системе не приводит к повышению выхода жирных кислот, вероятно из-за образования слишком объемной гидратной оболочки вокруг гранул ферментного препарата и уменьшения доступности гидрофобного субстрата для фермента.

Таким образом, установлено, что эффективный гидролиз касторового масла наблюдается при использовании в качестве катализатора ферментного препарата «*Lipozyme TL IM*». Положительный эффект на протекание процесса наблюдается при увеличении содержания воды в системе до 2 %, что приводит к увеличению глубины гидролиза в 2,5 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Козлов Л.В. Биоорганическая химия / Л.В. Козлов. - 1980. - т. 6, № 8. - 1243 с.
2. Meenal S. Puthli, Virendra K. Rathod, Aniruddha B. Pandit. (2006). Enzymatic hydrolysis of castor oil: Process intensification studies // India Biochemical Engineering Journal 31. - 2006. - P. 31-41.
3. Virendra K. Rathod, Anirudha B. Pandit. (2009). Effect of various additives on enzymatic hydrolysis of castor oil // Biochemical Engineering Journal. - № 47. - 2009. - P. 93-99.
4. Чан Т.Т. Хыонг. Гидролиз и модификация липидов с применением липолитических ферментов дрожжей: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Казань: КНИТУ, 2013.
5. Rathod V. K., Pandit A. B. (2009). Effect of various additives on enzymatic hydrolysis of castor oil // Biochemical Engineering Journal. – 2009. – Т. 47. – №. 1. - P. 93-99.
6. Kojima Yu., Sakuradani E., Shimizu S. // J. Bioscience Bioengineering. – 2006. – V. 101. – P. 496.

УДК 663

Р. Харба, В.А. Иванова, Т.В. Меледина  
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики

#### РАЗРАБОТКА НАПИТКА НА ОСНОВЕ ЗЕРНОВОГО И ПЛОДОВОГО ДИСТИЛЛЯТОВ

К напиткам из дистиллятов относят множество широко известных крепких алкогольных напитков разных стран мира. Разновидность напитка в первую очередь определяется тем, какой продукт использовался для получения дистиллята. Так, бренди – продукт, изготовленный из винного дистиллята, выдержанного в контакте с древесиной дуба не менее шести месяцев. Текила – крепкий алкогольный напиток, полученный путём дистилляции ферментированного сока голубой агавы. Неизменной популярностью у потребителя пользуется виски – спиртной напиток из зернового сырья, изготовленный

купажированием солодовых выдержанных дистиллятов. Если дистиллят получают из ягод, фруктов, плодов, то речь идёт уже о плодовых (фруктовых) дистиллятах, которые лежат в основе получения многих национальных алкогольных напитков. Так, например, немецкий кирш (киршвассер) – крепкий алкогольный напиток, получаемый дистилляцией сброженного сусла чёрной черешни. Швейцарская вильямина – напиток из грушевого дистиллята. И этот перечень довольно обширен. Практически каждый регион может похвастаться своими национальными алкогольными напитками, произведенными из дистиллятов.

В нашей стране всё большую популярность приобретают плодовые дистилляты. Интерес производителей к подобным технологиям объясняется доступностью произрастающего в наших регионах плодово-ягодного сырья, в то время как потребители ценят такие напитки за их натуральный характер. Расширение ассортимента высококачественной алкогольной продукции за счет более полного использования плодового сырья является одним из приоритетных направлений развития отрасли [1]. В связи с этим разработка технологии крепких спиртных напитков из плодового сырья является одним из перспективных направлений исследований. Помимо использования в рецептуре таких напитков дистиллятов, применение натуральных растительных добавок (трав, специй, фруктов, эфирных масел и т.п.) положительным образом сказывается на характеристиках напитка.

Целью данной работы была разработка напитка на основе зернового и плодового дистиллятов. В ходе работы были приготовлены зерновой дистиллят, полученный двукратной перегонкой сброженного сусла из ячменного солода (крепость дистиллята - 66% об.), а также - дистиллят плодовый из сброженного сусла, приготовленного из свежих яблок (крепость дистиллята – 24% об.). Полученные дистилляты использовали в купажировании крепких алкогольных напитков по следующим схемам:

образец №1 - зерновой дистиллят из ячменя разводили водой до крепости 43%;

образец №2 - зерновой дистиллят из ячменя разводили до крепости 43%, используя плодовый дистиллят;

образец №3 - в образец №1 добавляли порошок мускатного ореха;

образец №4 - в образец №2 добавляли порошок мускатного ореха.

Порошок мускатного ореха добавляли в напитки из расчёта 1г сырья на 1дм<sup>3</sup> напитка. После купажирования образцы выдерживали 7 суток, после чего фильтровали и помещали на выдержку в дубовые бочки на 1,5 года. По окончании выдержки все напитки анализировали по следующим показателям: содержание метилового спирта, общее содержание сахаров, концентрация меди и летучих кислот. Содержание метилового спирта определяли методом газовой хроматографии на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором [2]. Общее содержание сахаров в напитке определяли методом прямого титрования с использованием реактивов Фелинга [3]. Концентрацию меди определяли атомно-абсорбционным методом [4]. Массовую концентрацию летучих кислот определяли методом, основанным на титровании щелочью летучих кислот, выделенных из продукта путем перегонки с водяным паром [5].

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Анализ полученных данных показал, что образцы, приготовленные с использованием яблочного дистиллята, отличаются большим содержанием сахаров по сравнению с образцами, приготовленными только на основе зернового дистиллята. Это может быть связано с отличиями в процессах экстракции, протекающими во время выдержки в дубовых бочках напитков, приготовленных с использованием яблочного дистиллята. Что требует проведения дополнительных исследований в данной области. Важно отметить, что именно образцы, приготовленные с добавлением плодового дистиллята (образцы №2 и №4) получили наиболее высокие оценки по результатам органолептических испытаний.

Таблица 1 - Результаты физико-химических испытаний напитков, приготовленных на основе зернового и плодового дистиллятов

№ образца	Концентрация метанола, %	Общее содержание сахаров, г/100см <sup>3</sup>	Концентрация меди, мкг/см <sup>3</sup>	Концентрация летучих кислот, мг/100см <sup>3</sup> а/а
1	0,030	2,71	<0,05	75,5
2	0,042	3,22	0,09	51,5
3	0,075	2,63	<0,05	46,1
4	0,085	3,52	0,14	60,8

Данные о концентрации метанола, меди и летучих кислот в данных напитках носят на сегодняшний день информативный характер, так как в российских нормативных документах [6,7] не предусмотрена категория напитков, технология которых включала бы в себя использование сочетания зерновых и плодовых дистиллятов. При этом изучение количественного состава ароматических компонентов таких напитков представляет особый интерес, так как содержание и соотношение летучих кислот, спиртов, эфиров, альдегидов и ацеталей зависят как от вида сырья, так и от особенностей технологии их производства, и напрямую влияют на вкусо-ароматический профиль напитка.

Таким образом, исследование показало перспективность разработки напитков на основе сочетания зерновых и плодовых дистиллятов, а также необходимость проведения дальнейших исследований по изучению их физико-химического состава.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Оганесянц, Л.А. Совершенствование технологии крепких спиртных напитков из плодового сырья / Л.А.Оганесянц, В.А.Песчанская, Е.В.Дубинина, Г.А.Алиева // По материалам 11-й Международной научно-практической конференций "Инновационные технологии в пищевой промышленности", РУП "Научно-практический центр Национальная академия наук Беларуси по продовольствию", 3-4 октября 2012. [Электронный ресурс] URL <http://produkt.by/story/sovershenstvovanie-tehnologii-krepkih-spirtnyh-napitkov-iz-plodovogo-syrya> (дата обращения 14.10.2017).

2. ГОСТ 30536-2013. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический экспресс-метод определения содержания токсичных микропримесей. - Введ. 01.07.2014. - М.: Стандартинформ, 2014. - 15 с.

3. ГОСТ 32080-2013. Изделия ликероводочные. Правила приемки и методы анализа. - Введ. 01.07.2014. - М.: Стандартинформ, 2014. - 31 с.

4. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. - Введ. 01.01.1998. - М.: Стандартинформ, 2010. - 8 с.

5. ГОСТ 32001-2012. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения массовой концентрации летучих кислот. - Введ. 01.07.2014. - М.: Стандартинформ, 2014. - 6 с.

6. ГОСТ Р 33880-2016. Напитки спиртные. Термины и определения. - Введ. 01.08.2016. - М.: Стандартинформ, 2016. - 11с.

7. ГОСТ Р 52190-2003. Водки и изделия ликероводочные. Термины и определения. - Введ. 01.01.2005. - М.: Стандартинформ, 2009. - 8 с.

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ГАЛОФИЛЬНЫХ ДРОЖЖЕЙ  
*DEBARYOMYCES HANSENI*

Дрожжи *Debaryomyces hansenii* являются галотолерантным видом, обладающим высоким биотехнологическим потенциалом, в частности пищевой промышленности [1]. *D. hansenii* в основном применяются для производства кормового белка, в медицине, для создания БПК-биосенсоров [2]. *D. hansenii* используют в качестве компонента заквасок при производстве сыров и кисломолочных продуктов, так как они способны усваивают лактат, лактозу и галактозу. При росте в молоке данные дрожжи продуцируют небольшое количество свободных аминокислот (преимущественно глутаминовую кислоту, глицин, аргинин, пролин и аланин) и свободные жирные кислоты. Главным преимуществом использования галофильных микроорганизмов в биотехнологии является возможность их культивирования в присутствии посторонней микрофлоры. Несомненно, что такой процесс значительно удешевляет затраты на культивирование [3].

Дрожжи *D. hansenii* являются осмоотолерантными и способные расти в среде, содержащей до 4 М NaCl, в то время как рост *S. cerevisiae* ограничивается в средах, содержащих менее чем 1,7 М NaCl. *D. hansenii* находят в морской воде и почве, пищевых продуктах, в вине, пиве, фруктах. Эти дрожжи встречаются в продуктах питания с высоким содержанием сахара [4].

Цель работы: определить влияние разных концентраций хлористого натрия на ферментативную активность дрожжей *D. hansenii*.

В работе были использованы штаммы дрожжей *D.hansenii* H4651, предоставленный коллекцией кафедры «Бионанотехнология и биоорганический синтез» Московского государственного университета пищевых производств и штамм дрожжей *D. hansenii* КБП, выделенный из сыра сулугуни на кафедре биологии почв Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова.

Культивирование дрожжей *D. hansenii* КБП и *D.hansenii* H4651 проводили на стерильной питательной среде из мелассы с начальным содержанием редуцирующих веществ 0,23 % и сахарозы 8,70 %.

Мелассу предварительно разбавили в дистиллированной воде и стерилизовали 30 мин при температуре 115 °С. Далее в стерильный раствор мелассы вносили (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и КН<sub>2</sub>РО<sub>4</sub> исходя из начального содержания редуцирующих веществ и выхода дрожжей. В подготовленную питательную среду вносили хлорид натрия, содержание которого в питательной среде составляло 10, 20, 30 и 40 %.

Культивирование дрожжей *D. hansenii* КБП осуществляли в колбах объемом 100 мл при температуре 20±1 °С, при непрерывном перемешивании на шейкере в течение 9 суток. Дрожжи *D.hansenii* H4651 культивировались в колбах объемом 100 мл при температуре 25 ±1 °С, при непрерывном перемешивании на шейкере в течение 5 суток.

Для определения количества дрожжевых клеток в культуральной жидкости использовали камеру Горяева-Тома [5]. Биомассу дрожжей определяли фотометрическим методом при длине волны 540 нм и ширине кюветы 5 мм [6]. β-фруктофуранозидазная активность дрожжей *D. hansenii* КБП определялась по скорости ферментативной реакции гидролиза сахарозы, которую устанавливали по количеству образовавшегося инверта в реакционной жидкости [7].

Результаты и обсуждения.

Анализ представленных результатов в таблице 1 показывает, что наибольший выход биомассы наблюдается при 10%-ном содержании хлористого натрия в питательной среде как у дрожжей *D.hansenii* КБП, так и у *D. hansenii* Н4651.

Таблица 1 – Влияние содержания NaCl на  $\beta$ -фруктофуранозидазную активность дрожжей *D. hansenii* при культивировании на питательной среде из мелассы\*

Показатели**	Содержание NaCl в питательной среде, %			
	10	20	30	40
Прирост биомассы на конец культивирования, г/л	23,54/5,05	9,16/1,95	8,38/2,21	8,38/2,86
***Содержание редуцирующих веществ в культуральной жидкости, %	6,00/0,28	0,33/0,08	0,33/0,05	0,43/0,13
$\beta$ -фруктофуранозидазная активность, мкмоль/мл культуральной жидкости	16/5,97	0,27/1,19	0,27/1,19	0,55/2,39

В числителе – *D. hansenii* КБП, в знаменателе – *D. hansenii* Н4651.

\*температура культивирования: в числителе –  $20 \pm 1$  °С, в знаменателе –  $25 \pm 1$

\*\*показатели определялись по завершению культивирования дрожжей: в числителе – 190 час, в знаменателе – 120 час.

\*\*\*начальное содержание редуцирующих веществ в питательной среде – 0,23 %

При этом же содержании хлорида натрия в культуральной жидкости наблюдается и максимальное количество клеток дрожжей продуцентов  $\beta$ -фруктофуранозидазы. Максимальное количество клеток накапливается дрожжами *D. hansenii* КБП и *D. hansenii* Н4651 при содержании хлористого натрия 10 %.

Таким образом, максимальная  $\beta$ -фруктофуранозидазная активность проявляется дрожжами *D.hansenii* КБП и *D. hansenii* Н4651 при культивировании на питательной среде из мелассы, содержащей 10 % хлорида натрия. Следует полагать, что  $\beta$ -фруктофуранозидазная активность обуславливает увеличение содержания редуцирующих веществ в питательной среде в период культивирования и способствует росту дрожжевых клеток.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Prista, C. The halotolerant *Debaryomyces hansenii*, the Cinderella of non-conventional yeasts / C. Prista, C. Michán, I.M. Miranda, J. Ramos // Yeast. – 2016. – Vol.33. – P. 523-533.
2. Юдина, Н.Ю. БПК-биосенсор на основе дрожжей *Debaryomyces hansenii* и медиатора нейтральный красный / Н.Ю. Юдина, А. С. Зайцева, Т.Н. Козлова, В.А. Арляпов // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. – 2013. Вып. 2. Ч.1. С. 289–297.
3. Яковлева А.К. Перспективы использования галофильных и галотолерантных микроорганизмов в биотехнологии / А.К. Яковлева, З.А. Канарская, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 147-151.
4. Яковлева, А.К. Влияние хлорида натрия на ферментативную активность дрожжей *Debaryomyces hansenii* Н4651 / А.К. Яковлева, З.А. Канарская, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 11. С. 159-161.
5. Нетрусов А.И., Егорова М.А., Захарчук Л.М. и др.: Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 608 с.
6. Chakchir, B.A. Photometriceskije metody analiza [Photometric methods of analysis] / B.A.Chakchir, G.M. Alekseeva // Saint-Petersburg, Publishing house SPHFA, 2002. – 44 p. (In Russ.).
7. Polygalina, G.V. Opredelenie aktivnosti fermentov [Determination of activity enzymes] / G.V. Polygalina, V.S. Cherednichenko, L.V. Rimareva. – М.: DeLee print., 2003. – 375 p.

## ПОЛУЧЕНИЕ ПИЩЕВОЙ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ НА СОЕВОЙ МЕЛАССЕ

Пищевая молочная кислота в Кодексе ФАО/ВОЗ и ТР ТС 029-2012 Российской Федерации классифицирована как пищевая добавка E270, выполняющая функции регулятора кислотности. Применяется в производстве кондитерских изделий, безалкогольных напитков, пива и кваса, хлеба, консервированных овощей, дрожжей и других пищевых продуктов. Пищевая добавка E270 с успехом может быть использована в производстве мясной, рыбной, молочной, масложировой, фармацевтической, парфюмерно-косметической, текстильной и кожевенной продукции, а также в сельском хозяйстве и ветеринарии [1].

Спрос на пищевую молочную кислоту в связи с расширением сфер ее применения возрастает, что обуславливает развитие исследований научно-прикладного характера по созданию новых технологий её производства. Их создание предполагает наряду с поиском и подбором новых штаммов продуцентов, способных осуществлять интенсивную и наиболее полную конверсию углеводов в молочную кислоту, расширение сырьевой базы с целью замены дорогостоящих источников сахаров более дешевыми и применение эффективных и отвечающих требованиям безопасности и экологии способов выделения и очистки целевого продукта [2, 3].

Цель данной работы: исследовать возможность получения пищевой молочной кислоты из соевой мелассы с использованием молочнокислых бактерий.

Объектами исследования служили:

- соевая меласса;
- молочнокислые бактерии рода *Lactobacillus*: *L. delbrueckii* ВКПМ-8744, *L. delbrueckii* В-3, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 298, *L. lactis*, *L. acidophilus* AT-I, *L. helveticus* 305<sub>10</sub>.

Об активности кислотообразования судили по титруемой кислотности, определяемой титрованием 0,1 н раствором едкого натра в присутствии фенолфталеина, в пересчете на молочную кислоту. Биосинтетическую активность (скорость образования лактата кальция) определяли трилометрическим методом, содержание редуцирующих веществ – методом Бертрана [4].

При постановке опытов определяли предельную кислотность выбранных молочнокислых бактерий при культивировании их в оптимальных условиях (на стерильном обезжиренном молоке при температуре 40°C). Предельная кислотность *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* составляет 258°Т, *L. lactis* – 92 °Т, *L. acidophilus* – 377 °Т и *L. helveticus* – 342°Т.

При осуществлении адаптации выбранных штаммов молочнокислых бактерий к соевой мелассе установлено, что дополнительное введение ростстимулирующих веществ в виде солодовых ростков в питательные среды и снижение исходного содержания редуцирующих сахаров в них способствует сближению характеристик продуцентов по накоплению лактата кальция (рисунок 1) и сбраживанию редуцирующих сахаров (рисунок 2).

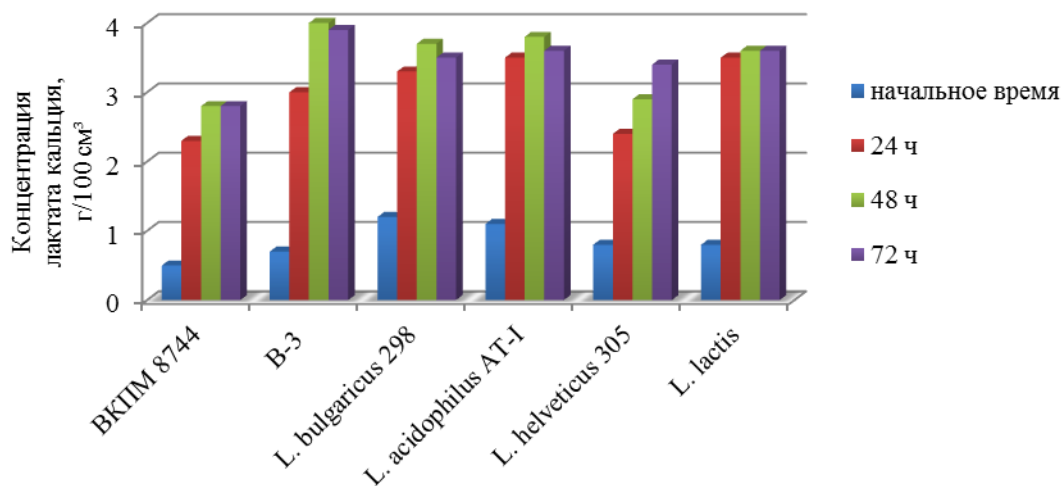


Рисунок 1 – Изменение биосинтетической активности молочнокислых бактерий при культивировании после адаптации на среде, содержащей соевую мелассу

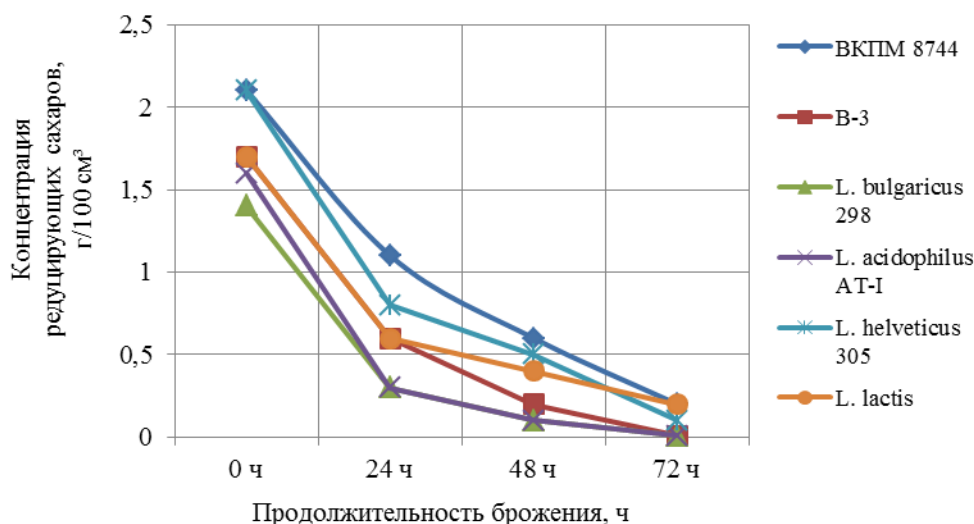


Рисунок 2 – Изменение концентрации редуцирующих сахаров при культивировании молочнокислых бактерий после их адаптации на среде, содержащей соевую мелассу

Исследованиями по последовательной адаптации выбранных штаммов молочнокислых бактерий сначала в жидких питательных средах, содержащих сахар-песок, а затем в жидких питательных средах, содержащих соевую мелассу, достигнуты достаточно высокие и близкие показатели биосинтетической активности выбранных продуцентов на этих средах. Выявлено, что наиболее активными продуцентами молочной кислоты из испытанных лактобацилл являются *L. delbrueckii* В-3, *L. acidophilus* AT-1 и *L. helveticus* 305<sub>10</sub>.

Проведенными опытами по сбраживанию растворов, содержащих сахар-песок и соевую мелассу, в молочную кислоту с использованием адаптированных продуцентов выявлено, что лучшие результаты по накоплению лактата кальция и биоконверсии редуцирующих сахаров достигаются на соевой мелассе.

На основе результатов экспериментальных исследований по культивированию молочнокислых бактерий на соевой мелассе установлено, что наиболее активными из испытанных лактобацилл являются *L. delbrueckii* В-3, *L. acidophilus* AT-1 и *L. helveticus* 305<sub>10</sub>.

#### ЛИТРАТУРА:

1. Производство молочной кислоты [Электронный ресурс]: сайт. Режим доступа: <http://www.medbussiness.ru/65.php> (дата обращения 25.03.17).
2. Zhong, Xu Исследование возможности сбраживания стеблей сои для производства L-молочной кислоты / Xu Zhong, Yang Ping, Yang Xue-xin, Zhang Yo-li // Harbin Univ.Commer. Natur. Sci. Ed. – 2004. – 20, N5. – P. 586-589.
3. Волкова, Г.С. Создание и использование новых видов биоконсервантов для хранения овощного сырья / Г.С. Волкова, Е.В. Куксова // материалы междунар. науч.-практ. конф. Волгоград, 28-29 июня 2012 г. – Волгоград: 2012. – Ч. 2. – С. 57-60.
4. Технологическая инструкция по производству пищевой молочной кислоты ТИ 139-00334557-2013. – СПб, 2013. – 40 с.

УДК 664.7

А.Н. Шлыкова, И.А. Панкина  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОЙ ВОДЫ НА АКТИВНОСТЬ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН СОИ

*Введение.* Обнаружение русским академиком В.В. Петровым резкого изменения физико-химических параметров воды при электролизе ее высоковольтной гальванической батареей ознаменовало в 1802 г. появление такого феномена, как электрохимическая активация (ЭХА). В частности, было показано, что при пропускании электрического тока через сосуд с водой посредством двух опущенных в нее электродов (анода и катода) вода подкисляется у анода и подщелачивается у катода [1]. Первая названа анолитом («мертвой» водой), вторая – католитом («живой» водой). На протяжении долгих лет электрохимически активированная вода не находила должного применения. Позже такую активацию стали использовать в качестве промышленной технологии очистки воды, повышения качества продукта, однако отработавшая вода все так же сливалась и более не использовалась в своем активированном состоянии [2].

Учитывая уникальные свойства фракций электрохимически обработанной воды были намечены перспективные пути ее использования. Анодная вода дезинфицирует, растворяет и выводит шлаки из организма. Катодная – хорошо обезжиривает поверхности, прибавляет энергии и улучшает общее состояние человека, укрепляет иммунную систему человека, заживляет раны, способствует интенсификации метаболических процессов в живых организмах, осуществляет антиоксидантную протекцию организма за счёт своих окислительных свойств. Кроме всего прочего такая вода является радиопротектором, мощным стимулятором биологических процессов, обладает высокими экстрагирующими и растворяющими свойствами и др. [2]. Электрохимически активированная вода, помимо косметической, строительной, автомобильной промышленности, стала применяться и в пищевой промышленности в процессах замешивания теста и создания пищевых активированных систем, а также при обработке сырья [3, 4].

*Целью исследования* явилось изучение влияния электрохимически активированной воды на посевные качества, в том числе интенсивность прорастания и развитие семян сои. В связи с этим решались следующие *задачи*: изучить параметры электролиза, влияющие на качество электроактивированной воды и выбор оптимальных условий, определить влияние некоторых фракций электрохимически активированной воды на показатели энергии прорастания и всхожести семян сои.



*Актуальность.* За счет своих аномальных по сравнению с обычной водой свойств (редокс-потенциала и водородного показателя) активированная вода, в частности «живая», ( $Eh < 0$  и  $pH > 7$ ) является источником электронов, средством защиты клеток организма и пищевой продукции от свободных радикалов, продлевая срок хранения и даже возвращая жизненную энергию уже пострадавшим клеткам, а также придавая дополнительную энергию для осуществления клетками своей жизнедеятельности. Такое свойство может быть крайне полезным в зерновой промышленности. Исследования показывают, что обработка зерна ЭХА водой может ускорить прорастание на несколько суток, повысить общую урожайность некоторых культур на 20-40 % [5], активировать интенсивный рост и накопление ценных питательных веществ. Таким образом, обоснование подобной технологии экспериментальными данными и выведение ее на промышленный уровень может осуществить прорыв в зерновой промышленности и решить извечную проблему дефицита продуктов питания.

*Объекты и методы исследования.* Электрохимическая активация воды проводилась с помощью прибора «Активатор АП-1». В качестве объекта активирования использовали водопроводную (питьевую) воду. Также одним из объектов исследования были выбраны семена сои сорта «Славия» отечественной селекции (Республика Крым, урожая 2016 года). Показатель активности водородных ионов (pH) и показатель окислительно-восстановительного потенциала (Eh) определяли с помощью прибора pH-150МИ. Активность прорастания определяли с помощью характеристик: энергии прорастания – количество зерен в процентах, проросших в течение 3 суток и способности прорастания – общего количества зерен, проросших за 5 суток.

*Результаты и их обсуждение.* В результате проведения цикла экспериментов по изучению влияния параметров электролиза на технические характеристики образующихся фракций были получены данные, которые отражены на рисунке 1.

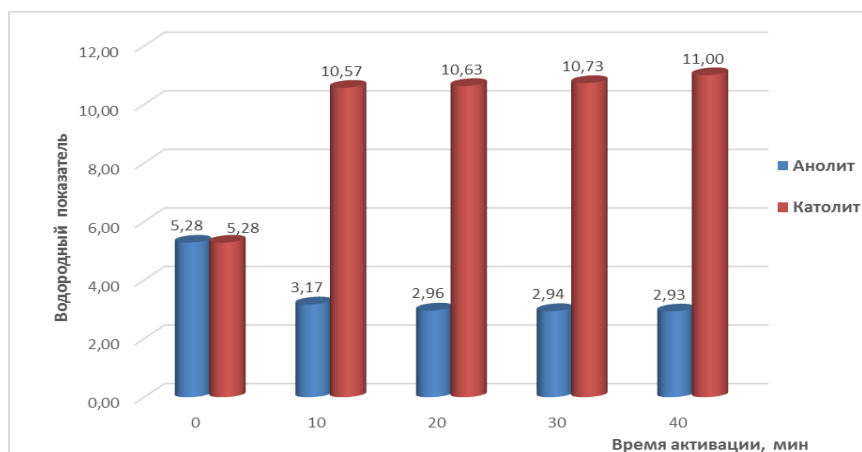


Рисунок 1 – Зависимость показателя активности водородных ионов от времени электроактивации (мин) католита и анолита

В результате катодной электрохимической обработки вода, любая, даже дистиллированная, приобретает щелочную реакцию за счет превращения некоторой части растворенных солей в гидроксиды. Её окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) резко понижается, а показатель активности водородных ионов, напротив, увеличивается.

Как видно из диаграммы рисунка 1, с увеличением времени активации изменяются показатели анолита и католита. Показатель активности водородных ионов у анолита уменьшается, достигая значения 2,93. При этом показатель окислительно-

восстановительного потенциала у этого раствора возрастает до 265 мВ. У католита, напротив, показатель активности водородных ионов рН увеличивается и становится равным 11,00. При этом окислительно-восстановительный потенциал достигает значения -213 мВ. Оптимальным значением времени активации можно считать 40 минут. При дальнейшем увеличении времени активации существенных изменений в параметрах электролиза не выявлено, однако наблюдался перегрев жидкостей в электроактиваторе.

Нами исследовано влияние электрохимически активированной воды на интенсивность прорастания и развитие семян сои. В процессе исследования семена сои перед проращиванием замачивали на 8 часов в водопроводной воде и воде, электрохимически обработанной (католите). Данные исследования показали тенденцию увеличения значений показателей роста семян, обработанных электрохимически активированной водой. Результаты определения активности прорастания семян сои приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения активности прорастания семян сои

Наименование показателя	Контроль	Зерно после обработки электрохимически активированной водой
Энергия прорастания, %	84,0	90,0
Способность прорастания, %	86,0	92,0

Выявлено, что энергия прорастания зерна, обработанного электрохимически активированной водой, увеличилась на 7,14 % по сравнению с контролем. Способность прорастания обработанного зерна увеличилась на 6,97 % по сравнению с контролем.

*Выводы.* Проведенные исследования позволили сделать основные выводы:

Отработаны режимы электрохимической активации водопроводной воды с помощью прибора «Активатор АП-1», позволяющего при температуре 22-25 °С получать два раствора электрохимически активированной воды с оптимальными показателями качества: фракцию католита с рН 10,57-11,00 (ОВП -185÷-213 мВ) и фракцию анолита с рН 2,97-3,17 (ОВП +250÷+263 мВ).

Использование фракции католита при проращивании семян повышало энергию прорастания и всхожесть семян. Показатель энергии прорастания семян сои увеличился на 7,14 % по сравнению с контролем, способность прорастания увеличилась на 6,97 % по сравнению с контрольным образцом.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кирпичников П.А., Бахир В.М., Гамер П.У., Добренков Г.А., Ликумович А.Г., Фридман Б.С., Агаджанян С.И. О природе электрохимической активации сред // Докл. АН СССР, 1986. Т. 286. № 3. - С. 663-666.
2. Бахир В.М., Задорожний Ю.Г., Леонов Б.И., Паничева С.А., Прилуцкий В.И., Сухова О.И. Электрохимическая активация: история, состояние, перспективы. - М.: ВНИИИМТ, 1999. – 256 с.
3. Роль продуктов анодных процессов в ходе электромагнитной активации воды / Фомичев В.Т., Ерофеев В.Т., Емельянов Д.В. и др. // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2-6.- С. 1194-1197.
4. Панкин Е. А., Барабанщиков Ю.Г., Панкина И.А. Влияние электрохимической активации воды затворения на структурообразование в неорганических дисперсиях. Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента / Сиб. гос. индустр. ун-т. – Кемерово: Изд. центр СибГИУ, 2016. – С. 77-79.
5. Харченко О. В. Влияние электрохимически активированной воды на посевные качества семян зерновых и бобовых культур и продуктивность ярового ячменя на светло-каштановых почвах Волгоградской области: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. с.-х. наук. – Волгоград, 2008. – 24 с

Н.С. Лыскова, Ю.В. Шепиашвили, Ю.Г. Базарнова  
Санкт-Петербургский политехнический университет имени Петра Великого

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ МИКРОВОДОРОСЛИ *P. CHLORELLA*

**Актуальность.** Обеспечение человечества полноценными, физиологически сбалансированными питания до сих пор остается наиболее актуальной проблемой. Вещества, которые поступают в организм с пищей, влияют на здоровье и продолжительность жизни человека, здоровье его потомства. Общее ухудшение экологической обстановки увеличило риск развития окислительного стресса у людей, при котором свободные радикалы окисляют стенки сосудов, молекулы белков, ДНК, липидов. Эти радикалы особенно активно взаимодействуют с мембранными липидами, содержащих ненасыщенные связи, и изменяют свойства клеточных мембран. Самые активные свободные радикалы разрывают связи в молекуле ДНК, повреждают генетический аппарат клеток, регулирующий их рост, что приводит к онкологическим заболеваниям. Вещества, способные снижать уровень свободных радикалов и защищать макромолекулы живой клетки, получили название антиоксидантов (АО). К основным антиоксидантам относят такие вещества как аскорбиновая кислота (витамин С), каротиноиды (бета-каротин, витамин А), токоферолы (витамин Е) и микроэлемент селен [1].

**Цель и задачи работы.** Исследовать антиоксидантную активность микроводосли р.Chlorella. Для выполнения работы выполнялись задачи исследования антиоксидантной активности амперометрическим и фосфомолибденовым методами, их дальнейший анализ и сравнение.

**Методы исследования.** Методы исследования общей антиоксидантной активности (АОА) различаются по типу источника окисления, окисляемого соединения и способа измерения окисленного соединения. По способам регистрации проявляемой антиокислительной активности можно разделить методы на волюмометрические, фотометрические, хемилюминесцентные, флуоресцентные, электрохимические и ряд более специфических. При изучении антиоксидантной активности микроводорослей р.Chlorella определяли амперометрическим и фосфомолибденовым методом. Амперометрический прибор имеет ряд преимуществ при определении суммарного содержания антиоксидантов (ССА): без учета пробоподготовки время отдельного определения занимает несколько минут; анализ (регистрация и обработка результатов) проходит в реальном времени; правильность и воспроизводимость анализа обеспечиваются за счет точного дозирования шестиходовым краном; среднеквадратическое отклонение (СКО) дозирования краном – менее 0,5% [2]. Метод обладает высокой селективностью определения только антиоксидантов, т.е. соединений, способных к окислению, другие соединения, присутствующие в сложных смесях, не мешают их распознаванию. В качестве стандартного образца использовали раствор кверцетина. Фосфомолибденовый метод основан на способности атомов и молекул отдавать электроны, восстанавливая молибден (VI) в молибден (V) с помощью пробы анализируемого вещества и последующим образованием фосфата/Mo(V). В качестве стандартного образца использовали раствор аскорбиновой кислоты [3, 5].

**Результаты.** Амперометрический метод. Определение антиоксидантной активности проводилось согласно ГОСТ Р 54037-2010 «Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах,

продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках». Для осуществления измерения антиоксидантной активности в микроводорослях *Chlorella* необходимо было провести пробоподготовку. Она заключалась в растворении в элюенте - раствора ортофосфорной кислоты молярной концентрации 2,2 ммоль/дм<sup>3</sup>(табл. 1).

Таблица 1 – Приготовление элюента

V(см <sup>3</sup> , мм <sup>3</sup> )		
Бидистиллированная вода	Ортофосфорная кислота	96% -ый этиловый спирт
700	0,15	10

Далее следовала подготовка кверцетина, который служит одним из стандартов для определения антиоксидантной активности. После чего подготавливали непосредственно прибор к работе: выставляли потенциал напряжения, скорость подачи вещества. Затем необходимо провести градуировку прибора. Для этого вводятся растворы кверцетина, начиная с самой малой концентрации, в нашем случае с 0,2; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0. По полученным данным был построен калибровочный график в координатах: X – концентрация стандарта, мг / л, Y – сигнал стандарта (площадь выходной кривой), описываемый уравнением: Y=aX+b. На рисунке 1 представлен линейный график для стандарта кверцетин. Коэффициент аппроксимации составил менее 1.

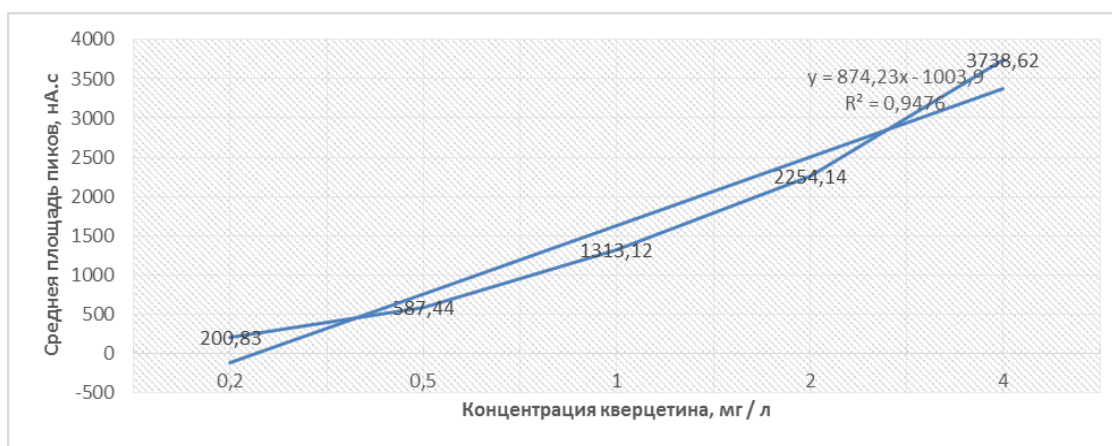


Рисунок 1 – Калибровочный график для стандарта кверцетин

Следом уже вводили сам образец. В результате были полученные следующие данные, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Высота и площадь пиков исследуемого экстракта микроводоросли *Chlorella*

Высота пиков	Площадь пиков
79,866	1152,453
82,454	1110,114
76,708	1155,467
79,928	1158,247
81,981	1153,476

Исходя из вышеприведенных данных, можно посчитать среднюю площадь пиков, благодаря которой возможно произвести расчет суммарной антиоксидантной активности. Средняя площадь пиков экстракта микроводоросли *Chlorella* приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Средняя площадь пиков экстракта микроводоросли *Chlorella*

№	Наименование образца	Средняя площадь пиков с учетом погрешности, нА.с	Степень разбавления
1	Микроводоросль <i>Chlorella</i>	1145,952±20,155	50

Средняя площадь пиков экстракта микроводоросли *Chlorella* составила 1145,952±20,155 нА.с. Степень разбавления при этом была в 50 раз.

При построении калибровочного графика было найдено линейное уравнение, с помощью которого рассчитывается суммарная антиоксидантная активность. Данное уравнение имеет следующий вид:

$$Y = 916,54 \cdot x - 207,36. \quad (1)$$

Подставляя в уравнение (1) вместо Y среднюю площадь пиков пробы получаем:

$$x = \frac{1145,952 - 207,36}{916,54} = 1,024. \quad (2)$$

Далее необходимо определить суммарное содержание антиоксидантов в определяемой пробе. В твердой пробе суммарное содержание антиоксидантов имеет следующий вид:

$$CA = \frac{CA_k \cdot V_n \cdot N}{m_n \cdot 1000}. \quad (3)$$

где  $CA_k$  – суммарное содержание антиоксидантов (в пересчете на кверцетин), определенное с использованием градуировочной характеристики, мг / л;  $V_n$  – объем раствора (экстракта) анализируемой пробы, л;  $N$  – кратность разбавления анализируемой пробы;  $m_n$  – навеска анализируемого вещества, мг.

$$CA = \frac{1,024 \cdot 0,1 \cdot 50}{0,19} = 26,95 \text{ мг / г}. \quad (4)$$

Из расчетной формулы видно, что исследуемом образце суммарное содержание антиоксидантов равно 26,95 мг / г.

*Фосфомолибденовый метод.* Суммарное содержание антиоксидантов фосфомолибденовым методом, в пересчете на аскорбиновую кислоту вычисляют по формуле:

$$D = 0,117 \cdot C, \quad (5)$$

где D – оптическая плотность растворов (табл. 4), C – концентрация в пересчете на аскорбиновую кислоту мг/мл.

Таблица 4 – Оптическая плотность исследуемого экстракта

№ образца	Разведение	Оптическая плотность
1	50	0,0460
2	50	0,0454
3	50	0,0461
4	50	0,0459
5	50	0,0460

Исходя из полученных результатов средняя концентрация антиоксидантов в микроводорослях *p.Chlorella* в пересчете на аскорбиновую кислоту с учетом погрешности составила 19,610±0,150 мг/г.

Выводы. Изучена антиоксидантная активность микроводорослей *p. Chlorella*, которая составляет амперометрическим методом в пересчете на кверцетин 26,95 мг/г и фосфомолибденовым методом в пересчете на аскорбиновую кислоту 19,61 мг/г.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека. – М.: Издательство «ТрансЛит», 2009. – С. 212.
2. Темердашев З. А., Храпко Н. В., Цюпко Т. В., Воронова О. Б., Балаба А. Н. Определение антиоксидантной активности в пищевых продуктах с использованием индикаторной системы Fe (III) / Fe (II) - органический реагент // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - М., 2006.
3. Шаратфудинова Е. Н., Иванова А. В., Матерн А. И., Брайнина Х. З. Качество пищевых продуктов и антиоксидантная активность // Аналитика и контроль. - 2011. - №3. - С. 281-286.
4. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1093-1102.
5. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1265-1274.

## **Секция «Инновационные технологии в приготовлении кулинарной продукции и обработке продовольственного сырья»**

УДК 637.54

Е.С. Белокурова, М.С. Кулакова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОСВЯЗЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КУРИНОГО МЯСА**

В настоящее время в России по объёму потребления продуктов питания по некоторым группам продуктов наблюдается положительная тенденция, так впервые с 2013 года наблюдается рост производства и потребления мяса птицы. По итогам 2016 года в России потребляется почти 10,8 млн. тонн мяса птицы, что соответствует 73,5 кг/чел в год. Это превосходит прошлогодний уровень среднедушевого потребления. Объём рынка мяса птицы за 2016 год составил: 4552 тыс. тонн отечественного производства и 210 тыс. тонн импортного производства.

По объёмам производства мяса птицы на душу населения показатели Санкт-Петербурга и Ленинградской области за прошедшие годы выше общероссийских и достигли мирового уровня. В настоящее время российские потребители отдают предпочтение отечественной продукции, которая представлена мясом цыплят-бройлеров в охлаждённом виде. Кроме мяса птицы в торговых точках и на предприятиях общественного питания изготавливают множество полуфабрикатов и готовых к употреблению изделий на основе мясного фарша. Особенно популярны в настоящее время комбинированные мясо-растительные фаршевые изделия, при изготовлении которых широко используются зерно-бобовые и плодоовощные культуры [1, 2].

При переработке мяса птицы одним из важных технологических показателей является влагосвязывающая способность мяса. Влагосвязывающая способность мяса определяет его свойства на различных стадиях технологической обработки и влияет на водоудерживающую способность готовых мясопродуктов, их качество и выход готовых изделий.

Таким образом, влагосвязывающая способность мяса относится к одному из важных технологических показателей при производстве мясных фаршевых изделий и имеет не только практическое, но и экономическое значение. Органолептические показатели готового мясного продукта такие как сочность, нежность, вкус зависят от степени гидратации белков мяса. Белки мяса состоят из пептидных цепей и содержат много заряженных групп, в том числе отрицательных (карбоксильных) и положительных (амино-групп). Способность этих заряженных групп притягивать воду зависит от многих факторов. Одним из таких факторов является значение рН [3].

По результатам исследований известно, что полученное сразу после забоя животного мясо, имеет высокую влагосвязывающую способность, благодаря относительно высокому рН этого мяса. После окончания стадии окоченения и понижения рН, приближающегося к изоэлектрической точке, способность мяса к связыванию воды понижается. Кроме того, в процессе анаэробного гликолиза двухвалентные ионы металла, освобождаясь из клеток, будут взаимодействовать с заряженным белком и, следовательно, займут место, к которому могла бы присоединиться вода.

Цель работы: определить влагосвязывающую способность куриного мяса, как основного сырья при изготовлении различных полуфабрикатов (котлеты, пельмени) и готовых изделий (колбасы, сосиски, сардельки).

В качестве объектов исследования были выбраны 3 образца куриного мяса, полученного из цыплят-бройлеров, выращенных на птицефабриках Ленинградской области.

Методы исследования. Перед инструментальными исследованиями образцов мяса провели органолептическую оценку представленных образцов в соответствии с требованиями ГОСТ 31962-2013 «Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия» [4]. По внешнему виду, цвету и запаху все образцы отвечали требованиям вышеуказанного стандарта.

Для определения рН мышечной ткани птицы используют филейные мышцы, которые мелко нарезают. Затем к 10 г фарша добавляют 90 мл дистиллированной воды и настаивают 30 минут при помешивании. После фильтрования измеряют рН раствора на рН-метре.

Влагосвязывающая способность определяется по методу Грау-Хамма: навеску фарша 200-300 мг помещают на лист фильтровальной бумаги, доведенный до постоянной массы и взвешенный. Лист с навеской помещают между двумя стеклянными пластинами и нагружают гирей массой 1 кг на 10 минут. Влага, вытекающая из фарша, образует пятно. Образец (навеску фарша) снимают с бумаги и обводят пятно, занятое фаршем и пятно, занятое выделившейся влагой. Разница площадей этих пятен – измеряют планиметром или по радиусу – это и есть мера водопоглощаемости фарша [3].

Результаты исследования и их обсуждение.

Результаты определения влагосвязывающей способности и рН исследованных образцов куриного мяса приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Влагосвязывающая способность и рН исследованных образцов куриного мяса

№ образца	Наименование образца	рН	ВСС, %
1	цыпленок-бройлер (производство птицефабрики «Северная»), охлаждённое	5,7	47,84
2	цыпленок-бройлер (производство птицефабрики «Роскар»), охлаждённое	5,5	45,15
3	цыпленок-бройлер (производство птицефабрики «Русско-Высоцкая»), замороженное	5,2	41,71

Из таблицы 1 видно, что показатели рН и ВСС имеют прямо пропорциональную зависимость, т.е. чем больше рН, тем больше ВСС.

Значение показателя рН третьего образца позволяет сделать вывод о том, что данный образец хранился дольше всех, т. к. он имеет самое низкое значение рН и самую маленькую влагосвязывающую способность.

Полученные результаты коррелируют с литературными данными. Из литературных источников известно, что наибольшей влагоемкостью и способностью удерживать воду обладает парное мясо, рН нативного мяса 7,2. В начале автолиза рН парного мяса относительно высок и близок к нативному 6,6-7,0. Незначительное снижение рН в первые часы после убоя обусловлено медленным накоплением молочной кислоты и противодействием буферных систем тканей изменению рН. Белки мяса находятся в ионизированном состоянии и обладают высокой водосвязывающей способностью.

По мере развития окоченения водосвязывающая способность мяса уменьшается и достигает минимума к моменту наиболее полного развития окоченения. В результате накопления молочной, пировиноградной и ортофосфорной кислот, а также потери буферной способности белками рН мяса резко сдвигается в кислую зону до 5,6-5,2, вследствие чего уменьшается водосвязывающая способность белков.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что высокое значение ВСС у свежего мяса. С уменьшением степени свежести изменяется и ВСС. В нашем случае куриное мясо



было приобретено в торговой сети города и естественным будет сделать предположение, что от забоя до поступления потребителю прошло определённое время, которое повлияло и на степень свежести мяса, а также на pH и ВСС. В нашем случае наиболее низкое значение pH и ВСС получились у замороженного мяса.

Производителям, занимающимся переработкой мясного сырья, с целью уменьшения потерь при производстве и повышения выхода готовой продукции, желательнее работать со свежим сырьем, имеющим высокие технологические характеристики.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Панкина И.А., Борисова Л.М. Оценка пищевой и биологической ценности комбинированных пищевых продуктов с использованием зерна люпина. В сборнике: Актуальные вопросы технических наук в современных условиях Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2016. С. 94-96.

2. Белокурова Е.С., Кулакова М.С. Проростки пшеницы как источник эссенциальных микронутриентов при создании комбинированных пищевых продуктов В сборнике Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях. Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Составитель Н.А. Щербакова. – 2017. С. 571-575.

3. Методические указания к лабораторно-практической работе «Функционально-технологические свойства мяса» Н. В. Тимошенко, А. М. Патиева, С. В. Патиева, А. А. Нестеренко, Н.В.Кенийз. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 26 с.

4. ГОСТ 31962-2013 Мясо кур (тушки кур, цыплят, цыплят-бройлеров и их части). Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2016.

УДК 664

В.С. Малетина, И.А. Тимошенко  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОНОПЛЯНОЙ МУКИ

В мире сложилась устойчивая тенденция перехода на продукты питания, не содержащие вещества, имеющие медицинские противопоказания. Она обусловлена ростом числа людей, страдающих аллергией, и не переносящих определённые вещества, содержащиеся в традиционных продуктах. Среди продуктов питания существенную долю занимают продукты, содержащие глютен, являющийся причиной хронического заболевания – целиакии.

Технологические трудности организации питания заключаются в том, что многие продукты все же содержат какое-то количество глютена. За рубежом во многих странах существует кодекс стандартов (Gluten-Free Foods), регламентирующий предельно допустимую дозу глютена в продуктах [1]. Современные разработки хлебобулочных и кондитерских изделий, не содержащих глютен, основаны на применении муки из лебеды, круп гречихи, риса, семян кукурузы, льна, амаранта, нута, расторопши [2-4].

Перспективным направлением создания безглютеновых продуктов является применение конопляной муки.

В составе конопляного семени присутствуют 20 аминокислот, 9 из которых – незаменимые, не синтезируемые организмом человека (гистидин, фенилаланин, метионин, изолейцин, лейцин, лизин, треонин, триптофан, валин). По аминокислотному составу конопляная мука схожа с куриным яйцом и соевым протеином. Лидирующие позиции в белковом составе муки, изготовленной из конопляного семени, занимают следующие

аминокислоты: глутаминовая аминокислота (5,31%), аргинин (3,35%), аспарагиновая кислота (2,97%), серин (1,6%) валин (1,42%), глицин (1,2%), фенилаланин (1,14%), лизин (0,9%).

Витаминный состав конопляной муки достаточно разнообразен (мука семени конопли содержит каротиноиды (предшественники витамина А), витамины Е, С, D и К, витамины группы В (В1, В2, В3, В4 (холин), В5, В6, В8 (инозитол), В7 (биотин), В9 и В12).

Конопляная мука также содержит необходимые организму человека макро- и микроэлементы (в числе которых - магний, калий, фосфор, кальций, железо, марганец, цинк, сера, хлор).

В составе конопляной муки также присутствуют в оптимальном соотношении (1:3) полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3 и Омега-6, оказывающие выраженное противовоспалительное, антистрессовое действие, благотворно влияющие на функциональное состояние нервной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, эндокринной и репродуктивной систем, способствующие укреплению иммунитета, улучшающие липидный обмен и состояние кожи, способствующие очищению организма [5].

Конопляная мука обладает широким спектром полезных свойств (в отличие от листьев и соцветьев конопли) не содержит оказывающего наркотическое действие психотропного вещества каннабиола, она может быть рекомендована для ежедневного употребления не только взрослым, но также может быть включена и в рацион детского питания.

Цель исследования: определение технологических свойств конопляной муки.

Задачи исследования: изучение органолептические свойства; определение влажности муки; исследование водоудерживающей способности (ВУС) муки; определение температуры клейстеризации муки.

Методы исследования. Органолептические показатели определяли по ГОСТ 27558, влажность муки по ГОСТ 9404, водоудерживающую способность - унифицированным методом с помощью центрифугирования мучной суспензии в течении 15 мин при скорости вращения 3000 об/мин, температуру клейстеризации - нагреванием мучной суспензии до температуры 55-95°C с шагом 10°C и последующим центрифугированием охлажденной пробы в течении 10 мин при скорости вращения 3000 об/мин.

Результаты исследования технологических свойств конопляной муки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические и физико-химические показатели качества конопляной и пшеничной муки

Показатель	Значение показателя	
Цвет	темно-коричневый	
Вкус	травяной с земляным послевкусием, наличие хруста	
Запах	травяной, ярко выраженный	
Влажность, %	5,8	
Водоудерживающая способность, г/1 г муки при различных температурах:	Конопляная мука	Пшеничная мука
20°C	1,69	0,98
55°C	1,92	1,07
65°C	2,03	1,17
75°C	2,09	1,44
85°C	2,11	2,87
95°C	1,88	3,16

Как видно из таблицы 1, водоудерживающая способность конопляной муки достаточно высокая и при нагревании изменяется нелинейно. Конопляную муку можно отнести к продуктам с ограниченной водоудерживающей способностью. При сравнении ВУС конопляной муки с пшеничной выявлено, что при температурах от 20 до 75°C ВУС конопляной муки значительно выше, однако с увеличением температуры наблюдается обратная тенденция. Это можно объяснить денатурацией белков, связывающих воду. Которых в конопляной муке содержится больше. Содержание крахмала в конопляной муке меньше, чем в пшеничной, и как следствие при денатурации белка выделяющаяся влага может быть поглощена меньшим количеством крахмала, что и приводит к снижению ВУС. Клейстиризация водной суспензии конопляной муки при нагревании не обнаружена.

При исследовании микроскопических снимков водной суспензии муки, нагретой до температуры 55-95°C с шагом 10°C (рис. 1), выявлено разваривание частиц муки.

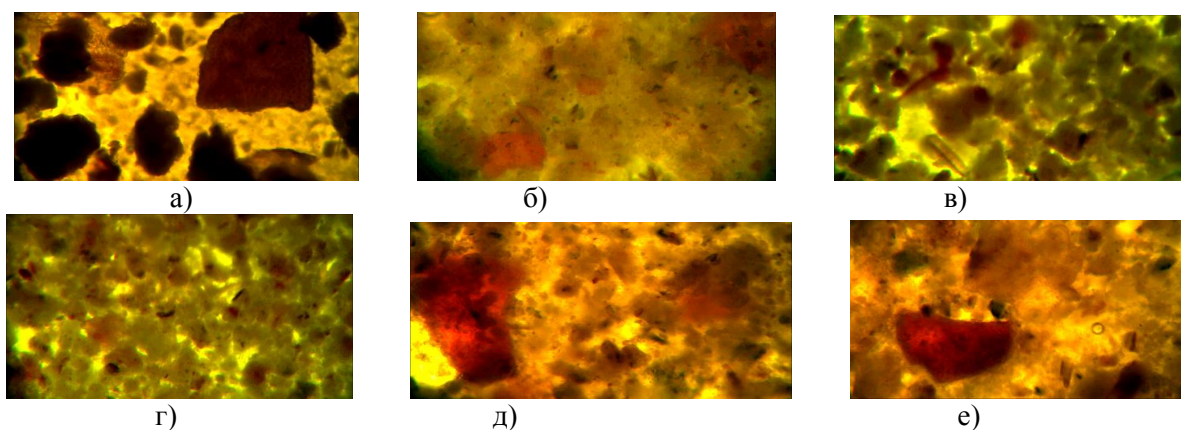


Рисунок 1 – Микрофотоснимки водной суспензии конопляной муки при различных температурах нагревания: а) 20°C, б) 55°C, в) 65°C, г) 75°C, д) 85°C, е) 95°C

Выводы. Мука конопли не обладает хлебопекарными свойствами пшеничной муки, такими как, образование клейковины и клейстиризация, однако обладает достаточно высокой водоудерживающей способностью. Она богата незаменимыми аминокислотами, полиненасыщенными жирными кислотами, минеральными веществами, а также витаминами. Её рекомендуется использовать в кондитерской промышленности в качестве составляющей безглютеновой смеси для производства кондитерских изделий или как функциональную добавку к пшеничной муке.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Draft revised Codex standard for Foods for special dietary use for persons intolerant to gluten, alinorm 08 / 31 / 26, appendix III, report of the 29th session of the codex committee on nutrition and foods for special dietary uses. — Bad Neuenahr-Ahrweiler, Germany, 12 – 16 November 2007.
2. Барсукова Н.В., Решетников Д.А, Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии безглютеновых мучных изделий // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2011. – № 1. – С. 51–60.
3. Book of abstracts the Second International Simposium on gluten-free cereal products and beverages. – Tampere, Finland, June 8-11, 2010. – 204 p.
4. Москвичева Е.В., Сафонова Э.Э., Тимошенкова И.А. Использование муки из семян расторопши в производстве безглютеновой продукции // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – №8-3(62). – С. 46-50.
5. Корнилова А.П., Щербакова Е.В. Влияние введения льняной и конопляной муки на качественные характеристики хлебобулочных изделий // Научное Обеспечение Агропромышленного Комплекса сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2016 год. – 2017. – С. 344-346.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ В СУШЕНЫХ ОВОЩАХ  
АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Актуальность.* В современных условиях ухудшения экологической обстановки у людей увеличивается риск развития окислительного стресса, при котором свободные радикалы окисляют стенки сосудов, молекулы белков, липидов, изменяют свойства клеточных мембран. Самые активные свободные радикалы разрывают связи в молекуле ДНК, повреждают генетический аппарат клеток, регулирующий их рост, что приводит к онкологическим заболеваниям. Проектирование специализированных пищевых продуктов, обогащенных биологически активными веществами, позволяет снизить риск окислительного стресса. В настоящее время в России установлена суточная норма потребления биологически активных веществ, обладающих антиоксидантными свойствами [1], таблица 1.

Таблица 1 – Нормы физиологических потребностей некоторых биологически активных веществ с установленным физиологическим действием

Витамины			Селен, мкг	Флавоноиды, мг
Бета-каротин, мг	С, мг	Е, мг ток. экв./сутки		
5	90	15	50 <sup>1</sup> -70 <sup>2</sup>	250

<sup>1</sup> Норма для женщин, <sup>2</sup> Норма для мужчин.

Известно, что свежие овощи содержат компоненты, проявляющие антиоксидантные свойства: витамин С и группы В, токоферолы, каротиноиды, серосодержащие аминокислоты, протеины, селен, фенольные соединения (органические фенольные кислоты, антоцианы, флавоны, флаванолы, беталаины, танины, катехины и др.) [2–5]. Одним из способов подготовки овощей для внесения в пищевые многокомпонентные системы является сушка.

*Цель* данной работы – определение антиоксидантной активности в сушеных овощах.

В связи с вышеизложенной целью решались следующие *задачи*: изучение теоретических аспектов амперометрического метода определения антиоксидантной активности; подготовка проб; отработка методики определения и получение практических навыков работы с оборудованием «Цвет-Яуза- 01-АА».

*Объекты и методы исследования.* Объектами исследования являлись сушеные овощи: свекла, морковь и репчатый лук. Для изготовления сушеных овощей применяли следующие виды сырья: лук репчатый свежий по ГОСТ 1723; морковь столовую свежую по ГОСТ 1721; свеклу столовую свежую по ГОСТ 1722.

Определение антиоксидантной активности проводили согласно ГОСТ Р 54037-2010 [6, 7]. Измерения вели с помощью прибора «Цвет-Яуза- 01-АА».

Для измерения антиоксидантной активности в сушеных овощах проводили пробоподготовку: растворяли ингредиент в элюенте (раствор ортофосфорной кислоты молярной концентрации 2,2 ммоль/дм<sup>3</sup>). Далее следовала подготовка кверцетина, который служит одним из стандартов для определения антиоксидантной активности. После этого подготавливали прибор к работе: выставляли потенциал напряжения, скорость подачи вещества. Затем выполняли градуировку прибора. По полученным данным был построен калибровочный график в координатах: X – концентрация стандарта, мг/л, Y – сигнал стандарта (площадь выходной кривой), описываемый уравнением: Y=aX+b. На рисунке 1 представлен линейный график для стандарта кверцетин. Коэффициент аппроксимации составил менее 1.

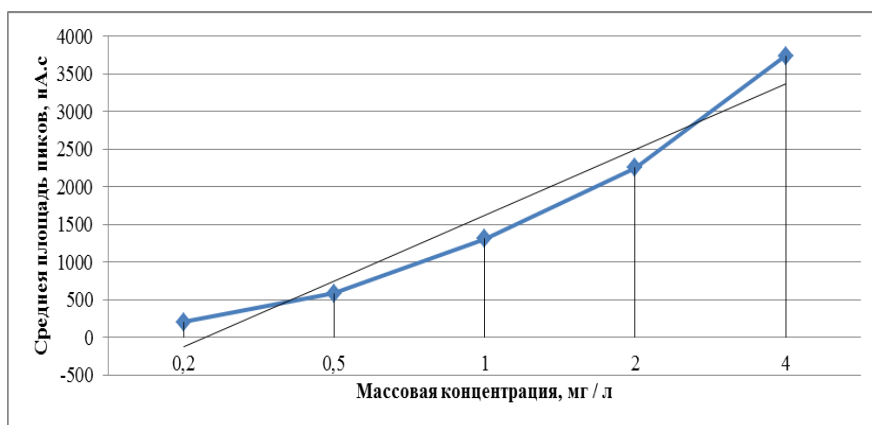


Рисунок 1 – Калибровочный график для стандарта кверцетин

В результате измерений были получены данные, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Высота и площадь пиков сушеных овощей

№	Вид порошка	Высота пиков	Площадь пиков
1	Свекла	44,02803	487,44489
		45,63681	499,75282
		42,41600	520,38645
		43,20374	488,39538
2	Морковь	381,58547	4560,61302
		350,15412	4610,99115
		346,33119	4617,56879
		336,17688	4545,22849
3	Лук репчатый	57,06676	851,06879
		65,58565	920,27557
		63,59545	927,52539
		66,61590	945,81508

Исходя из экспериментальных данных, определяли среднюю площадь пиков, благодаря которой возможно произвести расчет суммарной антиоксидантной активности. Средняя площадь пиков сушеной свеклы составила 498,9949 нА.с., моркови – 4547,4890 нА.с, лука репчатого – 911,1712 нА.с. Степень разбавления при этом была соответственно в 500, 100 и 200 раз.

Полученные данные позволили определить суммарное содержание антиоксидантов в определяемой пробе. Для твердой пробы уравнение суммарного содержания антиоксидантов имеет следующий вид:

$$CA = \frac{CA_k \cdot V_n \cdot N}{m_n \cdot 1000},$$

где  $CA_k$  – суммарное содержание антиоксидантов (в пересчете на кверцетин), определенное с использованием градуировочной характеристики, мг/л;  $V_n$  – объем раствора (экстракта) анализируемой пробы, л;  $N$  – кратность разбавления анализируемой пробы;  $m_n$  – навеска анализируемого вещества, мг.

Расчета показал, что в сушеной свекле суммарное содержание антиоксидантов составило 16 мг / г, в сушеной моркови – 47,7 мг / г, в луке репчатом – 15,4 мг / г.

*Заключение.* В данной работе были проведены исследования антиоксидантной активности сушеных овощей при помощи амперометрического метода.

Полученные значения антиоксидантной активности говорят о достаточно высоком содержании антиоксидантов в исследуемых образцах. Таким образом, при добавлении сушеных овощей в различные виды пищевой продукции, можно не только улучшить их органолептические характеристики, но и значительно повысить пищевую ценность.

Целесообразным будет добавление сушеных овощей к многокомпонентным пищевым системам на основе белоксодержащего сырья: изделиям из мяса, птицы, рыбы. Такие сочетания будут наиболее выгодны с точки зрения питательной ценности и вкусовых характеристик блюда. Кроме того, добавление сушеных овощей может найти широкое применение в хлебопекарной промышленности.

Не менее актуальным остается вопрос об изменении антиоксидантной активности продуктов при их тепловой обработке. Очевидно, что интенсивность изменения антиоксидантной активности зависит от вида продукта и способа тепловой обработки. В дальнейшем этот вопрос будет исследован более подробно.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. — 36 с.

2. Алексашина С.А. Исследование антиоксидантной активности и химического состава овощей [Текст] / С. А. Алексашина, Н. В. Макарова // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2016. - N 5. - С. 28-32.

3. Наумова Н.Л. Современный взгляд на проблему исследования антиоксидантной активности пищевых продуктов / Н.Л. Наумова // Вестник южно-уральского государственного университета. – 2014. – №1. – С. 5-8.

4. Шаратфудинова Е. Н., Иванова А. В., Матерн А. И., Брайнина Х. З. Качество пищевых продуктов и антиоксидантная активность // Аналитика и контроль. - 2011. - №3. - С. 281-286.

5. Яшин Я.И., Рыжнев В.Ю., Яшин А.Я., Черноусова Н.И. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека. – М.: Издательство «ТрансЛит», 2009. – С. 212.

6. ГОСТ Р 54037-2010 «Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках. – М.: Стандартинформ, 2011. — 11 с.

7. Темердашев З. А., Храпко Н. В., Цюпко Т. В., Воронова О. Б., Балаба А. Н. Определение антиоксидантной активности в пищевых продуктах с использованием индикаторной системы Fe (III) / Fe (II) - органический реагент // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – М., 2006.

УДК 664.68

М.О. Ерзикова, И.А. Панкина  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ СОЗДАНИЯ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В настоящее время сфера общественного питания нуждается в инновационном прорыве, который обусловлен использованием новых видов сырья и технологий производства. В соответствии с программой государственной политики в области здорового питания населения одной из главных задач является разработка пищевых продуктов, соответствующих требованиям нынешнего времени.

*Актуальность научной работы* заключается в поиске альтернативных технологий производства мучных кондитерских изделий (МКИ), имеющих качественные и стабильные сырьевые свойства.

По данным Росстата, на июнь 2017 года приходится 498 тыс. тонн производства хлебобулочных изделий недлительного хранения, что составляет 97,5 % к июню 2016 года. Данное сокращение производства связано со склонностью потребителей вести здоровый образ жизни, а, следовательно, на рынке должна появиться продукция с улучшенными характеристиками, но с предыдущими вкусовыми качествами.

Анализ отечественных и зарубежных источников показал, что в последние годы наблюдается тенденция использования семян бобовых, в том числе фасоли, гороха, нута, сои, люпина для создания пищевых продуктов диетического и лечебно-профилактического назначения [1–4]. Реже встречаются разработки МКИ с использованием семян чечевицы новых сортов.

Было выявлено, что основными предпочитаемыми кондитерскими изделиями целевой аудитории являются торты, пирожные, кексы, обладающие полезным ингредиентным составом и невысокой ценой. Наиболее предпочтительным видом теста является бисквитное.

*Целью* настоящей работы является разработка технологии производства нового вида полуфабриката МКИ на основе семян бобовых, а именно чечевицы, способствующей улучшению пищевой ценности и снижению калорийности изделия.

Чечевица является перспективным сырьем, содержащий такие макро- и микроэлементы, как кальций, калий, фосфор, железо, марганец, медь, молибден, бор, йод, кобальт, цинк. Вместе с тем в зернах чечевицы содержится достаточное количество витаминов группы В, РР и А. На 100 г продукта приходится, в зависимости от сорта, 24 г белков, 1,5 г жиров, 46,3-50,0 г углеводов и 11,5 г пищевых волокон.

*Объекты исследования.* Цвет сортов чечевицы может повлиять на органолептические показатели готового изделия. С точки зрения потребителя, наиболее привлекательным цветом обладают выбранные для исследования сорта «Футбол», «Персидская», «Турецкая» (рис. 1). При сравнении с другими видами («Пардина» – бурый, «Элитная» – зеленый, «Пюи» – черно-зеленый) эти сорта являются наиболее привлекательными.



Рисунок 1 - Сорта чечевицы: 1 - «Футбол», 2 - «Персидская», 3 - «Турецкая»

*Результаты исследования.* Для выявления наиболее подходящего сорта чечевицы были исследованы физические свойства семян трех сортов. Геометрические характеристики (длина, ширина, толщина) и результаты определения плотности семян представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Линейные размеры семян чечевицы сортов «Футбол», «Персидская», «Турецкая»

Сорт	Линейные размеры, мм		
	Длина	Ширина	Толщина
«Футбол»	4,10±0,09	4,16±0,47	2,41±0,51
«Персидская»	4,01±0,57	4,00±0,56	1,28±0,56
«Турецкая»	4,99±0,67	5,06±0,81	1,21±0,45

Таблица 2 - Результаты определения плотности семян чечевицы сортов «Футбол», «Персидская», «Турецкая»

Сорт	Масса пустого пикнометра, г	Масса пикнометра с зерном, г	Масса зерна, г	Масса пикнометра с зерном и со спиртом, г	Масса спирта над зерном, г	Объем пикнометра, см <sup>3</sup>	Плотность зерна, г/см <sup>3</sup>	Плотность зерна средн, г/см <sup>3</sup>
«Футбол»	20,7551	24,8675	4,1124	42,7933	17,9258	25,1539	1,4529	1,4177
	18,4876	21,9534	3,4658	40,2421	18,2887	25,3838	1,3287	±
	18,5066	21,9773	3,4707	40,5254	18,5481	25,4570	1,4716	0,1930
«Персидская»	20,8021	23,6917	2,8896	42,1433	18,4516	25,1539	1,3282	1,3247
	18,5979	21,7541	3,1562	40,1221	18,3680	25,3838	1,2577	±
	18,7800	23,1632	4,3832	41,0699	17,9067	25,4570	1,3883	0,1624
«Турецкая»	18,7740	22,9484	4,1744	40,7268	17,7784	24,9853	1,4671	1,4210
	16,5116	20,4795	3,9679	38,4383	17,9588	25,1474	1,4259	±
	18,5332	21,8388	3,3056	40,1728	18,3340	25,2446	1,3701	0,1209

В зависимости от сорта чечевица в разной степени влияет на структуру теста, но общее влияние характеризуется как положительное: введение измельченных до мукообразной консистенции зерен чечевицы увеличивает упругость и пористость, а также ускоряет подъем теста [5]. В данной работе планируется частично заменить традиционное сырье мукой из семян чечевицы. Также предполагается использовать следующие виды муки: рисовую, амарантовую, кукурузную в зависимости от проявленных физико-химических и органолептических свойств при дальнейшем исследовании.

Представленные результаты предопределили дальнейшую работу над созданием нового вида мучного кондитерского изделия на основе семян чечевицы.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Глебова, Н.В. Разработка взбивных молочно-крупяных десертов на основе исследования технологических свойств круп / Н.В. Глебова, Е.Н. Артемова // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2011. – №3 (8). – С. 29-33.
2. Калашникова, С.В. Нут – перспективное сырье в кондитерском производстве/ С.В. Калашникова, Т.Н. Тертычная // Известия вузов. Пищевая технология. – 2005. – № 2-3. – С. 110.
3. Панкина И.А., Борисова Л.М. Разработка рецептур комбинированных кулинарных изделий на основе зерна люпина. Материалы IX Междунар. науч.-практич. конф – Саратов, 2015. – С. 326-330.
4. Dalgetty, D. Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils and chickpeas / D. Dalgetty, D. David, B. Byung-Kee // Cereal Chem. – 2006. – V.83 (3). – P. 269-274.
5. Коршенко Л.О. Влияние чечевицы на качественные характеристики хлеба из пшеничной муки / Коршенко Л.О. // Известия ДВФУ. Экономика и управление. – 2016. – №2. – С. 112-119.



ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НИЗКОКАЛОРИЙНОГО БИСКВИТНОГО  
ПОЛУФАБРИКАТА

В настоящее время экспертов Всемирной Организации Здравоохранения беспокоят ряд вопросов, оказывающих негативное влияние на здоровье и продолжительность жизни человека. Одной из таких ключевых проблем современности является избыточная масса тела. Ожирение отрицательно влияет на продолжительность жизни человека. Многие эпидемиологические исследования, проведённые в разных странах в последние годы, показывают, что такие заболевания как диабет второго типа, инфаркт миокарда и ишемический инсульт, являются двумя наиболее важными неинфекционными болезнями, причиной которых является ожирение. В последние годы в ряде европейских стран избыточный вес отмечается уже в подростковом возрасте [1].

Причиной ожирения учёные считают нарушение баланса потребляемых и расходуемых калорий. Происходит это по следующим основным причинам: малоподвижный образ жизни и нарушение рациона питания, когда большая доля населения потребляет избыточное количество высококалорийных, но малопитательных продуктов и напитков и недостаточное количество фруктов и овощей [2].

Анализ фактического питания населения в различных регионах России свидетельствуют о том, что рацион питания россиян характеризуется избыточным потреблением жиров животного происхождения и легко усвояемых углеводов. К продуктам, влияющим на избыточный вес, относятся мучные кондитерские изделия, в состав которых входят мука, сахар, белки и жиры [3].

Цель работы: разработать инновационную технологию бисквитного полуфабриката пониженной калорийности с помощью частичной замены высококалорийного основного сырья.

Методы исследований. В данной работе использовали органолептические, физико-химические и аналитические методы исследований.

Сначала изучили рецептуру классического бисквитного теста, затем разработали свои рецептуры с использованием низкокалорийных добавок. Провели пробные выпечки низкокалорийного полуфабриката и исследовали его по органолептическим и физико-химическим показателям. В рецептуру классического бисквитного теста входят куриные яйца, сахар и мука. При взбивании всех компонентов образуется суспензия, которая при выпечке даёт высокую пористость. Изменение рецептуры влечёт и изменение пористости, что заметно визуально и портит товарный вид готового изделия. Существует два основных пути снижения энергоемкости мучных кондитерских изделий: использование низкокалорийного сырья растительного происхождения (ягоды, фрукты, овощи, плоды, отруби, семена, бобы и др.); введение в тесто неусвояемых пищевых веществ (пектиновые вещества, метилцеллюлоза, клетчатка и др.).

В нашей работе при разработке рецептуры мы пробовали оба способа. Начинали с частичной замены высокоуглеводистого сырья низкоуглеводистым постепенно повышая его долю в рецептуре, а также вводили овощи и клетчатку.

Яичные белки и желтки играют важную роль в формировании внешнего вида готового бисквитного полуфабриката, поэтому данный ингредиент в рецептуре мы оставили неизменным. Все изменения проводили с сахаром и пшеничной мукой. Высококалорийную пшеничную муку мы заменили на менее низкокалорийную овсяную. Для обеспечения

пористости и устойчивости пены при изготовлении бисквитного теста была добавлена тыква в виде тыквенного пюре [4]. Сахар частично заменили на натуральный сахарозаменитель стевию [5].

Рецептуры классического и низкокалорийного бисквита приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Рецептуры классического и низкокалорийного бисквитного теста

Наименование ингредиентов	Классическое бисквитное тесто, (масса, г)	Низкокалорийное бисквитное тесто, (масса, г)
Яичный белок	144	144
Яичный желток	72	72
Мука пшеничная	100	-
Сахар	150	80
Мука овсяная	-	80
Тыква	-	30
Стевия	-	15
Клетчатка	-	20
Итого	466	441

Расчёт калорийности полученных изделий представлен в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 - Расчёт калорийности классического бисквитного полуфабриката

Наименование ингредиентов	Масса, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Ккал
Яичный белок	144	15,8	0,3	10,1	74,9
Яичный желток	72	11,5	19,4	2,6	231,8
Мука пшеничная	100	10,0	1,0	76,0	364,0
Сахар	150	0,0	0,0	149,0	597,0
На 100 г	100	8,0	4,4	51,1	272,0

Таблица 3 - Расчёт калорийности низкокалорийного бисквитного полуфабриката

Наименование ингредиентов	Масса, г	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Ккал
Яичный белок	144	15,8	0,3	10,1	74,9
Яичный желток	72	11,5	19,4	2,6	231,8
Сахар	80	0,0	0,0	79,8	318,4
Мука овсяная	80	9,5	4,6	52,3	244,8
Тыква	30	0,4	0,1	2,31	8,4
Стевия	15	0	0	0	0
Клетчатка	20	0	0	0	0
На 100 г	100	8,4	5,5	33,4	199,2

В полученных образцах бисквитных полуфабрикатов определяли органолептические и физико-химические показатели. Из органолептических: внешний вид, вид на разрезе, цвет, аромат и вкус. Бисквитный полуфабрикат, изготовленный по классической рецептуре, отличался от низкокалорийного по всем показателям. Низкокалорийный бисквитный полуфабрикат имел более интенсивную окраску из-за присутствия мякоти тыквы, приятный вкус, без посторонних привкусов.

Из физико-химических показателей определяли пористость, массовую долю влаги и содержание сахарозы.

Пористость определяли с помощью прибора Журавлёва.

Массовую долю влаги определяли стандартным методом высушивания до постоянной массы навески бисквита массой 5 г.

Содержание сахарозы определяли рефрактометрическим методом после приготовления водной вытяжки из готового бисквитного полуфабриката.

Результаты исследований представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Физико-химические показатели классического и низкокалорийного бисквитных полуфабрикатов

Наименование образцов	Массовая доля влаги, %	Пористость, %	Содержание сахарозы, %
Классическое бисквитное тесто	36,2	80,0	27,4
Низкокалорийное бисквитное тесто	40,0	76,0	18,6

Выводы:

Из данных, представленных в таблице 4 видно, что полная замена пшеничной муки на овсяную муку при изготовлении бисквитного полуфабриката и 50,0% замена сахара приводит к снижению доли сахарозы с 27,4% до 18,6%, что влечёт за собой снижение калорийности готового изделия.

При добавлении в бисквитное тесто тыквенного пюре влажность готового изделия возрастает. Это можно объяснить тем фактом, что тыква на 90% состоит из воды.

Изменение рецептуры не оказывает отрицательного влияния на органолептические показатели готового бисквитного полуфабриката.

Исследования в данном направлении продолжаются.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Панкина И.А., Лебедева М.О. Инновационные технологии в формировании навыков здорового питания школьников. Материалы международной научной конференции «Инновации в технологии продуктов здорового питания». – Калининград, 26 мая 2016 г. – с. 292-294.
2. Проблема ожирения в Европейском регионе ВОЗ и стратегия её решения». Сборник докладов Европейской министерской конференции ВОЗ по борьбе с ожирением. – Стамбул, Турция, 15-17 ноября 2006 г.
3. Малютенкова С.М. Товароведение и экспертиза кондитерских товаров. – СПб.: Питер, 2004. – 479 с.
4. Белокурова Е.С., Котнихов И.В., Бандура А.А. Исследование биологически-активных веществ тыквы, выращенной в условиях Северо-Западного региона В сборнике: Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Составитель Н.А. Щербакова. – 2017. – С. 566-571.
5. Герасимова В.А., Белокурова Е.С. Использование подслащающих веществ в производстве пищевых продуктов. Научно-технический журнал «Технико-технологические проблемы сервиса». № 2 (12), 2010, С. 53-57.

ИССЛЕДОВАНИЕ АМАРАНТОВОЙ МУКИ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ ДИЕТИЧЕСКИХ  
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

*Введение.* В последнее время в России растет спрос на безглютеновую продукцию в связи с распространением аллергических и генетических заболеваний, а также низкого здоровья у людей в целом. Одним из таких заболеваний является целиакия (глютеновая энтеропатия). Целиакия - генетическое аутоиммунное заболевание, проявляющееся в непереносимости белков, содержащихся в злаковых культурах пшеницы, ржи, овса, ячменя. Долгое время это заболевание считали очень редким, встречающимся только у детей. Однако это утверждение оказалось неверным [1].

Известно, что с появлением человечества глютен отсутствовал в питании человека, так как в пищу употреблялись злаковые культуры, не содержащие глютена: рис, кукуруза, просо. Со временем, начали выращивать пшеницу, ячмень. За сравнительно небольшой период, организм человека не успел полностью адаптироваться к глютену, из-за чего и происходят различные заболевания.

*Актуальность* научной работы заключается в том, что в настоящее время необходимой является разработка новых технологий производства с использованием нетрадиционных видов растительного сырья, с высоким содержанием основных микро-и макро-нутриентов. В связи с этим создание диетических пищевых продуктов, в том числе и кондитерских изделий, с использованием таких технологий позволило бы обеспечить коррекцию нутриентного состава в рационе людей, нуждающихся в особом питании.

Существует два пути производства изделий без клейковины. Более перспективный – использование сырья, в состав которого не входит глютен (безглютеновые зерновые, бобовые, орехи, корнеплоды и др.) [2]. Менее используемый и более дорогостоящий – удаление глютена из глютенсодержащих продуктов.

В результате изучения литературных источников и проведенных маркетинговых исследований было выявлено, что в России практически не налажено производство безглютеновой продукции, ассортимент является достаточно скудным. В торговой сети в основном представлены импортные дорогостоящие продукты. Поэтому исследование и внедрение новых видов доступного отечественного сырья для производства безглютеновой продукции – очень важная задача [3].

*Целью настоящей работы* является изучение показателей качества одного из источников безглютенового сырья – амарантовой муки.

*Объекты и методы исследования.* В качестве объектов исследования были выбраны два вида муки: пшеничная (традиционное сырье) торговой марки ОАО «Макфа» (Челябинская обл., п. Рощино) и амарантовая мука (нетрадиционный вид растительного сырья) торговой марки «Ди энд Ди» (Санкт-Петербург). Влажность сырья определяли с помощью прибора «ЭЛЕКС-7». Титруемую кислотность определяли титриметрическим методом с использованием 0,1 н. раствора NaOH в присутствии фенолфталеина в качестве индикатора. Ситовой анализ использовали с целью определения крупности помола муки.

*Результаты исследования.* Одним из важнейших показателей качества муки является влажность. От влажности зависит срок годности данного вида сырья, вместе с тем влажность муки существенно влияет на показатели качества готовых изделий. Другой характеристикой, оказывающей влияние на органолептические и физико-химические показатели готовой продукции, является титруемая кислотность, которая тоже была определена в настоящей

работе. Немаловажным фактором выделяют среди прочих крупность помола. Специалисты считают, что от крупности помола зависят хлебопекарные свойства муки. Так, из тонкодисперсной муки получаются изделия не самого высокого качества: быстро черствеют, корочка и мякиш у таких изделий более темные. Изделия могут иметь более расплывчатую форму.

В таблице 1 представлены результаты исследования некоторых физико-химических показателей исследуемых видов муки.

Таблица 1 – Результаты исследования физико-химических показателей исследуемых видов муки

Физико-химические показатели	Мука пшеничная		Мука амарантовая	
	Влажность, %	11,2±0,1		7,8±0,1
Титруемая кислотность, град	3,8±0,1		7,4±0,1	
Крупность помола, %	Первое сито (Размер ячеек, мм)	Второе сито (Размер ячеек, мм)	Первое сито (Размер ячеек, мм)	Второе сито (Размер ячеек, мм)
	0,25	0,5	0,50	0,25
Процентное содержание фракции	0,60%	99,40%	56,48%	43,52%

В результате проведенных исследований физико-химических показателей различных видов муки выявлено, что все образцы отличаются по ряду показателей. Так по показателю влажности наибольшим значением отличается мука пшеничная (11,2 %). Наименьшей влажностью обладает мука амарантовая (7,8 %). Значительные различия наблюдаются в показателях титруемой кислотности. Титруемая кислотность амарантовой муки в 2 раза выше, чем соответствующий показатель муки пшеничной. Таким образом, амарантовую муку можно отнести к более кислым видам. По крупности помола также из всех образцов можно выделить муку из амаранта, поскольку у данного образца большая часть частиц относится к более крупной фракции: частицы с размером  $\geq 0,50$  мм составляют более 56 %. Вместе с тем, сход с сита с ячейками такого размера у муки пшеничной очень незначителен и составляет менее 1%. Все это позволяет отнести муку амарантовую к видам муки крупного помола.

Таким образом, проведенные исследования и полученные результаты позволяют наметить пути использования такого перспективного вида пищевого сырья, как амарантовая мука.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кристалева О.Н., Мельник М.Г. Целиакия у взрослых – современные подходы к диагностике и лечению. – Сибирский медицинский журнал. Том 94, № 3. – 2010. – С. 121-123.
2. Барсукова Н.В., Решетников Д.А, Красильников В.Н. Пищевая инженерия: технологии и безглютеновых мучных изделий [Электронный ресурс]: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». - 2011. — No1. – С. 51-60.
3. Панкина И.А., Борисова Л.М. Использование зерна люпина для создания продуктов питания функционального и лечебно-профилактического назначения. Международная научно-практическая интернет-конференция. – Белгород, 2011. – С. 161-165.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРТОФЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ЕГО  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДИЕТИЧЕСКОМ ПИТАНИИ

*Введение.* В настоящее время лечебному питанию отводится очень большое внимание не только в России, но и во всем мире. Важно правильно питаться не только больным людям, но и здоровым, также детям и подросткам. Очень важно следить за своим рационом питания, что и когда вы едите. Так как питание – это неотъемлемая часть любого живого человека. В соответствии с данными экспертов ФАО/ВОЗ, здоровье населения на 60-70% зависит от образа жизни, важнейшим слагаемым которого является питание, определяемое количественным содержанием и качественным составом потребляемых человеком нутриентов [1]. Лечебное питание – это в первую очередь правильно-сбалансированное питание, которое должно снижать уровень одних веществ, при этом повышать содержание других в повседневном рационе питания. Благодаря тому, что правильное лечебное питание набирает огромную популярность, большое внимание учёных и врачей диетологов было брошено на изучение лечебного и диетического питания. Благодаря этому в последние годы были значительно пересмотрены принципы диетотерапии, с учетом ряда особенностей превращения пищевых веществ в организме больного. Современное лечебное питание направлено на коррекцию нарушенных функций основных регулирующих систем организма, на адаптацию и стимулирование не только желудочно-кишечного тракта, но и обменных процессов, в том числе и клеточного метаболизма.

В диетическом питании широко применяются всевозможные овощи, в том числе и картофель [2]. Однако, следует учитывать, что картофель среди других овощей отличается высоким содержанием крахмала, что делает его калорийным и его исключают в диетах, рекомендуемых при ожирении.

Белки картофеля являются полноценными (содержат все незаменимые аминокислоты), но количество белка в 8-12 раз ниже, чем в продуктах животного происхождения. По данным некоторых исследователей сырой картофель содержит ингибитор пепсина, в связи с чем сырой картофельный сок включают в диету при язвенной болезни желудка и гастритах [3].

Картофель легко переваривается - 150 г картофеля эвакуируются из желудка через 2-3 часа. Это, очевидно, связано с наличием соланинового сахара, возбуждающего деятельность желудочно-кишечного тракта. У некоторых людей картофель, в связи с высоким содержанием крахмала, вызывает усиленное газообразование; при сочетании с морковью это явление отмечают значительно реже. Высокое содержание калия (по сравнению с натрием) оказывает мочегонное действие этого клубнеплода и обуславливает его применение в питании людей при заболеваниях почек и сердца.

Учитывая особенности химического состава картофеля следует грамотно и рационально подбирать механическую и тепловую кулинарную обработку, которые должны способствовать сохранению в продукте пищевых веществ (преимущественно, витаминов и минеральных солей). При этом рекомендуется использовать варку на пару, в кожуре, запекание; рекомендуемые блюда из картофеля в диетах с механическим щажением – пюре и суфле [4].

*Актуальность* настоящей работы заключается в том, исследование физико-химических показателей такой овощной культуры, как картофель сортов, районированных в Северо-Западном регионе остается перспективным направлением. Как известно, пищевая

ценность клубней зависит от содержания в них сухих веществ: чем больше их находится в клубнях, тем выше содержание крахмала, белков и других пищевых веществ. На снижение содержания сухих веществ в клубнях влияют условия выращивания, например, увеличение дозы азотных удобрений. Избыток азота вызывает быстрый рост клеток, который опережает процесс отложения крахмала [5]. От содержания в картофеле сухих веществ и крахмала зависит сохраняемость картофеля. Известно, что с изменением соотношения сухого вещества и воды меняется плотность клубней. Доказано, что плотность клубней может служить комплексным показателем, характеризующим одновременно пищевую ценность и потенциальную стойкость картофеля при хранении, поскольку косвенным путем он связан с химическим составом и условиями выращивания клубней

*Объекты и методы исследования.* Существуют экспресс-методы определения сухих веществ и крахмала по плотности клубней, которые можно применять в лабораториях входного контроля качества картофеля в производственных условиях плодоовощных баз [3].

В настоящей работе были исследованы физико-химические показатели картофеля среднераннего сорта «Невский» и среднеспелого сорта «Гатчинский», выращенных в Ленинградской области. Плотность клубней определяли методом гидростатического взвешивания, содержание сухих веществ – высушиванием измельченной навески в сушильном шкафу до постоянной массы.

*Результаты и их обсуждение.* В таблице 1 приведены данные по плотности клубней во взаимосвязи с их массой, содержанием сухих веществ, содержанием крахмала и витаминов.

Таблица 1 – Физико-химические показатели и содержание крахмала в клубнях картофеля исследуемых сортов Ленинградской области (усредненные данные)

Наименование сорта	Средняя масса клубня, г	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Сухие вещества, %	Содержание крахмала, %	Содержание витамина С, мг %
Невский	139,0	1,080	19,2	13,9	7,67
Гатчинский	178,5	1,082	21,0	14,0	3,84

Выявлено, что плотность клубней картофеля находится во взаимосвязи от сортовых особенностей и условий выращивания, что согласуется с литературными данными [2]. Картофель сортов Невский и Гатчинский из разных районов выращивания имел неодинаковые физико-химические показатели, количество крахмала и витамина С. Наибольшее количество сухих веществ и повышенная крахмалистость найдены в клубнях сорта «Гатчинский».

*Выводы.* Полученные данные показывают, что плотность клубней находится в прямой зависимости от содержания сухого вещества и крахмала и косвенным путем может характеризовать условия выращивания и потенциальную способность картофеля к длительной сохраняемости.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Белокурова Е.С., Кулакова М.С. Проростки пшеницы как источник эссенциальных микронутриентов при создании комбинированных пищевых продуктов В сборнике: Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях. Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Составитель Н.А. Щербакова. – 2017. С. 571-575.

2. Белокурова Е.С., Котников И.В., Бандура А.А. Исследование биологически-активных веществ тыквы, выращенной в условиях Северо-Западного региона В сборнике: Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях. Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых учёных, посвящённой году экологии в России. Составитель Н.А. Щербакова. – 2017. С. 566-571.

3. Доценко В. А. Теоретические и практические проблемы питания здорового и больного человека // Вопросы питания. – 2004. – № 6. – С. 36–39.

4. Методические указания по оценке сортов на пригодность к промышленной переработке / В. П. Кирюхин, М. М. Чеголина. – М., 1983. – 56 с.

5. Беззубик К.В., Тимонов М.А., Ефанов Е.В. Сбалансированное питание в оздоровительном сервисе // Сервис в России и за рубежом. – 2008. – №1. – С. 31–44.

УДК 664

О.А. Кузнецова, Е.В. Москвичева, И.А. Тимошенко  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРЁМУХОВОЙ МУКИ

Ещё в древности ягоды черёмухи собирали на территории всех славянских и многих средиземноморских и ближневосточных стран и использовали для добавления в пироги, сладости и различные десертные блюда. И лишь относительно недавно из черёмухи начали получать муку. Но в отличие от большинства других видов муки, которые производятся из чистых зёрен, черёмуховую получают путём высушивания и перемалывания именно плодов. Перемолотые ягоды черёмухи, имеют очень яркий вкус и аромат, напоминающий миндальную эссенцию, вишневые косточки и шоколад одновременно. Характерный аромат связан с тем, что в косточках черёмухи содержится достаточное количество амигдалина, имеющего выраженный оттенок косточек миндального дерева. Вкус черёмуховая мука имеет сладкий с горчинкой.

Плоды черёмухи издавна используют в качестве вяжущего, болеутоляющего, противовоспалительного, бактерицидного и закрепляющего средства. Такие полезные свойства черёмуховой муки обусловлены в первую очередь её составом (табл. 1) [1].

Мука богата дубильными веществами. В ней содержатся флавоноиды – мощные антиоксиданты, они способны нейтрализовать действие свободных радикалов, снижать риск возникновения злокачественных образований, способствуют укреплению стенок кровеносных сосудов. Установлено наличие триметиламина, смол, камедей. Черёмуховая мука содержит фитонциды, обладающие активным противомикробным действием [2]. Черёмуховую муку используют при хлебопечении, при приготовлении пирогов (в виде начинок), хлебных изделий, печенья, ватрушек и других продуктов [3]. Поэтому исследование хлебопекарных свойств черёмуховой муки является актуальной задачей.

Цель: исследование органолептических и физико-химических характеристик черёмуховой муки.

Задачи исследования: 1. Изучить органолептические свойства. 2. Определить температуру клейстеризации. 3. Исследовать водоудерживающую способность. 4. Определить содержание сухих веществ.

Методы исследования. Органолептические показатели определяли по ГОСТ 27558-87, влажность муки по ГОСТ 9404-88, водоудерживающую способность - унифицированным методом с помощью центрифугирования мучной суспензии в течении 15 мин при скорости вращения 3000 об/мин, температуру клейстеризации - нагреванием мучной суспензии до



температуры 55-95°C с шагом 10°C и последующим центрифугированием охлажденной пробы в течении 10 мин при скорости вращения 3000 об/мин.

Результаты исследования органолептических и физико-химических характеристик черемуховой муки представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, водоудерживающая способность черемуховой муки достаточно низкая и при нагревании изменяется незначительно. Клейстиризация водной суспензии черемуховой муки при нагревании не обнаружена. При исследовании микроскопических снимков водной суспензии муки, нагретой до температуры 55-95°C с шагом 10°C (рис. 1), выявлено разваривание частиц муки.

Таблица 1 - Химический состав пшеничной и черемуховой муки, %

Показатели	Мука пшеничная	Мука черемуховая
Углеводы	69,8	21,8
Белки	10,8	7,6
Жиры	1,3	-
Пищевые волокна	3,5	4,7
Сахара	1,0	2,41
Яблочная кислота	0,34	0,63
Лимонная кислота	-	0,28
Аскорбиновая кислота	-	0,45
Минеральные вещества, мг%:		
Магний	16	0,9
Железо	1,2	0,2
Цинк	0,7	0,3
Медь, мкг%	100	100
Кобальт, мкг %	1,6	10000
Витамины, мг%:		
РР	1,2	0,9
В <sub>1</sub>	0,17	0,39
В <sub>2</sub>	0,04	0,07
Е	1,5	1,7

Таблица 2 – Органолептические и физико-химические показатели качества черемуховой муки

Показатель	Значение показателя
Цвет	коричневый, шоколадно-коричневый
Вкус	сладко-горьковатый, наличие хруста
Запах	миндальный, ярко выраженный
Влажность, %	5,4
Водоудерживающая способность, г/1 г муки при различных температурах:	
20°C	1,01
55°C	1,07
65°C	1,07
75°C	1,07
85°C	1,07
95°C	1,09

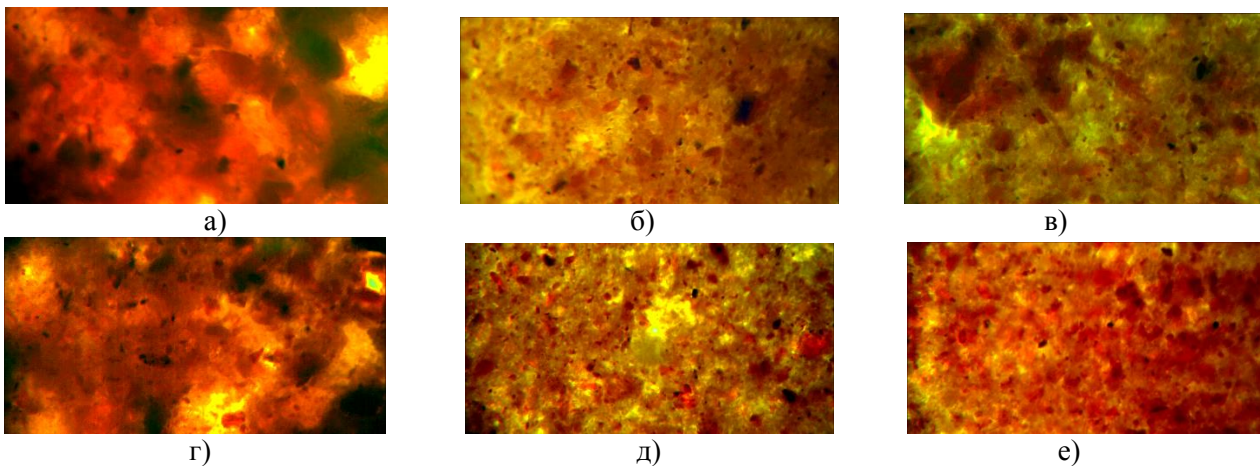


Рисунок 1 – Микрофотоснимки водной суспензии черёмуховой муки при различных температурах нагревания: а) 20°С, б) 55°С, в) 65°С, г) 75°С, д) 85°С, е) 95°С

Выводы. Мука черёмухи не обладает хлебопекарными свойствами пшеничной муки, такими как, образование клейковины и клейстеризация, однако богата минеральными и органическими соединениями, а также витаминами. Её рекомендуется использовать в кондитерской промышленности в качестве добавки к пшеничной муке или безглютеновой смеси для изделий, не требующих высокого содержания клейковины, таких как бисквит, масляный бисквит и миндальное тесто.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Щербакова Е.И. Обоснование использования черемуховой муки в производстве булочных изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: пищевые и биотехнологии. – 2016. – № 1/4. – С. 103-111.
2. Лукин А. А., Меренкова С. П., Фомина Т. Ю. Разработка технологии и рецептуры производства бисквитного полуфабриката с черемуховой мукой // Молодой ученый. — 2016. — №10. — С. 263-266.
3. Тиморева, Г.Л. Лекарственные растения и их применение / Г.Л. Тиморева // Международный журнал экспериментального образования. – 2010. – № 8. – С. 157–158.

УДК 664.681.9

С.С. Сергеева, В.С. Попов, В.Н. Красильников  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### РЕОЛОГИЯ ЗАВАРНОГО ОВСЯНОГО ТЕСТА И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ

*Введение.* Развитие нутрициологии и увеличение внимания к функциональному питанию явилось одним из стимулов разработки новых изделий на основе овса и продуктов его переработки [1]. Овес содержит относительно высокие уровни белка, липидов (ненасыщенных жирных кислот), витаминов, антиоксидантов, фенольных соединений, минералов, некрахмальных полисахаридов (НПС) и др.

Овсяная мука по химическому составу и питательной ценности не уступает показателям пшеничной муки. Достоинство – лечебно-профилактические и функциональные свойства, возможность применения в питании, как больных, так и здоровых людей [2, 3].

Для получения новых изделий с традиционными свойствами и качественной структурой готового изделия для специализированного и функционального питания

существует необходимость дополнительного исследования свойств овсяной муки. Не стоит забывать и о предпочтениях покупателей. Очень важны хорошие органолептические показатели и соблюдение технологического процесса на всех стадиях производства.

В данной работе проведены исследования с целью сравнительной оценки реологических свойств заварного теста из овсяной и пшеничной муки и определены органолептические показатели готовых изделий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить *задачи*:

1. Определить реологические характеристики заварного теста – вязкость. Сравнение реологических свойств контрольного образца и теста на основе цельносмолотой овсяной муки, полученной из перспективных сортов овса.

2. Построить органолептические профили готовых заварных полуфабрикатов.

Объекты исследований – заварное тесто для профитролей и выпечные изделия, приготовленные на основе цельносмолотого голозерного зерна овса, в качестве контроля использовали пшеничное тесто, приготовленное по традиционной рецептуре и технологии №832 «Профитроли» [4].

Образцы заварного теста, приготовленные из муки, полученной из перспективных голозерных сортов овса (Вятский, Першерон, 9h09, 857h05). Два сорта 9h09, 857h05 – новые селекционные голозерные сорта, другие два сорта Вятский, Першерон – голозерные сорта, включенные в Гостреестр и допущены в производство.

*Методы исследований*

- Реологические свойства теста изучали на ротационном вискозиметре Fungilab SMART.

- Органолептическую оценку проводили профильным методом по разработанной системе дескрипторов: внешний вид, поверхность изделия, цвет, пористость, вкус, запах.

Экспериментальные исследования вязкости заварного теста проводили при температуре 22<sup>0</sup>С, постоянная скорость 3 об/мин, интервал значений – 5 минут, шпindel стандартный L4, диаметр сосуда – 2 см. Время проведения каждого исследования – 90 минут. Исследование каждого образца проводили через 30 минут после замеса теста.

*Результаты.* При изучении влияния сорта овсяной муки на вязкость заварного теста была использована мука, полученная методом прямого помола зерна после гидротермической обработки (ГТО). Реологические измерения используются в прогнозировании поведения теста при производстве полуфабриката, которые влияют на конечное качество изделий. Один из важнейших физических показателей заварных полуфабрикатов – это объем, который оказывает сильное влияние на потребительские предпочтения по внешнему виду, возможность наполнения профитролей начинками.

На рисунке 1 представлена динамическая вязкость. Коллоидно-дисперсные системы образцов теста при постоянных условиях и скорости сдвига изменяются (снижаются) со временем до постоянной величины.

Реологические свойства теста в нашем эксперименте зависят от рецептуры, способа приготовления и длительности замеса. Заварное овсяное тесто по реологическим свойствам относится к неньютоновским системам, от пшеничного теста отличаются повышенной вязкостью. Высокая вязкость способствует сохранению воздуха внутри изделий, придаёт тесту растяжимость и образованию полости внутри изделий.

Промежуток времени от 0 до 10 минут – зона начала течения с наибольшей эффективной и пластической вязкостью, от 10 до 20 минут – зона разрушения структуры, от 20 до 80 минут – зона с постоянной вязкостью предельно разрушенной структуры.

Уменьшение вязкости соответствует тиксотропному типу течения, эффективная вязкость уменьшается во время механического воздействия. Тесто обладает способностью

самопроизвольно восстанавливаться после разрушения, и сохраняет свою форму, что соответствует упруго-пластичному состоянию.

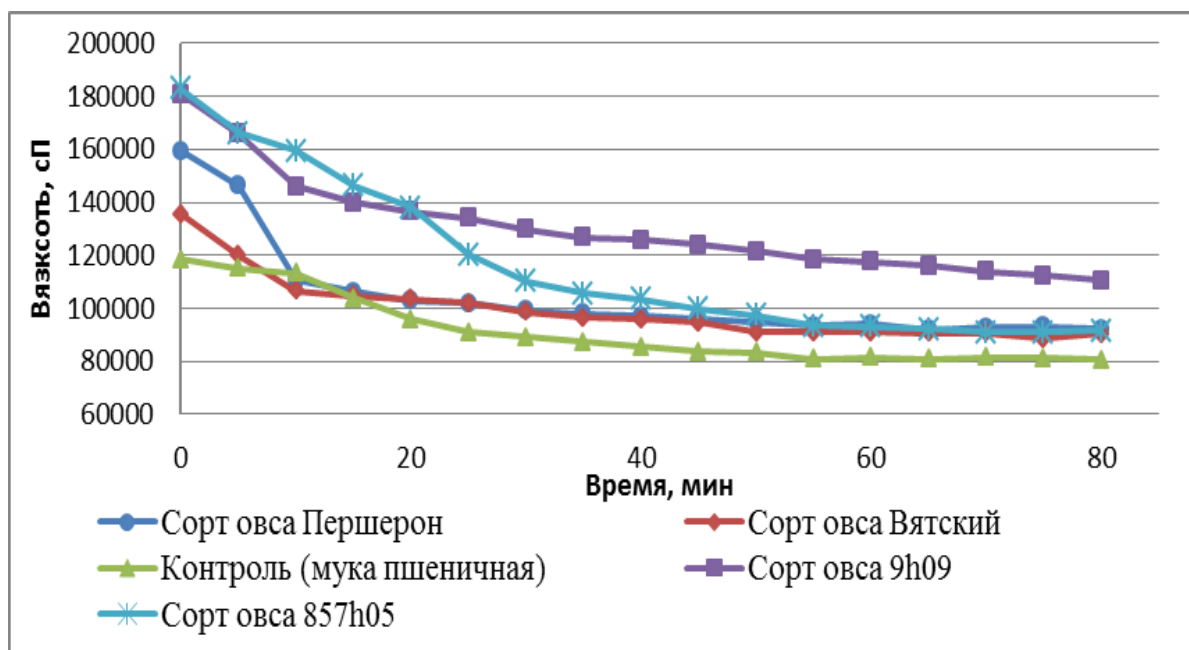


Рисунок 1 - Зависимость динамической вязкости от времени

При одинаковой скорости вращения шпинделя вязкость теста из голозерных сортов овса выше, по сравнению с контрольным образцом на пшеничной муке. Овсяное тесто не образует клейковины, при заваривании НПС, крахмал овсяной муки набухают в горячей воде, тесто становится более пластично и обладает большей вязкостью [2]. В овсяной муке больше слизи, других НПС, способствующих повышению вязкости системы.

Из рисунка отметим, что при одинаковой рецептурной закладке для образцов овсяного теста, имеются небольшие различия кривых течения теста, вязкость заварного теста сорта 9h09 приблизительно в 1,5 выше вязкости остальных образцов, можно предположить, что различия находятся в биохимическом комплексе генотипа зерна овса. Все остальные образцы близки друг другу и приближаются к контрольному образцу на пшеничной муке.

Реологическая характеристика – вязкость, которая влияет на качество готовой продукции. Её можно регулировать в процессе производства, если будут выявлены несоответствия при проверке.

Для дальнейших исследований был выбран сорт Вятский, тесто с которым по показателю вязкости приближается к контрольному образцу.

Готовые заварные изделия из цельносмолотой овсяной муки максимально приближены к традиционным изделиям на пшеничной муке, что подтверждают органолептические профили (рис. 2).

На рисунке 2 представлен органолептический профиль качества нового изделия – заварного полуфабриката профитролей на овсяной муке (сорт Вятский), оценку производили методом балльной системы дескрипторов. В качестве контроля использовали образец изделий на пшеничной муке.

При оценке качества готовых изделий по пятибалльной шкале наилучшими значениями, определяющими соответствие и пригодность используемых образцов к кулинарному использованию, являются те, которые составляют от 4 до 5 баллов [5].

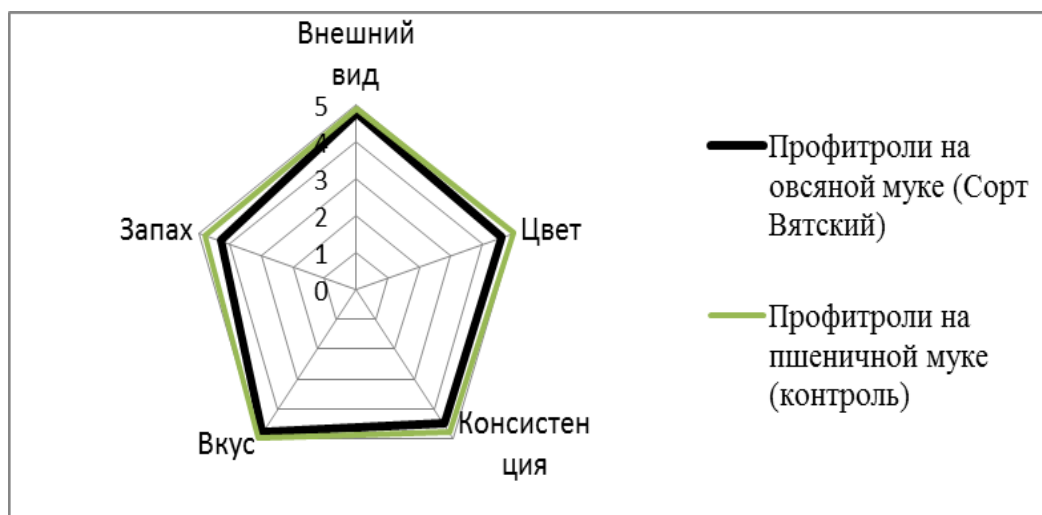


Рисунок 2 – Органолептические профили заварных изделий (профитроли)

*Вывод.* Установлено, что на динамическую вязкость заварного теста влияет не только вид, но и его сорт муки, то есть зависит от биохимического состава генотипа сортов. Новый сорт овса 9h09 имеет наибольшую вязкость по сравнению с другими образцами и контролем. Заварное тесто с сортом овса Вятский приближается к контрольному образцу.

По результатам исследований реологических свойств теста и органолептических профилей готовых изделий в специализированном и функциональном питании можно рекомендовать голозёрный сорт овса Вятский, включенный в Государственный реестр селекционных достижений с 2007 года, допущенный к использованию и производству.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Султаева, Н.Л., Перминова, В.С. Исследование свойств семян льна и разработка на их основе технологии хлебобулочных изделий // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/145TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/145TVN115.
2. Сергеева, С.С., Попов, В.С., Красильников, В.Н. Технологические и биохимические свойства перспективных сортов овса и функциональные продукты на его основе / Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием. Высшая школа биотехнологии и пищевых технологий. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. – С. 47-49.
3. Азгамова, Л.И. Производство мучного кондитерского изделия повышенной пищевой ценности / Л.И. Азгамова [и др.] // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2010. – № 11. – С. 264-268.
4. Голунова, Л.Е. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – СПб.: Проффикс, 2002. – С. 298.
5. Ковалев, Н.И. Органолептическая оценка готовой пищи. – М.: Экономика, 1976. – С. 177.

УДК 641.52

С.А. Окуневич, Н.В. Барсукова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ИНДУСТРИИ ПИТАНИЯ

Сегодня в индустрии питания происходят серьезные научно-технические изменения, как на отдельных предприятиях, так и в крупных сетевых структурах [1]. Большинство этих

изменений связано с применением инновационных технологий, главная цель которых – обеспечение безопасности и качества продукции, продление сроков годности, организация гибкого технологического графика обработки сырья и полуфабрикатов, сокращающего простои техники, равномерное распределение загрузки оборудования и занятости производственного персонала, снижение энергопотребления на производстве и т.д.

Организуется производство и реализация кулинарной продукции по одной из следующих схем:

1. предприятие производит и реализует приготовленные блюда на месте (в кафе, ресторанах, столовых и т.д.);

2. предприятие производит готовые блюда, которые подвергаются фасовке, интенсивному охлаждению или замораживанию и транспортируются в филиалы, где разогреваются [2].

Обе схемы предполагают наличие основных технологических операций: подготовка сырья и его гидротермическая обработка, приготовление полуфабрикатов, тепловая обработка полуфабрикатов.

И если подходы к осуществлению первых двух технологических операций достаточно консервативны, то способы тепловой обработки постоянно совершенствуются. В настоящее время становится все более популярным применение технологии *Sous Vide*, которая предполагает приготовление предварительно вакуумированного продукта при пониженной температуре (62-95 °С). Данный способ характеризуется длительным временем приготовления, но и пролонгированными сроками хранения. Приготовление по технологии *Sous-Vide* и обеспечение санитарной безопасности продукта может быть произведено двумя способами:

- при низкой температуре длительное время;
- при высокой температуре продолжительное время.

Как известно, при температуре выше 68 °С обеспечивается санитарная безопасность в ходе тепловой обработке, однако в таком случае высока вероятность появления непривлекательного внешнего вида и ухудшения органолептических показателей.

Целью нашего исследования являлось определение эффективности технологии *Sous Vide*, реализованной при минимально допустимой температуре, по сравнению с традиционными технологиями.

Объектом исследования являлся порционный полуфабрикат из курицы с облепиховым маринадом.

Полуфабрикат подвергался комбинированной тепловой обработке: по технологии *Sous Vide* при температуре 62 °С в течение 45 минут, далее доготавливался в пароконвектомате при температуре 180 °С 10 минут для придания характерного колера и обеспечения безопасности продукта в соответствии с Техническим регламентом [3].

Примененная технология показала ряд преимуществ:

1. По органолептическим показателями полуфабрикаты, обработанные по технологии *Sous Vide*, практически не отличались от обработанных традиционными способами тепловой обработки. Более того – в продукте максимально были сохранены интенсивность вкуса, цвет и консистенция.

2. Наблюдались меньшие потери после тепловой обработки.

В таблице 1 представлены результаты исследования изменения массы полуфабриката, приготовленного комбинированным способом, в сравнении с полуфабрикатом, приготовленным традиционным способом – жаркой.

Суммарные потери курицы после двухступенчатой тепловой обработки с использованием технологии *Sous Vide* составили 24%, тогда как традиционная

одноступенчатая обработка – жарка основным способом – привела к уменьшению массы на 28%.

Таким образом, комбинированная тепловая обработка может быть рекомендована для использования:

1. На предприятиях, реализующих продукцию по месту производства. В этом случае заранее производится тепловая обработка по технологии Sous Vide, интенсивное охлаждение до +2...+4 °С, а затем, по мере спроса потребителей, продукт доводится до температуры подачи в пароконвектомате;

2. В сетевых предприятиях. При этом тепловая обработка по технологии Sous Vide и охлаждение полуфабриката производится на заготовочном предприятии, а доведение до температуры подачи осуществляется в месте реализации.

Таблица 1 – Изменения массы полуфабриката из курицы при тепловой обработке

Показатели	Полуфабрикат, приготовленный комбинированным способом	Полуфабрикат, приготовленный традиционным способом по Сборнику рецептур [4]
Масса сырого полуфабриката, г	79±5	80±5
Масса полуфабриката после обработки Sous Vide, г	74±5	-
Масса готового продукта после обжаривания, г	-	58±5
Процент потерь, %	8	28
Масса готового продукта после пароконвектомата, г	60±5	-
Процент потерь, %	19	-
Общий процент потерь по сравнению с исходной массой, %	24	28

Преимуществом является и то, что продукт после тепловой обработки Sous Vide уже упакован, поэтому для осуществления хранения не требуется его дополнительная упаковка, и предотвращается возможное загрязнение уже готового продукта.

Таким образом, сочетание технологии Sous Vide и высокотемпературной обработки в пароконвектомате оправдано, как с технологической точки зрения, так и экономически, что позволяет судить об эффективности и целесообразности ее использования на предприятиях индустрии питания.

Работа выполнена при финансовой поддержке ООО «БЛЮДОФФ-ГРУПП».

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Тимошенкова И.А., Сафонова Э.Э., Харитоновна Е.В. Инновационное развитие сетевых структур в индустрии питания на основе централизованных производств кулинарной продукции // Журнал правовых и экономических исследований. - 2015. - № 1. - С. 249-257.

2. Куткина М.Н. Инновации в технологии продукции индустрии питания: Учебное пособие / М.Н. Куткина, С.А. Елисеева. — СПб.: Троицкий мост, 2016. — 168 с.

3. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

4. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания / Авт. сост.: А.И. Здобнов, В.А. Цыганенко. – К.: ООО «Издательство Арий», М.: ИКТЦ «Лада», 2009. – 680 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН

Пищевые волокна на сегодняшний день являются одними из самых востребованных и наиболее широко применяемых пищевых ингредиентов благодаря их многофункциональности. Пищевые волокна — это комплекс, состоящий из полисахаридов (пектиновых веществ, гемицеллюлоз, целлюлозы), а также лигнина и связанных с ними белковых веществ, формирующих клеточные стенки растений. Пищевые волокна представляют собой сложный комплекс биополимеров линейной и разветвленной структуры с молекулярной массой значительной величины [1].

В мире сложилась устойчивая тенденция перехода на продукты питания, не содержащие вещества, имеющие медицинские противопоказания. Она обусловлена ростом числа людей, страдающих аллергией, и не переносящих определенные вещества, содержащиеся в традиционных продуктах [2].

Свекловичные волокна – это однородный порошок, допускаются отдельные, легко рассыпающиеся при воздействии комочки. Область применения таких волокон достаточно велик: мясоперерабатывающая промышленность, молочная промышленность, кондитерская промышленность, полуфабрикаты, тесто, паштеты, соусы и другое.

Пшеничные волокна – это натуральный пищевой продукт растительного происхождения, получаемый из колосьев пшеницы. Благодаря высокой водо- и жирозвязывающей способности, низкой калорийности широко используется в таких отраслях пищевой промышленности как производство сырокопченых колбас, мясных паштетов, консервов и фарша, молочных продуктов, кондитерских изделий и многих других [3].

Цель работы – изучить физико-химические свойства пищевых волокон с разными фракциями для применения при производстве пищевых продуктов.

На основании цели работы были сформулированы следующие задачи:

- Определить органолептические показатели качества свекловичных и пшеничных волокон разных фракций.
- Определить водоудерживающую способность свекловичных и пшеничных волокон разных фракций.

В качестве объектов исследования были выбраны свекловичные волокна SV-100 и SV-200, а также пшеничные волокна FW-200.

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 27558-87.

Водоудерживающая способность волокон определяли следующим методом. Навеску продукта в количестве 1 г помещали в центрифужную пробирку, добавляли дистиллированной воды, перемешивали и центрифугировали суспензию в течение 15 минут. Затем сливали надосадочную жидкость для удаления избытка влаги. Далее взвешивали пробирки и рассчитывали водоудерживающую способность пищевых волокон по формуле (1):

$$B = \frac{(C - e)}{a} \cdot 100, \quad (1)$$

где В – количество воды, удерживаемое 1 г пробы, %; а – навеска продукта, г; в – масса пробирки с сухой навеской, г; С – масса пробирки с увлажненной навеской, г.

Результаты исследования органолептических показателей качества пищевых волокон представлены в таблице 1.



Данные исследования водоудерживающей способности свекловичных волокон SV-100 фракция 100, SV-200 фракция 200 и пшеничных волокон FW-200 фракция 200 представлены в таблице 2.

Также образцы пищевых волокон до и после набухания при температуре 20°C были исследованы на электронном микроскопе при увеличении 16×10 (рис. 1).

Таблица 1 – Органолептические и показатели качества пищевых волокон

Показатель	SV-100	SV-200	FW-200
Цвет	светло-коричневый	светло-коричневый	белый
Вкус	травяной, землистый	травяной, землистый	растительной клетчатки
Запах	ореховый	ореховый	отсутствует

Таблица 2- Водоудерживающая способность пищевых волокон

Продукт	Фракция	Водоудерживающая способность, %
SV-100	100 мкм	663
SV-200	200 мкм	744
FW-200	200 мкм	925

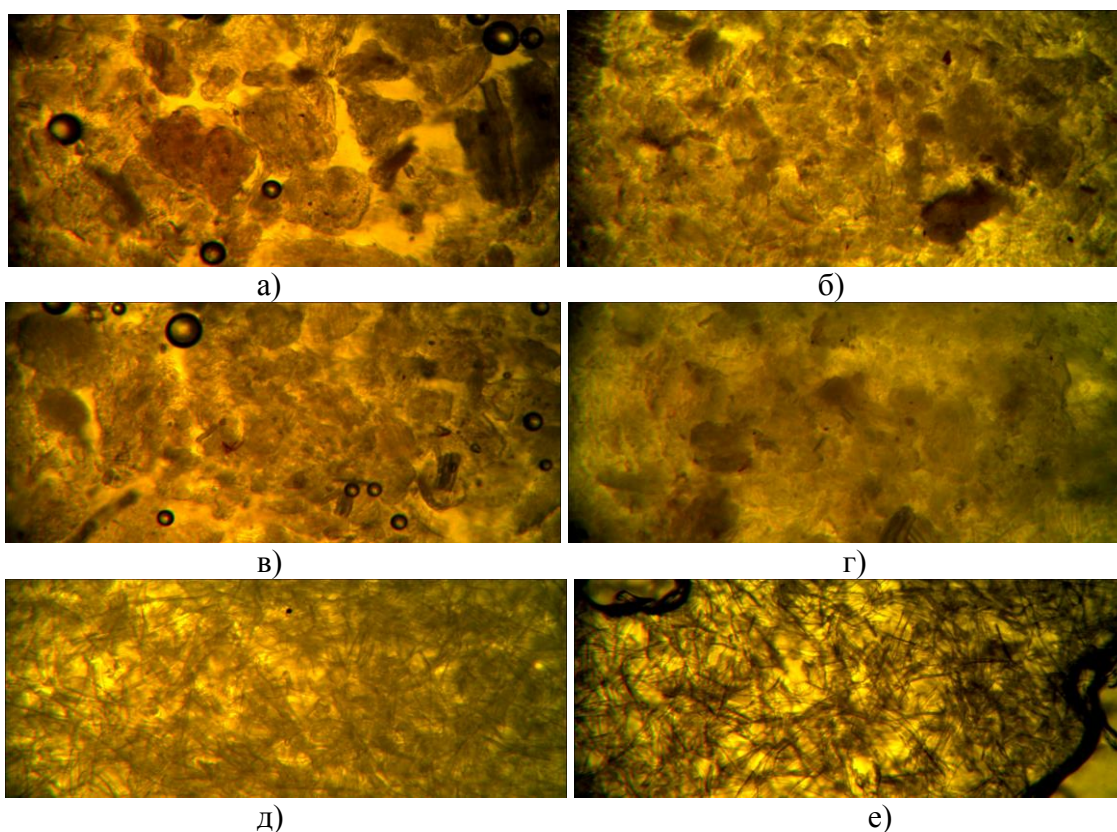


Рисунок 1 – Микрофотоснимки с увеличением 16×10: (а) свекловичные волокна SV-100 до набухания, (б) свекловичные волокна SV-100 после набухания, (в) свекловичные волокна SV-200 до набухания, (г) свекловичные волокна SV-200 после набухания, (д) пшеничные волокна FW-200 до набухания, (е) пшеничные волокна FW-200 после набухания

Как видно на рис. 1 свекловичные волокна имеют глобулярную форму. Видно, что нити пищевых волокон свернуты в комок. В результате взаимодействия свекловичных волокон SV-100 и SV-200 с водой глобулы разворачиваются, а толщина волокон увеличивается. Пшеничные пищевые волокна FW-200 имеют фибриллярную форму и в результате набухания увеличиваются в объеме. При этом водоудерживающая способность пшеничных пищевых волокон при температуре 20 °С практически в 1,5 раза больше чем у свекловичных волокон.

В зависимости от целей пищевые волокна можно использовать в качестве загустителей и водоудерживающих агентов при производстве кондитерских и хлебобулочных изделиях, приготовлении салатов и соусов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Денисовой М.Ф. / Пищевые волокна и их виды // Актуальные вопросы товароведения и безопасности товаров: материалы международной научно-практической конференции. 2012. – С. 51.
2. Москвичева Е.В., Сафонова Э.Э., Тимошенкова И.А. / Использование муки из семян раторопши в производстве безглютеновой продукции // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 8-3 (62). – С. 46–50.
3. Тарасенко Н. А., Третьякова Н. Р., Баранова З. А. / Кондитерская функциональная смесь для печенья // Патент на изобретение RUS 2626625 08.11.2016 [Электронный ресурс]. URL: <https://edrid.ru/rid/217.015.e57a.html>.

УДК 664.8

А.В. Соколова, О.Б. Иванченко  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЦЕДРЫ ПЛОДОВ ЦИТРУСОВЫХ РАСТЕНИЙ

*Введение.* С общим ускорением темпа жизни основными факторами, стимулирующими появление новых пищевых продуктов и напитков, становится стремление людей к здоровому образу жизни и удобству их потребления. В настоящее время Россия, как и многие другие страны, стремится к производству пищевых продуктов, которые являются полезными для здоровья всех возрастов населения. Одним из факторов безопасности пищевых продуктов является предотвращение их порчи. Под порчей пищевых продуктов понимается процесс, приводящий к изменению его химического состава, а также органолептических свойств: цвета, запаха, вкуса. Природа возникновения порчи может быть разной: химической, микробиологической или физической. Четкой границы разделения между этими процессами не существует, т.к. причины и следствия часто представляют собой неразрывное единство.

Одним из примеров таких процессов является окисления, которое может происходить как при воздействии кислорода воздуха, так и в результате деятельности микробных контаминантов продукта [1]. Окислительные процессы в пищевых продуктах снижают срок их хранения и значительно ухудшают его органолептические показатели. Полностью исключить процессы окисления нельзя, но замедлить такие реакции можно [2]. К числу таких соединений, которые замедляют окислительные процессы, относятся антиокислители. Это соединения способны связывать молекулы, содержащие неспаренные электроны с образованием менее активных или совсем неактивных радикалов. Антиокислители не только защищают жиры и жиросодержащие продукты от прогоркания, а фрукты и овощи от потемнения при технологической переработке, но и способствуют сохранению вкусовой стабильности пива, вина, безалкогольных напитков за счет замедления их ферментативного

окисления. Природными антиоксидантами являются витамины С, Е, Р, А, каротиноиды, флавоноиды, ароматические оксикислоты, антоцианы и другие соединения [3].

В улучшении пищевой ценности большую роль играют технологии производства, поэтому, разрабатывая рецептуры напитков, перспективным является внесение в качестве естественной добавки экстракта, настоя или сока растения [4, 5]. Таким образом, используя плоды, вытяжки, экстракты и соки растений в рецептуре мы не только увеличиваем срок хранения продукта, но и повышаем его пищевую и биологическую ценность, обусловленные присутствием в нем антиоксидантов, органических кислот, минеральных веществ, ферментов, витаминов, фенольных соединений, ароматических веществ и других биологически активных компонентов.

Актуальность данной работы заключается в сохранении здоровья человека, включая в его рацион продукт, обладающего функциональными свойствами и содержащего вещества, которые способны «бороться» с неблагоприятными воздействиями на организм человека.

*Цель работы:* определение антиоксидантной активности цедры плодов цитрусовых растений, представленных на рынке Санкт-Петербурга с целью рекомендации их к использованию в технологиях производства пищевых продуктов.

*Задачи:* определить суммарное содержание антиоксидантных компонентов в цедре плодов цитрусовых растений; оценить влияние температурной обработки на сохранение антиоксидантной активности в цедре.

*Методы исследования.* В основе методов определения антиоксидантной активности лежат принципы прямого или косвенного изменения скорости или полноты реакции антиоксидантов с соответствующими реагентами. Амперометрический метод измерения массовой концентрации антиоксидантов основан на измерении силы электрического тока, возникающего при окислении молекул антиоксиданта на поверхности рабочего электрода при определенном потенциале, который после усиления преобразуется в цифровой сигнал. Значение электрического тока зависит от природы и концентрации анализируемых веществ, типа и материала рабочего электрода и потенциала, приложенного к электроду. Основные наиболее активные природные антиоксиданты имеют фенольную природу, поэтому данный метод наиболее пригоден для определения антиоксидантной активности [6].

Таблица 1 – Суммарное содержание антиоксидантов в исследуемой цедре плодов цитрусовых растений, мг/дм<sup>3</sup>

Образец	Температура высушивания, °С		
	25	70	105
Цедра лайма	16,6±0,3	16,8±0,3	19,8±0,7
	15,8±0,3	17,2±0,3	20,4±0,7
	16,6±0,3	17,8±0,3	21,6±0,7
	16,2±0,3	17,0±0,3	21,8±0,7
Среднее	16,3±0,3	17,2±0,3	20,9±0,7
Цедра апельсина	17,8± 0,7	9,6±0,4	17,8±0,5
	17,2± 0,7	9,0±0,4	17,8±0,5
	18,8± 0,7	9,6±0,4	18,2±0,5
	19,4± 0,7	10,6±0,4	19,2±0,5
Среднее	18,3± 0,7	9,7±0,4	18,3±0,5
Цедра лимона	12,6±0,5	15,6±0,7	-
	11,4±0,5	17,4±0,7	-
	12,2±0,5	17,6±0,7	-
	13,0±0,5	17,6±0,7	-
Среднее	12,3±0,5	17,1±0,7	-

Цедра является вторичным сырьевым ресурсом в технологии соков. Несмотря на химический состав, который содержит такие важные для здоровья человека вещества как витамины группы В, аскорбиновая кислота, фенольные соединения, фолиевая кислота и др., цедра при промышленной переработке плодов используется в основном на корм скоту. Именно цедра является наиболее богатым источником аскорбиновой кислоты (витамин С). Нужно учесть, что организм человека не может запастись витамином С, поэтому необходимо постоянно получать его дополнительно.

В таблице 1 приведены результаты исследования количественного содержания антиоксидантов в цедре плодов цитрусовых растений.

*Выводы.* Проведя исследования, мы пришли к выводам: наибольшее количество антиоксидантных веществ содержится в цедре лайма  $20,9 \pm 0,7$  мг/дм<sup>3</sup>, которая была высушена при температуре 105°С; наименьшее количество антиоксидантных веществ содержится в цедре апельсина  $9,7 \pm 0,4$  мг/дм<sup>3</sup>, которая была высушена при температуре 70°. Данный результат объясняется тем, что цедра лайма подверглась высушиванию при температуре 105°С наименьшее количество времени, по сравнению с другими образцами, что обуславливает сохранение наибольшего количества антиоксидантных веществ. Вследствие этого актуальной задачей является использование цедры в технологии пищевых продуктов с целью прерывания реакции самоокисления в компонентах продуктов и, предотвращения изменения их органолептических характеристик, а также увеличения срока хранения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гарипова А.Ф., Леонтьева М.А., Насрутдинова Р.А., Ямашев Т.А., Решетник О.А. Применение пряности *Nigella sativa* в технологии хлебобулочных изделий из пшеничной муки // Вестник КНИТУ. – 2014. Т. 17, N 22. - С. 241-243.
2. Branen A.L., Davidson P.M., Katz B. Antimicrobial properties of phenolic, antioxidants and lipids // Food Technol. - 1980. - Т.34(5), P.42-53.
3. Рябова С.М., Крикунова Л.М. влияние янтарной кислоты на активность эндогенных и микробных амилаз // Хранение и переработка сельхозсырья. - 2013. - №8. - С.7-11.
4. ГОСТ 24556-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. — Изд-во стандартов, 2001. — 11 с.
5. Базарнова Ю.Г., Иванченко О.Б. Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 5. - С. 100-107.
6. ГОСТ 54037-2010 Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитков. — Введ. 2012-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2011. — 6 с.

УДК 664.78

А.А. Филиппова, О.Б. Иванченко  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ИЗУЧЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ СЕМЯН ГРЕЧИХИ

*Актуальность.* В настоящее время в нашей стране уделяется особое внимание разработке продуктов питания на основе натурального сырья, которое будет обогащать организм человека полезными компонентами и удовлетворять его физиологическим потребностям.

В современных условиях жизни продукты питания должны не только удовлетворять потребностям человека в основных питательных веществах и энергии, но и выполнять профилактические функции, которые возможны в том случае, если в состав продукта входят витамины, микро- и макроэлементы, а также ферменты и другие биологически активные

вещества. Исследование свойств продуктов растительного и животного происхождения и обогащение их веществами, повышающими его защитные и геронтологические свойства актуально на сегодняшний день.

В процессе всей жизни человека в ходе многочисленных биохимических реакций в организме человека синтезируются многочисленные радикалы ( $\text{OH}^\cdot$ ) и вещества высоко реакционно-активные ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), которые могут взаимодействовать с макромолекулами клетки, вызывая их окисление. Антиоксиданты - вещества, замедляющие или предотвращающие окисление органических соединений. Они защищают организм от негативных воздействий свободных радикалов. Антиоксидант соединяется со свободным радикалом и ставит заслон разрушительному действию лишнего электрона. С помощью ферментной защитной системы организм преобразует клеточный оксидант в воду и кислород (нерадикал). Антиоксиданты могут быть синтетическими и природными. Синтетические содержатся в лекарственных препаратах, БАДах и пр. Природные содержатся в овощах, фруктах, ягодах, орехах, травах и других продуктах питания. К природным антиоксидантам относят каротиноиды, флавоноиды, антоцианы, различные витамины, ароматические оксикислоты и другие соединения [1].

*Цель работы* – анализ антиоксидантной активности пророщенных семян гречихи с целью рекомендации их использования для обогащения продуктов питания.

В связи с этим решались следующие задачи:

1. Определить суммарное содержание антиоксидантов в семенах гречихи разных производителей.
2. Оценить влияние температурной обработки на сохранение суммарного содержания антиоксидантов в семенах пророщенной гречихи.

*Методы исследований.* В основе методов определения антиоксидантной активности лежат принципы прямого или косвенного изменения скорости или полноты реакции антиоксидантов с соответствующими реагентами. Можно выделить три типа методов в зависимости от того, какой регистрируется процесс:

1. Скорость потребления  $\text{O}_2$ ;
2. Регистрация образовавшихся продуктов окисления;
3. Поглощение/связывание свободных радикалов.

В первом и втором случаях антиоксидантная активность определяется по ингибированию скорости потребления реагента или образования продуктов реакции окисления. В этих методах антиоксидантная активность зависит от многих параметров:

- природа исследуемого вещества;
- концентрация антиоксиданта и других соединений;
- температура и время и др.

Амперометрический метод основан на измерении электрического тока, возникающего при электрохимическом окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности рабочего электрода при определенном его потенциале. В условиях амперометрического детектирования хорошо окисляются соединения, содержащие гидроксильные группы, предел их обнаружения лежит в интервале  $10^{-9}$ - $10^{-12}$  г [2].

Основные наиболее активные природные антиоксиданты имеют фенольную природу, поэтому данный метод наиболее пригоден для определения антиоксидантной активности.

*Объекты исследования.* В работе использовали семена гречихи марки «Масляный король» (производитель ООО «Виктория», г. Великий Новгород) и «Алтайский край» (производитель ООО «Эксперт», г. СПб). Особенностью гречихи является наличие биофлавоноидов во всех частях растения. Благодаря содержанию рутина, кверцетина, гесперидина, кверцитрина и других биологически активных веществ она способна усиливать

адаптационные, физиолого-метаболические свойства организма, снизить риск воздействия токсикогенов, тяжелых металлов и радиоактивных веществ [3, 4].

Семена увлажняли и проращивали при комнатной температуре до появления проростков, и затем проросшие семена высушивали при разных температурах (22 °С и 70 °С) и сравнивали влияние температуры на антиоксидантную активность образцов.

В качестве контроля использовали не пророщенные семена.

В таблице 1 представлены результаты исследования содержания суммарного количества антиоксидантов в пророщенных семенах гречихи до и после их тепловой обработки. Как видно из данных таблицы, начальное количество антиоксидантов, а значит и антиоксидантная активность (ОАО) исследуемых образцов гречихи «Масляный король» и «Алтайский край», практически одинаковое и составляют  $4,97 \pm 0,5$  и  $5,25 \pm 0,2$ , соответственно.

Таблица 1 – Суммарное количество антиоксидантов в исследуемых образцах, мг/дм<sup>3</sup>

Образец	Температура высушивания, °С		
	Контроль	22	70
Гречиха «Масляный король»	$4,50 \pm 0,5$	$2,53 \pm 0,3$	$2,35 \pm 0,1$
	$4,90 \pm 0,5$	$2,62 \pm 0,3$	$2,25 \pm 0,1$
	$5,20 \pm 0,5$	$2,78 \pm 0,3$	$2,20 \pm 0,1$
	$5,20 \pm 0,5$	$2,64 \pm 0,3$	$2,14 \pm 0,1$
Среднее значение показателя	$4,97 \pm 0,5$	$2,64 \pm 0,3$	$2,24 \pm 0,1$
Гречиха «Алтайский край»	$5,15 \pm 0,2$	$5,56 \pm 0,1$	$9,23 \pm 0,7$
	$5,22 \pm 0,2$	$5,60 \pm 0,1$	$9,41 \pm 0,7$
	$5,44 \pm 0,2$	$5,69 \pm 0,1$	$9,87 \pm 0,7$
	$5,20 \pm 0,2$	$5,73 \pm 0,1$	$10,12 \pm 0,7$
Среднее значение показателя	$5,25 \pm 0,2$	$5,65 \pm 0,1$	$9,66 \pm 0,7$

**Выводы.** Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что пророщенные семена гречихи содержат антиоксидантные вещества, но объект исследования №3 – семена гречихи «Алтайский край» обладают более выраженной антиоксидантной активностью. С повышением температуры просушивания от 22 °С до 70 °С антиоксидантная активность семян гречихи «Алтайский край» увеличилась с  $5,25$  мг/дм<sup>3</sup> до  $9,66$  мг/дм<sup>3</sup>.

Образец №2 – семена гречихи «Масляный король» тоже обладают антиоксидантной активностью, но суммарное количество антиоксидантов чуть меньше. С повышением температуры от 22 °С до 70 °С антиоксидантная активность понизилась с  $4,97$  мг/дм<sup>3</sup> до  $2,24$  мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, образец №3 – семена гречихи «Алтайский край» можно считать наиболее пригодными для использования в целях обогащения продуктов питания.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Доровских В. А. Антиоксиданты в профилактике и коррекции холодового стресса / В. А. Доровских, Е. А. Бородин, С. С. Целуйко. – Благовещенск, 2000. – 183 с.
2. ГОСТ 54037-2010 Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитков. — Введ.2012-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2011. — 6 с.
3. Мягчилов А.В. Флавоноиды растений *Fagopyrum sagittatum Gilib* (гречихи посевной) и *Serratula coronate L.* (серпухи венценосной): методы выделения, идентификация веществ, перспективы использования: автореф. дис. канд.биол.наук/А.В Мягчилов. – Владивосток, 2015. - 22 с.

4. Базарнова Ю.Г., Иванченко О.Б. Исследование состава биологически активных веществ экстрактов дикорастущих растений // Вопросы питания. 2016. Т. 85. № 5. - С. 100-107.

УДК 642.5

Д.А. Анисов, Е.В. Чернова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПАНАЗИАТСКОЙ КУХНИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Актуальность темы. Стабилизация экономического и социального состояния российского общества имеет большое значение для развития рынка ресторанных услуг. За последние годы увеличился спрос на новые, ранее не востребованные направления: авторские рестораны, заведения, в которых представлены нетипичные для российского потребителя национальные кухни. Набирает популярность такое направление, как паназиатская кухня, особенно в сегменте потребителей до 35 лет.

Целью настоящего исследования является анализ ресторанов паназиатской кухни в Санкт-Петербурге и перспективы развития данного направления ресторанного бизнеса.

Объекты исследования: рестораны и кафе Санкт-Петербурга.

Методы исследования: сравнение, анализ, синтез, аналогия, классификация, общие положения и принципы системного подхода [1].

Информационная база исследования: справочники, материалы конференций, ресурсы информационной сети Интернет.

На рынке общественного питания Санкт-Петербурга в 2012 г. наибольшее количество ресторанов и кафе предлагало европейскую кухню (39 %). Далее шли предприятия с русской (22 %), японской (8 %), итальянской (5 %) национальными кухнями. Остальные 26 % предложений были представлены испанской, латиноамериканской, китайской, кавказской и некоторыми другими видами кухонь (рис. 1).

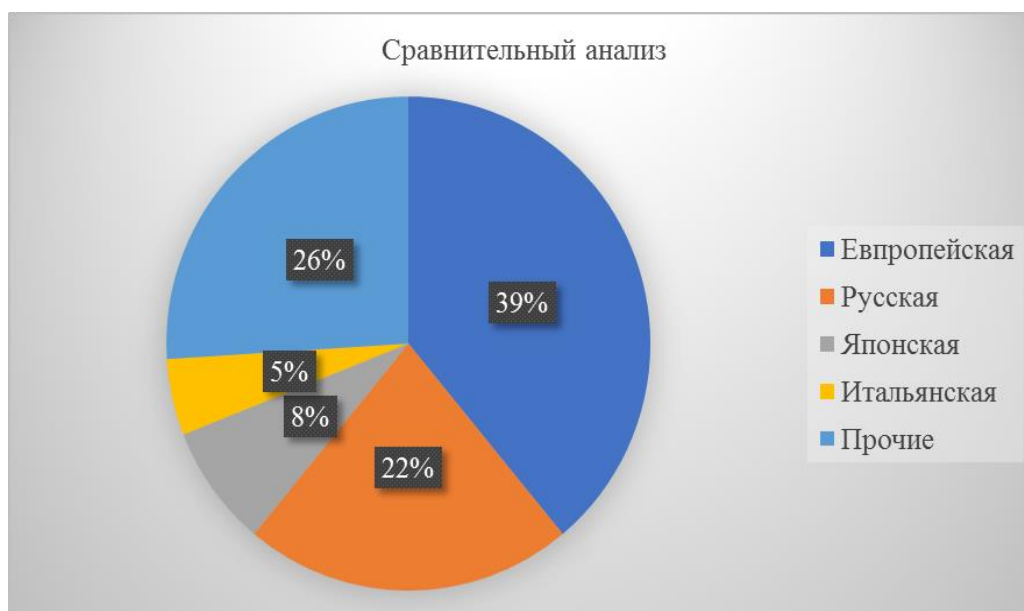


Рисунок 1 - Доли ресторанов с различной кухней в Санкт-Петербурге, 2012 г., % от общего числа [2]



Исследования, проведенные авторами, показали, что в 2012 г. практически не было такого направления, как паназиатская кухня. Набирали популярность японская и китайская кухни, которые некоторые рестораторы относят к паназиатскому направлению. Но, по нашему мнению, эти кухни обладают такими выраженными национальными особенностями и охватывают такое количество населения, что теоретически их можно включать в данную категорию, но практически они являются самостоятельными кулинарными школами.

По данным ГК БестЪ к концу 2015 г. в Петербурге насчитывалось 5150 предприятий общественного питания. В 2014-2015 гг. наблюдался экономический спад, что повлияло на изменения ориентиров рестораторов [3]. Несмотря на то, что гастрономические предпочтения многих петербуржцев оставались на стороне европейской кухни, стали появляться новые тенденции: авторские рестораны, рост популярности паназиатской кухни, увеличение привлекательности доставки лапши в коробках, кондитерского направления, «супных» бистро [2]. За 2016 г. число предприятий питания в Петербурге увеличилось на 9,5 % [4]. Почти половина открытых в этом году предприятий появилось в сегменте экономического класса, 130 в среднем ценовом сегменте, восемь - в премиальном [5].

Основными посетителями предприятий питания, как отмечает доктор социологических наук, профессор и ведущий эксперт по теме «социология и экономика питания» Ю. Веселов, является молодежь и люди до 35 лет — 72 % из них посещают рестораны и кафе [6]. Эта категория потребителей сильно привержена моде, которая проявляется также во вкусовых предпочтениях. Сегодня люди вполне привыкли к 'традиционным' азиатским, японским и китайским кухням, но границы Азии для нас расширяются, ведь гости ищут что-то новое и находят в паназиатской кухне [7]. Уже в 2014 г. рестораторы России и Украины прогнозировали модные течения в кулинарии, первым и главным, из которых была паназиатская кухня. Под этим словосочетанием подразумеваются не только японская, но и тайская, корейская, лаосская, индийская, вьетнамская кухни. Паназиатские рестораны открываются в большом количестве, их успех основан на самобытном сочетании четырех вкусов: солёного, острого, сладкого и кислого, а также низкой калорийности блюд, что особенно привлекательно для женской аудитории [8]. В настоящее время количество предприятий Санкт-Петербурга, предлагающих паназиатскую кухню, составляет 12 % (рис. 2).

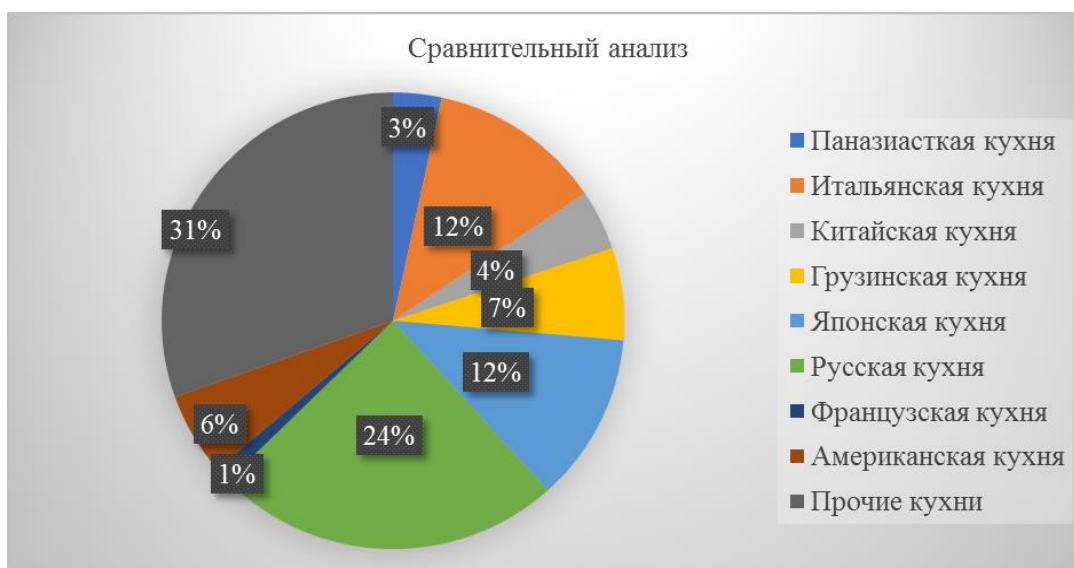


Рисунок 2 - Доли кухонь, представленных на рынке общественного питания в Санкт-Петербурге в 2017 году, % от общего числа кухонь (составлено авторами) [9]



Таким образом, в источниках 2012 г. предприятий питания с паназиатской кухней не отмечалось, а в 2017 г. их число составляет 197. Паназиатская кухня уже обгоняет такие направления, как французская (63 предприятий), армянская (52), корейская (22), мексиканская (50), турецкая (74), испанская (23) кухни, пивные рестораны (191). При этом наблюдается тенденция, когда рестораны объединяют японскую, китайскую и другие азиатские кухни и создают новое – паназиатское направление, что способствует привлечению гостей. Молодёжь является ключевым фактором успеха этой кухни. Основываясь на показателях спада и роста рынка общественного питания, можно выявить также тенденцию на снижение среднего чека и улучшение качества блюд, что идеально подходит для ресторанов и кафе паназиатской кухни. Большинство паназиатских блюд готовится быстро. Это снижает их стоимость и способствует росту популярности паназиатской кухни.

В крупных европейских и американских городах количество предприятий питания с паназиатским меню в несколько раз выше, чем в Санкт-Петербурге. Поэтому мы считаем перспективным развитие данной кухни в Санкт-Петербурге и других городах нашей страны.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Семененко В.В. Введение в экономическую теорию: Учебное пособие. URL: <http://uchebnik-online.net/book/218-vvedenie-v-yekonomicheskuyu-teoriyu-uchebnoe-posobie-semenenko-vv/8-13-process-nauchnogo-poznaniya-i-metody-issledovaniya.html> (дата обращения 13.10.2017).
2. Акифьева В. А., Батова Т. Н. Анализ рынка общественного питания России и Санкт-Петербурга // VI Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». 15 февраля-31 марта 2014. URL: <https://www.scienceforum.ru/2014/pdf/3954.pdf> (дата обращения 13.10.2017).
3. Федоров Е. С начала года в Петербурге открылось больше 130 концептуальных ресторанов и баров // Ведомости-Санкт-Петербург. – 2016. – 20 октября. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2016/10/20/661698-peterburge-restoranov-barov> (дата обращения 14.10.2017).
4. Развитие туристского рынка. URL: [http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c\\_tourism/statistic/](http://gov.spb.ru/gov/otrasl/c_tourism/statistic/) (дата обращения 15.10.2017).
5. Ресторанный рынок Петербурга зашел в тупик. URL: [http://www.rbc.ru/spb\\_sz/14/12/2016/58516d279a79475deae726f3](http://www.rbc.ru/spb_sz/14/12/2016/58516d279a79475deae726f3) (дата обращения 14.10.2017).
6. Веселов Ю.В. Повседневные практики питания // Социологические исследования. – 2015. - № 1. – С. 95-104. URL: [http://socis.isras.ru/files/File/2015/2015\\_1/Veselov.pdf](http://socis.isras.ru/files/File/2015/2015_1/Veselov.pdf) (дата обращения 15.10.2017).
7. Паназиатская кухня яркий тренд уходящего года // Ресторановедъ. - 2010. - № 12. - С.41-59.
8. Паназиатская кухня — главный кулинарный тренд 2014 года // Время бизнеса. – 2014. – 5 февраля. URL: [http://www.vrbiz.ru/news/panaziatskaja\\_kuxnja\\_glavnyj\\_kulinarnyj\\_trend\\_2014\\_goda.html](http://www.vrbiz.ru/news/panaziatskaja_kuxnja_glavnyj_kulinarnyj_trend_2014_goda.html) (дата обращения 14.10.2017).
9. Рестораны Санкт-Петербурга. URL: <https://www.afisha.ru> (дата обращения 14.10.2017).

УДК 613.262:547.587

Е.А. Поликарпова, А.А. Смоленцева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ИССЛЕДОВАНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ СВОЙСТВ РАСТИТЕЛЬНЫХ КРИОПОРОШКОВ

*Актуальность.* Антиоксиданты признаются неотъемлемой частью нормального питания наряду с белками, жирами, углеводами, витаминами и микроэлементами и в этом

качестве включаются в разнообразные программы, такие как, например, здоровое питание, функциональное питание и т.п. Столь высокий интерес к антиоксидантам объясняется их способностью блокировать вредное воздействие на организм свободных радикалов и защищать человека от самых опасных заболеваний. Основные и самые эффективные антиоксиданты – природные полифенолы. Они относятся к водорастворимым антиоксидантам. Образование фенольных соединений – одна из характерных особенностей растительной клетки. Они встречаются в самых различных органах растений. В растениях они находятся в виде веществ различной степени полимеризации. К жирорастворимым антиоксидантам относятся токоферолы, каротиноиды, ретинол. Жирорастворимые антиоксиданты защищают от свободных радикалов биомембраны, их липидные структуры. При сочетании некоторых антиоксидантов с другими соединениями может наблюдаться как синергетический, так и эффект ингибирования [1].

Растительные криопорошки – это порошки, получаемые из различных видов пищевого растительного сырья. Составные части продукта находятся в оптимальных соотношениях и потенцируют действие друг друга, что позволяет применять их целенаправленно для профилактики в комплексной терапии заболеваний, обусловленных качеством питания. Криотехнология, при помощи которой получают криопорошки — это технологический процесс, в котором на стадии сушки и измельчения до состояния мелкодисперсного порошка применяются достаточно низкие температуры, что позволяет предотвратить процессы окисления и карамелизации сырья. На стадии удаления влаги происходит концентрация биологически активных веществ [2].

*Цель работы* – изучение антиоксидантных свойств продуктов из растительного сырья: криопорошков свеклы, моркови и чернослива и возможность создания на их основе функциональных пищевых продуктов.

*Задачи:*

- освоение методики амперометрического анализа;
- определение антиоксидантных свойств растительных криопорошков.

*Объекты исследования.* Криопорошки из растительного сырья: морковь, свекла, чернослив. ТУ 9164-001-97572157-2014 «Продукты из растительного сырья. Технические условия».

*Методы исследования.* Амперометрический метод основан на измерении электрического тока, возникающего при электрохимическом окислении исследуемого вещества на поверхности электрода при определенном его потенциале. В условиях амперометрического детектирования хорошо окисляются соединения, содержащие гидроксильную группу, предел их обнаружения лежит в интервале  $10^{-9}$  -  $10^{-12}$ .

Прибор Цвет Яуза-01-АА предназначен для прямого количественного измерения антиоксидантов в пробах. Проверка проб, проведение эксперимента и обработка результатов проводилась в соответствии с ГОСТ Р 54037 [3]. В приборе на поверхности рабочего электрода происходит окисление молекул исследуемого вещества, при этом возрастает электрический ток. Его величина зависит от природы анализируемого вещества, природы рабочего электрода и потенциала, приложенного к электроду. Возникающие электрические токи очень малы. Эти сигналы усиливаются, далее преобразовываясь в цифровой сигнал, который регистрируется на дисплее компьютера. Для обработки полученных результатов используется программное обеспечение АДсКД. Сигнал регистрируется в виде дифференцированных выходных кривых. С помощью программного обеспечения производится расчет площадей или высот пиков анализируемого и стандартного вещества. Для анализа используется среднее значение из 3-5 последующих измерений.

Массовую долю влаги криопорошков определяли по ГОСТ 28561-90 [4] методом высушивания до постоянной массы.

*Результаты исследования.* В качестве стандартного вещества был использован раствор кверцетина. Для этого вещества была построена градуировочная зависимость сигнала от концентрации вещества в растворе.

В таблице 1 представлены концентрации анализируемых растворов криопорошка моркови, свеклы, чернослива, которые были определены в ходе амперометрического метода.

Таблица 1 - Концентрации растворов растительных криопорошков

Объект исследования	Концентрация раствора, мг/дм <sup>3</sup>
Морковь	100
Свекла	50
Чернослив	50

Суммарное содержание антиоксидантов в пробе СА, мг/г, вычисляют по формуле

$$CA = \frac{CA_k \times V_n \times N}{m_n \times 1000},$$

где  $CA_k$  - суммарное содержание антиоксидантов (в пересчете на кверцетин), определенное с использованием градуировочной характеристики, мг/дм<sup>3</sup>;  $V_n$  - объем раствора анализируемой пробы, дм<sup>3</sup>; N - кратность разбавления анализируемой пробы;  $m_n$  - навеска анализируемого вещества, г.

Суммарное содержание антиоксидантов в растительных криопорошках представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Суммарное содержание антиоксидантов в растительных криопорошках

Наименование криопорошка	Суммарное содержание антиоксидантов в пробе, определенное в ходе эксперимента, мг/г	Массовая доля сухих веществ в продукте, %	Суммарное содержание антиоксидантов в пробе в пересчете на сухое вещество криопорошка, мг/г
Свекла	8,2±0,6	95,9	8,5
Морковь	6,1±0,4	96,2	6,3
Чернослив	13,4±0,9	95,1	14,1

Рекомендуемые уровни потребления некоторых флавоноидов приняты в РФ в 2004 году [5] и составляют суммарно 350 мг/сут. Один грамм криопорошка обеспечивает от 2 до 4% суточной нормы антиоксидантов.

Таблица 3 - Степень удовлетворения суточной нормы потребления антиоксидантов

Наименование криопорошка	Степень удовлетворения суточной нормы антиоксидантов 1 г криопорошка, %	Количество криопорошка, обеспечивающее суточную норму антиоксидантов, г	Минимальное количество криопорошка в функциональном продукте питания, г
Свекла	2,4	40,9	6,1
Морковь	1,8	55,2	8,2
Чернослив	4,0	24,8	3,7

Согласно ГОСТ Р 55577 [6] пищевой продукт считается специализированным или функциональным, если содержание биологически активного вещества в 100 см<sup>3</sup> или 100 г,

или разовой порции пищевого продукта составляет не менее 15% от уровня рекомендуемого суточного потребления. В таблице 3 приведено минимальное количество криопорошка на 100 г продукта, которое позволяет отнести этот продукт к функциональным.

*Выводы.* Таким образом, содержание антиоксидантов в исследуемых криопорошках составляет от 6,1 до 13,4 мг/г. Пищевой продукт с добавлением криопорошка может считаться функциональным, если содержание последнего будет в пределах 3,7 – 8,2 г на 100 г продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Природные антиоксиданты. Содержание в пищевых продуктах и влияние их на здоровье и старение человека / Я.И. Яшин, В.Ю. Рыжнев, А.Я. Яшин, Н.И. Черноусова. – М.: ТрансЛит, 2009. – 129 с.
2. Касьянов Г.И., Ломачинский В.В. Производство и использование криопорошков из овощей и фруктов // Известия ВУЗов. Пищевая технология: сб. науч. тр. – Краснодар, 2010. – С. 64-65.
3. ГОСТ Р 54037 – 2010. Продукты пищевые. Определение содержания водорастворимых антиоксидантов амперометрическим методом в овощах, фруктах, продуктах их переработки, алкогольных и безалкогольных напитках. – М.: Стандартинформ, 2011. – 6 с.
4. ГОСТ 28561-90 Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. – М.: Стандартинформ, 2011. – 11 с.
5. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ. – Москва, 2004. – 40 с.
6. ГОСТ Р 55577-2013 Продукты пищевые специализированные и функциональные. Информация об отличительных признаках и эффективности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 17 с.

УДК 664

Д.А. Черникова, И.А. Тимошенкова, Е.В. Москвичева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И РЕЦЕПТУРЫ БЕЗГЛЮТЕНОВЫХ МУЧНЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ТЫКВЫ

Целиакия – это комплексное заболевание, которое характеризуется стойкой непереносимостью глютена, содержащегося в эндосперме зерна некоторых злаковых культур с развитием гиперрегенераторной атрофии слизистой оболочки тонкой кишки [1, 2]. Глютен содержится в таких злаках, как пшеница, рожь, ячмень, а также в полбе, камуте, спельте и тритикале. Целиакия является неизлечимым заболеванием, поэтому больным необходимо соблюдать диету на протяжении всей жизни. Только при этих условиях наступает клиническое и морфологическое выздоровление [3]. Целиакия без правильного адекватного лечения представляет серьезную угрозу для жизни больных, повышая риск онкологической патологии. Однако безглютеновая диета при её строгом соблюдении приводит к дефициту макро- и микронутриентов, поэтому при разработке рациона питания и самих продуктов для людей, страдающих данным заболеванием необходимо уделять особое внимание их химическому составу.

В связи с этим на первый план выходит поиск такого сырья, которое позволит создать качественный безглютеновый продукт, обладающий высокой пищевой ценностью.

В качестве основного сырья для производства безглютеновых кондитерских изделий различные исследователи предлагают использовать амарантовую, рисовую, гречневую, соевую, кукурузную муку, обезжиренную муку из семян тыквы, арбуза, шиповника, льна, винограда и плодов расторопши, муку из плодов боярышника и многие другие [4-5]. Для

обогащения изделий витаминами и пищевыми волокнами предлагают использовать продукты переработки сырья: овощные, фруктово-овощные, фруктовые и ягодные пасты, порошки, пюре [4-7].

В настоящее время особой популярностью и спросом начала пользоваться тыквенная мука, которую получают в ходе переработки семян растения. Семена тыквы характеризуются высоким содержанием некоторых витаминов, минеральных элементов, белков, ненасыщенных жирных кислот, фитостеролов (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав тыквенных семечек, на 100 г продукта

Витамины		Минеральные вещества	
Наименование	Содержание	Наименование	Содержание
В <sub>9</sub> (фолиевая кислота)	58,0 мкг	Цинк	7460,0-20200,0 мкг
Е (альфа-токоферол)	2,18 мг	Магний	535,0-592,0 мг
Гамма-токоферол	35,10 мг	Фосфор	1174,0-1233,0 мг
РР (никотиновая кислота)	4,99 мг	Ванадий	170,0 мкг
Биотин	4,57-10,0 мкг	Марганец	4540,0 мкг
Незаменимые аминокислоты		Медь	1340,0-1500,0 мкг
Валин	1,580-1,972 г	Полиненасыщенные жирные кислоты	
Изолейцин	1,264-1,280 г	Олеиновая С 18:1	14,144-16,130 г
Лейцин	2,079-2,420 г	Линолевая С 18:2	20,703-20,710 г
Триптофан	0,431-0,580 г	Линоленовая С 18:3	0,120-0,181 г
Фенилаланин	1,222-1,730 г	Арахидоновая С 20:4	0,130 г

Цель работы. Создание технологии и рецептуры мучных кондитерских изделий с использованием вторичных продуктов переработки тыквы для людей, страдающих целиакией.

На основании теоретических предпосылок и в соответствии с поставленной целью сформулированы следующие задачи:

1. Выявить зависимость обобщенного органолептического показателя качества бисквитного полуфабриката от состава безглютеновой смеси (тыквенная мука и крахмал);
2. Определить оптимальное соотношение продуктов безглютеновой смеси;
3. Определить пористость, влажность и упек бисквитного полуфабриката, изготовленного по оптимальной рецептуре.

В качестве *объекта исследования* был выбран бисквит основной (рецептура №1) по сборнику мучных кондитерских и булочных изделий с заменой пшеничной муки на безглютеновую смесь (тыквенная мука, крахмал, свекловичные пищевые волокна). При разработке рецептуры варьировалось содержание тыквенной муки от 50 до 100% от массы сухой смеси, крахмала от 0 до 35% от массы сухой смеси. Содержание свекловичных пищевых волокон варьировалось в зависимости от количества других компонентов смеси для достижения её заданной массы.

Методы исследования. Отбор проб и подготовку их к анализу определяли согласно ГОСТ 26809; органолептические показатели определяли по ГОСТ 50763 с учетом коэффициентов весомости [8]; пористость бисквитного полуфабриката определяли с помощью прибора Журавлева по ГОСТ 5669; влажность по ГОСТ 21094, упёк бисквитных полуфабрикатов определяли как разницу массы полуфабриката до и после выпечки.

Экспериментально обосновано использование тыквенной муки и крахмала в технологии.

Для обоснования параметров технологии бисквитных полуфабрикатов с использованием тыквенной муки и крахмала реализован центральный композиционный план

полного факторного эксперимента (ПФЭ) с использованием дополнительных точек по типу «звезда». В качестве частных факторов оптимизации выбраны количество тыквенной муки и крахмала в безглютеновой смеси, в процентах от массы пшеничной муки в качестве выходных параметров – обобщенный органолептический показатель качества и выход изделий.

На основе экспериментальных данных получено уравнение регрессии (1), характеризующие зависимость обобщенного органолептического показателя ( $Y_1$ ) бисквитного полуфабриката от содержания тыквенной муки ( $x_1, \%$ ) и крахмала ( $x_2, \%$ ) в безглютеновой смеси и уравнение регрессии (2), характеризующие зависимость влажности полуфабрикатов ( $Y_2$ ) бисквитного полуфабриката от содержания тыквенной муки ( $x_1, \%$ ) и крахмала ( $x_2, \%$ ) в безглютеновой смеси.

$$Y_1 = -408,4 + 11,2x_1 - 1,89x_2 - 0,06x_1^2 + 0,02x_1x_2 + 0,02x_2^2, \quad (1)$$

$$Y_2 = -60,38 + 2,41x_1 + 0,45x_2 - 0,02x_1^2 - 0,01x_1x_2 - 0,01x_2^2, \quad (2)$$

Коэффициенты детерминации полученных уравнения регрессии  $R^2$  составляет 0,95 и 0,92 соответственно, что позволяет говорить о функциональной зависимости обобщенного органолептического показателя и влажности бисквитного полуфабриката от содержания тыквенной муки и крахмала безглютеновой смеси. Скорректированные коэффициенты детерминации  $R^2_{adj}$  составляют 0,9 и 0,81 соответственно, что подтверждает значимость выбранных факторов.

Графическая интерпретация уравнений (1) и (2) в виде контуров поверхности отклика приведены на рисунке 1.

По обобщенным результатам обработки экспериментальных и расчетных данных установлены параметры близкие к оптимальным содержания тыквенной муки –  $85,2 \pm 0,5 \%$  и крахмала –  $9,5 \pm 0,5 \%$  от массы сухой смеси, количество пищевых волокон  $5,3\%$ .

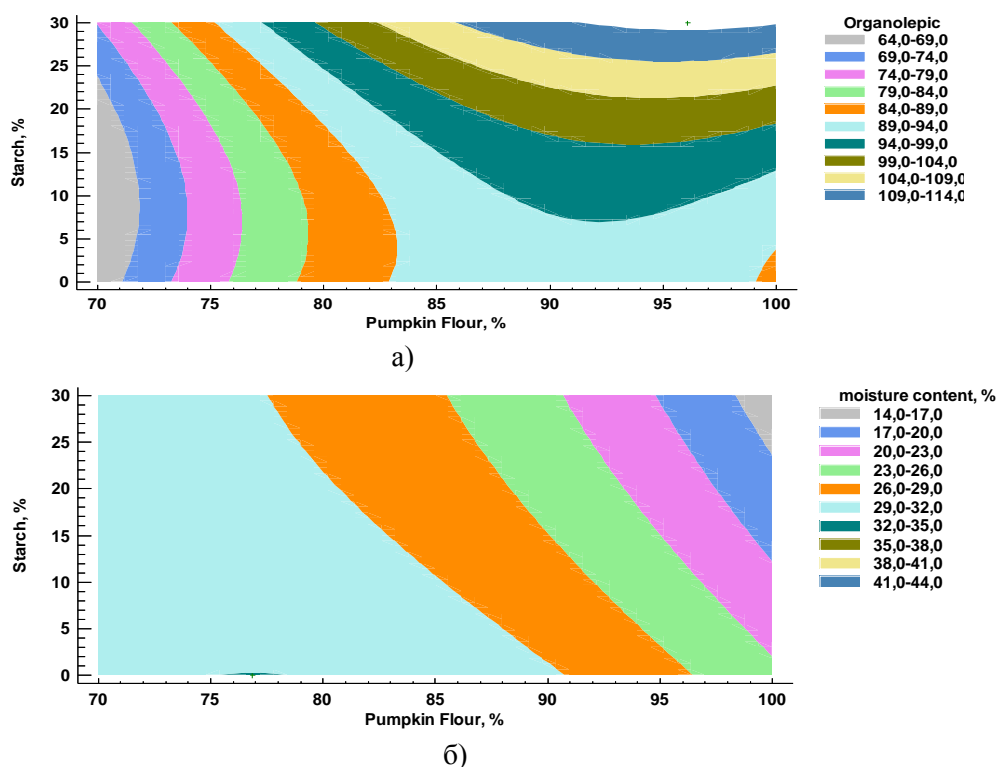


Рисунок 1 - Графики контуров поверхности отклика (а) обобщенного органолептического показателя бисквитного полуфабриката и (б) влажности бисквитных полуфабрикатов от содержания тыквенной муки и крахмала в безглютеновой смеси

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. The National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>. – Дата доступа: 13.10.2017.
2. Ревнова, М. О. Аллергические заболевания и целиакия: механизмы соприкосновения и различия / М. О. Ревнова // Жизнь без глютена. – 2006. – № 3. – С. 4–6.
3. Скурихин, И. М. Все о пище с точки зрения химика: справ. издание / И. М. Скурихин, А. П. Нечаев. – М.: Высш. шк., 1991. – 288 с.
4. Артемова Е.Н., Новицкая Е.А. Пат. 2402218 Российская Федерация, А21D13/08. Способ Производства Кекса [Текст] /Артемова Е.Н., Новицкая Е.А.; Заявитель И Патентообладатель ГОУ ВПО «Орловский Государственный Технический Университет». – №2009114178/13; Заявл.14.04.2009; Оpubл. 27.10.2010
5. Матвеева Т. В, С. Я. Корячкина. Мучные Кондитерские Изделия Функционального Назначения. Научные Основы, Технологии, Рецептуры / Т. В. Матвеева, С. Я. Корячкина. — СПб.: ГИОРД, 2016. — 360 с.
6. Матвеева, Т.В. Применение тыквенного, морковного и апельсинового пюре в технологии кексовых Изделий [Текст] / Т.В. Матвеева // Товаровед Продовольственных Товаров. – 2009. - №7. – С. 17- 21.
7. Перфилова, О.В. Фруктовые и овощные порошки из выжимок в кондитерском производстве [Текст] / О.В. Перфилова, Б.А. Баранов, Ю.Г. Скрипников// Хранение И Переработка Сельхозсырья. – 2009. – № 9. – С. 52-54.
8. Разработка и апробация балловой шкалы для оценки мучных кондитерских изделий, не содержащих глютен / Н. В. Лейберова [и др.] // Хлебопродукты. – 2013. – № 10. – С. 61–63.

УДК 641.1

А.А. Смоленцева, Д.Д. Варавва  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ БЛЮД ДЛЯ СПОРТСМЕНОВ

Правильное питание спортсменов необходимо для поддержания и развития физической формы, что является частью основы для достижения результатов. Нерациональное питание ведет к преждевременному утомлению и снижению работоспособности. Под правильным питанием понимается сбалансированность пищевой и энергетической ценности в зависимости от вида спорта. Так, например, бег на длинные дистанции, бег на лыжах, ориентирование, велосипедный спорт, плавание, ходьба требуют длительной работы и больших энергозатрат 6000—7000 ккал в сутки. Бег на средние дистанции, спортивные игры, гребля, борьба требуют расход энергии 5000—6000 ккал в сутки [1]. Энергетическая стоимость пищевого рациона спортсмена определяется в зависимости и от решаемых им задач удержания, снижения или увеличения массы тела, обеспечения определённых соотношений основных тканей организма (костной, мышечной и жировой). В первом случае он должен быть равен энергозатратам, во втором — ниже, в третьем — выше их. Для нормализации массы необходимо сочетание физической активности и ограничения калорийности пищи.

Энергетическую ценность кулинарной продукции определяют расчётными методами с использованием данных справочных таблиц химического состава пищевых продуктов [2]. В соответствии с требованиями Технического регламента ТР ТС 022/2011 расчет необходимо проводить с учётом энергоценности всех органических веществ, входящих в состав продукта. На практике применяют упрощённые методы расчёта.

Целью исследования является сравнительный анализ методов расчета энергетической ценности для обоснования выбора упрощенного метода расчета в зависимости от химического состава кулинарной продукции.

Объекты исследования.

Объектами для исследования были выбраны блюда, используемые для организации питания спортсменов на Олимпиаде в Сочи, рецептуры взяты из Сборника технических нормативов для предприятий питания: №598 Бефстроганов, №720 котлета по-киевски, №71 салат картофельный, №499 запеканка творожная, №1087 оладьи с яблоками. [3]

Методы исследования.

Метод, изложенный в ТР ТС 022/2011, использовали в качестве арбитражного. Содержание белков, углеводов, жиров, органических кислот, пищевых волокон в блюде определяли как взвешенную сумму ингредиентов. Энергетическую ценность рассчитывали по формуле (1) с учетом коэффициентов пересчёта (таблица 1).

$$ЭЦ = 4,0 \cdot (\sum_1^n B_i + \sum_1^n Y_i) + 9,0 \cdot \sum_1^n Ж_i + 3,0 \cdot \sum_1^n ОК_i + 2,0 \cdot \sum_1^n ПВ_i, \quad (1)$$

где  $B_i$ ,  $Y_i$ ,  $Ж_i$ ,  $ОК_i$ ,  $ПВ_i$  - содержание белков, углеводов, жиров, органических кислот, пищевых волокон в  $i$  – том ингредиенте блюда, г;  $n$  – количество ингредиентов в блюде.

Упрощенные методы предполагают расчет энергетической ценности по меньшему числу данных о химическом составе пищевых продуктов, входящих в блюдо. Эти методы используют при разработке технологических документов, планировании и контроле калорийности рационов.

Таблица 1 - Коэффициенты энергетической ценности пищевых веществ по ТР ТС 022/2011 [2]

Основные пищевые вещества пищевой продукции	Коэффициенты пересчёта
Белки	4 ккал/г - 17 кДж/г
Углеводы, в том числе моно- и дисахариды (за исключением сахароспиртов)	4 ккал/г - 17 кДж/г
Сахароспирты (за исключением эритрита)	2,4 ккал/г - 10 кДж/г
Эритрит	0
Жиры, жирные кислоты	9 ккал/г - 37 кДж/г
Органические кислоты	3 ккал/г - 13 кДж/г
Салатрим	6 ккал/г - 25 кДж/г
Этанол	7 ккал/г - 29 кДж/г
Пищевые волокна	2 ккал/г - 8 кДж/г

1) По первому методу учитывают энергоценность только белков, жиров и углеводов «по разности». Для определения содержания углеводов «по разности» из сухого остатка вычитают количество белков, жиров и золы [3]. Расчет проводили по формуле (2):

$$ЭЦ = 4,0 \cdot (\sum_1^n B_i + \sum_1^n Y_i) + 9,0 \cdot \sum_1^n Ж_i. \quad (2)$$

2) Второй упрощенный метод предполагает суммирование всех значений калорийности продуктов, входящих в блюдо. Этот метод применяют в компьютерных программах: Шеф Эксперт; Мастер ТТК; Питание 2.0, СБИС: Сборник рецептур и ТТК. Расчет ведется по формуле (3):

$$ЭЦ = \sum_1^n ЭЦ_i. \quad (3)$$



3) Для расчета энергетической ценности по третьему методу используют справочные данные о содержании сухих веществ и жира в пищевых продуктах. Расчет проводят по формуле (4):

$$\text{ЭЦ} = 4,0 \cdot [\sum_1^n \text{СВ}_i - (\sum_1^n \text{Ж}_i + \text{М})] + 9,0 \cdot \sum_1^n \text{Ж}_i. \quad (4)$$

Таблица 2. - Усредненные величины потерь пищевых веществ при тепловой кулинарной обработке продуктов, % [4]

Продукты	Белки	Жиры	Углеводы	Энергетическая ценность
Растительные	5	6	9	
Животные	8	25	-	
В среднем	6	12	9	10

В справочных таблицах представлен химический состав продуктов, не прошедших тепловую обработку. Последняя же, как известно, приводит к потери части сухих веществ (белков, жиров, углеводов). Расчет пищевых веществ в готовых блюдах проводили с учетом потерь. Усредненные величины потерь представлены в таблице 2.

Проведение исследования можно разделить на несколько этапов:

1. Расчет пищевых веществ, содержащихся в блюде, по рецептуре.
2. Расчет показателей энергетической ценности различными способами.
3. Анализ результатов и подведение итогов работы.

Результаты исследований.

Расчеты показателей были проведены на основе представленных методов и этапа №1, итоги представлены в таблице 3. Результаты расчета округляли в соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011.

Таблица 3 – Сводная таблица результатов исследования

Наименование блюда	Выход, г	Энергетическая ценность, ккал			
		Методы расчета			
		по ТР ТС 022/2011	по содержанию Б, Ж, У	по энергоценности исходных продуктов	по содержанию сухих веществ и жира
Бефстроганов	200	510	500	510	520
Котлета по-киевски	128	470	470	480	520
Салат картофельный	250	230	220	220	250
Запеканка творожная	180	480	470	480	490
Оладьи с яблоком	170	340	330	320	350

Проанализировав полученные данные, можно сделать следующие выводы:

1) Метод расчета по содержанию сухих веществ и жира показывает результаты, завышенные примерно на 10 – 50 ккал, относительно арбитражного метода. Причем наименьшее превышение отмечается для блюд, содержащих органические кислоты.

2) Метод расчета по энергоценности исходных продуктов, дает близкие результаты к арбитражному методу: из пяти результатов два полностью совпали. Однако, оставшиеся данные говорят о том, что невозможно предугадать, в какую сторону будет отклонение: в большую или меньшую. Примером служат такие образцы, как котлета по-киевски и оладьи с яблоками.

3) Метод расчета по содержанию Б, Ж, У стал наиболее предсказуемым: из пяти результатов, один полностью совпал, а все остальные результаты показали на 10 ккал меньше относительно арбитражного метода. Отклонения калорийности в меньшую сторону имели блюда, содержащие органические кислоты и/или пищевые волокна.

Выводы. Таким образом, из всех представленных упрощенных методов для блюд, имеющих в своем составе пищевые волокна и органические кислоты, целесообразно использовать расчет по энергоценности исходных продуктов, для остальных блюд наиболее предпочтительным является расчет по Б, Ж, У. На основании этого метода можно наиболее точно рассчитать энергетическую ценность рациона спортсмена в течение дня.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Гигиена физического воспитания и спорта: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / Я.С. Вайнбаум, В.И. Коваль, Т.А. Родионова. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 240 с.
2. ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки».
3. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. Сборник технологических нормативов. Ч. 1. - М.: Хлебпродинформ, 1996. – 620 с.
4. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов/Под ред. И. М. Скурихина, М. Н. Волгарева. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.
5. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. член-корр. МАИ, проф. И. М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.

УДК 637.521.47:637.54:661.47

Л.С. Большакова<sup>1</sup>, Д.Е. Лукин<sup>2</sup>, Ю.Н. Зубцов<sup>1</sup>, А.В. Кузина<sup>1</sup>, Е.М. Меркулова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет экономики и торговли»,  
<sup>2</sup>ООО «Иннбиотех»

#### ТЕХНОЛОГИЯ КОТЛЕТ РУБЛЕННЫХ ИЗ ПТИЦЫ, ОБОГАЩЕННЫХ ЙОДОМ

Создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания относится к числу приоритетных направлений, входящих в Стратегию научно-технологического развития Российской Федерации (до 2035 г.). Особое внимание должно быть уделено производству пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми микронутриентами, в частности минеральными элементами. Дефицит от одного до нескольких важнейших макро- и микроэлементов одновременно испытывают 2/3 взрослых и 3/4 детей в РФ, что является причиной развития различных патологических состояний. Потребление йода в большинстве регионов нашей страны не отвечает установленным нормам, обуславливая необходимость реализации мер по профилактике йододефицита [1].

На сегодняшний день разработано значительное количество биологически активных добавок и обогащенных продуктов питания с их использованием, но ассортимент специализированной кулинарной продукции из мяса для функционального питания недостаточен. Это связано с особенностями технологического процесса ее производства, предполагающего длительную высокотемпературную обработку, которую не выдерживают биологически активные компоненты. Особенно необходимо включение обогащенной кулинарной продукции в рационы организованных коллективов (школьников, студентов, работников промышленных предприятий и т.д.), поскольку с одной стороны позволяет эффективно осуществлять коррекцию пищевого статуса данной группы, а с другой – исключается возможность ее нецелевого применения. Кроме того, при производстве порционных кулинарных изделий возможно строго нормировать количество

функционального компонента в соответствии с физиологическими нормами для определенной группы населения [2].

Цель исследования: разработка технологии котлет рубленых из птицы, обогащенных йодом.

Объекты и методы исследования.

Объектами исследований являлись полуфабрикаты и готовые изделия из рубленого мяса птицы, молочный йодированный белок «Биойод». Молочный йодированный порошкообразный белок «Биойод™» предназначен для обогащения органическим йодом пищевой продукции. Йодированный белок получают запатентованным способом [3]. Благодаря ковалентной связи йода с аминокислотами, «Биойод» обладает высокой стабильностью при нагреве (даже при нагревании до 300°C), устойчивостью к свету и способен храниться долгое время. Все эти свойства исключают возможность отрицательного воздействия свободного йода на физико-химические показатели и органолептические характеристики готовой продукции и позволяют получать продукты с фиксированным содержанием связанного йода. В технологических процессах «Биойод» может использоваться в виде порошка или в виде водного раствора.

В ходе исследования были использованы следующие методики:

- содержание общего йода – методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе TAlab, производства ООО «НПП Томьаналит»;

- органолептическая оценка – по пятибалльной шкале по пяти критериям (внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция), где 1 – худшая характеристика, 5 – наилучшая;

- показатели безопасности изделий определяли в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» [4]; на основании приложения 1 и 2 – микробиологические показатели безопасности, на основании приложения 3 – гигиенические требования безопасности, на основании приложения 4 – допустимые уровни радионуклидов.

Результаты исследования. При разработке технологии и рецептуры котлет рубленых из птицы, обогащенных йодом за основу была принята рецептура «Котлеты рубленые из птицы, дичи или кролика» Сборника рецептов блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. В качестве йодсодержащего компонента был использован «Биойод», который вводили из расчета содержания в порции готового продукта 50 мкг йода. Технологический процесс производства котлет йодированных осуществляли следующим образом. Препарат «Биойод» растворяли в воде в соотношении 1:100 при комнатной температуре 20±2°C и перемешивали до полного растворения. Мясо птицы нарезали на кусочки и пропускали через мясорубку. Измельченное мясо соединяли с замоченным в воде хлебом, добавляли соль, хорошо перемешивали и пропускали через мясорубку еще раз. Затем при постоянном помешивании вносили раствор препарата «Биойод». Готовую котлетную массу порционировали, формовали из нее котлеты, панировали их в сухарях, обжаривали с обеих сторон и доводили до полной готовности в жарочном шкафу в течение 5 минут.

При изучении потерь йода было установлено, что в процессе хранения полуфабриката в течение 24 часов они составили 1,5-2,5%, а при тепловой обработке – 5-6%.

При проведении органолептического анализа оценивались цвет, внешний вид, запах, вкус, консистенция котлет по 5-балльной шкале. По указанным показателям различий между контрольным и опытным образцами не установлено. Общая оценка находилась в пределах 4,7-4,8 балла.

Результаты испытаний полуфабриката котлет йодированных на содержание токсических элементов, антибиотиков, пестицидов, радионуклидов, а также мезофильных, аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечных палочек, патогенных микроорганизмов показали, что они в полной мере отвечают

требованиям безопасности, устанавливаемым Техническим регламентом таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

Заключение. Проведенные исследования доказали целесообразность применения молочного йодированного белка «Биойод» в технологии котлет рубленых из птицы. Установлено, что молочный йодированный белок обладает высокими технологическими характеристиками, полностью без осадка, растворяясь в воде при комнатной температуре и перемешивании за короткое время. Использование органической йодсодержащей добавки позволяет получить кулинарные изделия из мяса птицы с гарантированным содержанием йода. Котлеты рубленые из птицы, обогащенные йодом, по органолептическим показателям и по показателям безопасности не отличаются от контрольного образца.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Герасимов Г.А., Фадеев В.В., Свириденко Н.Ю. и др. Йоддефицитные заболевания в России. – М.: Адамант, 2002. – 168 с.
2. Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология/ Под общ. Ред. В.Б. Спиричева. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 548 с.
3. Патент RU №2212155. Способ получения биологически активной добавки к пище/ Люблинский С.Л., Савчик С.А., Смирнов С.В. Опубл.20.09.2003.
4. ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. – Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9.12.2011 №880. – 242 с.

УДК 66.047.75:664.85:664.83/84

О.Л. Ладнова<sup>1</sup>, С.Я. Корячкина<sup>2</sup>, Л.А. Ашихина<sup>1</sup>, Е.В. Извекова<sup>1</sup>, В.И. Белова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет экономики и торговли,

<sup>2</sup>Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева

## ПРИМЕНЕНИЕ ФРУКТОВО-ОВОЩНЫХ ПОРОШКОВ В ТЕХНОЛОГИИ САХАРИСТЫХ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

В последнее время большое внимание уделяется расширению ассортимента и совершенствованию технологий сахаристых кондитерских изделий. Благодаря тенденциям к здоровому образу жизни доля мармелада на рынке пастиломармеладных изделий постоянно растет. Ассортимент мармеладных изделий постоянно расширяется за счет создания новых рецептур и технологий, в основу которых входит использование традиционного, нетрадиционного сырья и натуральных обогатителей [1, 2]. Однако большой интерес представляют тонкодисперсные фруктовые и овощные порошки, которые ограниченно используются при производстве мармеладных изделий, но имеют ценный химический состав и полезные свойства.

Виноград содержит огромное количество биологически активных веществ, которые необходимы нашему организму, полезен для сердца, снижает уровень холестерина в крови, укрепляет иммунитет, облегчает работу почек, улучшает состояние дыхательных путей, обладает слабительным и мочегонным свойством, а также потогонным и бактерицидным [3]. Свекла используется при лечении сердечнососудистых заболеваний. Она обладает противовоспалительным свойством, оказывает положительное влияние на печень, улучшает и нормализует пищеварение, укрепляет иммунитет. Морковь оказывает положительное влияние на иммунитет, улучшает работу сердца и сосудов, улучшает работу желудочно-кишечного тракта, полезна для работы печени и почек, обладает противовоспалительным и противомикробным действием [4].

Цель работы – исследование возможности применения фруктово-овощных тонкодисперсных порошков из винограда, свеклы и моркови в технологии мармеладных изделий.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи: изучить технологические свойства фруктовых и овощных порошков (порошок из свеклы, моркови и винограда); разработать технологию и рецептуры мармелада с применением фруктовых и овощных порошков, определить их оптимальные дозировки; исследовать влияние дозировок на показатели качества мармеладных изделий.

При разработке мармеладных изделий важное значение имеет изучение технологических свойств сырья поэтому оценивали органолептические показатели фруктовых и овощных порошков, массовую долю влаги (экспресс метод, прибор «Элекс -7»), водосвязывающую (ВСС) и водоудерживающую (ВУС) способности (центрифугированием в % от количества внесенной воды). Для определения органолептических показателей качества мармелада была разработана шкала органолептической оценки с учетом коэффициента значимости. Физико-химические показатели качества мармелада (массовая доли влаги и кислотность) определяли рефрактометрическим (ГОСТ 5900-2014) и титрометрическим (ГОСТ 5898-87) методами. Структурно-механические свойства мармелада – на приборе «Структурометр СТ-2» с индентором «Цилиндр 036». Содержание пектиновых веществ в порошках и мармеладе определяли по пектату кальция.

Органолептические свойства фруктовых и овощных порошков напрямую связаны с исходным сырьем, поэтому у виноградного порошка отмечен темно-фиолетовый оттенок, небольшие включения косточек и приятный фруктовый вкус и аромат, у свекольного – ярко-бордовый цвет, сладкий овощной вкус, у морковного – желтый цвет, немного сладкий овощной привкус. Результаты исследования физико-химических свойств порошков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические свойства фруктово-овощных порошков

Наименование порошков	Массовая доля влаги, %	Содержание сухих веществ, %	Содержание пектиновых веществ, %
Виноградный	6,6±0,1	7,5	2,2±0,2
Свекольный	5,1±0,3	7,1	2,0±0,3
Морковный	6,5±0,2	7,0	5,4±0,1

Анализ полученных данных показал, что значения массовой доли влаги находились в пределах значений, указанных в нормативном документе (ТУ 9164-001-18419372-13 «Порошки тонкодисперсные овощные и фруктово-ягодные»). Значения содержания сухих веществ находились на одном уровне. Наибольшее количество пектиновых веществ отмечено у порошка из моркови.

Так как фруктово-овощные порошки имеют низкую влажность и содержат различные вещества, обладающие гигроскопическими свойствами, изучали ВСС и ВУС порошков. Для определения ВСС порошки заливали 10-ти кратным количеством воды (20°C), настаивали 10 минут и центрифугировали (5 минут, 1000 об/мин). Количество связанной воды определяли в % от количества внесенной воды. Максимальное значение ВСС отмечено у порошка из моркови – 32%. ВУС определяли аналогичным способом, при этом время настаивания составило 120 минут (рисунок 1).

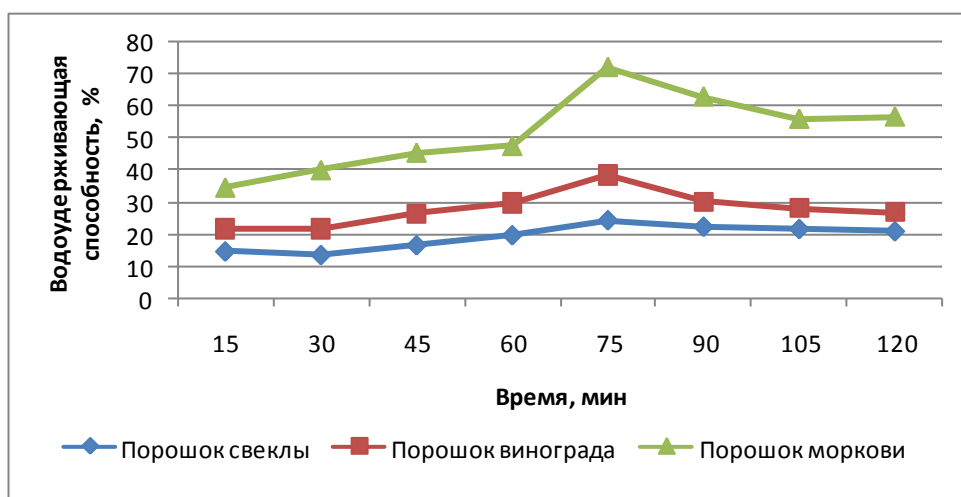


Рисунок 1 – Влияние времени обводнения фруктово-овощных порошков на их ВУС

Анализ полученных данных показал, что более высокие значения ВУС наблюдались у порошка из моркови, наименьшие – у порошка из свеклы. Максимальное значение ВУС у всех порошков отмечено через 75 минут.

За основу была взята рецептура РЦ 9128-030-01014470-03 мармелада на пектине (контрольный образец). Пектин смешивали с сахаром 1:5, замачивали в воде и оставляли набухать в течение 1-2 ч, уваривали в течение 30 минут до содержания сухих веществ 70-72%, охлаждали до температуры 76-78 °С и вводили лимонную кислоту. После этого формовали и выстаивали в течение 2 часов. Так как порошки содержат пектиновые вещества, их вводили взамен пектина (25 и 50%) и взамен сахара (10 и 20%) в обводненном (порошки заливали горячей водой, настаивали 20 минут и вводили за 10 минут до готовности в уваренный сахаро-пектиновый сироп) и в сухом виде. Образцы мармелада, приготовленного с обводненными порошками, имели полужидкую консистенцию и очень липкую поверхность. При добавлении порошков в сухом виде взамен пектина мармелад имел гладкую и ровную поверхность, студнеобразную консистенцию и очень сладкий насыщенный вкус. Наилучшими органолептическими показателями обладали образцы мармелада, приготовленные с добавлением 10% порошков от массы сахара в сухом виде (мармелад «Свекольный», «Морковный» и «Виноградный»). Влияние фруктово-овощных порошков на показатели качества мармелада представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние фруктово-овощных порошков на показатели качества мармеладных изделий

Наименование показателя	Значения показателей качества мармелада			
	Контроль	Свекольный	Морковный	Виноградный
Массовая доля влаги, %	24,3±0,4	28,4±0,2	28,8±0,4	24,7±0,3
Кислотность, %	17,1±0,3	9,6±0,3	8,8±0,3	7,9±0,3
Содержание пектиновых веществ, %	4,68±0,1	5,72±0,2	8,40±0,3	5,08±0,3
Органолептическая оценка, балл	48,6	49,7	49,9	49,1
Прочность, г	808,1	903,8	924,1	930,7

Анализ полученных данных показал, что значения массовой доли влаги мармелада «Виноградный» находились на одном уровне с контрольным образцом, а мармелада

«Свекольный» и «Морковный» были выше. Отмечены более низкие значения кислотности опытных образцов мармелада с фруктово-овощными порошками. При этом мармелад «Свекольный» имел красивый бордовый цвет, приятный вкус и упругую консистенцию. Мармелад «Морковный» был ярко-желтого цвета, правильной формы, с четкими гранями, без деформации, с глянцевой поверхностью. Мармелад «Виноградный» имел красивый насыщенный темно-фиолетовый цвет с небольшими включениями косточек, ярко-выраженный виноградный вкус, приятный запах, с несколько шероховатой поверхностью. При исследовании структурно-механических свойств установлено, что добавление фруктово-овощных порошков способствует увеличению прочности мармеладного студня: для образца с порошком из моркови на 14,4%, порошка из свеклы – на 11,8%, порошка из винограда – на 15,2% по сравнению с контрольным образцом. При этом наибольшее содержание пектиновых веществ отмечено у образца с порошком из моркови.

Таким образом, установлено, что фруктовые и овощные порошки гигроскопичны и имеют высокие значения водосвязывающей и водоудерживающей способностей, особенно порошок из моркови. Технология введения порошков в сухом виде взамен 10 % сахара на заключительной стадии уваривания позволяет получить изделия с наилучшими показателями качества. Также применение порошков положительно влияет на органолептические показатели качества мармелада – приобретает яркий цвет, улучшается вкус и аромат и консистенция мармелада без использования искусственных красителей и ароматизаторов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Табала Е.Б. О возможности использования ягодных полуфабрикатов на основе дикорастущего сырья в производстве железного мармелада [Текст] / Б.Е. Табала, Т.В. Плотникова // Товаровед продовольственных товаров. – 2013. – № 2. – С.12-15.
2. Эм В.Г. Использование плодоовощного сырья в производстве мармелада [Текст] / В.Г. Эм, А.А. Сапарбекова, У.Ч. Чоманова // Пищевая промышленность. – 2010. – №1. – С.50-51.
3. Корячкина С.Я. Использование тонкодисперсных овощных и фруктовых порошков в технологии макаронных изделий [Текст] / С.Я. Корячкина, Е. Н. Холодова, В.Я. Черных, О. Л. Ладнова // Современная наука и инновации. – 2015. – № 1. – С. 57-62.
4. Корячкина С.Я., Исследование физиологического эффекта применения фруктово-овощных порошков в эксперименте на животных [Текст] / С. Я. Корячкина, О.Л. Ладнова, О.А. Годунов, Е.Н. Холодова, Т.Н. Лазарева // Вопросы питания. – 2016. – Т. 85. – № 6. – С. 48-56.

УДК 664.8.037

Т.А. Лопенкова, Т.Е. Бурова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ОВОЩНЫХ СОУСОВ НА ОСНОВЕ ЯБЛОЧНОГО СОКА

Приготовление соусов – очень важный элемент поварского искусства. От соуса зависит не только внешний вид, но и питательность пищи.

Основное значение при создании новых композиций соусов имеют выбор и обоснование рецептурных ингредиентов, формирующих новые свойства разрабатываемых изделий.

В качестве жидкой основы чаще всего используются мясные бульоны, которые получают в результате длительной варки костей. Высокая энергоемкость процесса приготовления бульонов заставляет искать им альтернативную жидкую основу.

В качестве такой альтернативы можно рассматривать различные плодовые и овощные соки как свежесжатые, так и соки промышленного производства. Свежесжатый яблочный сок из не очищенных от кожуры яблок содержит витамины В<sub>6</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>1</sub>, А, Р, С и биотин, каротин, фолиевую кислоту, пантотеновую кислоту (витамин В<sub>5</sub>). Яблочный сок содержит многочисленные минералы: хлор, фосфор, калий, медь, железо, магний, натрий, серу и др. Яблочный сок практически не имеет противопоказаний к применению и полезен детям и взрослым. Обладая высокой биологической ценностью, соки придают соусам лечебно-профилактические свойства [1]. К тому же рынок соусов на соках отсутствует.

Традиционным загустителем при изготовлении соусов является пассерованная пшеничная мука. В качестве альтернативного загустителя предлагается использование рисовой муки. По биологической ценности белка, содержанию крахмала, широкого спектра природных микроэлементов, витаминов и минеральных веществ рисовая мука занимает ведущее место среди других видов злаковой муки. Отличительной особенностью рисовой муки является то, что она относится к крахмалосодержащему (около 80 %) сырью, у которого отсутствует клейковина. Другим важнейшим аспектом применения муки рисовой является направление диетического безглютенового питания. Следует учитывать и тот факт, что рынок соусов на рисовой муке практически отсутствует [2].

В качестве наполнителей используются, как правило, пассерованные овощи. Альтернативой им могут стать разнообразные овощные пюре.

Цель работы заключалась в разработке технологии изготовления овощных соусов на базе овощных пюре, свежесжатого яблочного сока в качестве жидкой основы и рисовой муки в качестве загустителя.

Для осуществления поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- разработать рецептуры соусов с использованием овощей, выращиваемых в Северо-Западном регионе, свежесжатого яблочного сока, рисовой муки;
- изготовить овощные соусы согласно разработанным рецептурам и оценить их по органолептическим (внешний вид и консистенция, вкус и аромат, цвет) и физико-химическим (содержание сухих веществ, титруемая кислотность) показателям;
- разработать технологические карты для производства соусов и их компонентов.

Для получения свежесжатого сока использовали яблоки сорта Избранница, выведенного на основе Антоновки и сорта Бельфлер-китайка учеными МГУ им. М.В. Ломоносова. Яблоня районирована на Нижней Волге и Северо-Западе страны, где крайне важна высокая морозоустойчивость деревьев, хорошая устойчивость к парше и сравнительно раннее плодоношение.

Вкус сока свежесжатого сока кисло-сладкий без посторонних привкусов и запахов, цвет зеленый, свойственные сорту «Избранница». В табл. 1 представлены результаты исследования свежесжатого яблочного сока.

В качестве загустителя применяли муку рисовую, изготовленную по ТУ 9293-002-43175543-03, изготовитель ООО «Наш Вариант» г. Владимир. Состав рисовой муки (г/100 г): белки – 7,0; жиры – 0,6; углеводы – 77,3; калорийность 321,0 ккал.

Таблица 1 - Исследование свежесжатого яблочного сока

Продукт	Содержание сухих веществ, %	Титруемая кислотность (в пересчете на яблочную кислоту), %
Яблочный сок с/в	13,0±0,05	0,70±0,02

Для приготовления соусов были использованы овощи, широко выращиваемые в Северо-Западном регионе: морковь, тыква, лук репчатый.

Технология приготовления овощных соусов включала следующие операции.



#### 1. Приготовление овощного пюре

Морковь мыли, очищали от кожицы, снова мыли, нарезали кубиками и отваривали до полной готовности с небольшим количеством воды при температуре не ниже 100 °С, протирали через сито.

Аналогично приготовили пюре из лука репчатого и тыквы.

#### 2. Приготовление яблочного сока

Яблоки мыли, очищали от сердцевины и косточек. Пропускали через соковыжималку.

#### 3. Приготовление соусов

В жидкую основу (яблочный свежесжатый сок), нагретую до 50 °С, вносили в соответствии с рецептурами овощные пюре, томатную пасту, растительное масло, соль, сахар, паприку. В последнюю очередь вносили загуститель – рисовую муку. Варка готового соуса не превышала 20 мин.

#### 4. Протираание и гомогенизация

Готовый соус протирали через сито, затем гомогенизировали для создания однородной (гомогенной) структуры, препятствующей расслоению.

Готовые соусы исследовали по органолептическим и физико-химическим показателям, представленным в ГОСТ Р50903-96 Консервы. Соусы овощные. Технический регламент [3]. В качестве основных показателей рассматриваются массовая доля сухих веществ (%), массовая доля титруемых кислот в пересчете на яблочную кислоту (%) и органолептические показатели.

Предложены рецептуры овощных соусов с использованием сырья, как традиционного для приготовления соусов (томатное пюре, лук репчатый), так и нового (тыквенное, морковное пюре). Рецептуры соусов приведены в табл. 2.

Наиболее значимыми для соусов являются органолептические показатели.

Согласно представленным результатам все приготовленные соусы представляли собой однородную протертую массу без наличия семян и частиц кожицы; имели консистенцию жидкой сметаны, текучую, однородную; цвет соусов – оранжевый. Наиболее высокие органолептические показатели были отмечены для овощного соуса рецептуры № 1 с добавлением тыквенного пюре. Этот соус имел красивый внешний вид, цвет, консистенцию, приятный вкус и аромат. У соуса № 3 вкус и аромат были выражены слабее, что снижало его достоинства.

В табл. 3 представлены результаты исследования физико-химических показателей овощных соусов.

Таблица 2 - Рецептуры овощных соусов на свежесжатом яблочном соке

Ингредиенты	Количество, г/100 г		
	№ 1	№ 2	№ 3
Лук репчатый (пюре)	-	5,7	4,5
Морковь (пюре)	15,5	11,5	9,0
Тыква (пюре)	7,7	-	-
Томатная паста	5,5	13,0	13,8
Яблочный сок с/в	65,7	64,7	68,2
Рисовая мука	4,0	3,3	2,7
Масло растительное	1,3	1,6	1,4
Соль поваренная	0,1	0,2	0,3
Сахар-песок	0,2	-	-
Паприка	-	-	0,1
Итого	100,0	100,0	100,0

Таблица 3 - Физико-химические показатели овощных соусов

Рецептуры	Титруемая кислотность в пересчете на яблочную кислоту, %	Содержание сухих веществ, %
1	0,51±0,05	16,7±0,6
2	0,58±0,04	14,9±0,3
3	0,86±0,07	14,5±0,6

По содержанию сухих веществ и титруемой кислотности овощные соусы приближались к показателям ГОСТ Р50903-96 Консервы. Соусы овощные. Технический регламент.

Наиболее высокая кислотность была отмечена для соуса рецептуры № 3, что вероятно, обусловлено более высоким содержанием яблочного сока и томатной пасты.

Проведенные исследования позволяют рекомендовать использование свежесжатого яблочного сока, а также овощных пюре для изготовления соусов, обладающих хорошими вкусовыми достоинствами.

Разработаны технологические карты для изготовления соусов по предлагаемым рецептурам.

Таким образом, разработаны рецептуры и предложена технология соусов на базе овощных пюре с использованием яблочного свежесжатого сока в качестве жидкой основы и рисовой муки в роли загустителя

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Плотникова Т.В., Позняковский В.М., Ларина Т.В., Елисеева Л.Г. Экспертиза свежих плодов и овощей: Учебное пособие. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2001. – 302 с.
2. Хосни Р.К. Зерно и зернопродукты / К.Р. Хосни; пер. с англ. под общ. ред. Н.П. Черняева. – СПб.: Профессия, 2006. – 336 с.
3. ГОСТ Р50903-96 Консервы. Соусы овощные. Технический регламент. – М.: Стандартинформ, 2008 – 12 с.

УДК 664

С.С. Донцова, Е.В. Москвичева, И.А. Тимошенко  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ИССЛЕДОВАНИЕ МУКИ ИЗ СЕМЯН РАСТОРОПШИ

Одним из приоритетных направлений в России является использование новых видов сырья и разработка на их основе новых технологий высококачественных пищевых продуктов, обогащенных функциональными пищевыми ингредиентами, способствующими улучшению физиологических процессов организма человека и снижению риска развития алиментарно-зависимых заболеваний [1].

При производстве хлебобулочных и кондитерских изделий в настоящее время отмечается тенденция использования нетрадиционного растительного сырья с целью расширения ассортимента изделий лечебно-профилактического и функционального назначения. Перспективным направлением создания таких продуктов является применение добавок из муки или шрота семян расторопши [2].

Расторопша является лечебным растением, полезными свойствами обладают все части: корни, листья, стебли и семена. Больше всего полезных веществ содержится в семенах. Семена расторопши встречаются в продаже в виде шрота или муки, либо цельными зернами. Мука расторопши содержит целый комплекс биологически активных веществ (витаминов,

минеральных веществ, флавоноидов, значительное количество пищевых волокон и аминокислот). Аминокислотный состав белка расторопши позволяет говорить о его высокой биологической ценности (табл. 1) [3].

Таблица 1 - Химический состав пшеничной и черемуховой муки, %

Показатели	Значения	Показатели	Значения
Жир	14,0	Йод	0,09
Белок	10	Бор	22,4
Углеводы,	23	Селен	22,9
Пищевые волокна,	22,4	Хром	0,15
Минеральные вещества, мг %		Линолевая кислота	62,0
Кальций	16,5	Олеиновая кислота	23,0
Железо	0,08	Пальмитиновая кислота	12,7
Калий	9,2	Стеариновая кислота	4,0
Магний	16,6	Арахидоновая кислота	2,0
Фосфор	4,2	Незаменимые аминокислоты, мг %	
Микроэлементы, мг %		Фенилаланин	31,0
Марганец	0,1	Триптофан	121,0
Медь	1,16	Треонин	56,7
Цинк	0,71	Метионин+цистин	31,1

Самым главным компонентом в составе семян расторопши является силимарин. Этот компонент обладает антиоксидантным эффектом и выраженным гепатопротекторным действием, т. е. защищает печень от воздействия вредных веществ.

Муку из семян расторопши используют в хлебобулочных и кондитерских безглютеновых изделиях, а также добавляют в салаты или соусы. Использование такой муки увеличивает биологическую ценность любого блюда и придает ему особенный вкус.

Цель и задача данного исследования - изучить физико-химические показатели муки из семян расторопши.

По физико-химическим показателям были определены влажность, температура клейстеризации и водоудерживающая способность муки в сравнение с пшеничной мукой.

Влажность муки из семян расторопши определяли путём высушивания навески в течение 1 часа при температуре 130 °С в аппарате ВЧ. Таким образом, влажность муки из семян расторопши составила – 5,2 %, а количество сухих веществ – 95%. В то время как у пшеничной муки эти показатели составляют 14,5% и 85,5% соответственно.

Определение температуры клейстеризации производили при равномерном нагревании мучной смеси с водой до температуры 55 – 95 °С с шагом 10 °С. Затем охлаждали до температуры 20 °С и центрифугировали в течение 10 минут при частоте вращения 3000 об/мин. При проведении исследования клейстеризация мучной смеси при различном нагревании не происходит.

Водоудерживающую способность муки определяли унифицированным методом. К навеске продукта добавляли воду, затем перемешивали в течение 1 минуты. Далее центрифугировали суспензию в течение 15 минут при скорости вращения 3000 об/мин. Удаляли всю надосадочную жидкость и взвешивали пробирку. Результаты эксперимента при ведены на рисунке 1.

Как видно из графика (рис. 1) водоудерживающая способность муки из семян расторопши увеличивается с возрастанием температуры воды и достигает максимального значения при температуре 75 – 85 °С. При дальнейшем увеличении температуры воды водоудерживающая способность муки из семян расторопши начинает снижаться, в то время

как водоудерживающая способность пшеничной муки возрастает прямо пропорционально температуре воды. Это можно объяснить тем, что на первых этапах воду поглощают белки, которых в муке из семян рапсоропши больше чем в пшеничной, а после их дегидратации и денатурации выделившаяся влага в пшеничной муке поглощается крахмальными зернами и идет процесс набухания и клейстеризации крахмала. В муке из семян рапсоропши углеводы в основном представлены пищевыми волокнами, а не крахмалом, водопоглотительная способность которых ограничена. При выделении влаги из белков (дегидратация) не ся она может быть связана пищевыми волокнами, поту и наблюдается динамика к уменьшению ВУС при высоких температурах.

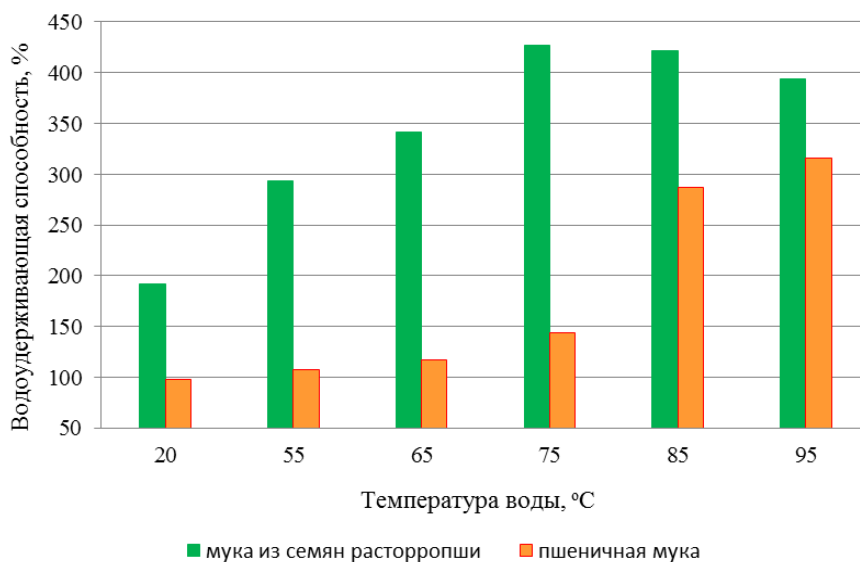


Рисунок 1 – Зависимость водоудерживающей способности муки из семян рапсоропши и пшеничной муки от температуры воды

Также было сделано микроскопическое исследование водной суспензии с мукой из семян рапсоропши при различных температурах от 55 до 95 °C (рис. 2).

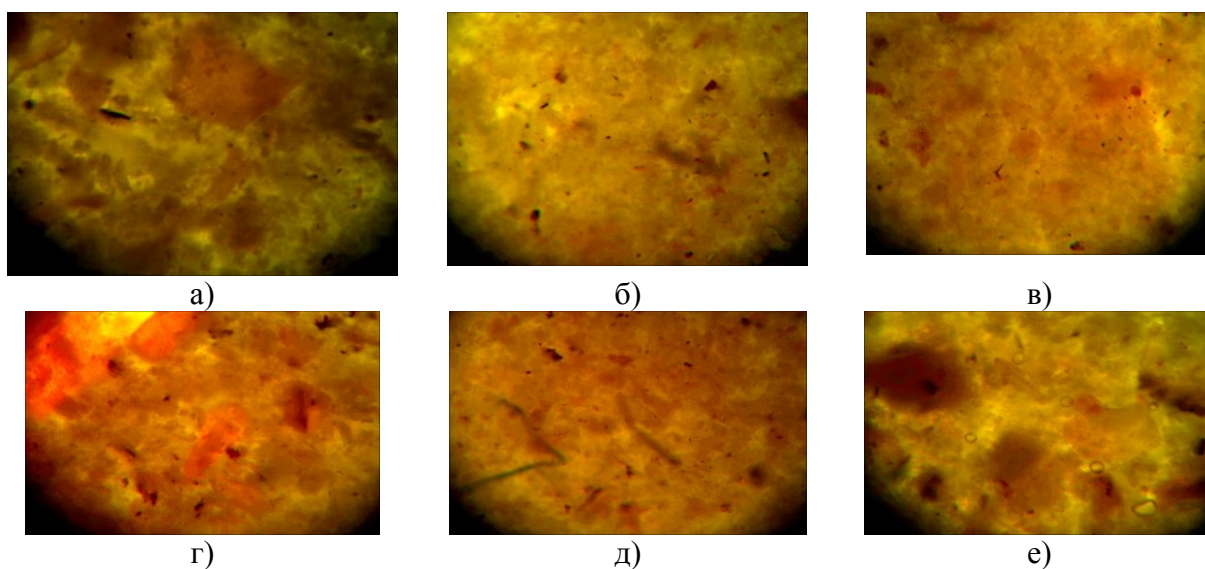


Рисунок 2 – Микроскопическая картинка водной суспензии муки из семян рапсоропши при различных температурах нагревания:  
а) 20 °C; б) 55 °C; в) 65 °C; г) 75 °C; д) 85 °C; е) 95 °C

Вывод: Мука из семян расторопши в отличие от пшеничной муки не обладает способностью образовывать клейковину, но в свою очередь она богата биологически активными веществами и может быть использована при производстве бисквитного или песочного безглютенового теста как основное сырье или как составляющая безглютеновой смеси. Также можно рекомендовать использовать муку из семян расторопши в качестве функциональной добавки для обогащения мучных кондитерских изделий. Она является весьма перспективным сырьем для хлебобулочных и кондитерских изделий как в виде добавки, так и для производства безглютеновой продукции.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шматкова Н. Н., Воронина П.К. Перспективы применения композитной смеси в технологии хлебобулочных изделий функционального назначения // Инновационная техника и технология. – 2015. – № 3 – С. 33 – 38.
2. Москвичева Е.В., Сафонова Э.Э., Тимошенкова И.А. Использование муки из семян расторопши в производстве безглютеновой продукции // Международный научно-исследовательский журнал. – № 08 (62). – Часть 3. – С. 46 – 50.
3. Юрова И.С., Дерканосова А.А., Борисова Ю.Н. Повышение содержания аминокислот в составе кондитерских изделий путём внесения в мучные композитные смеси расторопши // Актуальная биотехнология. – 2012. – № 2. – С. 19 – 22.

УДК 641.05

С.А. Елисеева, В.Л. Смирнова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО ДИКОРАСТУЩЕГО СЫРЬЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА ДЛЯ ФЕРМЕНТИРОВАНИЯ

*Актуальность.* Формирование потребительских свойств пищевой продукции для населения Северо-Западного региона с использованием местного дикорастущего растительного сырья позволяет придать продуктам качественно новые характеристики (антибактериальные, антиоксидантные, противовоспалительные и др.).

Большое значение в питании коренного населения Северо-Запада (коми-зырян, коми-пермяков) среди дикорастущих растений имеет сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), рисунок 1.



Рисунок 1 – Сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.)

Весной, когда только сходит снег, появляются первые побеги сныти. Ее добавляют в салаты, супы, мясные и овощные блюда, а также заготавливают на зиму. [1, 2].

Сныть обыкновенная не отличается высокой калорийностью, но ее вкусовые качества, витаминный, минеральный состав, а также широкая распространенность на территории Северо-Западного федерального округа, дает ей большое преимущество перед другими дикорастущими и культивируемыми пищевыми растениями.

К популярным национальным продуктам коми-зырян относится квашеная (ферментированная) сныть.

*Цель работы* – экспериментальное обоснование использования сныти обыкновенной для разработки ассортимента ферментированной продукции.

*Объекты и методы исследования.* В листьях сныти обыкновенной содержится каротин; флавоноиды (кверцетин, кемпферол); их гликозиды; аминокислоты (аргинин, гистидин, лейцин, лизин, треонин, валин, метионин). Весьма разнообразен минеральный состав сныти обыкновенной. Особую ценность представляет кальций, железо, кремний, фосфор, магний, медь, цинк. [3]

Наличие лимонной кислоты, флавоноидов, витамина С позволяют поставить сныть в ряд растений с повышенной антиоксидантной активностью. В сныти содержится комплекс железа и меди с выраженными антиоксидантными свойствами. Содержание меди в сныти обыкновенной составляет 0,077, что благоприятно влияет на здоровье и не превышает предельно допустимую концентрацию (5 мг/кг) [4].

Квашеная сныть сохраняет все полезные свойства свежей. При регулярном употреблении этого продукта повышается иммунитет, усиливается стрессоустойчивость и активизируется обмен веществ. Кроме того, вещества, входящие в состав сныти обыкновенной, способствуют усилению очищающей функции печени, улучшает работу желудочно-кишечного тракта, обладает болеутоляющим мягчительным и ранозаживляющим свойствами.

В ходе исследования были проработаны 3 варианта заквашивания сныти, таблица 1.

Таблица 1 – Соотношение рецептурных компонентов, %

Наименование продукта	№1 Традиционная квашеная сныть	№2 Квашеная сныть с морковью	№3 Квашеная сныть с лавровым листом
Сныть обыкновенная свежая (листья с черенками)	100,00	100,00	100,00
Вода	25,00	25,00	25,00
Морковь	-	4,00	4,00
Соль	1,80	1,80	1,80
Лавровый лист	-	-	0,01
Душистый перец	-	-	0,01

**Вариант №1.** Подготовленную сныть заливали рассолом, для ферментирования добавляли сухари из ржаного хлеба. Массу уплотняли и ферментировали в течение 3 суток при температуре 18...20°C. Для остановки процесса ферментации, когда сныть имела наилучшие вкусовые свойства, снижали температуру хранения до 0°C. Далее, охлажденную ферментированную сныть перекладывали в чистые подготовленные стеклянные емкости, заливали рассолом, закрывали и хранили при температуре 2...6°C.

В отличие от варианта №1 для **варианта №2** в растительную массу добавляли подготовленную измельченную морковь, для **варианта №3** – к варианту №2 добавляли лавровый лист и душистый перец.

*Результаты работы.* Образцы сныти ферментированной дегустировали и определяли органолептические показатели, таблица 2.

Таблица 2 – Органолептическая характеристика образцов сныти квашеной

Наименование органолептических показателей	№ 1	№ 2	№ 3
1	2	3	4
Внешний вид	листья сныти сохранили форму, поверхность листьев без налета	листья сныти сохранили форму, поверхность листьев без налета, морковь равномерно распределена	листья сныти сохранили форму, поверхность листьев без налета, морковь и специи равномерно распределены
Цвет	светло-оливковый с зеленоватым оттенком	светлооливковый с зеленоватым оттенком	светло-оливковый с зеленоватым оттенком
Текстура	мягкая	сочная, умеренно-плотная	сочная, хрустящая
Запах	травянистый, характерный для квашеной сныти	ароматный, характерный для квашеной сныти	ароматный, пряный, характерный для квашеной сныти и добавленным специям
Вкус	резкий, кисловато-солончатый, присутствует горечь	приятный, кисловато-солончатый	приятный, кисловато-солончатый

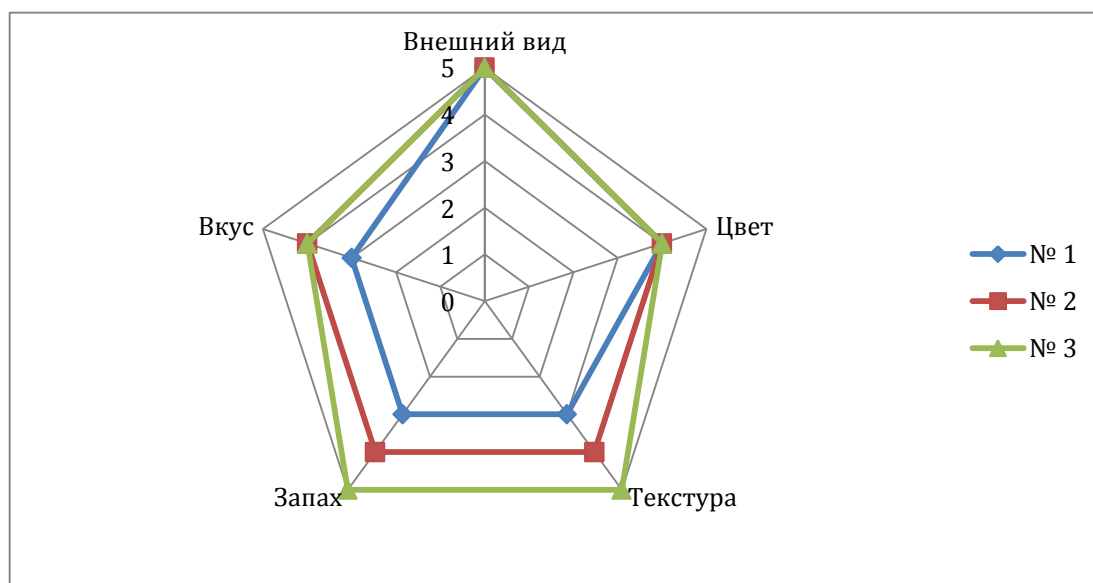


Рисунок 1 - Профилограмма органолептических показателей образцов сныти квашеной

Как видно из таблицы 2, наиболее приятным вкусом и ароматом, а также хрустящей текстурой обладал образец №3. В образце №1 нарушилась текстура сныти и присутствовал горьковатый вкус. Образец №2 имел умеренно-плотную текстуру и приятный вкус.

Для визуализации результатов органолептической оценки образцов сняти ферментированной использовали профильный метод, рисунок 1.

*Заключение.* В ходе работы предложена базовая рецептура и технология ферментирования сняти обыкновенной.

Включение ферментированной сняти в повседневное питание населения Северо-Западного региона позволит обогатить витаминный состав пищи, разнообразить пищевой рацион и расширить ассортимента пищевой продукции из дикорастущего растительного сырья для населения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Долдина А. Г. Коми-пермяцкая кухня. Пермь: Пермское кн. изд-во, 1989. 123 с.
2. Чудова Т.И. Дикоросы в структуре питания коми (зырян) Грамота, 2012. № 8. Ч. 1. С. 230-233.
3. Штрыголь С.Ю. и др. Снять обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.). Перспективы применения в медицине //Провизор. – 2008. – №. 7. – С. 5-10.
4. Шишкина Н.В. Пищевая ценность сняти обыкновенной *Aegopodium podagraria* L (APIACEAE) и ее использование в технологии продуктов функционального назначения: дис... канд. сельскохоз. наук. Российский гос. аграрный университет, Москва 2010. – 155 с.

УДК 641.1

К.К. Ахмадова, Е.В. Чернова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЯСА ИНДЕЙКИ

**Актуальность:** В настоящее время одним из путей развития российского рынка кулинарной продукции является расширение ассортимента путем разработки и внедрения новых рецептов, технологий ее приготовления, использования натуральных ингредиентов.

Мясо птицы сопоставимо по пищевой ценности с мясом сельскохозяйственных животных, при этом содержит меньше соединительной ткани и отличается более легкой усвояемостью [1]. В настоящее время из мяса птицы больше используется куриное мясо, с достаточно широким ассортиментом вырабатываемой из нее продукции. Актуальным стоит вопрос о выработке кулинарной продукции из нетрадиционных видов птицы, наибольший интерес среди которой представляет мясо индейки [2].

Мясо индейки обладает высокими органолептическими показателями, а также высокой пищевой ценностью. В 100 г мяса индейки содержится от 19,5 до 21,6 г белка, причем они содержат все незаменимые аминокислоты, т.е. являются полноценными. Жиры индейки легкоусвояемые, поскольку в них содержатся полиненасыщенные незаменимые жирные кислоты. Из витаминов в мясе индейки в наибольшей степени содержится витамин В<sub>9</sub>. Мясо индейки также богато минеральными веществами. Например, по содержанию калия оно покрывает около 38 % от суточной нормы (600 мг), фосфора – 15 % от суточной нормы (1,5 г), что позволяет по данным показателям отнести индейку к функциональным продуктам и использовать в лечебно-профилактическом и диетическом питании [3].

**Цель исследования:** расширение ассортимента кулинарной продукции из мяса индейки путем использования нетрадиционных технологий приготовления.

**Объект исследования:** филе индейки, приготовленные с применением разных технологических режимов и параметров: традиционным способом и в вакууме по технологии *sous vide*.



Методы исследования: определение влаги – по ГОСТ 9793 «Мясные продукты. Метод определения содержания влаги» [4], определение органолептических показателей – по ГОСТ 9959 «Продукты мясные. Органолептический метод определения показателей качества» [5]. Все опыты проведены в трехкратной последовательности. Приготовление традиционным способом осуществлялось методом жарки при температуре  $200 \pm 10$  °С. Приготовление в вакууме при пониженных температурах осуществлялось в пароконвектомате Rational Combi Master CM 101 Plus. Для исследуемых образцов по технологии sous vide, был принят режим тепловой обработки при температуре 64 °С и время 35 минут на основании данных литературных источников и собственных проработок [6].

Sous vide переводится как «приготовление пищи в вакууме». Данная технология позволяет готовить блюда, максимально сохраняющие пищевую ценность. Продукция, упакованная в пакет, из которого выкачан воздух, готовится при пониженных температурах (50–80 °С). В этом случае клетки продукта сохраняют способность удерживать жидкость внутри, что положительно влияет на структурно-механические и органолептические свойства. В таблице 1 представлены потери при тепловой обработке исследуемых образцов.

Таблица 1 - Потери массы при тепловой обработке изделий

Наименование образца	Масса до тепловой обработки, г	Масса после тепловой обработки, г	Потери при тепловой обработке, %
Филе индейки приготовленное традиционным способом	92±5	85±5	7,2-7,6
Филе индейки приготовленное по технологии sous vide	92±5	92±5	0

Таким образом, при тепловой обработке в безвоздушном пространстве потерь массы не происходит. Результаты органолептических исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Органолептические показатели исследуемых изделий

Показатель	Образцы, приготовленные традиционным способом	Образцы, приготовленные по технологии су-вид
Внешний вид, цвет	Светло-кремовый, на поверхности изделия присутствует золотистая корочка	Светло-кремовый, золотистая корочка отсутствует
Консистенция	Слегка подсушенная, имеется легкая деформация	Мягкая и нежная, без деформации
Вкус	Ярко выраженный, присущий данному виду мяса	Пресный
Запах	Ароматный, свойственный данному виду мяса	Слабо выраженный
Сочность	Слегка подсушенная	Сочная

Как свидетельствуют данные таблицы 2, образцы, приготовленные по технологии sous vide, обладают равномерным колером, нежной консистенцией, большей сочностью по сравнению с образцами, приготовленными по традиционной технологии, имеют приемлемый вкус и аромат. Данные образцы не имеют поджаристую корочку. Результаты балльной оценки исследуемых образцов из мяса индейки представлены в таблице 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что особенно существенны различия при оценке такого показателя, как сочность. Образцы, приготовленные традиционным способом, имеют меньшую сочность, это подтверждается и тем, что данные блюда имеют меньшие показатели при определении влажности готовых изделий. Содержание влаги у образцов, приготовленных традиционным способом, составило  $30,4 \pm 2\%$ , у образцов,

приготовленных по технологии sous vide, -  $41,3 \pm 3$  %. Таким образом в образцах, приготовленных в вакууме при пониженных температурах содержание влаги в продукте выше, чем в образцах, приготовленных традиционным способом. Это доказывает, что использование пароконвектомата для приготовления блюд создает благоприятный температурно-влажностный режим, а наличие вакуума препятствует излишнему испарению влаги из продукта.

Таблица 3 - Балльная оценка органолептических показателей

Показатель	Образцы, приготовленные традиционным способом	Образцы, приготовленные по технологии су-вид
Внешний вид, цвет	4,7	5,0
Консистенция	4,8	5,0
Вкус	4,8	4,7
Запах	4,8	4,7
Сочность	4,4	5,0

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. Технология sous vide является инновационной технологией приготовления кулинарной продукции, позволяющей сохранить питательные вещества внутри обрабатываемого продукта.
2. При использовании технологии sous vide не происходит потерь массы и деформации структуры при приготовлении блюд из мяса индейки.
3. При использовании технологии sous vide лидирующие позиции занимают: сочность, консистенция и внешний вид продукта, но более слабо выражен вкус и аромат по сравнению с традиционным способом приготовления.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Дубровская В. И., Гоноцкий В. А. Продукты из мяса индейки // Птица и птицепродукты. – 2013. – № 3. – С. 30–32.
2. Ахмадова К.К., Чернова Е.В. О целесообразности использования мяса индейки в производстве кулинарной продукции диетического и функционального назначения // Сборник научных трудов по материалам IV международной научной конференции. - Екатеринбург: НИЦ "Л-Журнал", 2017. - С. 18-21.
3. Осипова Ю.Н., Феденишина Е.Ю. Совершенствование технологических параметров ресурсосберегающей термической обработки мяса индейки в пароконвекционных аппаратах // Региональный рынок потребительских товаров: перспективы развития, качество и безопасность товаров, особенности подготовки кадров: материалы VI Международной научно-практической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2016. – С. 80–82.
4. ГОСТ 9793 Мясные продукты. Метод определения содержания влаги – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/36372>
5. ГОСТ 9959 Продукты мясные. Органолептический метод определения показателей качества – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200133106>
6. Куткина М.Н., Феденишина Е.Ю. Влияние пароконвекционного способа нагрева на пищевую ценность мяса птицы // Мясная индустрия. - 2007. - № 4.- С. 44-48.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВАРЕНИКОВ

Ускорение ритма жизни в современном мире привело к тому, что люди стали отдавать предпочтение полуфабрикатам, приготовление которых занимает небольшое количество времени. В России популярными мучными полуфабрикатами традиционно являются вареники, которые представляют собой фаршированные полуфабрикаты из теста с различными начинками. Нами были разработаны рецептуры и технология изготовления безглютеновых вареников на основе льняной и рисовой муки, которые могут использоваться в питании больных целиакией [1].

*Целью* данной работы было провести сравнительную оценку показателей качества безглютеновых вареников.

*Объектами исследования* являлись три вида вареников: из льняной, рисовой и пшеничной муки. Вареники из пшеничной муки использовались в качестве контрольного образца.

Оценку вареников проводили с использованием физико-химических и органолептических методов. Физико-химическими методами были определены:

- влажность теста (метод высушивания),
- массовая доля сухих веществ, извлекаемых при варке (рефрактометрический метод),
- изменение массы продукта при варке (метод взвешивания).

Органолептическими методами оценивали показатели вареников после варки: внешний вид, цвет, состояние тестовой оболочки, запах, вкус.

Пищевую ценность вареников определяли расчетным методом, используя данные Справочника химического состава пищевых продуктов [2] и информацию на этикетках муки, приобретенной в торговых сетях.

*Результаты исследования.*

Исследуемые вареники представляли собой полуфабрикат формы полукруга с начинкой из творога. У традиционных вареников из пшеничной муки соотношение тесто: начинка составляет 50:50 [3]. Для вареников из льняной муки это соотношение составило 60:40, а для вареников с тестом из рисовой муки – 67:33. Такое соотношение теста и начинки обусловлено малой растяжимостью теста из льняной и рисовой муки и сложностью его формования.

Химический состав и энергетическая ценность вареников представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав и энергетическая ценность вареников на 100г.

Показатель	Из пшеничной муки	Из рисовой муки	Из льняной муки
Белки, г	9,2	16	22
Жиры, г	5,5	6	8
Углеводы, г	27,8	42	32
Энергетическая ценность, ккал	198,7	273	281

Сравнительная характеристика пищевой и энергетической ценности показала, что вареники из рисовой и льняной муки отличаются большим содержанием белков и углеводов, по сравнению с традиционными из пшеничной муки.

Для определения показателей качества вареников их отваривали до готовности (3–4 минуты после закипания) при соотношении воды ипельменей 4:1. После готовностипельмени немедленно извлекали из воды и определяли органолептические показатели. Результаты оценки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Органолептические показатели вареников

№	Показатели	Из пшеничной муки	Из рисовой муки	Из льняной муки
1	Внешний вид изделий	Форма полукруга, целые, с заделанными краями, не слипшиеся	Форма полукруга, целые, с заделанными краями, не слипшиеся, имеют гладкую поверхность, без трещин и прорывов, тесто тонкое	Форма полукруга, целые, с заделанными краями, не слипшиеся, имеют гладкую поверхность, без трещин и прорывов, тесто средней тонкости
2	Цвет	Тесто – белое, равномерный окрас	Тесто – белое, равномерный окрас	Тесто – темно-коричневое, равномерный окрас
3	Состояние тестовой оболочки	Гладкая, ровная, плотная с небольшими рельефами	Гладкая, ровная, плотная	Гладкая, ровная, плотная
4	Запах	Соответствующий начинке, без постороннего запаха	Свойственный данному виду изделий	Свойственный данному виду изделий, с ароматом арахиса
5	Вкус	Соответствующий начинке, без постороннего привкуса	Свойственный данному виду изделий	Свойственный данному виду изделий, с нотками ржаного хлеба

Результаты проведенных органолептических исследований свидетельствуют о том, что сенсорные характеристики полуфабрикатов, как из льняной, так и из рисовой муки удовлетворяют требованиям потребителей к данному виду продукции, но имеют по ряду показателей отличие от традиционных изделий. Вареники имеют приятный вкус и аромат, свойственный данному виду продукта. Хорошо сохранили форму, не деформировались, не слиплись. Фарш равномерно распределен.

Далее было изучено изменение массы вареников после варки.

Масса вареников из пшеничной муки увеличилась на 31,1%, из рисовой муки – на 40%, из льняной муки – на 39,5%. Из этого делаем вывод, что привар полуфабрикатов из льняной и рисовой муки на 9% больше привара вареников из пшеничной муки.

Результаты определения влажности теста представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты определения влажности теста

Показатель	Пшеничное тесто		Льняное тесто		Рисовое тесто	
	До варки	После варки	До варки	После варки	До варки	После варки
Влажность, %	36±1	53±3	31±2	72±3	44±1	67±3

По стандарту влажность теста в замороженных полуфабрикатах не должна превышать 42% [3]. Тесто из льняной и пшеничной муки отвечает этому показателю, а тесто из рисовой муки имеет более высокую влажность, обусловленную, по видимости, более высокой

водоудерживающей способностью этой муки. Также отмечено, что влажность теста после варки соотносится с показателями привара.

Далее было определено содержание сухих веществ в отваре. Данные приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание сухих веществ в отваре

Отвар	Коэффициент преломления по рефрактометру, %	Содержание сухих веществ, %
Льняной	0,6	2,4
Рисовый	0,5	2
Пшеничный	0,2	0,8

По представленным данным видно, что у вареников из льняной и рисовой муки извлекается при варке в 2,5-3 раза больше растворимых веществ, чем у вареников из пшеничной муки.

*Выводы.*

Результаты исследований показали, что безглютеновые полуфабрикаты, а именно вареники из льняной и рисовой муки, по органолептическим показателям не уступают аналогичным изделиям из пшеничной муки, а по пищевой и энергетической ценности значительно их превосходят. При варке безглютеновые полуфабрикаты отличаются большим увеличением массы, но и большим извлечением растворимых веществ.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тырлова О.Ю., Барсукова Н.В. Разработка индустриальной технологии замороженных полуфабрикатов на основе льняной муки [Электронный ресурс]: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». — №3, 2014. – С. 43-52.
2. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 236 с.
3. РСТ РСФСР 107-80 «Вареники быстрозамороженные».

УДК 664.951.2

О.А. Озерова, Н.С. Кораблева, Ю.Г. Базарнова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФИЛЕ СЕЛЬДИ  
ТИХООКЕАНСКОЙ *CLUPEA PALLASII* ПРИ МОКРОМ ПОСОЛЕ

В настоящее время одна из основных задач, стоящих перед российскими производителями рыбной продукции, - обеспечение рентабельности производства и получение высококачественной рыбной продукции.

В прошлом году в России выпуск мороженой сельди увеличился на 24,5%, в том числе сельди всех видов обработки – на 18,1% и достиг 220,8 тыс. т.

Производство слабосоленой сельди связано с трудностями по сохранению её качества при посоле и дальнейшем хранении, которые заключаются в ослаблении консистенции, расслоении мяса по миосептам из-за различного качества мороженого сырья.

Сельдь тихоокеанская - *Clupea pallasii* - одна из географических рас вида океанической сельди, относится к семейству сельдевых (Clupeidae). Особи достигают длины 50 см и массы 890 г. По сравнению с другими формами океанической сельди, эта раса обладает наиболее ранней половозрелостью и наиболее быстрым ростом. Химический состав сельди тихоокеанской приведен в табл. 1 [1].

Таблица 1 - Химический состав тихоокеанской сельди

Состав	Содержание, %
Белок	16
Жир	11
Минеральные вещества	0,7
Вода	70-74

Энергетическая ценность тихоокеанской сельди на 100 г продукта составляет 163 ккал.

Посол – это обработка сырья поваренной солью и выдержка его в течение времени, достаточного для равномерного распределения соли и завершения процессов, в результате которых продукт приобретает необходимые свойства. При посоле значительно увеличивается продолжительность хранения рыбы, продукт приобретает новые пищевые и вкусовые свойства. Сущность посола заключается в том, что поваренная соль проникает в мясо рыбы, вытесняет часть воды и создает в тканях концентрированный раствор, препятствующий развитию гнилостных микроорганизмов. Мокрый посол осуществляют в растворе соли — искусственном тузлуке. Рыбу помещают в насыщенный раствор соли, концентрация поддерживается постоянной в течение всего времени просаливания [1]. После просаливания (проникновения соли в ткани рыбы) происходит созревание рыбы. Процесс созревания соленой рыбы представляется как комплекс ферментативных превращений белков, липидов и углеводов. Качественный состав образующихся продуктов созревания зависит от специфического строения и состава субстрата, а скорость созревания — от активности ферментов и количества гидролизуемых связей в исходном субстрате.

Цель работы - исследовать состав, функционально-технологические и биохимические показатели замороженного филе сельди для установления влияния характеристик исходного сырья на качество малосоленого полуфабриката.

В качестве объекта исследования использовали мороженое филе тихоокеанской сельди.

Для исследований отбирали лабораторные пробы образцов замороженного в блоках филе сельди. После размораживания филе сельди определяли содержание водо- и солерастворимой фракций белков мышечной ткани рыбы, содержание влаги, влагоудерживающую способность мышечной ткани сельди и рН, содержание вторичных продуктов окисления липидов, реагирующих с 2-тиобарбитуровой кислотой [2], содержание аминокислотного азота и активность протеолитических мышечных ферментов методом Ансена и массовую долю поваренной соли в соленом полуфабрикате [3], а также органолептические показатели сырого филе и соленого полуфабриката [4, 5].

Установлено снижение рН в процессе посола от 5,9 до 5,5, что объясняется присутствием уксусной кислоты в тузлуке, что необходимо для ингибирования развития микроорганизмов.

Содержание влаги при посоле филе снижается в среднем на 13-14 % от начального уровня, что обусловлено диффузией влаги в тузлук, связанной с высоким осмотическим давлением крепких тузлуков.

Установлено увеличение растворимости мышечных белков при посоле филе сельди, которое составило в среднем от 6,7 до 8,7 мг на 1 г белка. Влагоудерживающая способность мышечной ткани сельди при посоле также увеличивается, при этом общее содержание массовой доли связанной влаги увеличилось на 3-4 % от массы рыбы. Это объясняется влиянием соли и других посолочных ингредиентов на изоэлектрическую точку (ИЗТ) мышечных белков рыбы.

Выявлено, что активность кислых протеаз в филе тихоокеанской сельди увеличилась при посоле примерно на 6%, а содержание аминокислотного азота - снизилось в среднем от

30 до 35 %, что, очевидно, связано с потерями белковых веществ при мокром посоле в результате их вымывания в тузлук.

Установлено, что в процессе посола происходит увеличение содержания вторичных продуктов окисления липидов, реагирующих с 2-ТБК, что связано с протеканием процессов созревания липидов рыбы при посоле.

Таким образом, можно сделать вывод о наличии взаимосвязи биохимических показателей белковых веществ и липидов сельди и функционально-технологических показателей соленого полуфабриката, в том числе его влагоудерживающей способности и растворимости мышечных белков. Этот факт свидетельствует о возможности использования этих показателей для более глубокого анализа комплекса процессов, протекающих при созревании сельдей в посоле.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Химический состав пищевых продуктов: Книга 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов/Под ред. проф., д-ра техн. наук И. М. Скурипына, проф., д-ра мед. наук М. Н. Волгарева. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО "Агропромиздат", 1987. - 224 с.

2. Парфеньева Т. Р., Стародубцева З. А. Мясные и рыбные товары, овощи и фрукты: (Товароведение): Учеб. для проф.-техн. уч-щ. – М.: Экономика, 1989. – 271 с.

3. Биохимические основы переработки и хранения сырья животного происхождения: учебное пособие / Ю. Г. Базарнова, Т. Е. Бурова, В. И. Марченко и др. — СПб.: Проспект Науки, 2011. — 192 с.

4. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1093-1102.

5. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. – С. 1265-1274.

УДК 664.8.039

В.Г. Гнилицкий, Ю.В. Шепиашвили, А.А. Гребенюк, Н.В. Барсукова, Ю.Г. Базарнова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### ПРИМЕНЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ BIOTEХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

*Актуальность.* Одна из основных задач российских предприятий в сфере услуг HoReCa (Хорека) – обеспечение потребителей максимально свежей продукции, произведенной с минимальными потерями при сохранении высокой рентабельности производства. Эта проблема особенно актуальна для предприятий среднего бизнеса, существующих на рынке в условиях жесткой конкуренции с отечественными и зарубежными фирмами.

Высоким спросом на рынке Центрального и Северо-Западного региона РФ пользуются наборы продуктов деликатесной группы для приготовления в домашних условиях эксклюзивных блюд различных кухонь мира [1]. Производство этих наборов связано с трудностями по сохранению их качества при холодильном хранении. Подготовленные овощные полуфабрикаты в наборах предлагаются потребителям в помытом и нарезанном виде. Такой способ обработки овощей приводит к снижению органолептических показателей (потеря тургора) и может привести к микробиальной порче продукта. Известно, что заготовка полуфабрикатов в вакуумной упаковке позволяет стабилизировать качество и

безопасность овощных культур, в том числе микробиологическую безопасность. Удаление кислорода из упаковки при вакуумировании позволяет значительно снизить реакции окисления и рост аэробных бактерий, поддерживая санитарно-гигиеническую безопасность при хранении [2, 3].

Использование биозащитных культур микроорганизмов для пролонгирования сроков годности овощей при холодильном хранении также является перспективным направлением применения барьерных биотехнологий при производстве кулинарной продукции. В работе приведены исследования влияния бактериоцинов, выделяемых одноштабными культурами препаратов компании Christian Hansen, на микрофлору, которая вызывает порчу овощных плодов и травянистых растений.

*Цель и задачи работы.* Исследовать воздействие одноштабных бактериоцинопродуцирующих культур на микрофлору овощных культур в процессе холодильного хранения в вакуумной упаковке, добиться устойчивого сохранения овощных культур на протяжении 14 суток для дальнейшей кулинарной обработки с сохранением питательных веществ и органолептических показателей.

*Объекты исследования:*

1. Свежие овощи: сладкий перец, цуккини, стебли сельдерея, упакованные в газобарьерные пакеты с применением вакуумизации; баклажан, салат айсберг, упакованные в газобарьерные пакеты с применением модифицированной газовой среды биогон NC40.

2. Препараты одноштабных культур *Leuconostoc carnosum* (SafePro B-SF-43), *Lactobacillus sakei* (B-2 SafePro), *Lactobacillus curvatus* (B-LC-48 SafePro), *Pediococcus acidilactici* (B-LC-20).

*Методы исследования.* Для определения активности культур проводилась микросъемка активированных препаратов с культурами, далее статистическим методом подсчитывали палочки и кокки культуры. Степень развития кокковых бактерий оценивается по количеству кокков в стафилококках или стрептококках [4]. Барьерные свойства одноштабных препаратов по отношению к овощным культурам определяли при микроскопировании фиксированных препаратов, полученных из смывов поверхности овощных культур [5], также определяли органолептические показатели по ГОСТ Р54683-2011.

*Результаты.*

Для проведения микроскопического анализа препараты культур с питательной средой активизировали в 1 л теплой воде (37°C). На рис. 1 (а-г) представлены микрофотографии одноштабных препаратов SafePro B-SF-43, B-2 SafePro, B-LC-48, SafePro B-LC-20.

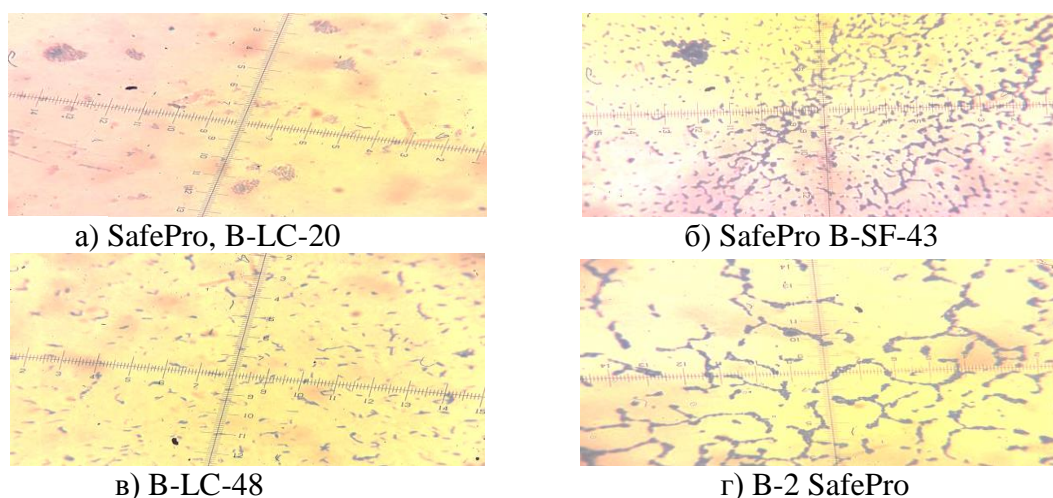


Рисунок 1 – Микроскопическая картина одноштабных бакпрепаратов



Из представленных на рис. 1 (а-г) микрофотографий видно, что наибольшей активностью и ростом обладает препарат В-2 SafePro (*Lactobacillus sakei*), наблюдается наибольшая концентрация микроорганизмов из стрептобацилл, состоящих в среднем от 20 до 40 палочек, что объясняет их активное развитие. Также замечено хорошее развитие культуры препарата SafePro В-SF-43, куда входит *Leuconostoc carnosum*, которые состоят в среднем из 20 палочек. Культуры *Lactobacillus curvatus* (В-LC-48 SafePro), *Pediococcus acidilactici* (В-LC-20) показали не очень хорошую активность, которая выражается небольшой концентрацией микроорганизмов.

Из препаратов одноштаммовых культур готовили суспензию и распыляли на поверхность продукта. Далее продукт упаковывали в полимерную газобарьерную тару, заполненную модифицированной газовой средой, и закладывали на холодильное хранение.

Для оценки по органолептическим и микробиологическим показателям брали пробы образцов на 1,7,9,14-е сут. [6–8]. В качестве исследуемых образцов были взяты овощные культуры, обработанные суспензией препаратов активированных одноштаммовых культур *Leuconostoc carnosum* (SafePro В-SF-43), *Lactobacillus sakei* (В-2 SafePro), *Lactobacillus curvatus* (В-LC-48 SafePro), *Pediococcus acidilactici* (В-LC-20) и в качестве контроля – необработанные образцы.

На 1-й и 7-й день были выполнены смывы с поверхности овощей, обработанных и контрольных образцов. На 1-й день не было замечено обсемененности на контрольных образцах, что объясняет хорошую очистку и мойку овощных культур перед вакуумированием. В обработанных образцах была замечена только небольшая концентрация внесенных культур. На 7-й день наилучшие показатели были замечены в стеблях сельдерея и салате «Айсберг», в контрольных образцах данных овощных культур была замечена небольшая обсемененность микрофлорой порчи, а именно палочками и кокками, в обработанных образцах зафиксирована лишь внесенная культура. В баклажане на 7-й день холодильного хранения не было зафиксировано обсеменения, но в обработанных образцах был замечен активный рост внесенных культур, что повлекло за собой изменение товарного вида. В красном и желтом перце и кабачках цуккини было установлено наибольшее обсеменение в контрольных образцах микрофлорой порчи, а наименьшее в обработанных образцах препаратом В-2 SafePro. Из этого можно сделать вывод, что внесенный препарат, содержащий культуру *Lactobacillus sakei*, обладает наибольшей эффективностью для длительного хранения овощных культур.

*Выводы.* Установлено, что полуфабрикаты из сырых овощей, обработанные культурой В-2 *Lactobacillus sakei*, оказались наиболее стойкими к холодильному хранению на протяжении 14 суток.

Органолептические и микробиологические показатели овощей, обработанных культурой - В-2 *Lactobacillus sakei*, являются более высокими в сравнении с овощами, обработанными культурами: В-LC-20 *Pediococcus acidilactici*, В-LC-48 *Lactobacillus curvatus*. Контрольные образцы без обработки культурами, а также образцы, обработанные другими культурами биозащиты, по органолептическим и микробиологическим показателям значительно уступают по стойкости к хранению, в сравнении с овощами, обработанными культурой В-2 *Lactobacillus sakei*.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. <https://www.foodnabor.ru/>.
2. Дриль А.А., Исследование влияния технологии вакуумирования на качество полуфабрикатов из растительного сырья // Вестник КрасГАУ. - 2015, №10, с. 105-112.
3. Настеренко В.В., Ящук В.М., Полимерные упаковочные пленки в пищевой промышленности. Бизнес. Образование. Право. 2008, №5, С. 157-160.

4. Концевая И.И. Микробиология: практическое пособие. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2013. – 126 с.
5. Базарнова Ю.Г., Шепиашвили Ю.В. Исследование влияния биозащитных культур на микрофлору рыбных полуфабрикатов // Рыбное хозяйство. 2017. № 2. - С. 106-108.
6. Стеле Р., Сроки годности пищевых продуктов: Расчет и испытание. - СПб.: Профессия, 2008. – 480 с.
7. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1093-1102.
8. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. – С. 1265-1274.

УДК 637.146.1

Г.М. Мирова, Ю.Г. Базарнова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### РАЗРАБОТКА АУТЕНТИЧНОГО КИСЛОМОЛОЧНОГО ПРОДУКТА «КУРТ» С ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ

Исследования ученых последних лет в области производства пищевых продуктов направлены на расширение и оптимизацию ассортимента, основным направлением работ при этом является создание продуктов, компенсирующих проблемы питания человека. В нашей стране и за рубежом продолжают вести разработки продуктов, проявляющих выраженные лечебные или профилактические свойства. Популярными среди населения различных стран являются кисломолочные продукты, которые обладают диетическими и лечебными свойствами – нормализуют перистальтику и желудочную секрецию.

В питании народов тюркской языковой группы, проживающих на территории Средней Азии, Казахстана, Закавказья традиционными продуктами являются различные кисломолочные напитки и основы для приготовления супов, мясных и мучных блюд. Эти кисломолочные продукты готовят обычно домашним способом и используют в качестве основного блюда, употребляя их с хлебом. Большинство из них получают посредством сквашивания молока, причем приемы сквашивания у всех тюркоязычных народов довольно сходные [1].

Актуальным направлением исследований является исследование возможности использования горных трав Таджикистана, при производстве национальных кисломолочных тюркских продуктов. Популярным традиционным кисломолочным продуктом у среднеазиатских народов является кисломолочный продукт курт. Курт является питательным продуктом более чем с тысячелетней историей. Он обладает уникальным составом, содержит полноценные молочные белки, углеводы, ферменты, микроэлементы (Ca, P, K, Mg, Na), витамины (A, D, E, PP, B1, B2) [2].

Курт употребляют с жирной пищей, поскольку повышенная кислотность продукта способствует расщеплению жиров. Растворенный в холодной минеральной воде курт – прекрасный освежающий напиток. Сублимированный курт был включен в меню космонавтов, которые высоко оценили его вкусовые качества [3]. Интересен факт, что сублимированный курт может сохраняться до восьми лет без потери своих полезных свойств.

У каждого народа Средней Азии курт получается иным, чем у соседей, так как при его приготовлении используется различные виды молока и закваски.

Традиционным сырьем для кисломолочного продукта «Курт» является пастеризованное молоко (коровье, овечье, козье, их смесь с добавлением обрата или пахты). Закваска включает

чистые культуры молочнокислых бактерий. В качестве вкусовой и консервирующей добавки используется соль. Технология приготовления у различных народов практически похожи и имеют следующие операции: отбирают молоко, подогревают, вносят закваску, сквашивают, отделяют сыворотку, солят, формуют и сушат. Чем суше получится продукт, тем дольше можно его хранить.

Химический состав готового курта варьируется, но в среднем, содержит до 15 % воды, 57% белка, 12% жира, 14 % углеводов, 2 % соли. Кислотность готового продукта составляет 300-350 °Т.

Цель работы – разработка рецептуры и технологии производства курта, обогащенного смесью трав Таджикистана, собранными в горной местности.

На основании проведенного обзора литературы обосновано, что в результате введения наполнителей в виде сушеных горных трав происходит улучшение пищевой ценности и профилактических свойств кисломолочного продукта «Курт» с сохранением его традиционного вкуса и приятным вкусом внесенных наполнителей.

В качестве основного сырья были выбраны цельное молоко и пахта, закваска прямого внесения СBL-1, «MARINO». В качестве биологически активной добавки – тонкоизмельченные травы (майоран и базилик), собранные в горной местности Таджикистана.

Майоран, базилик были собраны в субальпийском поясе на северных склонах Гиссарского хребта республики Таджикистан, 20-25 мая 2015 года. Далее травы были проинспектированы, высушены, измельчены. Измельчение проводили на электрической лабораторной мельнице до размера фракций – 0,1-0,3 мм.

Для получения курта использовали сырье фермерского хозяйства ГК «Лосево», Ленинградской области: цельное молоко (массовая доля жира 4,6%, кислотность - 17 ОТ) и пахту (массовая доля жира - 0,5 %, СОМО – 8,0 %, кислотность – 20 ОТ).

После определения качества молока и пахты по органолептическим и физико-химическим показателям (массовая доля жира, массовая доля белка, титруемая кислотность, СОМО), профильтрованное молоко и пахту смешивали и подогревали до температуры 45 °С при постоянном помешивании. Затем вносили закваску прямого внесения СBL-1, «MARINO». Состав закваски: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp., bulgaricus* [4–6].

Смесь молока сквашивалась в течение 5 часов. Далее выделившуюся сыворотку отделяли, а сгусток подвергали самопрессованию для удаления сыворотки, помещая сгусток в лавсановые мешочки. Самопрессование проводили в течение 3-5 часов.

После окончания процесса самопрессования в сгусток одновременно добавляли соль, тонкоизмельченный укроп и смесь трав (горные майоран и базилик).

Перемешанный до однородной консистенции сгусток направляли на формовку. Формуют курт в виде шариков, палочек, тонких пластин и т.д. Нами курт был сформован в виде чипсов – тонких пластин. Далее сформованные изделия подвергали сушке в сушильном лабораторном шкафу. Высушенный кисломолочный продукт курт был упакован и хранился в чистом, хорошо вентилируемом помещении и защищенном от прямых солнечных лучей, при температуре не выше (18±2) °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Таким образом, нами разработана рецептура курта с тремя видами наполнителей: сушеным укропом, смесью сушеного базилика и майорана, и сушеным чесноком. Определено количество порошка наполнителей - 0,6 % от массы сгустка. Разработана технология курта с наполнителями из сушеных горных трав, аутентичного национальному напитку. Исследованы органолептические показатели полученного курта: внешний вид, запах, цвет, консистенция, вкус и физико-химические показатели свежесывороточного продукта и продукта после 7 сут хранения. Показано, что показатели свежесывороточного курта

соответствуют показателям творога с массовой долей жира 12-14 %.

Для российского рынка курт является новым продуктом, который, несомненно, будет пользоваться популярностью на потребительском рынке, также как «Айран», «Тан» и другие аутентичные кисломолочные продукты.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Крусь Г. Н. и др. Технология молока и молочных продуктов / Г. Н. Крусь, А. Г. Храмцов, З. В. Волокитина, С. В. Капрычев; Под ред. А. М. Шалыгиной. – М.: КолосС, 2007.
2. Горощенко Л. Г. Российский рынок молочных продуктов. // Молочная промышленность - № 3 – 2011 - С. 10 - 12.
3. Похлебкин В.В. Национальные кухни наших народов – М.: Центрполиграф, 1978.
4. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические принципы эксперимента в рамках научно-исследовательской работы студентов // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. - С. 1093-1102.
5. Базарнова Ю.Г., Саморуков В.И. Методологические аспекты научного эксперимента при разработке инновационных прикладных биотехнологий // IV МЕЖДУНАРОДНЫЙ БАЛТИЙСКИЙ МОРСКОЙ ФОРУМ. Материалы Международного морского форума. 2016. – С. 1265-1274.
6. Сеськин М.С., Базарнова Ю.Г. Исследование заквасочных культур для получения творожной сыворотки с улучшенными органолептическими показателями // Вестник Международной академии холода. 2016. № 2. - С. 33-37.

## Секция «Экологическая биотехнология»

УДК 631.53.011.5 : 502.084 : 57.087.3

Н.С. Прияткин<sup>1</sup>, Т.А. Кузнецова<sup>2</sup>, М.А. Кузнецова<sup>3</sup>, Л.П. Гусакова<sup>1</sup>, В.Н. Пищик<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Агрофизический научно-исследовательский институт,

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,

<sup>3</sup>ООО "Си-Продукт"

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТРОСКОПИЧЕСКИХ И РОСТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБРАЗЦОВ ЗЕРЕН КУКУРУЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ И СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ПОСЕВНЫХ КАЧЕСТВ И СТЕПЕНИ ФИТОСАНИТАРНЫХ РИСКОВ

Согласно данным, представленным в обзоре рынка зерновых от 28 сентября 2017 Международным советом по зерну, кукуруза является лидирующей в мировом масштабе сельскохозяйственной культурой по валовому производству зерна различного назначения, ее мировой валовой сбор в 2017 году составил 1 079 млн. т. [1]. Потери урожая кукурузы, обусловленные фитопатогенной инфекцией, ежегодно составляют 25...30 %, а в отдельные годы превышают 40 % [2]. Существующие в настоящее время стандартные методы оценки качества семенного материала не в полной мере отвечают задачам семеноведения и промышленного семеноводства, прежде всего из-за необходимости контроля и оценки скрытой неоднородности семян и оценки их скрытой дефектности [3]. В связи с этим, большую перспективу имеет разработка и применение экспресс-методик и технологий, основанных на новейших достижениях точного земледелия, с использованием существующего на настоящий момент набора инструментальных физических методов оценки разнокачественности семенного материала и с учетом сформулированных ранее критериев оценки их эффективности [3].

Цель работы – изучить интроскопические характеристики образцов зерен кукурузы с помощью инструментальных физических и стандартных методов для оценки их посевных качеств и степени фитосанитарных рисков.

Задачи исследований:

1. Изучить оптические характеристики образцов зерен кукурузы в различных спектральных диапазонах (ИК, видимый, УФ);
2. Выявить и проанализировать скрытые дефекты образцов зерен кукурузы методом микрофокусной рентгенографии;
3. Исследовать интегральные электрофизические характеристики образцов зерен кукурузы методом газоразрядной визуализации;
4. Определить посевные качества образцов зерен кукурузы стандартными методами (энергия прорастания, всхожесть), с оценкой дополнительных ростовых показателей: длина зародышевого побега и длина зародышевого корешка;
5. Произвести микробиологическое исследование образцов зерен кукурузы.

Объекты и методы исследований.

Объектом исследований служили 4 образца зерен кукурузы, предоставленные ВНИИЗР: 1- Гибрид РОСС 272 АМВ (В) (происхождение – Волгоградская область), 2 - Гибрид РОСС 272 АМВ (С) (происхождение – Саратовская область), 3 – Сорт Краснодарская (происхождение – Алтайский край), 4 - Гибрид F1 Лидер 165 (происхождение – Астраханская область).

Для исследований характеристик зерен инструментальными физическими методами и оценки их посевных качеств была отобрана средняя проба в количестве 100 штук зерен

каждого образца. Каждое зерно имело индивидуальный номер для сопоставления комплекса интроскопических характеристик и ростовых показателей.

Для осуществления цифровой макросъемки образцов зерен кукурузы был использован лабораторный стенд. На центральную поперечную консоль каркаса был стационарно закреплен цифровой фотоаппарат Sony Alpha NEX5, с помощью которого осуществлялся захват изображений с разрешением 4592 x 3056 пикселей, формат файлов JPG. Макросъемка образцов зерен осуществлялась в трех различных режимах: искусственное освещение 2-мя инфракрасными осветителями (мощность 250 Вт); искусственное освещение одним ультрафиолетовым осветителем; искусственное освещение 4-мя светодиодными осветителями (цветовая температура 6500 К).

Программная обработка цифровых изображений зерен кукурузы осуществлялась с использованием программного обеспечения AGRUS-BIO, производства ООО «АргусСофт», г. Санкт-Петербург. Анализировались следующие группы параметров изображений зерен: яркостные и цветные.

Цифровые рентгеновские изображения зерен получены с использованием передвижной рентгенодиагностической установки ПРДУ-02, организация-разработчик и предприятие-изготовитель - ЗАО «Элтех-Мед», г. Санкт-Петербург. Рентген-съемка осуществлялась с 3-х кратным увеличением, согласно методике, описанной ранее [4]. Программная обработка цифровых рентгеновских изображений зерен осуществлялась с использованием программного обеспечения AGRUS-BIO. Анализировались следующие группы параметров изображений зерен: геометрические и яркостные.

Газоразрядные изображения (ГРИ) зерен получены и обработаны с использованием прибора «ГРВ-Камера» и программного обеспечения «ГРВ Научная лаборатория», организация-разработчик и предприятие-изготовитель прибора и программного обеспечения: ООО «Биотехпрогресс», г. Санкт-Петербург. Методика получения и программной обработки газоразрядных изображений семян описана ранее [5].

Оценка посевных качеств семян (энергия прорастания, %, и всхожесть, %) выполнена в соответствии с ГОСТ 12038 – 84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести [6]. Оценка дополнительных ростовых показателей (длина зародышевого побега и зародышевого корешка) выполнена с использованием программного обеспечения ARGUS-BIO.

Масса 1000 семян определялась в соответствии с ГОСТ 10842 – 89 [7].

Микробиологические исследования образцов зерен выполнены в соответствии с ГОСТ 12044–93 [8] и ГОСТ 26670-91 [9].

Результаты исследований.

Данные комплексного интроскопического анализа, посевных качеств и микробиологического анализа образцов зерен кукурузы представлены в таблице 1.

Из приведенных данных следует, что образец зерен кукурузы сорта Краснодарская статистически значимо отличается от трех других проанализированных образцов по ряду показателей, оцененных оптическим методом, рентгенографическим показателям, а также газоразрядному свечению. Образец сорта Краснодарская, по сравнению с тремя другими проанализированными образцами имеет существенно более низкие посевные качества, обусловленные повреждением зерен патогенными микроорганизмами, преимущественно бактериальной этиологии.

Таким образом, инструментальные физические методы могут служить эффективным инструментом первичного скрининга партий семян для оценки их посевных качеств и степени фитосанитарных рисков.

Задачей дальнейших исследований является видовая идентификация обнаруженных в образцах зерен патогенов с использованием методов молекулярной биологии.

Таблица 1 - Данные комплексного анализа характеристик образцов зерен кукурузы

№ п.п.	Наименование показателя, единицы измерения	Наименование образца зерен кукурузы			
		Гибрид РОСС 272 АМВ (В)	Гибрид РОСС 272 АМВ (С)	Сорт Краснодарская	Гибрид F1 Лидер 165
1	Тон (видимый диапазон), отн. ед.	0,155±0,002*	0,153±0,002*	0,165±0,003	0,151±0,002*
2	Минимальная яркость (ИК), ед. яркости	25,87±0,56*	25,22±0,61*	27,23±0,41	24,49±0,53*
3	Максимальная яркость (УФ), ед. яркости	155,84±2,61*	155,05±2,69*	142,45±2,61	154,99±2,61*
4	Удлиненность проекции рентгенограмм, отн. ед.	1,19± 0,02*	1,17±0,02*	1,12±0,019	1,15±0,015*
5	Средняя яркость рентгенограмм, ед. яркости	94,18±0,02*	88,66±1,71*	80,12±1,70	97,48±1,55*
6	Средняя интенсивность ГРИ, ед. яркости	64,96±2,32*	68,47±2,53*	57,18±2,51	67,24±2,27*
7	Масса 1000 семян, г	258,3±2,3*	216,1±2,1*	175,7±2,0	245,6±2,5*
8	Энергия прорастания, %	86,0±0,35*	83,0±0,37*	16,0±0,37	78,0±0,42*
9	Всхожесть, %	97*	97*	22	89*
10	Длина зародышевого побега, см	10,94±0,825*	10,39±0,996*	1,15±0,607	9,14±0,897*
11	Длина зародышевого корешка, см	15,81±0,955*	15,04±1,47*	2,07±1,01	13,87±1,28*
12	Зараженность спорами одного семени, шт./мл	100	25	-	275
13	Показатель обсемененности, КОЕ/мл к.ж.	44950±13885*	215±50*	278300±39664	195±61*
14	Доля колоний мицелиальных грибов, %	24,5	75,0	0	33,3

\*) – различия статистически значимы при  $p < 0,05$

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Обзор рынка зерновых. GMR-481 28 сентября 2017 года. Международный совет по зерну. – 8 с.
2. Азбукина З.М. Болезни и вредители кукурузы в Приморском крае: учеб. пособие / З.М. Азбукина, З.Г. Онисимова. – Владивосток, 1956. – С. 29-60.
3. Архипов М.В., Прияткин Н.С., Гусакова Л.П., Потрахов Н.Н., Кропотов Г.И. Неразрушающий контроль семян: возможности и перспективы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. - С. 20-27.
4. Архипов М.В., Гусакова Л.П., Великанов Л.П., Виличко А.К., Желудков А.Г., Алферов В.Б. Методика комплексной оценки биологической и хозяйственной пригодности семенного материала. – СПб.: АФИ, 2013. – 52 с.
5. Архипов М.В., Прияткин Н.С., Гусакова Л.П., Борисова М.В., Колесников Л.Е. Методика исследования характеристик газоразрядного свечения семян. – СПб.: АФИ, 2016. – 52 с.
6. ГОСТ 12038 – 84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.

7. ГОСТ 10842 – 89. Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян.
8. ГОСТ 12044–93. Методы определения зараженности болезнями.
9. ГОСТ 26670-91. Продукты пищевые. Методы культивирования микроорганизмов.

УДК 58.037

О.А. Арефьева<sup>1</sup>, А.Ю. Варламов<sup>1</sup>  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА РОСТ КУЛЬТУРЫ *CHLORELLA SOROKINIANA*

Хлорелла (*Chlorella*) относится к типу зеленых водорослей (*Chlorophyta*), порядку хлорококковых (*Chlorococcales*) и семейству хлорелловых (*Chlorellaceae*) [1]. Растения имеют богатое содержание значительных количеств многих полезных веществ, в том числе белок, в котором содержатся все незаменимые аминокислоты. В связи с этим в последние годы хлореллу стали выращивать для использования в пищевой промышленности и сельском хозяйстве [2, 3]. Поэтому интересны исследования, посвященные влиянию различных факторов и условий среды на процессы ее культивирования.

Цель работы: изучить воздействие постоянного магнитного поля различной напряженности на рост и развитие клеток хлореллы *sorokiniana*.

Методика проведения эксперимента: При изучении влияния воздействия постоянного магнитного поля (ПМП) различной напряженности (Н, кА/м: 0.5; 1.0; 2.0) на процессы роста и размножения растений - хлореллу *sorokiniana* одинакового срока созревания высаживали в конические колбы с питательной средой (100 мл) и осуществляли физическое воздействие на объекты в течение различного времени. Затем оценивали оптическую плотность суспензии. Контрольные растения воздействию ПМП не подвергали. Повторность в опыте и контроле 3-х кратная.

Культивирование проводили в нестерильных условиях, в стеклянных емкостях при комбинированном освещении и температуре  $24 \pm 2$  °С. Магнитное поле создавали с помощью источника питания постоянного тока Б5-43, подключенного к медной катушке. Для усиления и концентрирования поля катушку устанавливали на металлические пластины.

Результаты эксперимента: Исследовали влияние постоянного магнитного поля напряженностью 0.5; 1.0; 2.0 кА/м на рост культуры хлореллы *sorokiniana* в лабораторных условиях на питательной среде на открытом воздухе без дополнительной аэрации. При напряженности 2 кА/м в условиях освещенности 1300 лк и температуре 26 °С наблюдали максимальный прирост клеток на третьи сутки (72 ч) культивирования. При этом рН среды изменялся с 6 до 10 единиц. После 72 часов культивирования оптическая плотность культуральной суспензии резко уменьшалась (рис. 1).

Контрольные растения без воздействия ПМП видимого прироста в течение 72 часов не давали. Постепенное, увеличение массы наблюдалось на 7 сутки культивирования (рис. 2).

Результаты эксперимента по воздействию постоянного магнитного поля напряженностью 1 кА/м представлены на рисунках 3,4. Опыт проводили при освещенности 1300 лк и температуре среды 26 °С. После 4-х суток культивирования хлореллы видимой стимуляции роста ПМП не наблюдали. Оптическая плотность суспензий была на уровне контрольных образцов. Поэтому дальнейшего культивирования во времени не проводили.

Замечено, что в опытных и контрольных образцах на 4-е сутки происходил максимум поглощения при 450 нм. Что может соответствовать стимулированию образования хлорофилла *b* магнитным полем.



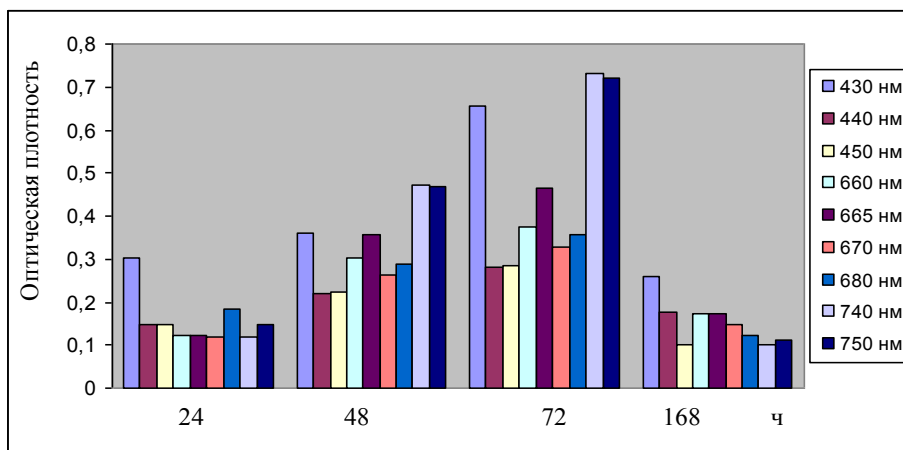


Рисунок 1 - Оптическая плотность суспензии *Chlorella sorokiniana* в зависимости от воздействия магнитного поля напряженностью 2 кА/м

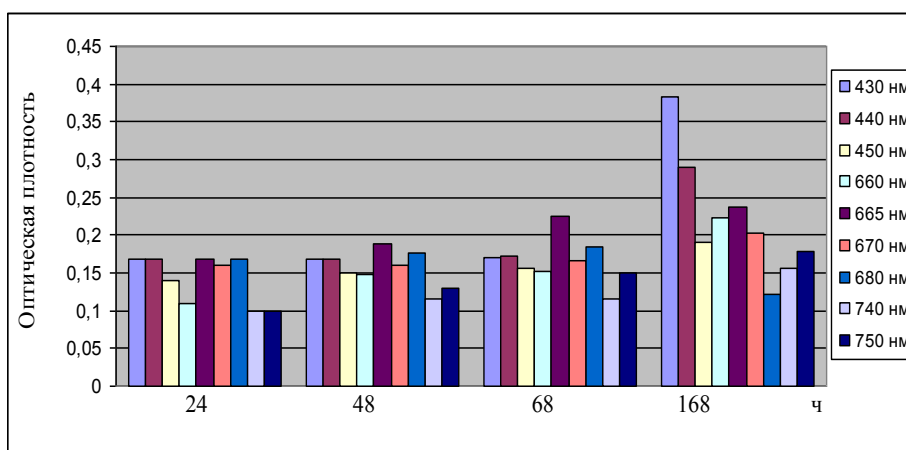


Рисунок 2 - Оптическая плотность суспензии *Chlorella sorokiniana* без облучения магнитным полем

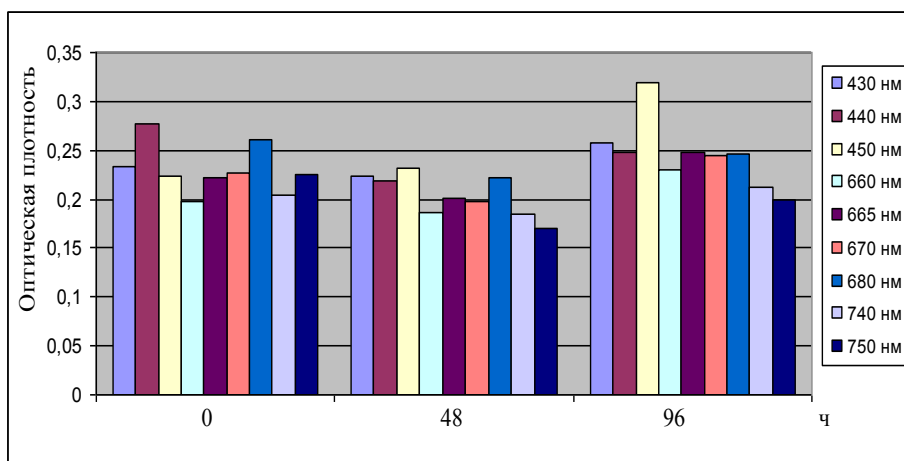


Рисунок 3 - Оптическая плотность суспензии *Chlorella sorokiniana* в зависимости от воздействия магнитного поля напряженностью 1 кА/м

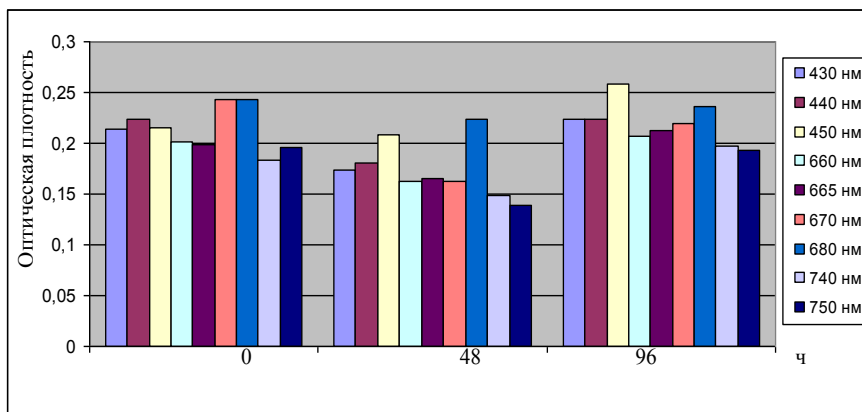


Рисунок 4 - Оптическая плотность суспензии *Chlorella sorokiniana* без облучения магнитным полем

Стимулирование роста клеток при воздействии на растения магнитным полем напряженностью 0,5 кА/м не происходило. Выявлено увеличение максимума поглощения на вторые сутки при длине волны 750, 740 нм, что может свидетельствовать об увеличении хлорофилла, участвующего в процессе фотосинтеза (рис. 5, 6).

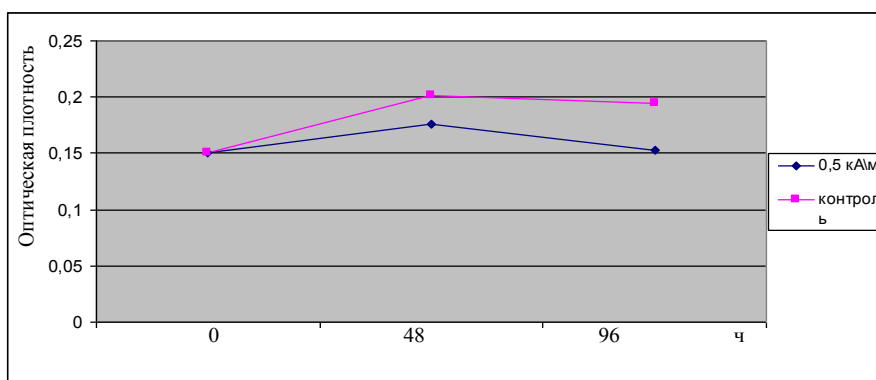


Рисунок 5 - Динамика изменения оптической плотности (при длине волны 750 нм) при периодическом культивировании *Chlorella sorokiniana* при воздействии магнитным полем напряженностью 0.5 кА/м

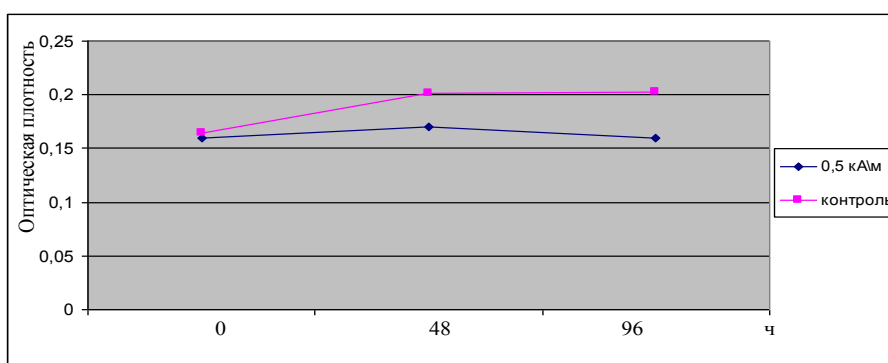


Рисунок 6 - Динамика изменения оптической плотности (при длине волны 740 нм) при периодическом культивировании *Chlorella sorokiniana* при воздействии магнитным полем напряженностью 0.5 кА/м

Выводы: при воздействии на суспензию хлореллы ПМП стимулирующее действие на рост клеток происходило при напряженности 2 кА/м при оптимальных условиях культивирования ( $E = 1300$  лк,  $T = 26$  °С).

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Асалханов К.В. Опыт выращивания и применения хлореллы в качестве подкормки для крупного рогатого скота / К.В. Асалханов // Культивирование и применение микроводорослей в народном хозяйстве: материалы конф. – Ташкент: Фан Уз ССР, 1980. – С. 80-82. 5.
2. Богданов Н.И. Хлорелла – ценная кормовая культура / Н.И. Богданов // Сельское хозяйство Таджикистана. – 1981. – № 12. – С. 41-43.
3. Богданов Н.И. Использование хлореллы в рационе сельскохозяйственных животных / Н.И. Богданов // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2004. – № 1. – С. 34-36.

УДК 628.3

А.И. Хабибрахманова, Н.А. Югина, М.С. Хайретдинова, К.К. Исмагилов, М.В. Шулаев  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

### БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА МОДЕЛЬНОЙ СТОЧНОЙ ВОДЫ В АНАЭРОБНЫХ УСЛОВИЯХ

В последние годы в нашей стране и за рубежом ведутся активные поиски способов интенсификации классических методов биологической очистки. Задача интенсификации биохимических процессов окисления загрязняющих веществ эффективно решается при оптимизации технологического режима работы очистных сооружений.

Предложен способ интенсификации биологической очистки сточных вод в анаэробных условиях с помощью биостимуляторов нового поколения - гуминового препарата и мелафена, с целью рационального использования энергетических ресурсов.

Цель данной работы состоит в изучении возможности применения биологически активных веществ для интенсификации процесса очистки сточных вод в анаэробных условиях.

В соответствии с поставленной целью решались следующие задачи:

1. Исследование возможности применения мелафена и гуминового препарата для интенсификации биологической очистки сточных вод в анаэробных условиях.
2. Подбор оптимальных концентраций гуминового препарата и препарата мелафена для интенсификации биологической очистки сточных вод в анаэробных условиях.
3. Исследование влияния данных препаратов на очистку модельной сточной воды от основных загрязнителей.

Применение препаратов экологически безопасно, мелафен используется в чрезвычайно низкой концентрации ( $10^{-6}$  мг/дм<sup>3</sup>), гуминовый препарат малотоксичен, IV класс опасности.

Проведены лабораторные исследования влияния препаратов на процесс очистки модельной сточной воды от различных загрязнений.

Исследование кинетики проводилось в пробирках, где создавались анаэробные условия. Отбирались пробы очищенной воды в смеси с иловой суспензией через определенные промежутки времени, затем анаэробный ил отделялся фильтрованием, и анализировалось значение концентраций загрязнителей очищенной воды.

Были проведены эксперименты с биологической очисткой, с биологической очисткой при внесении гуминового препарата, мелафена и их совместного применения. Концентрация гуминового препарата составляла  $10^{-1}$  г/дм<sup>3</sup> и мелафена  $10^{-6}$  мг/дм<sup>3</sup>. Выбор такой концентрации обусловлен серией экспериментов, проведенных ранее [1, 2].

Исследование влияния данных препаратов на очистку модельной сточной воды проводилось от основных загрязнителей: синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), сульфаты, аммонийные соединения, нитраты.

В первом эксперименте в опытных образцах проводился процесс очистки стоков, загрязненных СПАВ [3].

Время эксперимента составляло 24 часа. ХПК исходной сточной воды в ходе эксперимента составляло  $2140 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , рН – 7,3, температура –  $25^\circ\text{C}$ .

Данные эксперимента показали, что применение препарата мелафен способствует более глубокой очистке по сравнению с контрольным опытом, начиная с 1 часа эксперимента в среднем на 18 %, в конце эксперимента опытный и контрольный пробы обеспечили очистку сточных вод на 91,7 %.

Применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  повышает степень очистки по сравнению с традиционной биологической очисткой с 3 часа эксперимента. К 5 часу эксперимента опытный образец обеспечивал степень очистки 96,7 %, а контрольный – 67 %.

Применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой.

Полученные данные показали, что наиболее эффективно для очистки сточной воды от СПАВ применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$ .

В следующем эксперименте в опытных образцах проводился процесс очистки стоков, загрязненных сульфатами [4].

Время эксперимента составляло 24 часа. Концентрация сульфатов исходной сточной воды в ходе эксперимента составляло  $74 \text{ мг/дм}^3$ , рН – 7,2, температура –  $24^\circ\text{C}$ .

Данные показали, что применение препарата мелафен не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой.

Использование гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  оказывает значительное влияние на степень очистки по сравнению с традиционной биологической очисткой, за 2 часа эксперимента значение концентрации сульфатов с  $74 \text{ мг/дм}^3$  снизилось до  $30 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как при традиционной биологической очистке значение сульфатов к этому времени составило  $50 \text{ мг/дм}^3$ , т. е. к 2 часу эксперимента опытный образец обеспечивал на 20 % более глубокую очистку, чем контрольный. В конце эксперимента опытный образец обеспечивал очистку сточной воды более чем на 95 %.

Применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой.

Полученные данные свидетельствуют, что применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  наиболее эффективно для очистки сточной воды от сульфатов.

В третьем эксперименте в опытных образцах проводился процесс очистки стоков, загрязненных аммонийными соединениями.

Время эксперимента составляло 24 часа. Концентрация аммонийных соединений в исходной сточной воды в ходе эксперимента составляло  $9,89 \text{ мг/дм}^3$ , рН – 6,9, температура –  $28^\circ\text{C}$ .

Данные эксперимента показали, что применение препарата мелафен повышает степень очистки по сравнению с контрольной пробой в течение эксперимента в среднем на 6 %. В конце эксперимента опытный образец обеспечивал очистку сточной воды более чем на 82,2 %.

Использование гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  не оказывало значительного влияния на степень очистки по сравнению с контрольной пробой, однако за 1

час эксперимента значение концентрации аммонийных ионов с  $9,89 \text{ мг/дм}^3$  снизилось до  $2,75 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как при традиционной биологической очистке значение сульфатов к этому времени составило  $5,51 \text{ мг/дм}^3$ .

Применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  увеличивает степень очистки по сравнению с традиционной биологической очисткой на 13. К 8 часу эксперимента опытный образец обеспечивал степень очистки 81,3 %, а контрольный – 63,9 %. В конце эксперимента контрольная и опытная системы обеспечивали очистку сточной воды более 80 %.

Полученные данные свидетельствуют, что применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  наиболее эффективно для очистки сточной воды от ионов аммония.

В четвертом эксперименте в опытных образцах проводился процесс очистки стоков, загрязненных нитратами.

Время эксперимента составляло 24 часа. Концентрация нитратов в исходной сточной воды в ходе эксперимента составляло  $133 \text{ мг/дм}^3$ , рН – 7,2, температура –  $27 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Результаты эксперимента обнаружили, что применение мелафена и гуминового препарата значительного влияния на процесс очистки сточных вод от нитратов не оказывает.

Применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  незначительно увеличивает степень очистки по сравнению с традиционной биологической очисткой в среднем на 4 %. В конце эксперимента опытная система обеспечивала очистку сточной воды более чем на 10 % по сравнению с контрольным образцом.

Как видно, полученные данные свидетельствуют о способности данных препаратов оказывать различное воздействие на процесс очистки модельной сточной воды в анаэробных условиях, что может быть использовано для интенсификации очистки сточных вод. Наиболее эффективным являлось применение гуминового препарата в концентрации  $10^{-1} \text{ г/дм}^3$  в сочетании с мелафеном в концентрации  $10^{-6} \text{ мг/дм}^3$  при очистке сточной воды от СПАВ, аммонийных ионов и нитратов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Хисамова А.И., Югина Н.А., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. "Анализ влияния гуминового препарата на рост микроорганизмов активного ила с целью интенсификации и оптимизации процесса биологической очистки сточных вод", Вестник Казанского технологического университета, Т. 15, № 10, 2012, С. 183-185.

2. Хисамова А.И., Югина Н.А., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. "Анализ влияния биологически активных веществ на рост анаэробных микроорганизмов активного ила", Вестник Казанского технологического университета, Т. 16, № 10, 2013, С. 201-203.

3. Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Михайлова Е.О., Шулаев М.В. "Исследование влияния биостимуляторов на процесс биологической очистки модельной сточной воды, загрязненной СПАВ", Вестник Казанского технологического университета, Т. 17, № 17, 2014, С. 121-123.

4. Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хабибрахманов В.З., Шулаев М.В. "Влияние биологически активных веществ на процесс очистки сточных вод, загрязненных сульфатами", Энергоресурсоэффективность и энергосбережение в Республике Татарстан: XV Медунар. симп., Казань, 1-3 апр., 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ  
ПРЕПАРАТОВ ПЕКТИНОВ И АГАРОВ

*Актуальность.* В настоящее время перед производителем стоит одна из многих проблем по обеспечению экологически чистым продуктом потребителя. Особое внимание уделяется контролю тяжелых металлов в продуктах растительного и животного происхождения. Включаясь во все типы миграций и биологический круговорот, они неизбежно приводят к загрязнению важнейших жизнеобеспечивающих природных сред (питьевой воды, воздуха) и пищевых продуктов [1, с. 536].

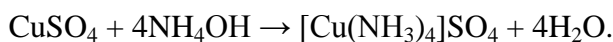
К числу тяжелых металлов, которые могут загрязнять пищевые продукты, относится медь. Связывание меди в реакции комплексообразования с гидроколлоидами лежит в основе профилактики возможных последствий ее попадания в организм человека [2, с. 304; 3, с. 120].

*Цель работы:* исследование детоксицирующих свойств гидроколлоидов различной природы по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$ .

Объектами исследования были выбраны:

1. Пектин «Классик АВ» Балтийская группа. Пектин Классик АВ 901 – низкоэтерифицированный пектин.
2. Агар-агар. Изготовитель: Kotanyi GmbH, A-2120, Волькерсдорф, Йоганн-Гиллер-Штрассе, 11, а/я 66, Австрия.

В основе определения комплексообразующей способности исследуемого вещества по отношению к меди лежит фотоколориметрическое определение последней в форме аммиаката меди, который имеет интенсивное синее окрашивание с максимумом поглощения при 600 нм и образуется при добавлении раствора аммиака к раствору, содержащему сульфат меди по реакции:



В работе использовались растворы гидроколлоидов следующих концентраций: пектин – 0,5 % и агар-агар – 0,25 %.

Для установления длины волны в пробирке смешивали 2 см<sup>3</sup> 1,0 %-го раствора сульфата меди, 1 см<sup>3</sup> 5 %-го водного раствора аммиака и 2 см<sup>3</sup> воды, затем на СФ измеряли интенсивность образовавшейся окраски при разных длинах волн с целью уточнения максимума поглощения. На основании полученных данных выбирали для работы длину волны, при которой оптическая плотность раствора максимальна. Оптическая плотность, измеренных на спектрофотометре при разных длинах волн, представлена в табл. 1.

Таблица 1 - Зависимость оптической плотности от длины волны

Длина волны	Оптическая плотность
380	0,128
415	0,038
500	0,248
530	0,484
600	0,795
630	0,760
720	0,416

Исходя из полученных данных, видим, что максимальная оптическая плотность раствора наблюдается при длине волны 600 нм. Значит, именно эту длину волны выбираем для дальнейшей работы.

Для построения калибровочной прямой, показывающей зависимость оптической плотности от концентрации раствора меди, из 1,0 %-го исходного раствора сульфата меди готовили растворы с меньшей концентрацией. Содержимое пробирок перемешивали и проводили реакцию образования аммиаката меди. Затем измеряли интенсивность образовавшейся окраски на СФ при выбранной длине волны. Данные для построения калибровочной прямой представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Данные для построения калибровочной кривой

№ пробирки	Концентрация CuSO <sub>4</sub> , мг/см <sup>3</sup>	Оптическая плотность
1	10	1,229
2	9	1,203
3	8	1,084
4	7	1,038
5	6	0,801
6	5	0,614
7	4	0,520
8	3	0,433
9	2	0,298
10	1	0,105

На рис. 1 представлена калибровочная кривая.

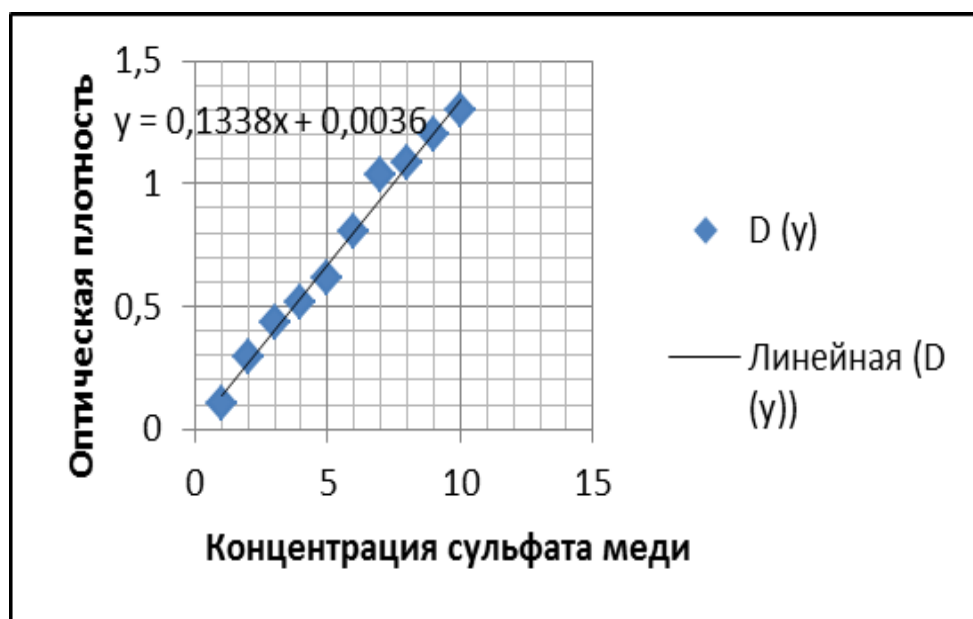


Рисунок 1 – Калибровочная кривая зависимости оптической плотности от концентрации раствора сульфата меди

Исходя из полученного уравнения линии тренда каждое последующее искомое значение количества свободной меди (X) вычисляется по уравнению:

$$X = (y - 0,0036) / 0,1338.$$

По калибровочной прямой находили концентрацию ионов меди в растворах, содержащих различное содержание пектинов и агаров. Измерения проводили с помощью спектрофотометра ЮНИКО 1201 при толщине слоя 1 см. Количество связанной меди находили по разности концентраций меди в водном растворе и в растворе, содержащем пектин и агары.

Комплексообразующая способность исследуемого пектина по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  представлена в табл. 3, а агар-агара – в табл. 4.

Таблица 3 - Комплексообразующая способность пектина «Классик АВ»

m (пектина), мг	$m_{\text{исх.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	Оптическая плотность	$m_{\text{своб.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	$m_{\text{связ.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	Комплексообразующая способность, мг $\text{Cu}^{2+}$ /г пектина
2,5	40	0,095	0,683	39,317	15728
5,0	40	0,110	0,795	39,205	7840
10,0	40	0,142	1,034	38,926	3897

При анализе результатов связывания ионов  $\text{Cu}^{2+}$  пектином очевиден четко прослеживаемый факт, что комплексообразующая способность зависит от концентрации пектина в растворе. Более разбавленные растворы значительно лучше связывают ионы  $\text{Cu}^{2+}$ . Так, если принять комплексообразующую способность пектина при содержании его 2,5 мг в пробе объемом 5,0 мл за 100 %, то увеличение содержания пектина до 5,0 мг снижает комплексообразующую способность на 50 %, до 10, 0 мг – на 75 %, до 15,0 мг – на 83,5 %.

Таблица 4 - Комплексообразующая способность агар-агара «Kotanyi GmbH»

m (агара), мг	$m_{\text{исх.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	Оптическая плотность	$m_{\text{своб.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	$m_{\text{связ.}}(\text{Cu}^{2+})$ мг	Комплексообразующая способность, мг $\text{Cu}^{2+}$ /г агара
1,25	40	0,060	0,422	39,572	31658
2,5	40	0,062	0,436	39,564	15826
5,0	40	0,068	0,481	39,519	7904

При рассмотрении комплексообразующей способности агар-агара наблюдаются те же закономерности, что и в случае с пектином. Наиболее высокая комплексообразующая способность по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  наблюдается при минимальном содержании агар-агара в объеме пробы: 1,25 мг в 5,0 мл пробы. С ростом количества агар-агара комплексообразующая способность снижается.

Комплексообразующие способности пектина и агар-агара практически не отличаются. И пектин, и агар-агар прекрасно связывают ионы токсичных элементов, в частности меди. Эта способность к детоксикации используется в практике профилактического питания для предупреждения интоксикаций соединениями тяжелых металлов.

*Выводы.* В ходе работы была определена комплексообразующая способность препарата пектина (пектин «Классик АВ») по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$ . Установлено, что растворы препаратов пектина практически одинаково способны связывать ионы  $\text{Cu}^{2+}$ . Показана зависимость комплексообразующей способности пектина от их концентрации в растворе. Более разбавленные растворы пектинов значительно лучше связывают ионы  $\text{Cu}^{2+}$ .

Определена комплексообразующая способность агар-агара «Kotanyi GmbH» по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$ . Показано, что наиболее высокая комплексообразующая способность по отношению к ионам  $\text{Cu}^{2+}$  наблюдается при минимальном содержании агар-



агара в объеме пробы: 1,25 мг в 5,0 мл пробы. С ростом количества агар-агара комплексообразующая способность снижается.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Справочник по гидроколлоидам / Г.О.Филлипс, П.А. Вильямс (ред.). Пер. с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006.
2. Пищевая химия: Лабораторный практикум. Пособие для вузов / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2006.
3. Пищевая химия / Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Под ред. А.П. Нечаева. – СПб.: ГИОРД, 2001.

УДК 504.4054.001.5

Н.А. Политаева, В.В. Слугин, Ю.А. Смятская, В.В. Прохоров  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ФУЛЛЕРЕНОВОЙ САЖИ НА СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области расположено много предприятий машиностроения, металлообработки, научно-производственных объединений, которые создают значительное количество сточных вод, содержащих в том числе и вредные для здоровья человека ионы металлов. Для извлечения ионов тяжелых металлов ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ) можно использовать сорбенты на основе природного биополимера хитозана [1], получаемого из панцирей ракообразных, насекомых, хитина грибов и других природных источников [2].

Хитозан обладает рядом уникальных свойств, к которым относятся высокая сорбционная способность по отношению к ионам тяжелых металлов, нефтепродуктам, а также полная биоразлагаемость. Вместе с тем, сравнительно высокая стоимость хитозана препятствует его промышленному использованию для очистки стоков. В ряде работ [3-5] предлагается применять хитозан в качестве связующего сорбента, а в качестве наполнителей использовать более дешевые материалы, в том числе различные отходы производств и сельского хозяйства.

Определенный научный интерес представляет, на наш взгляд, изучение применения в качестве добавок к сорбентам на основе хитозана такого вещества, как фуллереновая сажа. Фуллерены представляют собой плотную закрытую структуру в виде выпуклых замкнутых многогранников, которая содержит более 20 атомов углерода и состоит полностью из углеродных атомов с тремя связями. Фуллереновая сажа, в свою очередь, представляет собой отход электродугового испарения.

Целью данной работы является изучение сорбционных свойств и физико-механических характеристик сорбционных материалов на основе хитозана с добавлением фуллереновой сажи. В качестве объектов исследования использовались следующие образцы (табл. 1.)

Для получения сорбентов №1 40 г хитозана растворяли в 960 г 3%-ной уксусной кислоты в течение 4-5 часов. Затем полученную гелеподобную смесь вливали по капельно с помощью дозатора в 5% раствор едкого натрия (NaOH). Сформированные гранулы выдерживали в течение часа в растворе щелочи (NaOH) и затем промывали дистиллированной водой до значений pH 7,0 -7,5.

Для получения сорбентов №2 в полученную смесь хитозана и уксусной кислоты, описанную выше для образца №1, вводили добавку фуллереновой сажи в количестве 1% по

массе. Смесь тщательно перемешивали и вливали по капельно в 5% раствор едкого натрия (NaOH). Затем образцы №1 и №2 высушивались при нормальных условиях. Образцы №3 и №4 были получены аналогичным образом, но подвергались лиофильной сушке.

Таблица 1 - Исследуемые образцы

	Состав	Сушка
Образец №1	хитозан	нормальные условия
Образец №2	хитозан-фуллерен	нормальные условия
Образец №3	хитозан	лиофильная
Образец №4	хитозан-фуллерен	лиофильная

Леофильную сушку проводили при следующих условиях: замораживание при  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , лиофилизация при  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  и давлении 1,6 Па в течении 48 часов с помощью установки Labconco FreeZone 74000 Series.

Для анализа сорбционных свойств полученные гранулы в количестве 20 г/л добавляли в модельные растворы, содержащие ионы железа ( $\text{Fe}^{3+}$ ) с начальной концентрацией- 30 мг/л и проводили процесс сорбции в течении 60 мин в статических условиях. Затем модельные растворы отфильтровывали и анализировали остаточное содержание ионов железа спектрофотометрическим методом согласно ПНД Ф 14.1:2.4.50-96 (Табл.2).

Таблица 2 - Зависимость сорбционных и механических свойств от способа приготовления гранул

Состав гранул	С нач, мг/л	С кон, мг/л	Э, %	Истираемость, %
Образец №1	30	6,34	78	0,2
Образец №2	30	4,87	83	0,2
Образец №3	30	9,25	69	0,2
Образец №4	30	5,0	83	0,1

Анализ результатов показывает, что лиофильная сушка значительно не улучшила сорбционные свойства образцов. Кроме того, механические свойства сорбентов, такие как истираемость значительно снизились, при этом для проведения процесса лиофилизации требуется использование дорогостоящего оборудования и затраты электроэнергии. Поэтому в дальнейшем исследовались только образцы №1 и №2.

Для определения размеров пор в гранулах сорбентов проводились исследования адсорбции по метиленовому голубому и йодопоглощения. Адсорбция метиленового голубого дает представления о поверхности сорбционного материала, образованной порами с диаметрами более 1,5 нм, а по йодопоглощению можно судить о количестве пор с диаметром менее 1,0 нм.

Из табл. 3 видно, что количество пор с размером более 1,5 нм во всех исследуемых образцах практически одинакова, а количество пор в образцах менее 1,0 нм больше всего в образце №1. По результатам исследования можно предположить, что все образцы будут высоко селективны к ионам металлов с ионным радиусом до 1,0 нм.

Результаты проведенных нами исследований показывают, что применение фуллереновой сажи в качестве добавки к сорбентам на основе хитозана позволяет получать материалы с высокой сорбционной емкостью. При этом использование леофильной сушки оказывается неоправданным по сравнению с обычной сушкой при нормальных условиях.

Таблица 3 - Характеристики сорбционных образцов

Вид сорбента	Адсорбционная активность по метиленовому голубому, мг/г	Йодопоглощение, %
Образец № 1	349,83	21,59
Образец № 2	348,42	18,41

Исследования проводились в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме проекта: «Разработка и внедрение инновационных биотехнологий переработки микроводорослей *Chlorella sorokiniana* и *ряски Lemna minor*» (СОГЛАШЕНИЕ № 14.587.21.0038). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58717X0038.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Горовой, Л.Ф. Сорбционные свойства хитина и его производных / Л.Ф. Горовой, В.Н. Косяков – М.: Наука, 2002. – С. 217-246.
2. Хитин и хитозан. Получение, свойства и применение / К.Г. Скрябин, Г.А. Вихорев, В.П. Варламова. – М: Наука, 2002.
3. Тарановская, Е.А. Технология получения и использования гранулированных сорбентов на основе хитозана / Тарановская Е.А., Собгайда Н.А., Маркина Д.В. // Химическое и нефтегазовое машиностроение. - 2016. - № 5. - С. 42-44.
4. Собгайда, Н.А. Влияние модифицирования шелухи пшеницы на ее сорбционные свойства к ионам  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  / Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, Ю.А. Макарова // Известия высших учебных заведений. Сер. Химия и химическая технология. - 2010. - Т 53, № 11. - С. 36-40.
5. Быкова В.М. Некоторые аспекты использования хитина и хитозана в качестве флокулянтов / В.М. Быкова, Е.А. Ежова, С.В. Немцев // Аграрная Россия. – 2004. – №5. – С. 30-31.

УДК 57.033

Ю.А. Смятская, Н.А. Политаева, Е.В. Трухина, Ф.В. Овчинников  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА СКОРОСТЬ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA

*Актуальность.* Водоросли являются наиболее древней группой растений. Они прошли длительный эволюционный путь, приспособившись к различным сменявшимся условиям на Земле. Распространенные по всему земному шару, в самых разнообразных местообитаниях, они играют огромную роль в жизни природы и человека. В связи с этим водоросли являются перспективными объектами для проведения разноплановых научных исследований в области физиологии, биохимии, биофизики, генетики, космической биологии и т.д.

Зеленые водоросли, к которым относится *Chlorella* одно из самых необычных низших растений, которое произрастает на Земле. Именно эта группа водорослей дала начало высшим растениям.

Биомасса микроводорослей находит широкое применение в качестве: биотоплива, корма для животных и производство фармацевтических продуктов и пищевых добавок, а также в качестве биосорбента [1]. Промышленное выращивание микроводорослей, может охватить целый круг глобальных проблем [2].

Для культивирования биомассы *Chlorella* необходимы определенные условия: питательная среда, наличие углекислого газа, температура и свет. При этих условиях

биомасса *Chlorella* увеличивается в 4 раза в течение 96 часов [3]. Соблюдения всех условий, позволит культивировать *Chlorella* в стандартном режиме. Для ускорения процесса необходимо воздействие физических факторов. Согласно литературным источникам и патентному обзору для ускорения прироста биомассы используют различные физические факторы, такие как: электростатическое поле [4], ультразвук [5], инфракрасное излучения, ультрафиолетовое излучение [5], лазерное излучение [5, 6], фотолюминисценция.

Наиболее биостимулирующий эффект на рост микроводорослей оказывает фактор – освещенность. Оптимальная освещенность *Chlorella* находится в пределах  $(0,7 \dots 20) \cdot 10^3$  Лк, порог светового насыщения –  $(1 \dots 90) \cdot 10^3$  Лк [7]. Кванты УФ-излучения обладают большей энергией по сравнению с квантами красного и инфракрасного диапазонов и способны, в отличие от последних, вызывать определенные нарушения. Подобранный определенный диапазон излучения, можно сохранить состояние клетки в неизменном виде и стимулировать ее рост и деление.

Ультрафиолетового излучения в трёх спектральных участках существенно различны, поэтому выделяют, как наиболее важные, следующие диапазоны [8]:

- Ближний ультрафиолет, УФ-А лучи (UVA, 315—400 нм)
- УФ-В лучи (UVB, 280—315 нм)
- Дальний ультрафиолет, УФ-С лучи (UVC, 100—280 нм)

*Цели и задачи работы.* Целью данной работы является изучение влияния УФ-излучения на рост биомассы микроводорослей *Chlorella* и подбор оптимальных условий воздействия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

-подобрать оптимальные условия для ускорения процесса культивации микроводоросли

*Результаты.* Были проведены исследования прироста биомассы *Chlorella* трех образцов с различным временным воздействием УФ-излучения (рис.1). Образец №1 подвергался воздействию УФ-излучения в течении 60 минут, образец №2 – 180 минут, образец №3 - 360 минут.

Для этого суспензию в растворе питательной среды поместили в цилиндр объемом 500 мл. Начальная оптическая плотность составила 0,200, при длине волны 740 нм. В течении всего периода культивирования проводилась подача воздуха, суспензия перемешивалась в режиме 15 минут перемешивания и 120 минут покоя со скоростью 500 об/мин. Подача воздуха (аэрация) осуществлялась с помощью барботирующего устройства с расходом 1,5 л/мин. В состав воздуха входит кислород 21%, 78% азота и 0,7% благородных газов и 0,3 % углекислого газа, ускоряющие процессы прироста биомассы.

Освещение осуществлялось лампами дневного света  $2\ 500 \pm 300$  Лк. Воздействие инфракрасного излучения поддерживалось с помощью лампы напряжением 220В, мощность 250 Вт. Суммарная освещенность лампами дневного света и ИК-облучением составляет  $13\ 600 \pm 500$  Лк. Инфракрасное облучение воспринимается организмами как тепло и регулирует окислительные процессы в клетке.

Воздействие УФ-излучения поддерживалось с помощью излучателя – 2 дуговые ртутные лампы ДРБ8-1 (длина волны излучения (сред.) – 254нм). На биомассу *Chlorella* воздействие производилось кратковременно в течении 60 минут, 180 минут и 360 минут на расстоянии 40 см.

Температура раствора суспензии поддерживается до величины  $28 \pm 2$  °С за счет теплового воздействия инфракрасной лампы. Культивирование проводилось в режиме день/ночь, 12 часов режима «день» осуществляется воздействие всех вышеописанных факторов, в режиме «ночь», осуществляется подача воздуха (аэрация) осуществлялась с помощью барботирующего устройства с расходом 1,5 л/мин.

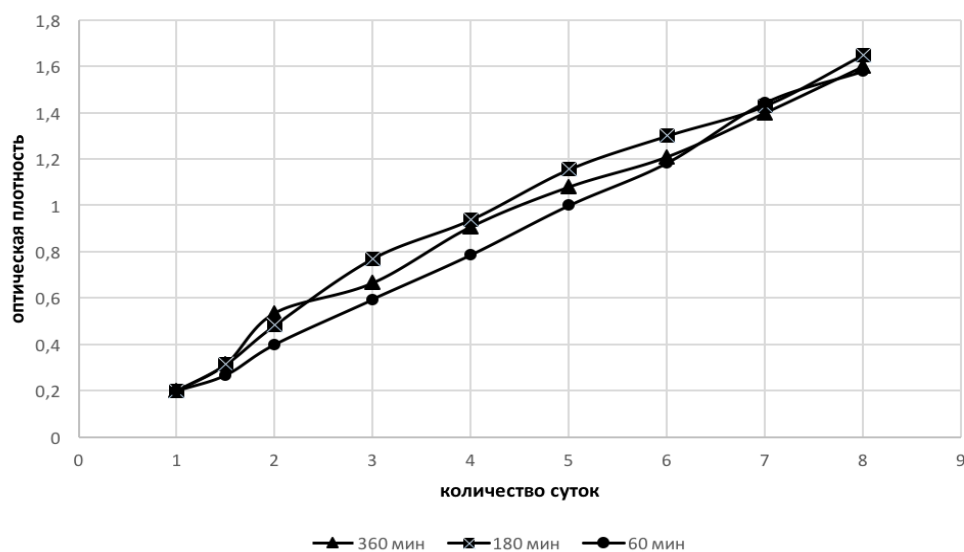


Рисунок 1 - Прирост биомассы *Chlorella*, с различным временным воздействием УФ-излучения

Из рисунка 1 видно, что максимальный прирост биомассы в течении 8 суток до оптической плотности 1,630 наблюдается для образца №2.

**Выводы.** Таким образом, оптимальное время воздействия на биомассу ультрафиолетовым излучением 180 минут. Подобранный диапазон воздействия УФ-излучения (254нм.), позволяет сохранить состояние клетки и стимулирует ее рост и деление.

Исследования проводились в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме проекта: «Разработка и внедрение инновационных биотехнологий переработки микроводорослей *Chlorella sorokiniana* и ряски *Lemna minor*» (СОГЛАШЕНИЕ № 14.587.21.0038). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58717X0038.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Spolaore, P. Commercial applications of microalgae / Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. //Journal of Bioscience and Bioengineering 101. - 2006. - p. 87–96.
2. Farrelly D.J., Carbon sequestration and the role of biological carbon mitigation: A review. / Farrelly D.J., Everard C.D., Fagan C.C., McDonnell K.P. //RenewSustainEnergyRev 21. - 2013. - p. 712–727.
3. ЭНЕРГОТЕХНОПРОМ [Электронный ресурс]: [сайт]. - Россия, 2016– Режим доступа: <http://biovet-service.ru> (17.09.2017).
4. Суховский А.А. Стимулирование прироста микроводорослей хлореллы электростатическим полем: автореф.дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук/ к.т.н. Ярославская гос. с\х академия, Москва, 2015
5. Осипова Е.А. Эффекты кратковременного действия низкоинтенсивного лазерного и ультрафиолетового излучения на эмбрионы *DAPHNIA MAGNA* /Осипова Е.А., Крылов В.В., Юсупов В.И., Симонова Н.Б.//Журнал сибирского федерального университета. Серия: БИОЛОГИЯ. – 2011. – том 4. - с. 301-309.
6. Гаврилов А.Г. Механизмы повреждающего действия лазерного излучения на клетки хлореллы/, Гаврилов А.Г., Пискунова Н.Ф., Рубин Л.Б. // Квантовая электроника. - 1977, том 4, №4. - С. 758-762.
7. Нагаров С.А. Исследование условий культивирования микроводоросли хлорелла в трубчатом фотобиореакторе/ Нагаров С.А., Мещерякова Ю.В. // Вестник ТГТУ. - 2015, Том 21, No 4. - С. 657.

8. PREZI [Электронный ресурс]: [сайт]. - США, 2017– Режим доступа: <https://prezi.com/jiwah8nyzvuc/presentation/> (11.10.2017).

УДК 502.37

Ю.А. Смятская, Е.В. Трухина, Ф.В. Овчинников  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ВЫРАЩИВАНИЕ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ ТИПА РЯСКА LEMNA MINOR В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Актуальность.* Ряска малая (лат. *Lemna minor*) — многолетнее водное растение, вид рода Ряска (*Lemna*) подсемейства Рясковые семейства Ароидные, или Аронниковые (*Araceae*).

Ряска в процессе фотосинтеза выделяет большое количество кислорода и является хорошим очистителем водоёмов. Особенно хорошо ряска справляется с загрязнением водоёмов отходами животноводства, либо очень быстро увеличивает свою биомассу в богатой органикой воде [1].

Ряска находит широкое применение в качестве добавки на корм скоту, в аквариумистике используется для притенения других растений, боящихся яркого света, а также выращивается на корм рыбам. Находит применение в народной медицине, обладает сильным противовоспалительным и слабым обезболивающим действием. Поскольку рясковые могут накапливать токсичные тяжелые металлы, эти растения предлагается использовать для очистки промышленных вод [2-5].

*Цели и задачи работы.* Целью нашей работы явилось подбор питательной среды для выращивания ряски *Lemna minor* в лабораторных условиях для последующего выделения из биомассы ряски питательных веществ.

*Результаты.* Образцы ряски *Lemna minor* были выловлены в открытых водоёмах Санкт-Петербурга. Забор образцов растений осуществляли металлическими ситами с прибрежной зоны водоёмов и переносили в контейнерах. В лаборатории образцы были промыты проточной водопроводной водой и помещены на чашки Петри (рис.1). Были подготовлены 3 образца и каждую чашку было помещено 20 листец.:

- образец № 1- помещен в питательную среду,
- образец № 2- помещен в водопроводную воду,
- образец № 3- помещен в питательную среду с добавкой мочевины.

Состав питательной среды, используемый для опыта приведен в таблице № 1.

Через 5 дней, у образцов наблюдалось истощение, о чем свидетельствует выросшие корни (рис. 2). Наилучшим образцом и увеличения количества листецов наблюдалось у образца №1.



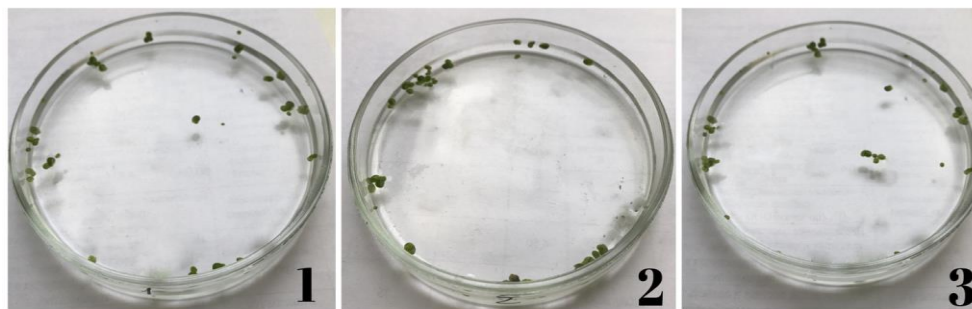


Рисунок 1 - Образцы ряски *Lemna minor* в разных средах день 1: 1- питательная среда, 2 – водопроводная вода, 3 – питательная среду с добавлением мочевины

Таблица 1 - Состав питательной среды

Наименование вещества	Концентрация, мг/л
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	100
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	10
CoSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	100
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	500
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ·WF	50
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	100
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	4,000
Na <sub>2</sub> EDTA·2H <sub>2</sub> O	6,000
KNO <sub>3</sub>	3,03
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0,32
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	2,4



Рисунок 2 - Образцы ряски *Lemna minor* в разных средах день 5: 1- питательная среда, 2 – водопроводная вода, 3 – питательная среду с добавлением мочевины

**Выводы.** Таким образом, оптимальное условия для выращивания ряски *Lemna minor* в лабораторных условиях является питательная среда.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Жмылев П.Ю. Семейство рясковые/ Жмылев П.Ю., Кривохарченко И.С., Щербаков А.В. // Биологическая флора Московской области; Вып. 10 / Под ред. В. Н. Павлова, В. Н. Тихомирова. — М.: Изд-во МГУ; изд-во «Аргус», 1995.
2. Ломагин А.Г. Новый тест на загрязненность воды при использовании ряски *Lemna minor* L./ Ломагин А.Г., Ульянова Л.В.//Новый тест на загрязненность воды при использовании ряски *Lemna minor* L. // Физиология растений. 1993. - Т. 40. № 2. С. 327-328.
3. Малюга Н.Г. Биоиндикация загрязнения воды тяжелыми металлами с помощью представителей семейства Рясковых -*Lemnaceae*/ Малюга Н.Г., Цаценко Л.В., Аветянц Л.Х.

Биоиндикация загрязнения воды тяжелыми металлами с помощью представителей семейства Рясковых -Lemnaceae. // Экологические проблемы Кубани. – Краснодар, 1996. С. 153-155

4. Wang W. Literature review on duckweed toxicity testing // Environ Res, 1990. - V. 52. № 1. P. 7-11.

5. Цаценко Л.В. Чувствительность различных тестов на загрязнение воды тяжелыми металлами и пестицидами с использованием ряски малой *Lemna minor* L./ Цаценко Л.В., Малюга Н.Г. Чувствительность различных тестов на загрязнение воды тяжелыми металлами и пестицидами с использованием ряски малой *Lemna minor* L. // Экология, 1998. № 5. С. 407-409.

УДК 577.115

Н.Р. Гайдучик, П.А. Крылова, А.Р. Поздняков, Т.А. Кузнецова  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## ВЛИЯНИЕ ИНФРАКРАСНОГО, УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И АЭРАЦИИ НА КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA

*Актуальность.* На сегодняшний день большую популярность в мире стали завоевывать альтернативные источники энергии, среди которых в первую очередь стоит выделить биогаз – смесь метана и углекислого газа. Его преимуществом являются относительно низкие материальные и территориальные затраты, легкопополняющаяся сырьевая база, а также отсутствие вреда для экологии. В качестве источника биогаза предлагается использовать микроводоросль *Chlorella*, культивирование которой является практически безотходным процессом. Большая часть биомассы водоросли идет на получение полезных веществ (липиды, каротиноиды, пектиновые вещества), остаточная биомасса – на изготовление сорбентов для очистки воды, а отработанный сорбент вместе с органическими отходами сбрасывается в биореакторах для получения биогаза.

*Цель работы:* определить оптимальные условия для культивирования микроводоросли *Chlorella* при воздействии различных физических факторов (ИК-, УФ-излучение, лампа дневного света, аэрация).

*Объект исследования:* микроводоросль *Chlorella* (рис. 1).

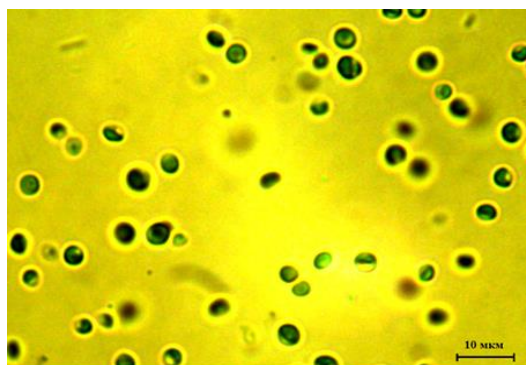


Рисунок 1 - Микроскопическая картина популяций клеток *Chlorella*

*Методы исследования:* Рост популяции оценивали по оптической плотности суспензии хлореллы, с помощью спектрофотометра UNICO 1208, при длине волны 750 нм.

В качестве источников физического воздействия использовались: лампа инфракрасного излучения (ИК), напряжением 220 В, мощность 250 Вт; лампы дневного света (ЛДС); лампа ультрафиолетового (УФ) облучения (с длиной волны 380 нм) в течение 3 ч.; гелий-неоновый лазер.



**Результаты. Влияние инфракрасного излучения.** ИК излучение воспринимается как тепло. Оно способно изменять скорость протекания физико-химических реакций в клетках, а это отражается на росте, развитии, размножении живых организмов – согласно правилу Вант-Гоффа, скорость реакций увеличивается в 2-3 раза при повышении температуры на 10°C, а по достижении оптимальной – начинает уменьшаться [1].

**Сравнение показателей роста популяций коккоидных водорослей в анаэробных условиях при разном освещении.** Проводилось прерывное культивирование в течение 27 дней в анаэробных условиях без перемешивания. Интенсивность ИК освещения 3659 лк, температура воздуха 25-32 °С. Контрольный образец находился под ЛДС интенсивностью 684 лк и температурой 19-22°C. Опыт показал, что ИК освещение ускоряет метаболизм и клеточный цикл – заметен более интенсивный рост оптической плотности в сравнении с контрольным образцом (рис. 2 А). Но при культивировании наблюдалось повышение щёлочности среды, что негативно сказывается на состоянии клеток.

**Влияние сочетания ИК излучения и аэрации.** Две пробы находились под воздействием ИК лампы интенсивностью освещения 2640 лк и температурой воздуха 25-30 °С. При аэрации (барботировании воздухом) наблюдается снижение интенсивности нарастания щёлочности. Контрольный образец находился под ЛДС интенсивностью 2770 лк и температурой воздуха 19-22 °С. В результате исследований по оптической плотности суспензий было показано, что аэрация и перемешивание оказывают положительное воздействие на рост биомассы микроводоросли (рис. 2 Б).

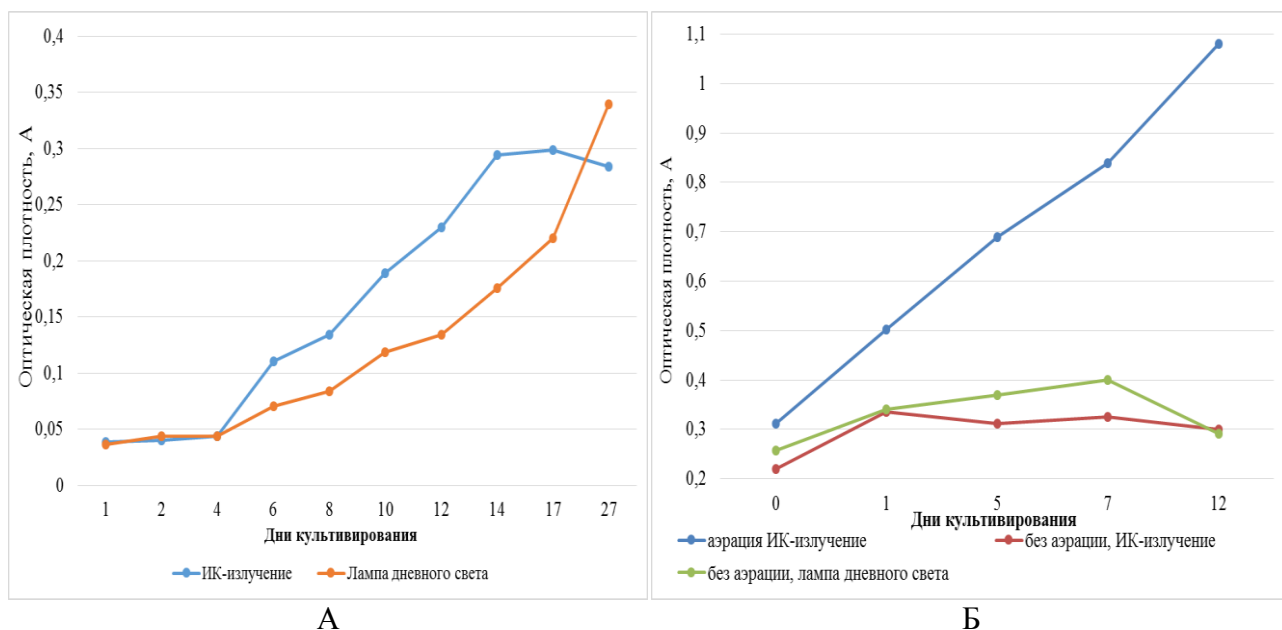


Рисунок 2 – Динамика изменения оптической плотности (при длине волны 750 нм) при периодическом культивировании *Chlorella* в разных условиях: А – влияние ИК-излучения и лампы дневного света без аэрации на рост популяции; Б – влияние аэрации и ее отсутствия на рост популяции

**Влияние ультрафиолетового излучения.** Для анализа влияния ультрафиолетового излучения использовалась люминесцентная лампа, генерирующая длину волн 280-380 нм, с максимальным пиком излучения 310-320 нм.

Особенностью ультрафиолетового излучения является его химическая активность. Для растительной клетки мы в первую очередь говорим о реакции фотосинтеза. – лучи данного спектра поглощаются молекулой хлорофилла, возбуждая её и запуская процесс, конечными

продуктами которого становятся  $O_2$  и трехуглеродный сахар [2]. Влияние УФ можно определить, как "двойное". При культивировании *Chlorella* УФ выступает в качестве лимитирующего фактора, ограничивая процесс развития и роста микроальги (приводит к инактивации ферментов, рН перестает существенно возрастать) [3]. После устранения действия лучей данного спектра, через 4-5 дней можно наблюдать медленное восстановление популяции (рис. 3).

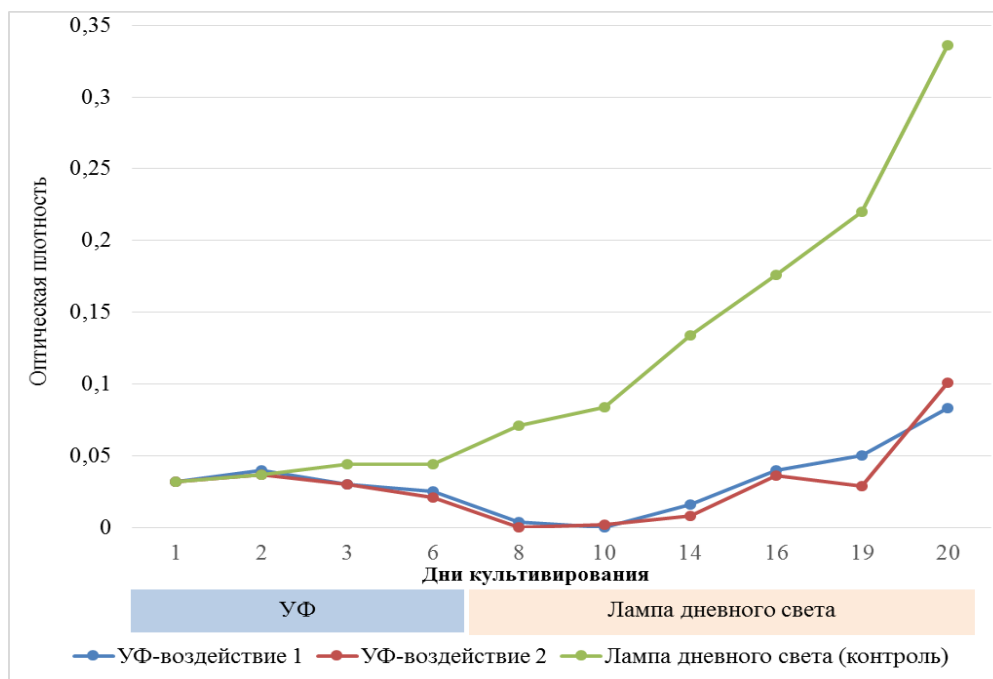


Рисунок 3 – Динамика изменения оптической плотности (при длине волны 750 нм) при периодическом культивировании *Chlorella* при ультрафиолетовом воздействии

**Вывод.** В результате проделанной работы было выявлено, что положительное влияние на прирост биомассы оказывает ИК-воздействию, оно так же ускоряет метаболизм и клеточный цикл, перемешивание и аэрация также дают положительный эффект и ускоряют рост биомассы. УФ-излучение в используемых нами параметрах не дает положительного результата.

Исследования проводились в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» по теме проекта: «Разработка и внедрение инновационных биотехнологий переработки микроводорослей *Chlorella sorokiniana* и ряски *Lemna minor*» (СОГЛАШЕНИЕ № 14.587.21.0038). Уникальный идентификатор проекта RFMEFI58717X0038.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дерибере М. Практические применения инфракрасных лучей, пер. с франц / М. Дерибере. – М.: Государственное Энергетическое издательство, 1959 – 443 с.
2. Мейер, А. Ультрафиолетовое излучение / А. Мейер, Э. Зейтц. – М.: Наука, 1982. – 63 с.
3. Самойлова К.А. Действие ультрафиолетовой радиации на клетку / К.А. Самойлова // Ленинград: Интерстиль, 1997. – 106 с.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛИ CHLORELLA  
В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Актуальность.* Культивирование микроводорослей производится для многих целей: для получения биотоплива, ценных компонентов, очистки воды и др. За рубежом данное направление быстро развивается и широко используется.

Испанские ученые нашли один из видов микроводорослей, которые способны гораздо быстрее размножаться, чем другие биологические собратья при определенном освещении. Микроводоросли растут в пластиковом цилиндре диаметром в 70 см и длиной в 3 м. Водоросли размножаются делением. Они делятся каждые 12 часов, и постепенно вода в цилиндре превращается в зеленую плотную массу. Один раз в день содержимое цилиндра подвергается центрифугированию. Остаток представляет собой практически стопроцентное биотопливо. Насыщенная жирами часть этой массы преобразуется в биодизель, а углеводороды — в этанол [1]. Крупная энергетическая компания Японии TokyoGasCo предлагала использовать проект по строительству завода, на котором из морских водорослей будут получать электричество. Для работы газовых генераторов на станции будет использоваться метан, выделяемый из мелко изрубленных водорослей. Экспериментальная модель завода с газовым электрогенератором, которая уже работает в лаборатории несколько лет, позволяет в день уничтожать до 1 тонны водорослей. При этом вырабатывается около 9,8 киловатт электроэнергии. Эта пилотная установка позволяет получать около 20-30 м<sup>3</sup> метана в месяц — этого объема достаточно, чтобы ровно на половину сократить месячный расход на электричество средней семьи [2].

Компании «Shell» и «HR Biopetroleum» представляла проект по установлению на Гавайских островах завода по получению растительного масла из микроводорослей и его дальнейшей переработке в биотопливо. Авиационная промышленность также заявила о начале разработок по использованию морских водорослей, в качестве сырья для производства авиационного топлива. Компания «Боинг» сообщила, что альтернативой биодизелю, произведенному из морских водорослей, в будущем может стать производство авиационного биотоплива [3].

В России, не смотря на богатые природные энергоресурсы, данное направление также активно развивается, так Тамбовскими учеными подобраны условия культивации *Chlorellavulgaris* большим содержанием липидов для дальнейшего использования в качестве биотоплива [4].

*Цели и задачи работы.* Целью данной работы явилось изучение климатических условий культивирования биомассы микроводорослей *C.Sorokiniana*.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

-изучить климатические условия Северо-Западного региона, в частности г. Санкт-Петербург для культивирования микроводорослей *C.Sorokiniana*.

-провести исследования культивирования микроводорослей в лабораторных и в естественных условиях.

*Результаты.* Основные регионы для культивирования микроводорослей — это более теплые климатические зоны. Нами была исследована возможность культивирования микроводорослей на территории северной столицы России Санкт Петербург. Анализ

минимальных температур в течение года позволяет определить подходящее время для культивирования *C. sorokiniana* в естественных условиях. В июне, июле, августе вероятные минимальные температуры в среднем превышают 10°C (рис. 1).

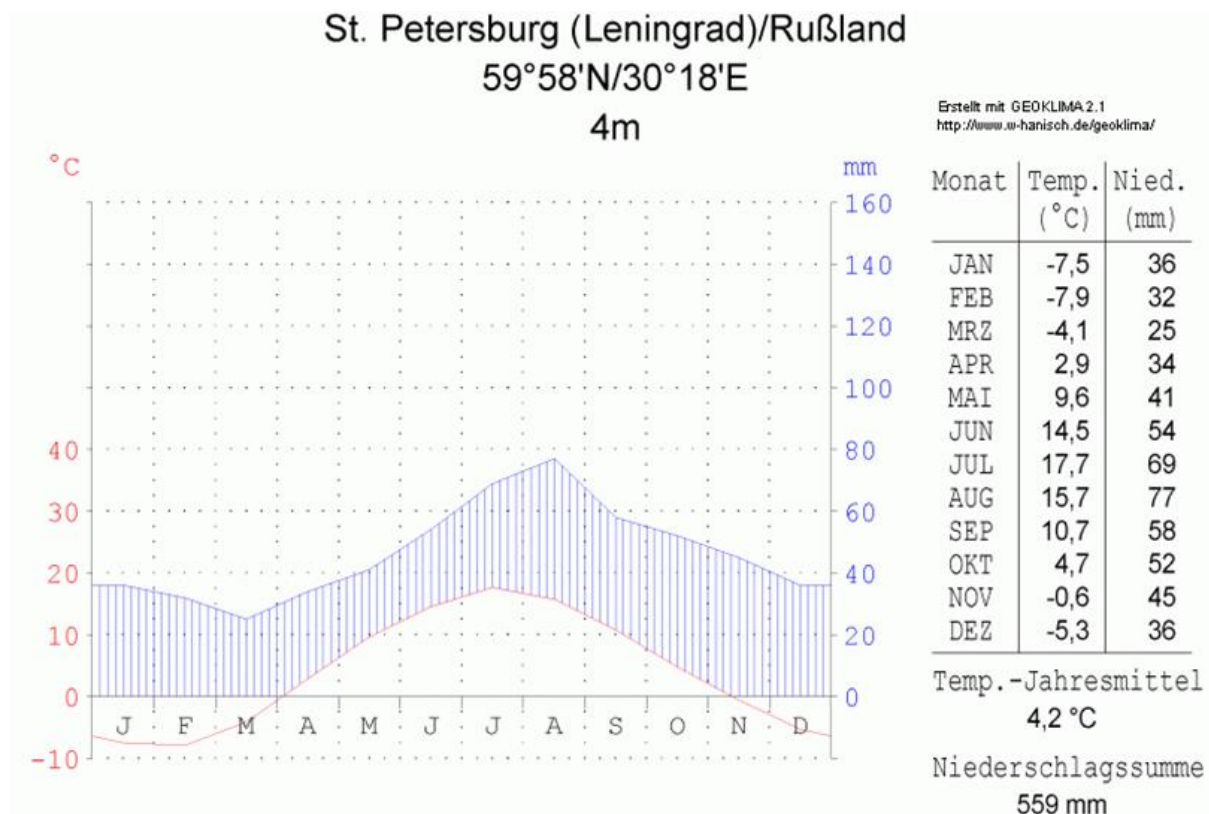


Рисунок 1 - Динамика максимальных и минимальных температур воздуха в течение года в Санкт-Петербурге (Россия)

Культивирование проводили с 12 по 27 июня 2017 года при естественном освещении, температуре, без аэрации, перемешивание один раз в сутки.

Контроль – популяция *C. sorokiniana*, выращенная в лабораторных условиях при постоянной оптимальной температуре 19-23°C и освещении лампой дневной света (2600 люкс). В лабораторных условиях культивирование проводили в двух вариантах:

1 – при периодическом перемешивании магнитной мешалкой MS-20 A (15 минут за 2 ч.) и постоянной аэрации воздухом с помощью барботирующего устройства Xilong AP-003 (5Вт, 2x2,5л/мин); 2 – при перемешивании 1 раз в сутки, без аэрации. Культивирование проводилось в режиме день/ночь.

В естественных условиях в период культивирования разброс температур в течение суток в среднем составил  $7,44 \pm 0,65$  °C, что может быть лимитирующим фактором. Максимальные температуры колебались от 15 до 23°C. Интенсивность освещения достигала 4000 люкс в солнечные дни, в пасмурные – 2000. Солнечный промежуток составлял до 5 часов. Средняя освещенность в дневное время составляла 3000-3500 люкс. Такое сочетание факторов окружающей среды может стать стрессовым для популяции *C. sorokiniana*.

Начальная оптическая плотность водорослей в питательной среде составляла 0,30-0,35 ( $1,4-2,4 \times 10^6$  клеток/мл). Интенсивный рост наблюдался в образцах уже на 1-е сутки культивирования (рис. 2). После 16 дней культивирования увеличение числа клеток под влиянием естественных условий без аэрации происходит в два раза, аналогичные темпы роста наблюдаются в лабораторных условиях (в варианте без аэрации и перемешивания).

Интенсивное барботирование воздухом суспензии *C. sorokiniana* позволяет интенсифицировать процессы ассимиляции  $\text{CO}_2$ , что способствует интенсификации обменных процессов и размножения клеток хлореллы, что отражено на графике культивирования (рис. 2, вариант 1).

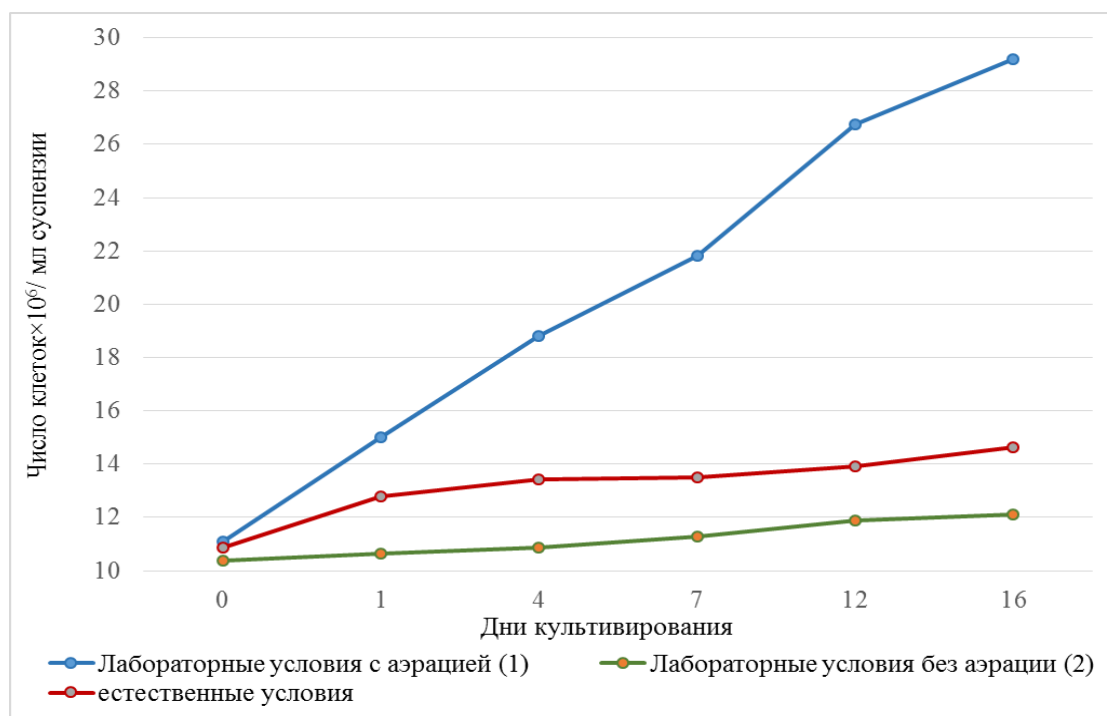


Рисунок 2 - Динамика изменения числа клеток *C. sorokiniana* при периодическом культивировании

Таким образом, природные условия июня-июля 2017 в СПб не оказывают радикального негативного воздействия на рост числа клеток в популяции. Однако необходимо интенсифицировать рост популяции за счет перемешивания и аэрации. Периодическое перемешивание и аэрация позволили в лабораторных условиях интенсифицировать рост популяции. За 16 дней культивирования число клеток в мл суспензии возросло в 3,6 раз. Следовательно, возможно обеспечит дешевое сырье для получения биотоплива в Северном регионе используя его климатический потенциал.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хлорелла в биотопливе <https://hlorella.jimdo.com/главная/хлорелла-в-биотопливе> (дата обращения 30.08.2017).
2. Fariza K. Sarsekeyeva<sup>1</sup>, Aizhan A. Usserbaeva, Bolatkhan K. Zayadan, Kirill S. Mironov, Roman A. Sidorov, Anna Yu. Kozlova, Elena V. Kupriyanova, Maria A. Sinetova, Dmitry A. Los./ Isolation and Characterization of a New Cyanobacterial Strain with a Unique Fatty Acid Composition// *Advances in Microbiology*. - Vol.4 No.15, November 2014.
3. Технология BIOTEC <http://www.bio-tec.ch/ru/a26-tehnologiya-BIOTEC.html> (дата обращения 15.08.2017).
4. Технология получения липидов из микроводорослей [Электронный ресурс]: монография / Д. С. Дворецкий, С. И. Дворецкий, М. С. Темнов [и др.]. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования: ПК не ниже класса PentiumII; CD-ROM-диск; 45,4 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана. ISBN 978-5-8265-1507-5.

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ РЯСКИ *LEMNA MINOR* И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЁ ОСНОВНЫХ  
МАКРОКОМПОНЕНТОВ

*Актуальность.* В настоящий момент биотехнология широко применяется в разных областях науки, таких как экология, биоинженерия, биохимия, нутрициология, медицина. В XXI веке появилась необходимость развития биотехнологического направления в рамках получения чистой воды. В качестве такого природного фильтра мы предлагаем использовать ряску. Она быстро разрастается и поглощает большие количества азота и фосфатов. Она превращает грязную воду в техническую и даже питьевую.

Ещё одной областью применения биотехнологии является получение белков, углеводов, минеральных веществ и витаминов для использования их в пищевой промышленности, а также в медицинских целях. Продуцентом данных веществ может служить ряска, многолетнее растение, встречающееся в пресной воде во всех странах Европы.

*Цель* – культивирование ряски *Lemna minor*

*Задачи* 1. Установить количественное отношение компонентов, входящих в состав ряски. 2. Провести зависимость влияния температуры и количества солнечного света на рост растения.

*Объект исследования.* Ряска - (от греч. «*Lemna*») 1. болото, озеро 2. название одного из растений у греков [1] - род цветковых однодольных растений семейства Ароидные. В течение теплого периода года растение размножается вегетативно, с помощью молодых листочков, отделяющихся от материнского растения. Зимует ряска в виде почек, опускающихся на дно вместе с отмершими растениями [2]. Ряска расселяется в стоячих и медленно текущих водах, в солёных водах не обитает. Для насекомых и рыб ее свившиеся листочки — тенистый свод, что укрывает их от солнца. Из этой же зелени они строят себе жилища.

Ряску используют и в пищевых целях. Так, в голландском местечке Баарло вот уже пару лет разводят ряску на потребу гурманам. Возможно, в ближайшем будущем ряска пополнит меню вегетарианцев и любителей экзотики. Со временем же она может отправиться в большое космическое путешествие. Ведь даже перед покорителями Марса встанут вопросы: «Чем питаться во время столь долгого путешествия? Что заменит животные протеины?» [3]

*Эксперимент 1.1 Культивация.* *Lemna minor* из исходной культуры перемещалась в культивационный танк (емкость), содержащую питательную среду Хогланда объемом 4,8 л. начиная с 20-40 листочков. Температура и значение pH среды непрерывно измерялись и устанавливались на 21–23°C и 6.7–7.2 соответственно. Интенсивность света (освещенность) составляла 314,5  $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$  и обеспечивалась с помощью флуоресцентных ламп с периодом освещенности 16 часов. Количество листочков ряски подсчитывалось через день. Новообразованные колонии ряски *Lemna minor* собирались и подвергались леофильной сушке с помощью Christ Alpha 1-2 LD plus Freeze Dryer. Полученная биомасса с содержанием сухого вещества около 1,8-2,1% измельчалась и основные макрокомпоненты, такие как протеины, липиды и сахара подвергались дальнейшему анализу.

*1.2 Определение содержания протеинов.* Содержание протеинов в *Lemna minor* определялось методом Брэдфорда, который основан на фотометрическом определении протеинов в присутствии реагента Coomassie Brilliant Blue G-250 (0,01 % Coomassie Brilliant Blue G-250, 4,7 %  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , 8,5 %  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Для разрушения клеток ряски, 50 мг

леофилизированного порошка *Lemna minor* смешивалось с 10 мл раствора 0,5 М NaOH с помощью высокоскоростного гомогенизатора (IKA® Werke, T25 Basic) при частоте 21500 об/мин в течение 5 минут. Далее 0,1 мл. суспензии смешивалось с 5 мл. индикатора Brilliant Blue G-250 и инкубировалось при комнатной температуре в течение 5 минут. После этого полученный раствор разбавлялся дистиллированной водой до 50 мл, и проводилось фотометрическое измерение на длине волны 595 нм. Для каждого образца эксперимент повторялся три раза.

**1.3 Определение содержания липидов.** Для определения общего содержания липидов использовался гравиметрический метод с последующей горячей экстракцией по Рэнделлу. В связи со сложностью процесса экстракции, примерно 1 г порошка из 5 г, полученных леофильной сушкой смешивался с 30 мл абсолютно чистого этанола (этилового спирта) ( $\geq 99.8\%$ ) с помощью высокоскоростного гомогенизатора. Суспензия биомассы в дальнейшем смешивалась с 200 мл.  $C_2H_5OH$  и  $C_6H_{14}$  в соотношении 9:1. Процесс экстракции производился дважды для каждого образца в течение двух часов с помощью Behr Extraction Apparatus E 4. Остаточная биомасса высушивалась при температуре  $55\text{ }^{\circ}C$  в течение 24 часов, охлаждалась и взвешивалась. Общее содержание липидов измерялась как разность массы до и после процесса экстракции. Каждый образец исследовался дважды.

**1.4 Определение содержания сахаридов.** Процедура определения сахаридов выполнялась в соответствии с методикой, предложенной Dubois. 50 мг леофилизированного порошка *Lemna minor* разбавлялось 10 мл дистиллированной воды с помощью высокоскоростного гомогенизатора. Полученная суспензия фильтровалась через фильтр с размером пор 0,45 мкм. Далее образец объемом 1 мл. смешивался с 1 мл 5% раствора фенола и 5 мл  $H_2SO_{4\text{конц}}$ . Полученный раствор одновременно перемешивался и выдерживался при температуре  $30\text{ }^{\circ}C$  в течение 30 минут. Затем полученный раствор разбавлялся до 50 мл дистиллированной водой и измерялся фотометрическим методом на длинах волн 480 и 490 нм для кислых и нейтральных сахаридов.

Таблица 1 - Освещённость исследуемых областей

	Минимальная освещённость днём, (lux)	Максимальная освещённость, (lux)
Область I	405	1570
Область II	1350	90000



Рисунок 1 - Средняя температура днём



2. *Рост ряски в естественных условиях.* Эксперимент начинался с 100-140 листочков в каждой выращиваемой области. Изначально для исследования были определены 2 области на водоёмах Санкт-Петербурга. Скорость роста ряски определялась двумя компонентами: количеством дневного света (Табл. 1) и температурой (Рис. 1). Они определялись естественным путём.

Результаты. 1. Содержание протеина: 25,9 – 32,6 %, кислотных сахаридов: 27,1 – 29,8%, нейтральных сахаридов: 19,4 – 23,9 % , липидов: 6,7 – 8,5 %.

2. Спустя месяц было зафиксировано, что в области II в 2 раза больше листочков, чем в области I. *Lemna minor* росла заметно быстрее при освещённости 70000 - 90000 lux и при температуре выше 20 °С. Данные условия являются оптимальными для роста ряски.

*Выводы:* В ходе проделанной работы было выявлено, что ряска болотная практически сопоставима со злаковыми культурами по своей пищевой ценности. Она очень богата белком, в высушенном виде его количество достигает 32,6%, а это в 5 раз больше, чем в картофеле. Помимо этого, протеин из ряски содержит важные для организма аминокислоты, при этом их количественное соотношение в ряске больше, чем в рисе и кукурузе. Кроме того, в ней есть сахар, крахмал и липиды. При таких преимущественных характеристиках, также необходимо заметить, что рост ряски намного выше, чем всех злаковых культур. Она не прихотлива к погодным условиям, что соответственно приводит к постоянному размножению и росту растения, поэтому её можно использовать для очистки воды.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Кузенева О. И. Флора СССР: в 30 т.— М., Л.: АН СССР, 1935
2. Задорожная Л. А. Разведение рыбы, раков и домашней водоплавающей птицы — М.: АСТ, 2011 – 380 с.
3. Волков А. Хлеб внуков наших // Знание-сила : ежемесячный научно-популярный и научно-художественный журнал— М., 2002 .— №7 .— С. 72-76

УДК 57.043

В.О. Попова, Т.А. Кузнецова, Ю.А. Смятская  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКА НА ПОПУЛЯЦИЮ *CHLORELLA SOROKINIANA*

*Введение.* Вопрос ультразвуковой интеграции занимает важное место в развитии науки. Ультразвуковая интеграция клеток получила широкое применение в биотехнологии, биохимии и вирусологических исследованиях для выделения отдельных веществ и фрагментов клеток и в других областях науки [1, с. 8].

Биологическое действие ультразвука – процесс разрушения растительных и животных клеток, некоторых биологически важных веществ (аминокислоты, белки), а также воздействие ультразвука на организм в целом [2, с. 3].

Воздействие ультразвука на хлореллу и другие виды водорослей связано с действием кавитационных пузырьков и явлением кавитации в общем.

Кавитация – явление разрыва капельной жидкости под действием растягивающих напряжений, которые возникают при разрежении в исследуемой точке жидкости [3, с. 5]. При разрыве капельной жидкости образуются кавитационные пузырьки, которые всегда входят в состав структуры микроорганизмов.

Благодаря широкому диапазону воздействия ультразвуковой волны на различные участки клеточной структуры (а в частности, на кавитационные пузырьки), они схлопываются, разрушая при этом структуру водорослей и клеточных органелл в целом.



*Цели и задачи:* описать влияние ультразвукового воздействия на клетки *Chlorella sorokiniana*.

*Методы исследования:*

1) исследование роста популяции *Chlorella sorokiniana* проводили спектрофотометрически при длине волны 750 нм, против дистиллированной воды;

2) микрофотографии прижизненных препаратов делали с помощью светового микроскопа МИКМЕД-5, камеры IS-500 и компьютерной программы MS-Foto, обработку фотографий, измерения проводили с помощью компьютерной программы Levenhuk.

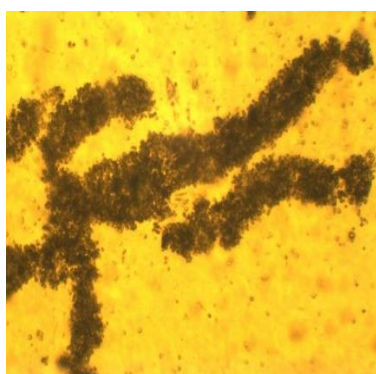
3) выявление мертвых клеток проводили окрашиванием прижизненных препаратов метиленовым синим.

*Постановка эксперимента.* Воздействие ультразвука проводили на популяцию хлореллы ежедневно в течение 4-х дней, продолжительность воздействия – 1, 5, 10 мин. Первоначальная оптическая плотность – 0,22, объем суспензии – 250 мл. Культивирование хлореллы проводили при освещении лампой дневного света без барботирования.

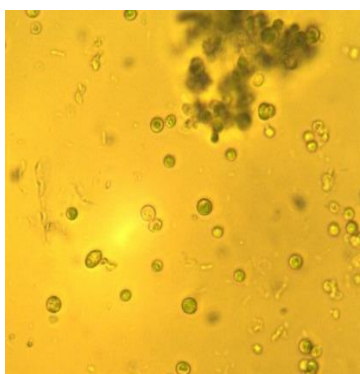
Ультразвуковое воздействие осуществлялось ультразвуковой установкой УЗУ-0,25 (35 кГц).

*Результаты.* Даже кратковременное ультразвуковое воздействие негативно влияет на жизнедеятельность популяции *C. sorokiniana*. Ответная реакция существенно отличается в зависимости от продолжительности воздействия.

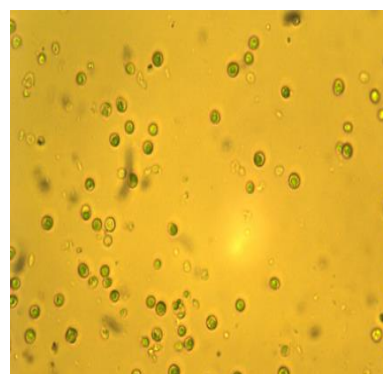
При воздействии в течение 1 минуты происходит агглютинация клеток, форма скоплений клеток повторяет распространение ультразвуковой волны. При воздействии в течение 5 минут агглютинация существенно снижается, агрегаты «разбиваются», в препаратах доминируют одиночные клетки. При 10-минутном ультразвуковом воздействии агглютинация еще более снижается (рис. 1).



1 минута (×160)



5 минут (×640)



10 минут (×640)

Рисунок 1 - Микроскопическая картина популяции *C. sorokiniana* при ультразвуковом воздействии

Массовая агглютинация и осаждение клеток хлореллы при ультразвуковом воздействии в течение 1 минуты приводит к снижению оптической плотности суспензии.

При 10 минутном воздействии происходит разрушение не только агглютинирующих скоплений клеток, но и большинства клеток популяции, что сопровождается снижением интенсивности роста популяции.

При 5-минутном воздействии рост популяции продолжается после первого воздействия, после второго воздействия происходит уменьшение оптической плотности (рис. 2).

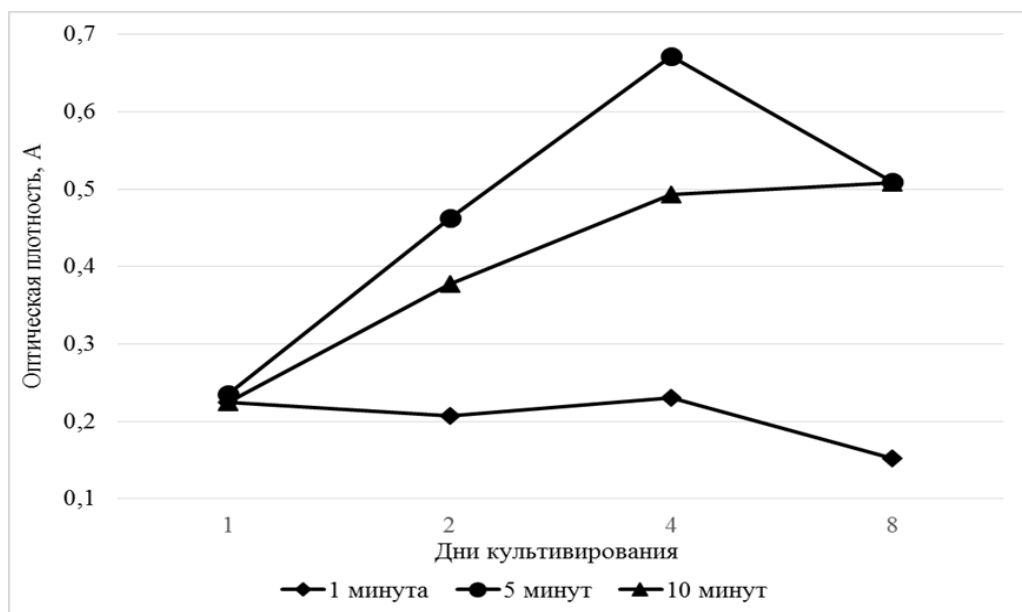
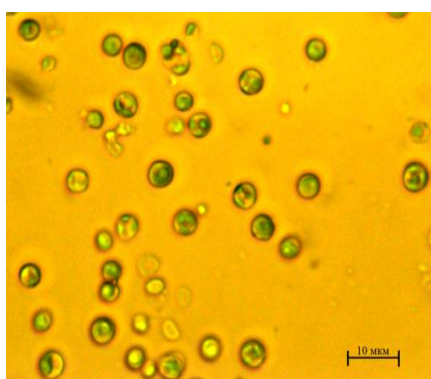


Рисунок 2 - Динамика изменения оптической плотности клеток *C. sorokiniana* при периодическом культивировании (ультразвуковое воздействие)

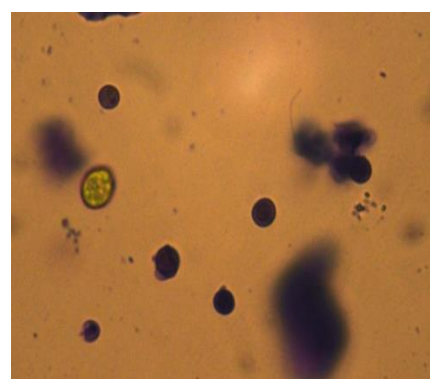
При ультразвуковом воздействии негативное влияние приводит к увеличению доли мертвых клеток и клеток с инактивированными ферментами. При действии в течение 1 минуты неокрашенными остаются единичные крупные клетки хлореллы (рис. 3). Явное стрессовое влияние позволяет выявить ответные защитные реакции на стресс.

Для определения формы клеток определяли коэффициент удлиненности клеток хлореллы, для этого определяли длинную и короткую ось проекции клетки, делили одну на другую. Удлиненные клетки имеют больший коэффициент удлиненности, для округлых клеток коэффициент удлиненности приближается к единице.

На микроскопических препаратах обнаружено отхождение протопласта от клеточной стенки, увеличение размера вакуолей (рис. 3 А).



А. Неокрашенные препараты



Б. Окрашенные метиленовым синим

Рисунок 3 - Микроскопическая картина клеток *C. sorokiniana* подвергшихся ультразвуковому воздействию (1 мин)

Форма клеток хлореллы при ультразвуковом воздействии (в течение 5-10 минут) становится достоверно более округлой (рис. 4), что расценивается как ответная реакция на стресс.

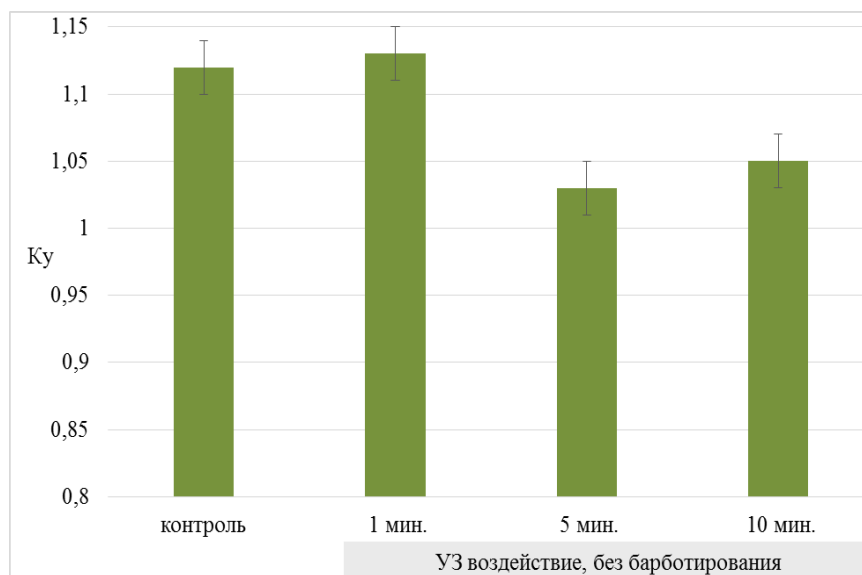


Рисунок 4 - Характеристика формы клеток *C. sorokiniana* при ультразвуковом воздействии

Вывод. Таким образом, можно сказать, что ультразвуковое оказывает негативное влияние на популяцию клеток хлореллы, форма клеток становится более округлой, протопласт отходит от клеточной стенки, размер вакуолей увеличивается. При действии ультразвука (35 кГц) в течение 1-5 минут вызывает гибель почти всех клеток, что можно использовать при определении содержания веществ в клетках хлореллы.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Верещагин А.Л., Хмелёва А.Н. Влияние ультразвукового облучения и регуляторов роста на ризогенную активность растительных объектов / А.Л. Верещагин, А.Н. Хмелёва. – Барнаул: изд. Алтайского государственного технического университета имени И.И. Ползунова. – 2010. – 73 с.
2. Диденко Ю.Т., Чекласова Н.М., Захарков С.П., Лобанов А.А. Кинетика ультразвукового разрушения клеток водорослей / Ю.Т. Диденко, Н.М. Чекласова, С.П. Захарков, А.А. Лобанов. – Владивосток: изд. Дальневосточный научный центр Академии наук СССР, 1984. - 22 с.
3. Рождественский В.В. Кавитация / В.В. Рождественский. – Л.: Изд. «Судостроение», 1977. – 247 с.

УДК 661.152

М.О. Лебедева, Н.А. Политаева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

### ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ КОМПСТИРОВАНИЯ

Поколениями человечество крайне халатно относилось к вопросу утилизации отходов. Итогом стало то, что природа попросту перестала справляться с переработкой возрастающих с каждым годом объемов мусора, производимых человеческим сообществом.

На сегодняшний день разработано множество способов утилизации отходов [1], которые помогают существенно снизить нагрузку на окружающую среду, а некоторые [2] даже позволяют получить ценные продукты, например, компост.

Компостирование бытовых отходов применяется человечеством очень давно, получение компоста происходит при обезвреживании органоминеральной смеси за счет активной ферментации [3].

Процесс компостирования зависит от множества параметров: аэрации, температуры, содержания влаги в компосте, уровня рН, технологии компостирования и состава смеси. Однако, главенствующая роль в этом процессе принадлежит аэробным микроорганизмам, их функциональной активности. Поэтому крайне важно исследовать их детоксикационное влияние на исходную органоминеральную смесь до получения конечного продукта – зрелого компоста. Это станет важным шагом на пути решения проблемы вторичного использования сырья, а применение данных технологий будет способствовать улучшению экологической обстановки в крупных населенных пунктах [2].

Целью данной работы являлось изучение динамики аэробных процессов, осуществляемых микроорганизмами, при созревании органоминерального сырья из пищевых отходов в процессе компостирования.

Следовало изучить, каким образом изменяются физико-химические параметры компоста с течением времени, исследовать в динамике микробиологический состав компоста, определить функциональную активность и численность аэробных микроорганизмов, которые являются ключевыми в данном процессе, а также установить токсичность компоста по изменению оптической плотности культуры водоросли *Scenedesmus quadricauda* [4].

В результате исследования изменений параметров температуры, рН, а также и определения полевой влажности с течением времени, было показано, что условия в экспериментальном бурте компостирования соответствуют оптимальным условиям для жизнедеятельности аэробных микроорганизмов, которым принадлежит ведущая роль в процессах ферментации и детоксикации исходной органоминеральной смеси.

Исследование токсичности вытяжки исходной органоминеральной смеси и компоста разных сроков созревания на культуре одноклеточных водорослей *Scenedesmus quadricauda* показало, что свежая органоминеральная смесь оказывает слабое токсическое влияние на водоросли. Разбавление этой вытяжки в 10 раз полностью снимает токсичность, поскольку разница контролируемого показателя оптической плотности с контрольным значением составила 15 %. Вытяжки из компоста разных сроков созревания – до 12,5 недель – были нетоксичны для водорослей.

По данным определения биологической активности органоминеральной смеси и компоста ТБО разной степени зрелости, характеризующейся пиком образования углекислоты в первые три месяца, можно сделать заключение о том, что активная фаза компостирования протекает именно в этот период времени. Далее происходит стабилизация микробиологической активности и далее по истечении года процессы ферментации завершаются.

Микробиологические исследования методом посева на мясопептонный агар (рис. 1 а, б) показали, что качественный состав микрофлоры свежей органоминеральной смеси за период созревания компост претерпевает значительные изменения.

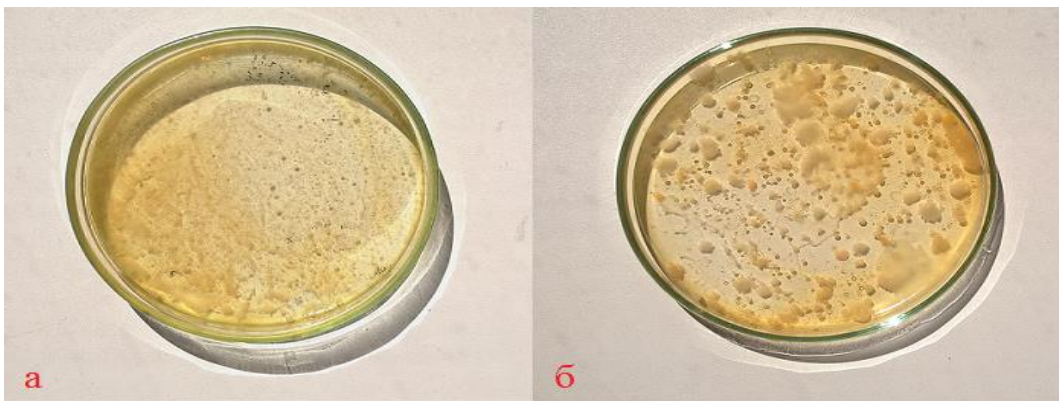


Рисунок 1 - Фотографии колоний, выросших в чашках Петри для образцов:  
а – свежей ОМС, б – компоста ТБО годовой зрелости

Также установлено, что количество бактерий, отвечающих за разложение органической части компоста при ферментации, постепенно снижается (рис. 2), и показывает динамику, аналогичную выделению компостом углекислого газа (рис. 3).

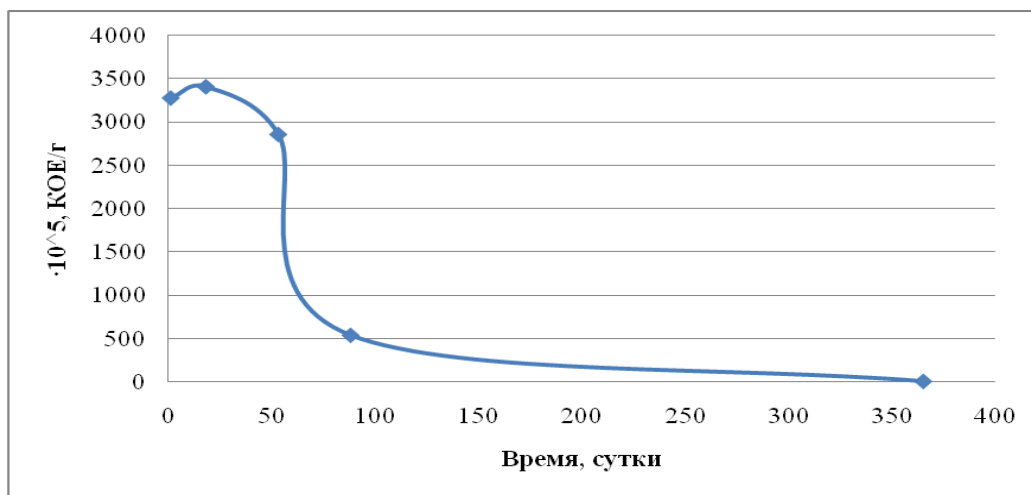


Рисунок 2 – Зависимость количества бактерий, выросших на МПА от времени созревания компоста

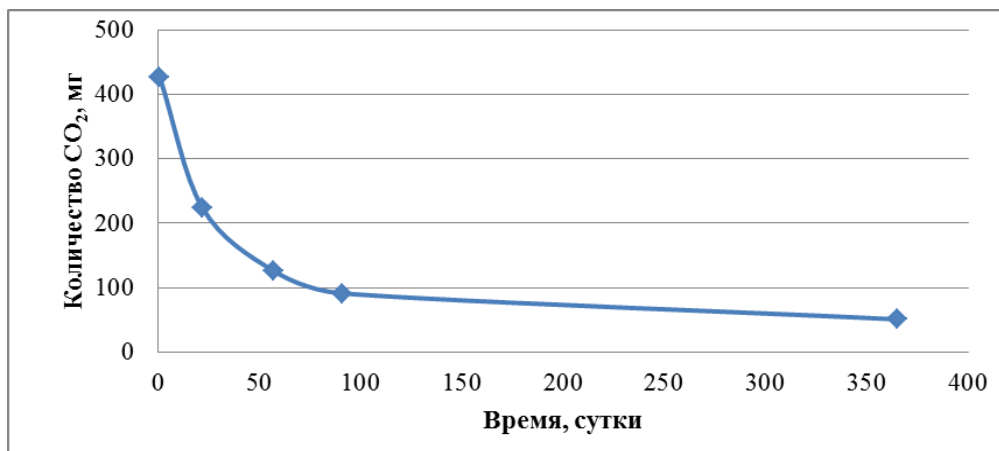


Рисунок 3 – Динамика изменения количества выделяемого CO<sub>2</sub>

В целом, было установлено, что органоминеральная смесь, используемая для производства компоста, исходно является токсичной, однако, с течением времени, за счет аэробной ферментации, токсичность утрачивается. Это свидетельствует о том, что исследуемый компост (зрелостью 1 год) может быть использован как рекультивационный материал на объектах, удаленных от активной жизнедеятельности человека, например, при озеленении откосов автомагистралей.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Шубов Л.Я., Ставронский М.Е., Шехирев Д.В. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе): Учебник. – ГОУВПО «МГУС». – М., 2006.
2. Штриплинг Л.О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учебное пособие / Л. О. Штриплинг, Ф. П. Туренко. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 192 с.
3. Санитарная очистка и уборка населенных мест: справочник / А. Н. Мирный, Н. Ф. Абрамов, Д. Н. Беньямовский и др.; ред. А. Н. Мирный. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 413 с.
4. ГОСТ Р 54496-2011 Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. – Введ. с 01.01.13. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 58 с.

## Секция «Молекулярные и клеточные основы функционирования биосистем»

УДК 577.21

А.В. Чиринскайте, М.Е. Велижанина, А.В.Сергеева, В.А.Синюкова, А.А. Шенфельд  
Санкт-Петербургский государственный университет

### STXBP1 – КАНДИДАТ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АМИЛОИДЫ МОЗГА КРЫСЫ *RATTUS NORVEGICUS*

Амилоиды представляют собой упорядоченные белковые фибриллы, в которых бета-складчатые листы формируются за счет образования межмолекулярных водородных связей. Они обладают рядом специфических свойств: устойчивы к воздействию ионных детергентов при комнатной температуре, окрашиваются Конго Красным и тиофлавинами Т и S.

Амилоиды являются предметом исследований ученых во всем мире уже несколько десятилетий. Активно их стали изучать вследствие того, что они вызывают различные нейродегенеративные заболевания животных и человека: болезнь Альцгеймера (пептид А $\beta$ ), болезнь Паркинсона (альфа-синуклеин) и другие. На заре изучения амилоидов их считали лишь патологическими формами белков, однако в последнее время находят все больше белков, функционирующих именно в амилоидной конформации – их назвали функциональными амилоидами [1]. Несмотря на высокий интерес как к патологическим, так и к функциональным амилоидам, до недавнего времени не существовало универсального метода поиска и идентификации амилоидных белков различных организмов.

В нашей лаборатории был разработан и успешно апробирован метод идентификации еще не охарактеризованных патологических и функциональных амилоидов PSIA-HPLC-MALDI, основанный на общем свойстве амилоидов - устойчивости к обработке ионными детергентами и включающий в себя этап хроматографического разделения пептидов на фракции в зависимости от их гидрофобности с последующей масс-спектрометрией [2].

С помощью PSIA-HPLC-MALDI мы провели скрининг белков мозга крысы *Rattus norvegicus*, в результате которого идентифицировали потенциальный функциональный амилоид мозга крысы - синтаксин-связывающий белок STXBP1 (Syntaxin-binding protein 1). Это цитоплазматический белок, продуцирующийся в спинном и головном мозге, содержание его высоко в аксонах. Белок имеет много гомологов в различных организмах, в том числе и у человека, и является жизненно-важным. STXBP1 может существовать в двух изоформах первая состоит из 594 аминокислот и имеет массу 67,6 кДа, вторая (Munc18-1b) состоит из 603 аминокислоты и имеет массу 68,7 кДа [3]. STXBP1 входит в комплекс белков, обеспечивающих слияние мембран при экзоцитозе, и является участником процесса секреции нейромедиаторов. У мышей, нокаутных по данному гену, полностью прекращается выброс нейромедиаторов, и, несмотря на то, что нейроны полностью формируются, они подвергаются апоптозу, происходит обширная нейродегенерация, и мыши умирают при рождении [4]. Некоторые миссенс мутации, приводящие к аминокислотным заменам, могут приводить к ранней младенческой эпилептической энцефалопатии (Early infantile epileptic encephalopathy with suppression-burst, EIEE), также известной, как синдром Охтахаара [5].

Целью данной работы являлась проверка амилоидных свойств белка STXBP1.

Для достижения данной цели нами были поставлены следующие задачи: биоинформатический анализ аминокислотной последовательности белка STXBP1, проверка способности исследуемого белка формировать детергент-устойчивые агрегаты в мозге крысы, а также анализ способности белка формировать амилоидные фибриллы в бактериальной системе C-DAG.



Для проверки наличия высокомолекулярных агрегатов белка STXBP1 в мозге крысы мы выделяли тотальный белок из мозга. Затем белки фракционировали с помощью ультрацентрифугирования на осадочную и надосадочную фракции. С помощью электрофореза в полиакриламидном геле мы проверили наличие белка STXBP1 в полученных фракциях белков мозга крысы (рис. 1А). Белок STXBP1 присутствовал как в осадочной, так и в надосадочной фракциях. Для проверки наличия детергент-устойчивых агрегатов в мозге крысы мы изучили осадочную фракцию белков с помощью электрофореза в агарозном геле в полуденатурирующих условиях (SDD-AGE) (рис. 1Б). Мономеры STXBP1 присутствуют как в полностью денатурированной (кипяченой) пробе, так и в частично денатурированной пробе (обработанной детергентом при комнатной температуре), тогда как олигомеры белка мы видим только в частично денатурированной пробе.

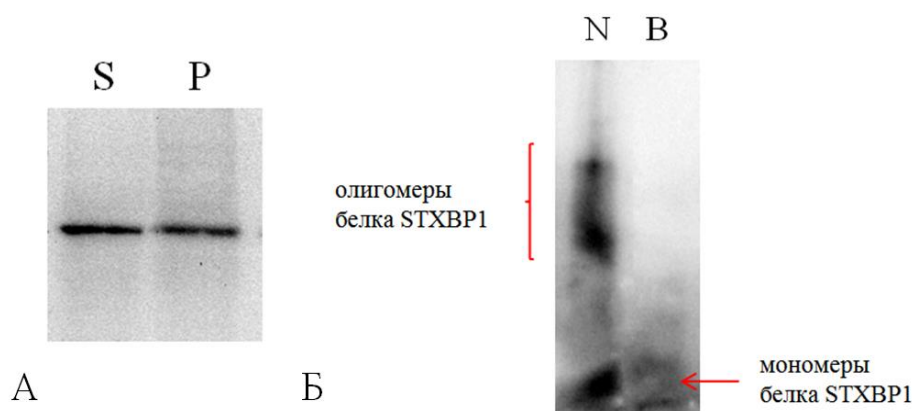


Рисунок 1 - Белок STXBP1 образует детергент-устойчивые агрегаты в мозге крысы *Rattus norvegicus*.

А - результаты денатурирующего электрофореза в полиакриламидном геле. S – надосадочная фракция, P – осадочная фракция. Б – результаты электрофореза в агарозном геле в полуденатурирующих условиях. N – проба, обработанная детергентами при комнатной температуре.

В – кипяченая проба. Результаты вестерн-блот гибридизации белков мозга крысы с антителами, специфичными к STXBP1

Для выявления потенциально амилоидогенных участков белка STXBP1 мы использовали программу ArchCandy [6]. В результате мы обнаружили несколько амилоидогенных последовательностей на участке с 264 по 573 аминокислоту. В работе мы использовали фрагмент белка STXBP1 с 252 по 594 аминокислоту, включающий выявленные амилоидогенные участки.

После подтверждения наличия агрегатов в мозге крысы, мы решили проверить способность белка STXBP1(252-594) формировать амилоидные фибриллы в системе C-DAG [7]. Это бактериальная система, основанная на естественной системе синтеза амилоидного компонента биопленок – белка CsgA, у бактерии *E.coli*. Изучаемый амилоидогенный белок, слитый с сигнальной последовательностью CsgAss, экспортируется во внеклеточное пространство, где образует амилоидные фибриллы.

Для проверки наличия амилоидных фибрилл белка CsgAss-STXBP1(252-594) на поверхности бактерий мы выращивали их на среде, содержащей Конго Красный. Из-за связывания амилоидами на поверхности клетки с Конго Красным, колонии бактерий при микроскопии в поляризованном свете демонстрировали яблочно-зеленую окраску за счет двойного лучепреломления (рис. 2А, Б). Трансмиссионная электронная микроскопия позволила увидеть внеклеточные фибриллы белка CsgAss-STXBP1(252-594) (рис. 3).



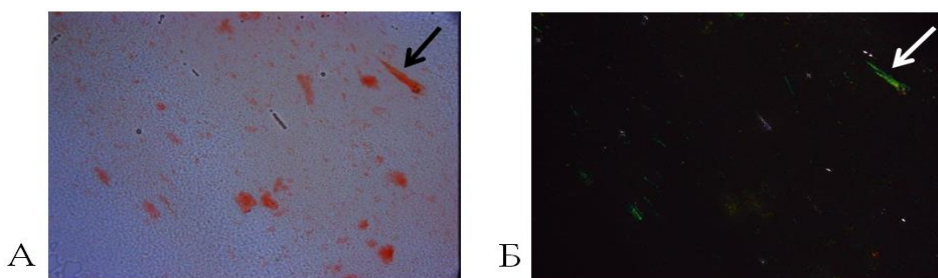


Рисунок 2 - Белок STXBp1(252-594) демонстрирует яблочно-зеленую окраску при поляризационной микроскопии за счет двойного лучепреломления. А – проходящий свет, Б – поляризационная микроскопия

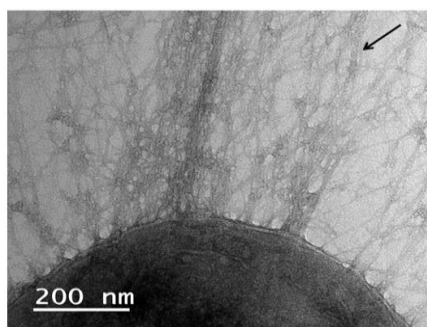


Рисунок 3 - Белок STXBp1(252-594) образует амилоидные фибриллы

Таким образом, с помощью SDD-AGE мы доказали способность белка STXBp1 формировать детергент-устойчивые агрегаты в мозге крысы *Rattus norvegicus*, продемонстрировали, что его фрагмент образует амилоидные фибриллы в бактериальной системе C-DAG. Эти результаты дают основания полагать, что STXBp1 – это кандидат на роль функционального амилоида в мозге крысы *Rattus norvegicus*.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 14-50-00069. Использовалась приборная база ресурсных центров «ЦКП ХРОМАС» и «МиКТ» научного парка СПбГУ.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Knowles, T.P.J., Vendruscolo, M., and Dobson, C.M. The amyloid state and its association with protein misfolding diseases // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2014, V15, N6, P384–396.
2. Antonets, K.S., Volkov, K. V., Maltseva, A.L., Arshakian, L.M., Galkin, A.P., and Nizhnikov, A.A. Proteomic analysis of *Escherichia coli* protein fractions resistant to solubilization by ionic detergents // *Biochem.*, 2016, V81, N1, P34–46.
3. Garcia, E.P., McPherson, P.S., Chilcote, T.J., Takei, K., and De Camilli, P. rbSec1A and B colocalize with syntaxin 1 and SNAP-25 throughout the axon, but are not in a stable complex with syntaxin // *J. Cell Biol.*, 1995, V129, N1, P105–120.
4. Verhage, M., Maia, A.S., Plomp, J.J., Brussaard, A.B., Heeroma, J.H., Vermeer, H., Toonen, R.F., Hammer, R.E., van den Berg, T.K., Missler, M., et al. Synaptic assembly of the brain in the absence of neurotransmitter secretion // *Science*, 2000, V287, N5454, P864–869.
5. Saito, H., Kato, M., Mizuguchi, T., Hamada, K., Osaka, H., Tohyama, J., Uruno, K., Kumada, S., Nishiyama, K., Nishimura, A., et al. De novo mutations in the gene encoding STXBp1 (MUNC18-1) cause early infantile epileptic encephalopathy // *Nat. Genet.*, 2008, V40, N6, P782–788.
6. Ahmed, A.B., Znassi, N., Château, M.-T., and Kajava, A. V. A structure-based approach to predict predisposition to amyloidosis // *Alzheimer's Dement.*, 2015, V11, N6, P681–690.
7. Sivanathan, V., and Hochschild, A. A bacterial export system for generating extracellular amyloid aggregates // *Nat. Protoc.*, 2013, V8, N7, P1381–1390.

## Секция «Пути решения экологических проблем в техносфере»

УДК 628.3

А.А. Назаренко, С.В. Степанова  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

### ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ МОДЕЛЬНЫХ ВОД ТЕРМООБРАБОТАННЫМИ ПЛОДОВЫМИ ОБОЛОЧКАМИ ЗЕРЕН ОВСА

Одной из наиболее острых экологических проблем является загрязнение водных объектов ионами тяжелых металлов [1]. Попадая в живые организмы, они могут привести к его отравлению или гибели. Такие металлы относятся к классу ксенобиотиков, то есть чуждых живому. Специалистами по охране окружающей среды выделена приоритетная группа среди металл-токсикантов, в которую входят следующие соединения – кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк, хром, как наиболее опасные для здоровья человека и животных [2].

Поэтому исследования, направленные на разработку современных технологий очистки воды от соединений металлов, являются актуальными и своевременными [1].

Наиболее простыми, менее дорогостоящими и доступными являются сорбционные методы очистки сточных вод. Сорбционное извлечение металлов из сточных вод получило широкое распространение вследствие высокой эффективности и отсутствия вторичных загрязнений [3]. В связи с вышеуказанным в настоящее время встает вопрос о поиске новых сорбентов, предпочтительно на базе агропромышленного комплекса, так как в этом случае решаются задачи по использованию вторичного сырья и утилизации отходов [2].

Целью работы является выявление рациональности замены традиционного адсорбента (активированного угля) на сорбционный материал, изготовленный на основе отходов агропромышленного комплекса – плодовых оболочек зерен овса, прошедших термообработку.

Задачи работы:

- определение сорбционной емкости исследуемых образцов, а именно плодовых оболочек зерен овса, термообработанных плодовых оболочек зерен овса;
- сравнение эффективности очистки вод от ионов никеля при использовании активированного угля и альтернативных сорбционных материалов.

Объекты исследования:

- 1) плодовые оболочки зерен овса (ПОЗО);
- 2) термообработанные плодовые оболочки зерен овса (ТПОЗО), обработка которых проводилась при температуре 150 °С в течении 15 минут;
- 3) модельные воды (МВ) – водный раствор  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  с исходной концентрацией ионов  $\text{Ni}^{2+}$  50 мг/дм<sup>3</sup>.

Термообработанные образцы получены путем воздействия температуры 150 °С (выявлена на основе DSC-TGA анализа, представленного на рисунке 1) на плодовые оболочки зерен овса в течение 15 минут.

Обе кривые показывают изменение массы образцов ПОЗО и ТПОЗО при температуре от 0 до 400 °С. Первоначальная потеря массы относится к удалению влаги. При температуре чуть выше 100 °С масса осадка образца ПОЗО достигает постоянной величины и не меняется до температуры 180 °С. Из полученных данных следует, что необработанные плодовые оболочки зерен овса предпочтительно высушивать в интервале температур примерно от 100 до 180 °С, причем вполне подходящей для этого является температура 150 °С.

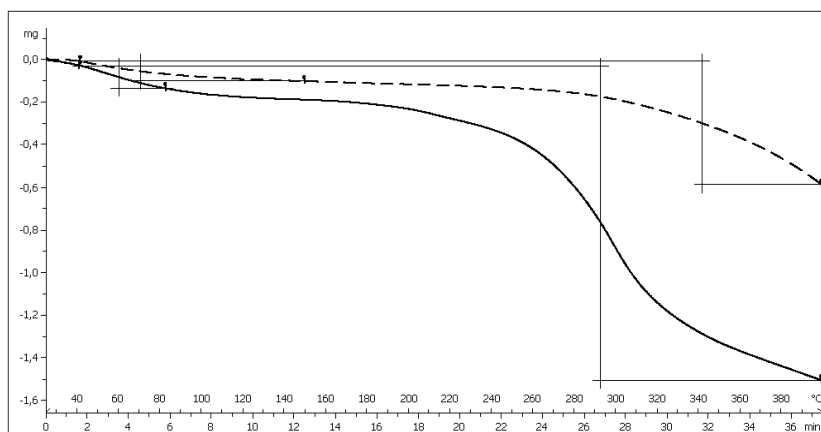


Рисунок 1 – Результаты DSC-TGA анализа образцов: - - - – ТПОЗО, — — – ПОЗО

Ход проведения экспериментов заключался в следующем: в колбу приливалось 200 см<sup>3</sup> раствора, содержащего ионы Ni<sup>2+</sup> концентрацией 50 мг/дм<sup>3</sup>, затем в каждый сосуд добавлялась навеска сорбента массой 1 г. Содержимое колб перемешивалось на аппарате марки «PSU-20i» в течение 5; 30; 60; 90 и 120 минут. Содержание ионов Ni<sup>2+</sup> измерялось с помощью фотометрического метода определения ионов никеля на фотометре «Эксперт-003» в соответствии с «Руководством по эксплуатации и методикой проверки» КТЖГ.201111 РЭ [4].

Эксперименты проводились при температурах 278, 293, 313 и 333 К. Остаточное содержание ионов никеля в пробах определялось через каждые 10 мин после начала эксперимента.

В качестве примера на рисунке 2 приведены зависимости сорбционной емкости от времени при температуре 293 К.

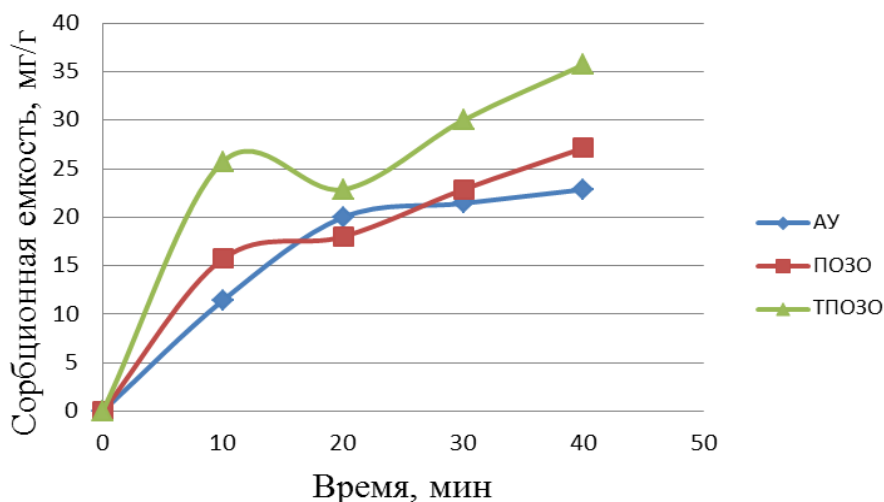


Рисунок 2 – Сорбционная емкость по ионам Ni<sup>2+</sup> при температуре 293 К во времени

По проведенным исследованиям выявлено, что максимальная сорбционная емкость для термообработанных плодовых оболочек зерен овса (ТПОЗО) составляет 35,7 мг/г при температуре 333 К, что превосходит активированный уголь (АУ) (рисунок 1) – 22,9 мг/г. Обусловлено это тем, что плодовые оболочки зерен овса состоят из высокомолекулярных соединений – целлюлозы и лигнина [5], которые проявляют сорбционные свойства по отношению к ионам тяжелых металлов, в том числе к ионам никеля. Наблюдается это

вследствие того, что при термическом разложении лигнина и целлюлозы образуется активный углерод, обуславливающий лучшие сорбционные свойства. Изменения отражаются и на структуре материала: он становится более рыхлым, увеличивается его поверхность и доступность функциональных групп для связывания ионов металла [6].

Так же на основании расчетов энергии активации подтверждено наличие процесса хемосорбции между ионами никеля и функциональными группами образцов плодовых оболочек зерен овса и термообработанных плодовых оболочек зерен овса (соответственно  $E_a=40,9$  кДж/моль и  $E_a=70,1$  кДж/моль), когда как на активированном угле не происходит данное химическое взаимодействие ( $E_a=-24,4$  кДж/моль).

На основании проведенных экспериментальных данных и термодинамических расчетов выявлено, что полученный адсорбент на основе термообработанных плодовых оболочек зерен овса можно рекомендовать как замену используемому углю в промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Абызова, Е. А. Изучение новых сорбентов для извлечения ионов никеля из воды / Е. А. Абызова, В. А. Сомин // Научно-образовательный журнал АлтГТУ №18 – Алтай, 2016. – С. 1-2.
2. Будников, Г. К. Тяжелые металлы в экологическом мониторинге водных систем / Соросовский образовательный журнал, №5. – Москва, 1998. – С. 29.
3. Назаренко, А. А. Очистка модельных вод от ионов никеля (II) термически обработанными оболочками плода пшеницы / А. А. Назаренко, С. В. Степанова // Журнал экологии и промышленной безопасности, №1-2, 2015 – С. 53-55.
4. Руководство по эксплуатации и методика проверки. Фотометр. Эксперт-003 / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. – Москва, 2011. – 31 с.
5. Кочева Л. С. Структурная организация и свойства лигнина и целлюлозы травянистых растений семейства злаковых / 05.21.03 – Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева, химия древесины. Автореферат. – Архангельск, 2008. – 42 с.
6. Собгайда Н. А. Методология очистки сточных вод химических и нефтехимических отраслей промышленности фитосорбентами и модифицированными отходами агропромышленного комплекса / 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии). Автореферат. – Казань, 2011. – 39 с.

УДК 504.062.4

Е.Н. Лазарева, Л.Н. Ольшанская, А.В. Яковлев, Е.Д. Бабиченко, Н.И. Зубрилин  
Энгельсский технологический институт (филиал)  
Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

#### ВЫДЕЛЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ ГАЛЬВАНОШЛАМА В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛЯ

В результате многочисленных исследований неоспоримо установлено, что гальванические производства по степени отрицательного воздействия на окружающую среду занимают одно из первых мест среди других производств. При этом образующиеся при функционировании производств сточные воды и гальванический шлам (ГШ) являются не только загрязнителями окружающей среды, но и источником техногенного сырья для получения ценных компонентов, таких как никель, цинк, железо, медь, хром, свинец, кадмий и др. [1, 2].

Современным и рациональным методом является утилизация ГШ, проводимая в две стадии. На первой стадии осуществляется избирательное извлечение тяжелых металлов. Это может быть проведено путем химического выщелачивания металлов из осадков и селективного осаждения соединений металлов при различных значениях кислотности растворов [3], электрохимического извлечения [4, 5], а также обработкой комплексообразователями [6]. В дальнейшем извлеченные компоненты можно применять при изготовлении металлов и сплавов,

пигментов-наполнителей, аккумуляторов, стеклоизделий, глазурей, иммобилизовать в полимерную матрицу, а так же использовать для изготовления полиоксидных катализаторов [7, 8]. На второй стадии осуществляется утилизация пустых шламов при изготовлении, например, строительных материалов и дорожных покрытий.

Такое поэтапное извлечение тяжелых металлов позволяет получить необходимые производству металлы и снизить класс опасности образующихся отходов. Все вышесказанное подчеркивает, что нахождение оптимального способа утилизации гальваношламов (ГШ) с получением полезных компонентов и товаров народного потребления, является актуальным и своевременным.

Целью данной работы явилось проведение извлечения ионов никеля из производственных гальванических шламов в присутствии комплексообразователя.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выделить ионы никеля, содержащиеся в ГШ, в раствор в присутствии различных добавок комплексообразователя;
2. Определить концентрацию ионов никеля в образующихся растворах.

Для исследований применялись следующие методы: весовой, ионометрический, фотоколориметрический методы.

Полученные результаты. В качестве объекта исследований был взят ГШ, образующийся после ванн никелирования и активации имеющий состав, приведенный в таблице 1.

Таблица 1 - Состав гальваношлама после ванн никелирования и активации

Состав ГШ	Ионы никеля	Ионы железа,	Ионы цинка	Ионы меди	Сульфат – ионы
Содержание, %	44	0,67	0,58	0,003	6,4

Гальваношлам имеет густую консистенцию, поэтому перед извлечением его необходимо развести. Для этого к навеске ГШ добавляли дистиллированную воду. Полученная таким образом суспензия имеет щелочную среду со значением рН = 8,7. Значение рН раствора контролировали с помощью преобразователя ионометрического И-500 фирмы «Аквилон».

Как было показано в работе [6] для проведения селективного извлечения ионов никеля из шламов в качестве комплексообразователя можно использовать пирокатехин ( $C_6H_4(OH)_2$ ). Нами были исследованы добавки пирокатехина в количестве от 0 до 250 г/л.

При изменении концентрации пирокатехина кислотность растворов гальваношлама также изменялась от 8,7 (без добавок) до 5,43(250 г/л) и приведена в таблице 2.

Таблица 2 - Кислотность растворов гальваношлама при различной концентрации пирокатехина

Концентрация ( $C_6H_4(OH)_2$ ), г/л	0	50	100	150	200	250
рН раствора	8,7	5,66	5,63	5,52	5,52	5,43

Полученные вытяжки исследовались фотоколориметрическим методом по стандартной методике при воздействии йодной воды, аммиака, диметилглиоксима на спектрофотометре ПромЭкоЛаб ПЭ-5300В. Сравнение измеренных оптических плотностей растворов при длине волны  $\lambda=488$  нм с данными калибровочного графика позволило определить концентрации ионов никеля в растворах.

Результаты измерения оптической плотности растворов, приготовленных на основе ГШ при различных добавках пирокатехина, и концентрации ионов никеля в растворах приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Изменение концентрации ионов никеля в растворе при различных добавках пирокатехина

Концентрация пирокатехина, г/л	50	100	150	200	250
Оптическая плотность, А	1,870	1,964	2,125	2,439	2,789
Концентрация $Ni^{2+} \cdot 10^3$ , мг/мл	12,4	13,2	14,2	16,1	18,2

Таким образом, установлено, что повышение добавок пирокатехина от 50 до 250 мг/мл приводит к увеличению концентрации ионов никеля в растворе от 12,4 до 18,2 мг/мл.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Рубанов, Ю.К. Утилизация отходов гальванического производства / Ю.К. Рубанов, Ю.Е. Токач // Экология и промышленность России. - 2010. - №10. - С. 2-3.
2. Баркан, М.Ш. Технологические и экономические аспекты утилизации гальваношламов / М.Ш. Баркан, И.В. Федосеев, А.Ю. Логинова // Экология и промышленность России. - 2007. - №6. - С. 24-25.
3. Исследование выщелачиваемости ионов тяжелых металлов из ферритизированных шламов гальванического производства / А.В. Пинаев, В.В. Семенов, В.В. Савиных, Е.С. Климов // Экология и промышленность России. - 2006. - №8. - С. 24-25.
4. Хранилов, Ю.П. Использование электрохимических технологий при переработке отходов гальванических производств с целью их утилизации / Ю.П. Хранилов, Т.В. Еремеева, М.Н. Бобров // Актуальные проблемы электрохимической технологии. Сб.статей молодых ученых. Т.1. - Саратов: ГАОУ ДПО «СарИПКПРО», 2011. - С. 240-244.
5. Извлечение металлического никеля из никельсодержащего гальваношлама ОАО «Роберт-Бош-Саратов» / Л.Н. Олышанская, Е.Н. Лазарева, В.В. Егоров, Т.М. Цечоев // Экологические проблемы промышленных городов: материалы Всероссийской конф. - Саратов 4-6 апреля 2009 г. Часть 1. Саратов: СГТУ, 2009. - С. 298-302.
6. Завальцева, О.А. Комплексоны для извлечения ионов тяжелых металлов из гальваношламов // Экология и промышленность России. - 2010. - №2. - С. 36-38.
7. Терещенко, А.Д. Катализаторы, полученные на основе отходов гальванических производств / А.Д. Терещенко, И.А. Фарафонова, А.С. Таратуто // Экотехнология и ресурсосбережение. - 1999. - №3. - С. 86-90.
8. Зайнуллин, Х.Н. Гальваношламы в керамзитовый гравий / Х.Н. Зайнуллин, В.В. Бабаков, Е.М. Иксанова // Экология и промышленность России. - 2000. - №1. - С. 18-21.

УДК 547.458.82

С.М. Романова, Д.И. Сабирова, Н.В. Чайковская  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

#### МЕТОД ХИМИЧЕСКОЙ УТИЛИЗАЦИИ НИТРАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ПОРОХОВ

Боеприпасы, изготовленные на основе нитратов целлюлозы (НЦ) (пироксилиновые пороха), имеют ограниченный срок хранения. Специфические фундаментальные свойства нитроцеллюлозных порохов (медленная деструкция НЦ, которая сопровождается выделением диоксида азота и азотистой кислоты, которые химически связываются стабилизаторами) являются первопричиной того, что по истечении гарантийного срока они превращаются в потенциально опасные отходы. Таким образом, ежегодно на оборонных предприятиях образуется большое количество некондиционных нитратов целлюлозы, представляющих собой отходы, не нашедшие применения. В то же время, они могут служить полупродуктом, из которого путем химической модификации, можно получить новые полимерные материалы с ценными эксплуатационными свойствами.

В последние годы большое внимание уделялось утилизации нитроцеллюлозных порохов путем химической модификации с целью получения продуктов народно-хозяйственного назначения. Известны методики химической модификации НЦ реагентами с получением смешанных эфиров НЦ, например, с ангидридами карбоновых кислот, спиртами, эпоксидной смолой, капролактамом и т. д. [1-5] Полученные виды модификатов НЦ обладают широким диапазоном регулирования скорости горения, повышенной адгезией к твердым поверхностям. Они могут использоваться в качестве полимерной основы твердых покрытий, клеев, лаков, красок, а также как трибополимеробразующие компоненты смазочных масел.

Задачами работы являются исследование реакции нитратов целлюлозы с диаминофуразаном, выявление направлений протекания процессов и изучение строения и свойств синтезированных соединений, с целью дальнейшего использования полученных продуктов как сырья для создания товаров народно-хозяйственного назначения, основы для нитролаков, нитроэмалей, линолеумов; для получения материалов, обладающих ионообменными и биоцидными свойствами.

В работе использовался высокоазотный НЦ с эмпирической формулой звена  $C_6H_7O_2(OH)_{0,40}(ONO_2)_{2,60}$  (содержание азота  $N=13,05\%$ ). Реакции осуществлялись в гомогенной среде ДМФА при различных температурах 40, 60 и 80°C и временем выдержки 3 часа. В результате реакции были выделены твердые продукты в виде мелкодисперсного порошка светло-коричневого цвета, хорошо растворимые в апротонных полярных растворителях и не растворимые в протонных.

Для изучения молекулярной структуры и свойств полученных продуктов применяли методы: ИК-спектроскопии, ЯМР  $^1H$ -спектроскопии, вискозиметрического анализа, элементного анализа, термической поляризационной микроскопии.

На ИК-спектрах продуктов имеются полосы поглощения, характерные для связей НЦ, а также полосы поглощения, характерные для валентных колебаний связей диаминофуразана:

- 1400-1370  $cm^{-1}$  – соответствующие валентным колебаниям N-O в фуразановом цикле;
- 1590-1560  $cm^{-1}$  – соответствующие валентным колебаниям C=N-O в фуразановом цикле;
- 3500-3200  $cm^{-1}$  – соответствующие валентным колебаниям группы N-H.

Спектры ЯМР  $^1H$  полимерных продуктов имеют сигналы (м. д.): 5,67 ( $^3H$ ), 5,13 ( $^{2,4}H$ ), 4,85 ( $^6H$ ), 4,06 ( $^{1,5}H$ ), соответствующие протонам глюкопиранозного кольца нитрата целлюлозы; 3,70-3,77 (ОН) – протонам гидроксильных групп; 1,15 (H-CH-O) – протонам метильной группировки при первичной нитратной группе; 6,63 ( $NH_2$ ) – сигнал, соответствующий протонам первичной аминогруппы ДАФ (диаминофуразана).

Таким образом, результаты ИК- и ЯМР  $^1H$ -спектроскопии свидетельствуют о наличии в структуре синтезированных полимеров фрагментов диаминофуразана, что указывает на положительный исход химического модифицирования. В ходе взаимодействия НЦ с 3,4-диамино-1,3,5-оксадиазолом при нагревании происходило снижение степени замещения на нитратные группы в полимерах, и увеличивалось содержание диаминофуразановых колец. С увеличением температуры степень замещения на фрагменты модифицирующего агента увеличивалась: при 40°C она составила 0,52, а при 80°C – 0,81. Однако дальнейшее повышение температуры являлось нецелесообразным, поскольку приводило к термической деструкции полимера.

Данные термической поляризационной микроскопии показали, что в интервале температур 195-200°C продукты начинают темнеть, а при достижении 200°C происходит их обугливание.

Вискозиметрический анализ показал, что вязкость растворов полученных продуктов снижается по сравнению с исходным полимером. Следовательно, можно сделать вывод о

частичной деполимеризации цепи макромолекул полимера, при которой происходит разрыв  $\beta$ -гликозидной связи.

Представленные в работе данные свидетельствуют о том, что при температуре 80°C в среде ДМФА между высокоазотным НЦ и ДАФ протекает химическая реакция, которая характеризуется рядом процессов: нуклеофильным замещением функциональных групп НЦ на фрагмент ДАФ, разрывом  $\beta$ -гликозидных связей с присоединением по концам полимерной цепи фуразанового кольца, а также деполимеризацией цепи нитроцеллюлозы и частичным гидролизом нитратных групп.

В результате проведенных исследований можно сделать вывод о том, что полученные полимеры содержат меньшее число нитратных групп в элементарном звене, обладают меньшей вязкостью и имеют отличную от исходного НЦ структуру.

Модификация НЦ диаминофуразаном расширяет возможности последующих химических превращений и получения новых целлюлозных материалов, с целью дальнейшего использования полученных продуктов как сырья для создания товаров народно-хозяйственного назначения. Перспективность и актуальность химического синтеза НЦ диаминофуразаном подтверждается многочисленными научными исследованиями в области модификации полимера N-содержащими соединениями, в частности гетероциклами, а также введения NH-групп в его структуру.

Характеристика нитрата целлюлозы:

$C_6H_7O_2(OH)_{0,4}(ONO_2)_{2,6}$ ;  $t_{разл}$  210°C. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 700-690, 750, 840, 1280, 1430, 1650-1670 (-ONO<sub>2</sub>, -CH<sub>2</sub>-ONO<sub>2</sub>); 1070 (C-O-C); 1170-1120 (глюкопиранозное кольцо); 2925, 2850 (C-H); 3600-3200 (-OH). ЯМР <sup>1</sup>H спектр (TMC, (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO),  $\delta$ , м.д.: 5,75 (<sup>3</sup>H), 5,15 (<sup>2,4</sup>H), 4,8 (<sup>6</sup>H), 4,1 (<sup>1,5</sup>H), 3,67-3,83 (OH), 1,14 (H-CH-O). Найдено, %: C 24,97; H 2,60; N 13,05. Вычислено, %: C 25,81; H 2,65; N 13,05.

Характеристика продуктов:

1)  $C_6H_7O_2(OH)_{0,51}(ONO_2)_{1,97}(C_2H_3N_4O)_{0,52}$  ( $t_{реакц}$ =40°C,  $\tau$ =3 ч): выход 77,3 %.  $t_{разл}$  195-200 °C. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 700-690, 750, 840, 1280, 1430, 1650-1670 (-ONO<sub>2</sub>, -CH<sub>2</sub>-ONO<sub>2</sub>); 1070 (C-O-C); 1170-1120 (глюкопиранозное кольцо); 1400-1370 (N-O в фуразановом цикле); 1590-1560 (C=N-O); 2925, 2850 (C-H); 3500-3200 (NH); 3600-3200 (-OH). ЯМР<sup>1</sup>H спектр (TMC, (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO),  $\delta$ , м.д.: 6,63 (NH<sub>2</sub>) 5,67 (<sup>3</sup>H), 5,13 (<sup>2,4</sup>H), 4,85 (<sup>6</sup>H), 4,06 (<sup>1,5</sup>H), 3,70-3,77 (OH), 1,15 (H-CH-O). Найдено, %: C 28,17; H 3,23; N 19,07.  $C_{7,04}H_{9,07}N_{4,05}O_{8,94}$ . Вычислено, %: C 28,8; H 3,09; N 19,33.

2)  $C_6H_7O_2(OH)_{0,67}(ONO_2)_{1,59}(C_2H_3N_4O)_{0,74}$  ( $t_{реакц}$ =60 °C,  $\tau$ =3 ч): выход 58,8 %.  $t_{разл}$  195-200 °C. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 700-690, 750, 840, 1280, 1430, 1650-1670 (-ONO<sub>2</sub>, -CH<sub>2</sub>-ONO<sub>2</sub>); 1070 (C-O-C); 1170-1120 (глюкопиранозное кольцо); 1400-1370 (N-O в фуразановом цикле); 1590-1560 (C=N-O); 2925, 2850 (C-H); 3500-3200 (NH); 3600-3200 (-OH). ЯМР<sup>1</sup>H спектр (TMC, (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO),  $\delta$ , м.д.: 6,63 (NH<sub>2</sub>) 5,67 (<sup>3</sup>H), 5,13 (<sup>2,4</sup>H), 4,85 (<sup>6</sup>H), 4,06 (<sup>1,5</sup>H), 3,70-3,77 (OH), 1,15 (H-CH-O); Найдено, %: C 30,16; H 3,65; N 21,42.  $C_{7,48}H_{9,89}N_{4,55}O_{8,18}$ . Вычислено, %: C 30,51; H 3,36; N 21,65.

3)  $C_6H_7O_2(OH)_{0,52}(ONO_2)_{1,67}(C_2H_3N_4O)_{0,81}$  ( $t_{реакц}$ =80 °C,  $\tau$ =3 ч): выход 49,6 %.  $t_{разл}$  195-200 °C. ИК-спектр,  $\nu$ ,  $cm^{-1}$ : 700-690, 750, 840, 1280, 1430, 1650-1670 (-ONO<sub>2</sub>, -CH<sub>2</sub>-ONO<sub>2</sub>); 1070 (C-O-C); 1170-1120 (глюкопиранозное кольцо); 1400-1370 (N-O в фуразановом цикле); 1590-1560 (C=N-O); 2925, 2850 (C-H); 3500-3200 (NH); 3600-3200 (-OH). ЯМР<sup>1</sup>H спектр (TMC, (CD<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO),  $\delta$ , м.д.: 6,63 (NH<sub>2</sub>) 5,67 (<sup>3</sup>H), 5,13 (<sup>2,4</sup>H), 4,85 (<sup>6</sup>H), 4,06 (<sup>1,5</sup>H), 3,70-3,77 (OH), 1,15 (H-CH-O). Найдено, %: C 29,88; H 3,35; N 22,89.  $C_{7,62}H_{9,95}N_{4,91}O_{8,34}$ . Вычислено, %: C 30,12; H 3,28; N 22,64.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Пат. 2170235 РФ, МПК<sup>7</sup> C08B5/02, C08B7/00, C09D101/20, C09J101/20, F02K9/08. Сложные смешанные азотнокислые эфиры целлюлозы с фталатными группами в качестве полимерной основы



клеев, лаков, красок, покрытий, твердых ракетных топлив и способ их получения / Н.П. Логинов, В.С. Клименко, Е.В. Камнева, Ю.В. Воробьева; заявитель и патентообладатель Самарский государственный технический университет. - № 96107915/04; заявл. 19.04.1996; опубл. 10.07.2001.

2. Пат. 2157817 РФ, МПК<sup>7</sup> C08B5/02, C08B7/00, C09D101/14, C09D101/18, C09J101/18, F02K9/08. Сложные смешанные азотнокислые эфиры целлюлозы с капролактamными группами и способ их получения / Н.П. Логинов, С.Н. Логинова; заявитель и патентообладатель Н.П. Логинов, С.Н. Логинова. - № 99105511/04; заявл. 19.03.1999; опубл. 20.10.2000.

3. Пат. 2092493 РФ, МПК<sup>6</sup> C 08 B 7/00. Способ получения сложного ацетонитрата целлюлозы / А.В. Косточко, И.Н. Краснов, А.И. Петров, В.Ф. Васильев, Б.С. Колесов, В.В. Ильин, З.М. Сафина; заявитель и патентообладатель Производственное объединение «Рошальский химический комбинат им. А. А. Косякова». - № 93056101/04; заявл. 20.12.93; опубл. 10.10.97.

4. Пат. 2215720 РФ, МПК<sup>7</sup> C06B21/00, F42B33/06. Способ утилизации порохов и твердых ракетных топлив на основе нитроэфиров целлюлозы и многоатомных спиртов / Г.В. Пасешник, И.Г. Пинхасов, В.Ф. Полянский, Д.В. Полянский. - № 2001118093/02; заявл. 29.06.2001; опубл. 10.11.2003.

5. Романова С.М. Химическая модификация азотнокислых эфиров целлюлозы (обзор) / С.М. Романова, А.М. Мадякина, Д.И. Сабирова, М.В. Хузеев // Химия растительного сырья. – 2017. – №2. – С. 19-34.

УДК 628.381.1

А.А. Шайдуллина, С.В. Степанова  
Казанский национальный исследовательский технологический университет

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛОДОВЫХ ОБОЛОЧЕК ЗЕРЕН ОВСА ДЛЯ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД

В современную эпоху нефть добывается на 15 % поверхности земного шара, в том числе, более чем на 1/3 поверхности суши. Загрязнением окружающей среды углеводородами всегда сопровождаются процессы переработки, транспортировки и хранения нефти [1].

Наибольшую экологическую опасность представляют разливы нефти на поверхности морей, водоемов и рек, так как при этом в течение нескольких часов тонкая пленка нефтепродуктов может покрыть десятки и сотни квадратных километров водной поверхности, перемещаясь с течением воды, и разливы нефти довольно сложно локализовать. Образующаяся при этом на водной поверхности пленка углеводородов препятствует поступлению кислорода в воду, нарушается воздухообмен. Кроме того, часть вредных углеводородов растворяется в воде и пагубно воздействует на обитателей гидросферы [2].

Для ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в настоящее время широкое распространение находят сорбционные методы сбора этих загрязнителей с поверхности воды и почвы с применением различных сорбционных материалов [3].

В качестве сорбционных материалов растительного происхождения для удаления нефти и продуктов ее переработки исследовались: лузга гречки и подсолнечника, шелуха овса и риса, чёрная скорлупа грецкого ореха, кукурузные початки (отходы), отходы переработки трав, опавшая листва, солома, камышовая сечка, соцветия тростника, опилки и другие целлюлозосодержащие реагенты [4]. Использование всех этих материалов, являющихся потенциальным местным сырьем для производства сорбентов, позволяет увязать ликвидацию отходов сельскохозяйственного производства с природоохранной деятельностью.

В данной работе рассматривалась возможность использования отходов злаковых культур: плодовые оболочки зерен овса (ПОЗО), термически обработанные плодовые

оболочки зерен овса (ТОПОЗО) в качестве сорбентов для очистки сточных вод от нефти. Для сравнения брался активированный уголь (АУ). Сорбатом являлась девонская нефть. Термическая обработка ПОЗО проводилась при температуре 150-160 °С в течение 15 мин.

Процесс сорбции проводился с помощью имитации нефтяного загрязнения (0,1, 0,5, 1, 2, 5 см<sup>3</sup>) в определенном объеме воды (70 см<sup>3</sup>), сорбционный материал массой 1 г в латунном коробе опускали в воду и выдерживали 15 минут. Количество остаточной нефти после сорбции определялось методом экстракции [5]. Рассчитывали сорбционную емкость и строили изотермы адсорбции (рис. 1).

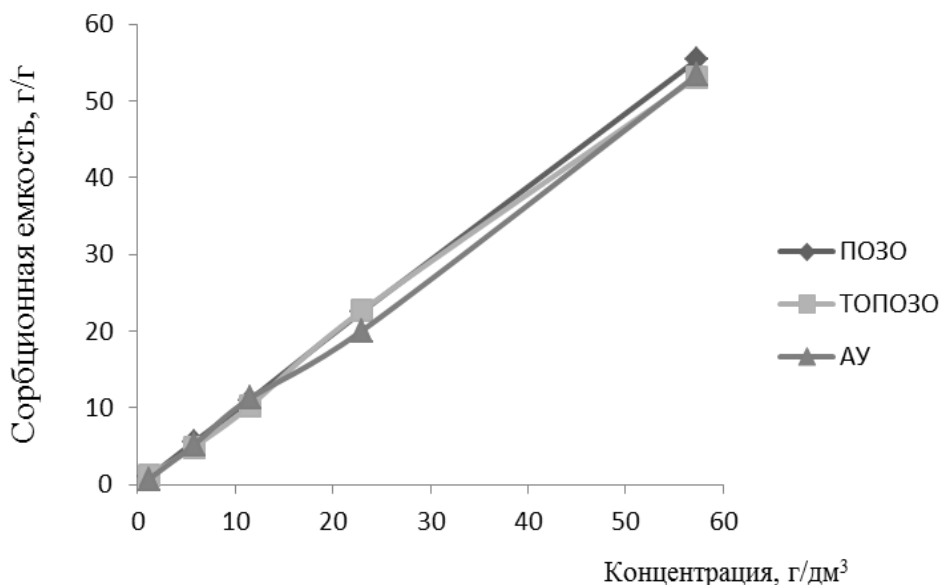


Рисунок 1 – Изотермы сорбции нефти сорбционными материалами

Для описания процессов адсорбции полученных изотерм пользовались классификацией Гильса. Согласно данной классификации, выделяется 18 типов изотерм адсорбции растворов.

Для изотерм ПОЗО, ТОПОЗО и АУ характерен тип «С-1» (рис.1). Это поясняется постоянным распределением растворенного вещества между адсорбатом и адсорбционным слоем. Данные изотермы свойственны для микропористых сорбентов. По размерам микропоры соизмеримы с размерами адсорбируемых молекул. Энергия адсорбции в микропорах значительно выше, чем при адсорбции в переходных порах и макропорах. Благодаря своей микропористой структуре, ПОЗО И ТОПОЗО обладают высокой поглощающей способностью и может быть использованы для очистки вод в качестве нефтяного сорбента.

Увеличение поверхности адсорбента в результате адсорбции пропорционально количеству адсорбата. Происходит физическая адсорбция, процесс при котором наблюдается притяжение молекул адсорбата к поверхности адсорбента. Далее наблюдается поверхностная реакция, которая представляет собой диффузию молекул адсорбата с проникновением во внутреннюю поверхность пористого слоя. Число свободных адсорбционных центров в широкой области концентрации растворов постоянно. По мере заполнения одних центров возникают новые, это связано с доступной поверхностью для адсорбции, которая увеличивается пропорционально количеству адсорбированного из раствора вещества.

Проведенные исследования показывают возможность использования ТОПОЗО и ПОЗО в качестве нефтесорбента. Очистка вод происходит за счет физической адсорбции.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Марченко Л.А. Исследование возможности сорбционной очистки при ликвидации нефтяных загрязнений / Л.А. Марченко, Е. А. Белоголов, А.А. Марченко, О.Н. Бугаец, Т.Н. Боковикова // Журнал КубГАУ. - 2012. - № 10(84). - С. 1-10.
2. Собгайда Н.А. Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов / Вестник ХНАДУ. - 2011. - № 52. - С. 120-124.
3. Темирханов Б.А. Применение углеродсодержащих материалов при ликвидации нефтяных загрязнений / Успехи современного естествознания. - 2005. - № 6. - С. 83.
4. Собгайда, Н.А. Сорбционные материалы для очистки сточных и природных вод от нефтепродуктов // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного ун-та. - 2011. - № 52. - С. 120–124.
5. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю.Ю. Лурье. - М.: Химия, 1984. – 448 с.

УДК 378.14

А.Н. Шлыкова, В.В. Прохоров, И.А. Панкина, Н.А. Политаева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ В ВУЗАХ

*Введение.* В условиях развивающегося научно-технического и социального прогресса все более приоритетным становится развитие экологического образования, в том числе и в высших учебных заведениях Российской Федерации. Экологизация инженерной подготовки студентов вузов – особая область экологического образования. Это связано с тем, что выпускники технических вузов должны осознавать себя как субъект экологической культуры, широко понимать большую необходимость в экологическом мышлении представителей технических специальностей, а также остроту экологической ситуации как в нашей стране, так и во всем мире [1]. В этой связи встает ряд объемных задач, решение которых может облегчить усвоение и накопление знаний, привить активную экологическую жизненную позицию у студентов высших учебных заведений, а также параллельно разрешить совокупность актуальных экологических проблем.

*Цели и задачи работы.* В соответствии с концепцией модернизации российского образования основной целью высшего профессионального образования является подготовка высококвалифицированных специалистов, конкурентоспособных на рынке труда, компетентных, ориентированных в смежных областях деятельности, готовых к профессиональному и личностному росту, а также способных принять активное участие в разрешении актуальных задач экологической направленности [2]. Решение этих задач предполагает повышение роли творческой работы студентов, участие в различных конкурсах и проектах. Для ускорения процесса усвоения материала и повышения активности юных студентов необходимо было также поставить целью создание наиболее благоприятных и комфортных условий, позволяющих студентам-младшекурсникам систематизировать свои знания в изучаемых областях, учиться формировать и развивать организаторские и коммуникативные способности и навыки, необходимые для успешного общения и дальнейшего роста [3].

*Методы исследования.* Последняя задача была разрешена внедрением в практику метода подготовки студентов к участию в различных конкурсах и проектах в составе «смешанных» групп из студентов с различным уровнем и опытом участия в научной работе.

Так, в Высшей школе биотехнологии и пищевых технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого студенты приняли участие в конкурсе экологических проектов, который был организован Гамбургским университетом технологий.

В конкурсе приняли участие представители вузов из девяти стран, в том числе и России. Для участия в проекте была создана инициативная группа студентов, обучающихся на младших и старших курсах. В рамках данного проекта студенты прослушали курс онлайн-лекций на английском языке по проблеме сбора и утилизации отходов. Далее, используя полученные знания, конкурсантами были предложены свои проекты по сбору и переработке ТБО.

*Актуальность* реализованного проекта заключается в непосредственной причастности такого мегаполиса, как Санкт-Петербург, к существующей проблеме: полигоны города работают активнее, в то время как российская наука старается разработать новые эффективные методы утилизации твердых отходов. Учитывая масштабы проблемы, а также то, что процесс переработки ТБО предполагает потенциальное воздействие на человеческое здоровье и безопасность, а также на окружающую среду, 2017 год в Российской Федерации объявлен годом экологии. В этой связи проект «Региональный муниципальный план утилизации твердых отходов», который реализован в рамках сотрудничества СПбПУ с Гамбургским университетом технологий, приобрел еще большую актуальность.

*Ход исследования и его результаты.* Работа над проектом началась с тщательного анализа сложившейся на данный момент демографической и экологической ситуации в Санкт-Петербурге для выявления ее сильных и слабых сторон, а также перспектив на 10 и 20 лет при отсутствии дополнительных вмешательств. Так, с учетом подсчитанного повышения рождаемости населения и увеличением объема ТБО на душу населения студентами было рассчитано количество твердых бытовых отходов на 2026 и 2036 год. Помимо этого, в Санкт-Петербурге было обнаружено около 1000 пунктов селекционного сбора отходов.

Следующей стадией исследования стало ознакомление с теоретической составляющей в сфере твердых бытовых отходов: классификацией по опасности, возможности переработки, происхождению, – что позволило расширить круг своей компетенции по данному вопросу и понять, какие предметы являются приоритетными при сборе и сортировке мусора. В ходе тщательных поисков было установлено, что переработка аккумуляторов и ртутьсодержащих предметов, таких как ртутные лампы и градусники, может стать выгодной основой для производства ценных изделий и материалов для последующего использования, например, получение битого стекла, и непосредственно самой ртути. Однако было выявлено, что в связи с отсутствием специализированного предприятия по переработке и утилизации батареек в Санкт-Петербурге (при наличии лишь нескольких пунктов по переработке градусников и ртутных ламп) мер, предпринимаемых на сегодняшний день, недостаточно для наиболее эффективной утилизации опасных бытовых отходов [4].

Вместе с тем проанализирована проблема переработки неопасных отходов в Санкт-Петербурге [5]. В рамках этого класса бытовых отходов наибольший интерес и оживленную дискуссию как самой исследовательской команды, так и немецких экспертов вызвали вопросы, касающиеся возможности развития технологий производства и путей использования получаемого из органической биомассы биогаза.

Опираясь на проведенный анализ работы экологической индустрии и экологической ситуации не только в стране, но и в Санкт-Петербурге, был представлен план утилизации твердых отходов. Представленный план реализован в два этапа: обобщение нормативно-правовой системной (структурно-корпоративной проблемы) и обоснование социально-технической проблемы.

Основными рекомендациями, по мнению участников проекта, в решении проблемы несовершенства нормативно-правовой системы, экономического и структурно-корпоративного регулирования стали: а) необходимость создания единой базы данных для облегчения принятия решений и обеспечение государственного контроля за деятельностью в области обращения с ТБО, б) осуществление наиболее рационального финансирования работ по вывозу и переработке ТБО, в) одновременное введение единого руководящего органа для

оптимизации работ по управлению и обеспечение добросовестной конкуренции частных компаний по сбору и утилизации ТБО для разгрузки муниципальных организаций, отвечающих за множество иных видов коммунальных услуг.

При решении технической проблемы было предложено: а) модернизация технологии сбора посредством проведения спецмероприятий ЖКХ (отказ от мусоропроводов, замена контейнерного хозяйства на фракционное) и деятельности частных компаний, включая такие аспекты, как контроль транспортировки и автоматизации сбора ТБО, повышение квалификации сотрудников и внедрение инновационных технологий по сбору ТБО, б) модернизация технологии сортировки и переработки посредством расширения действующих и строительства новых комплексов, внедрения инновационных технологий (лазерный сепаратор), а также сооружения одного фундаментального полигона со специальной системой по сбору биогаза.

Последний пункт был рассмотрен наиболее подробно, выявив оптимальное местоположение будущего полигона и рассчитав выгоду использования установок по сбору биогаза не только на его территории, но и на действующих полигонах.

Одна из важнейших проблем, на которой было акцентировано внимание, – информационно-социальная проблема, выражающая необходимость информирования населения о преимуществах раздельного сбора мусора посредством СМИ и введения контролирующей меры в виде санкций. Решение данной проблемы в конечном итоге стало одним из самых приоритетных в ходе проделанной работы.

*Выводы.* По окончании глубокого анализа текущего экологического состояния в Санкт-Петербурге и большой работы по разработке рекомендаций по улучшению этого состояния, был сделан вывод о необходимости информировать население о том, как правильно следует сортировать бытовой мусор, и приучать к экологической культуре не только на ознакомительном уровне школьной скамьи, но и в рамках исследовательских работ на вузовском и более высоких уровнях.

В рамках исследования и последующей защиты проведенной масштабной работы стало ясно, что привлечение студентов к участию в экологических проектах как местного, так и международного масштаба является одним из наиболее эффективных методов, дающих возможность студентам самостоятельно ознакомиться с текущей экологической ситуацией и прийти к определенным выводам. Именно такой способ экологического образования позволяет сформировать прочные, долговечные знания и широкую осведомленность в вопросе не только экологии, но и других дисциплин.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Маркович, Д. Ж. Экология и образование / Д. Ж. Маркович // Вопросы философии, 2001. – № 10. – С. 26-32.
2. Актуальные проблемы науки и образования: Сборник научных трудов / Под ред. А.В. Шатиловой – Балашов: Николаев. - 2004. – 168 С.
3. Борисова Л.М., Белокурова Е.С., Панкина И.А. Современные технологии обучения в системе высшего образования // Сборник конференций НИЦ Социосфера. - 2015. №32. - С. 33-36.
4. Кондратьев К.Я. Глобальные изменения на рубеже тысячелетий / К.Я. Кондратьев // Вестник РАН. – 2000. Т.70. №9.– 268 С.
5. Об экологической ситуации в Ленинградской области [Электронный ресурс] // Администрация Ленинградской области Комитет по природным ресурсам Ленинградской области URL: [http://www.nature.lenobl.ru/Files/file/doklad\\_ob\\_ekologicheskoi\\_situatsii\\_v\\_lenooblasti\\_v\\_2015\\_.pdf](http://www.nature.lenobl.ru/Files/file/doklad_ob_ekologicheskoi_situatsii_v_lenooblasti_v_2015_.pdf) (дата обращения 21.12. 2016).

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ДЕСТРУКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛЕТОЧНУЮ  
СТЕНКУ МИКРОМИЦЕТА *ASPERGILLUS NIGER*

На стадии биосинтеза пищевой лимонной кислоты образуются большие объёмы отходов мицелия гриба – продуцента *Aspergillus niger*. Утилизация их представляет собой важную задачу.

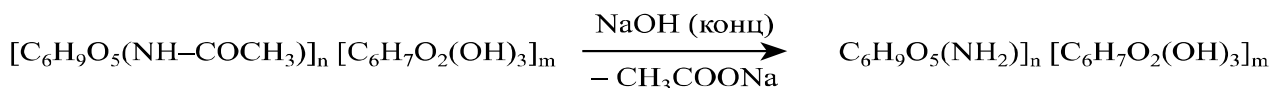
Известно, что в клеточной стенке микромицета *Aspergillus niger* содержится в значительном количестве ценный природный полиаминосахарид хитин в виде пространственношитого сополимера хитинглюканового комплекса (ХГК), основная цепь которого представляет собой хитин (поли-N-ацетил-1,4-D-глюкозамин), а боковые цепи – глюкан (поли-1, D-глюкан) [1, 2]. За счёт наличия высокоактивных функциональных аминогрупп хитин и его производные способны образовывать хелатные соединения с катионами тяжёлых металлов и радионуклидов и сорбировать их [3-5]. Благодаря своим уникальным свойствам хитинсодержащие биополимерные наноконплексы имеют широкие перспективы использования для очистки сточных вод, обезвреживания радионуклидов, в пищевой промышленности, медицине, сельском хозяйстве [6, 7]. В связи с этим изучение закономерностей выделения хитинглюкановых соединений из мицелиальной биомассы промышленного продуцента лимонной кислоты *Aspergillus niger* весьма актуально и имеет как научный, так и практический интерес.

Принципиально, выделение ХГК возможно двумя путями: химическим при реагентной кислотнo-щелочной обработке биомассы и ферментативным [2]. Цель настоящей работы заключается в исследовании процессов биотрансформации и выделения из мицелиальных отходов производства лимонной кислоты хитин- и хитозанглюкановых биополимеров с высокой сорбционной способностью при реагентном кислотнo-щелочном воздействии на биомассу гриба *Aspergillus niger*.

В качестве объектов исследования использовались промышленные образцы инактивированной биомассы гриба *Aspergillus niger*, полученные при глубинном культивировании лимонной кислоты на мелассных средах. Выделение ХГК связано, прежде всего, с необходимостью удаления из мицелия сопутствующих растворимых моносахаридов, белковых соединений, липидов, пигментов и минеральных веществ. Поэтому на первом этапе на стадиях депротеинизации и деминерализации ставилась задача удаления указанных компонентов и выделения ХГК при кислотнo-щелочной обработке биомассы без разрушения структуры и ацетамидных связей.

Изучено влияние температуры, концентрации реагентов и продолжительности процесса гидролиза на процесс выделения ХГК. Установлено, что эффективность удаления образующихся в результате гидролиза продуктов в значительной степени зависит от концентрации реагентов. Увеличение продолжительности кислотнo-щелочной обработки оказывает меньшее влияние и не является доминирующим фактором. Кислотный гидролиз, проводимый соляной кислотой с концентрацией более 5% в течение 3-4 часов при температуре около 60°C приводит к деструктивным изменениям в ХГК и частичной потере глюкозамина. При этом происходит снижение массы ХГК и изменение её цвета; получаемая масса темнеет, плохо фильтруется, приобретая аморфную структуру. При щелочной обработке мицелиальной биомассы раствором гидроксида натрия с массовой долей 3%, 5%, 8% гидролиз протекает в более мягких условиях без разрушения биополимерного комплекса. Получаемый при этом ХГК имеет волокнистую структуру подобно целлюлозе. На втором

этапе проводимых исследований изучалось деацетилирование путём воздействия на полученный ХГК концентрированных растворов гидроксида натрия с массовой долей 24%, 30% и 40%. Было установлено, что воздействие концентрированных растворов гидроксида натрия с массовой долей более 20% на ХГК, выделенный из биомассы гриба *Aspergillus niger*, приводит к деацетилированию ацетамидных групп хитиновых звеньев и образованию хитозанглюканового комплекса (ХТЗ ГК) по ниже приведённому уравнению.



При увеличении концентрации NaOH одновременно с деацетилированием ускоряются процессы, приводящие к разрыву гликозидных связей хитозановых цепей с отщеплением олигосахаридов; растворение их в реакционной смеси, что приводит к потере массы ХТЗ ГК. Поэтому в отличие от традиционного способа получения хитозана из панциря ракообразных выделение ХТЗ ГК из мицелиального хитина по реакции деацетилирования предложено проводить в более мягких условиях при воздействии гидроокиси натрия массовой долей не более 20% в течение 2,0-2,5 часов.

Полученные ХГК и ХТЗ ГК за счёт наличия функциональных аминогрупп, способных к хелатообразованию, показали высокую сорбционную ёмкость по отношению к ионам меди, составившую от 80 до 165 мг/г сорбента.

Таким образом, показано, что при кислотном гидролизе, проводимом концентрированной соляной кислотой могут происходить деструктивные изменения ХГК, приводящие к потере глюкозамина. Также, воздействие концентрированных растворов гидроокиси натрия приводит не только к деацетилированию, но и к деструкции глюкановых и хитиновых цепей с отщеплением олигосахаридов. В результате реagentного деструктивного воздействия на биомассу гриба *Aspergillus niger* при установленных параметрах процессов выделены хитин- и хитозансодержащие биополимеры, обладающие высокой сорбционной способностью.

Результаты исследований позволят решать экологические проблемы по переработке мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты с получением из биомассы гриба *Aspergillus niger* высокоэффективных сорбентов.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Nwe N., Furuike T., Tamura H. Production, properties and applications of fungal cell wall polysaccharides: chitosan and glucan // *Chitosan for Biomaterials II*. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – С. 187-207.
2. Philibert T., Lee B. H., Fabien N. Current status and new perspectives on chitin and chitosan as functional biopolymers // *Applied biochemistry and biotechnology*. – 2017. – Т. 181. – №. 4. – С. 1314-1337.
3. Wang J., Chen C. Chitosan-based biosorbents: modification and application for biosorption of heavy metals and radionuclides // *Bioresource technology*. – 2014. – Т. 160. – С. 129-141.
4. Dhillon G. S. et al. Novel biomaterials from citric acid fermentation as biosorbents for removal of metals from waste chromated copper arsenate wood leachates // *International Biodeterioration & Biodegradation*. – 2017. – Т. 119. – С. 147-154.
5. Muzzarelli R. A. A. Potential of chitin/chitosan-bearing materials for uranium recovery: An interdisciplinary review // *Carbohydrate Polymers*. – 2011. – Т. 84. – №. 1. – С. 54-63.
6. Muxika A. et al. Chitosan as a bioactive polymer: processing, properties and applications // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2017.
7. Muzzarelli R. A. A. et al. Current views on fungal chitin/chitosan, human chitinases, food preservation, glucans, pectins and inulin: A tribute to Henri Braconnot, precursor of the carbohydrate

УДК 628.54

И.В. Долбня, Е.А. Татаринцева, А.О. Качалина, К.В. Козьмич, М.В. Комиссаренко  
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

## СОРБЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ С МАГНИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ СБОРА НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ

*Введение.* Ежегодно в объекты природы поступают различные загрязнители как неорганического, так и органического происхождения, которые являются ксенобиотиками, и пагубно влияют на состояние атмосферы, почв, водных сред, живых организмов. Изымаются огромные объемы свежей пресной воды для промышленных нужд, и зачастую по завершению технологического цикла такая вода содержит в своем составе ионы тяжелых металлов, нефтепродукты и другие химические вещества.

Наиболее широко для очистки вод применяется сорбционный метод, обладающий высокой эффективностью очистки, доступностью и экономичностью. На рынке имеется большое количество различных сорбентов для очистки поверхностных вод от нефти и нефтепродуктов. Однако многие из них имеют сложную технологию получения, дороги или вызывают трудности удаления после сорбции и утилизации. Поэтому *актуальным* является создание дешевых, эффективных и технологичных сорбционных материалов.

*Цель работы* - изучение физико-химических и сорбционных свойств сорбентов на основе ферритизированного гальваношлама (ФГШ) для сбора нефти и нефтепродуктов с поверхности воды.

Композиционные сорбционные материалы (КСМ), основу которых составляет ФГШ, изготавливали механическим перемешиванием выбранных компонентов с применением в качестве связующего парафина (КСМ-1) в соотношении ФГШ:парафин 1:2, и ПСМ-1 (КСМ-2) в соотношении ФГШ:ПСМ-1 1:2, с последующим охлаждением и измельчением. Полученные сорбенты могут быть выполнены в виде гранул с размером 0,5-3 мм, представляют собой мелкодисперсный порошок и обладают магнитными свойствами, рис. 1.



Рис. 1. Композиционные сорбционные материалы (КСМ):  
а – ФГШ + парафин (1:2) (КСМ-1); б – ФГШ + ПСМ-1 (1:2) (КСМ-2)

Было установлено, что при увеличении в составе КСМ доли парафина и ПСМ-1, сорбционная емкость возрастает, что объясняется сродством связующего к нефтепродукту и улучшению гидрофобных свойств. Но в тоже время магнитные свойства заметно ослабевают, что создает сложности при извлечении насыщенного сорбента с поверхности воды. Из экспериментальных данных следует, что рациональным с точки зрения сорбционных и магнитных свойств является состав сорбентов КСМ-1 и КСМ-2 - 1:2 масс.



Использование ФГШ в качестве магнитной составляющей позволяет утилизировать промышленные отходы [1] и получать на их основе сорбенты, которые могут быть извлечены из водной среды по завершению процесса сорбции посредством магнитной сепарации без дополнительных капитальных и энергетических затрат.

На основании проведенных исследований было установлено, что использование связующих и таких технологических факторов получения сорбента, как высокая температура, химический состав, не приводят к миграции тяжелых металлов из ФГШ, количественные значения которых находятся в пределах ПДК вод хозяйственно-питьевого назначения.

В табл. 1 приведены свойства полученных сорбционных материалов, которые характеризуют их гидрофобные и сорбционные свойства.

Таблица 1 - Свойства композиционных сорбционных магнитных материалов

Сорбент	Водопоглощение, г/г	Угол смачивания, град	Плаучность (96 ч). %	Маслоемкость, г/г	Нефтеемкость, г/г
КСМ-1	0,2	140	100	2,0	0,8
КСМ-2	0,2	130	98	4,0	3,5

Благодаря гидрофобности парафина и ПСМ-1, КСМ остаются на плаву до 96 ч, это свойство позволяет создать резерв времени для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, а затем извлечения сорбентов с поверхности воды с поглощенным поллютантом [2].

Масло- и нефтеемкость полученных магнитных сорбентов оценивали по нефти Илишевского месторождения Республики Башкортостан и индустриальному маслу И-20А путем погружения синтетической сетки с навеской материала в объем сорбируемого вещества в течение заданного времени.

Наиболее перспективным направлением в использовании магнитных сорбентов является сорбция разлитых нефтепродуктов с поверхности воды, и последующем извлечении насыщенных сорбентов путем магнитной сепарации. Исследованы КСМ-1 и КСМ-2 при сорбции нефти и нефтепродуктов с различной толщиной пленки (1-5 мм) загрязняющих веществ (рис. 2, 3). Установлено, что максимальная сорбционная емкость КСМ достигается при толщине пленки  $\approx 3$  мм и составляет для КСМ-1, г/г: 0,3 (керосин), 0,4 (нефть) и 1,3 (масло И-20А), соответственно. Для КСМ-2 значения сорбционной емкости составили, г/г: 0,5; 1,1; и 1,2 в том же ряду поллютантов. Эффективность очистки водной поверхности при использовании сорбционных материалов определяется количеством применяемого сорбента и может достигать значений 99,9%.

При большей толщине нефтяной пленки происходит эффективное внедрение нефти и НП в зону порозности гранулированных сорбентов. Поглощение поллютантов в пленке наиболее интенсивно протекает в первые 10 мин. процесса. Низкая сорбционная емкость КСМ по отношению к керосину объясняется его малой вязкостью, значительным растеканием по поверхности воды и летучестью, что будет создавать осложнения при ликвидации пленки сорбентами [3].

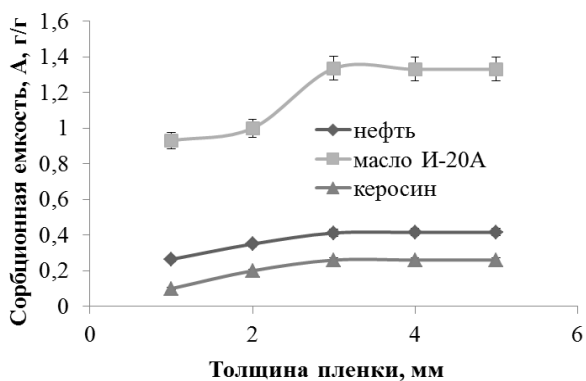


Рисунок 2 - Зависимость поглощения нефти и нефтепродуктов КСМ-1 от толщины пленки на поверхности воды

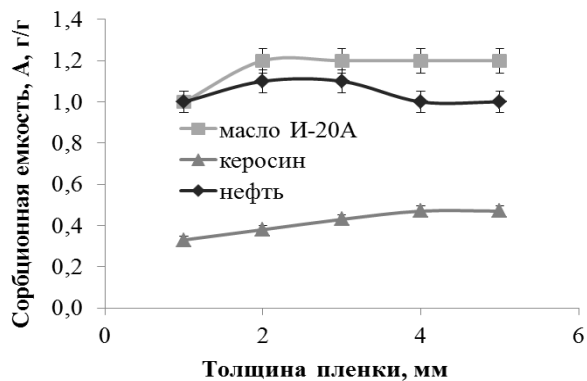


Рисунок 3 - Зависимость поглощения нефти и нефтепродуктов КСМ-2 от толщины пленки на поверхности воды

**Выводы.** Исследованы физико-химические свойства магнитных сорбционных материалов, показано, что данные материалы можно использовать для очистки поверхности водных систем от разливов нефти и нефтепродуктов с эффективностью 99,9 %.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Климов Е.С. Химическая стабилизация гальванических шламов и возможность их использования в процессах очистки сточных вод/Е.С. Климов, В.В. Семенов // Экологическая химия. – 2003. – Т.2. – №3. – С. 200-207.
2. Долбня И.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод магнитосорбентами на основе ферритизированного гальваношлама/И.В. Долбня, Е.А. Татаринцева, И.Г. Шайхиев и др. // Вестник технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 23. – С. 154-156.
3. Флорес Ариас М.М. Разработка сорбента с магнитными свойствами на основе оксидов железа и отходов металлургического производства для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов: дисс. ... канд. техн. наук: 02.00.11 / М.М. Флорес Ариас. – Белгород, 2012. – 137 с.

УДК 549.623.59:66.081

Т.П. Луцко, Е.М. Смирнова, А.В. Осипова  
Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОРБЦИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) ПРИРОДНЫМ МИНЕРАЛОМ ВЕРМИКУЛИТ

Одним из наиболее ценных природных богатств является вода. Вода – это строительный материал клеток. Она является неотъемлемой частью хозяйственной и сельскохозяйственной деятельности людей. Ежегодная потребность населения Земли в чистой воде уже сравнима с её объемами, возобновляемыми природой естественным путем. В ряде регионов наблюдается значительный дефицит пресной воды. Нередко, пресные воды содержат, различные соли железа и других тяжелых металлов в количествах, токсичных для живого организма или затрудняющих работу технических устройств. Проблема улучшения качества питьевой воды по-прежнему является задачей, которую пытаются решить ученые. Несмотря на успехи, достигнутые в области очистки природных вод, все еще существует необходимость поиска новых эффективных и доступных сорбентов. В связи с этим, актуальность изучения сорбционных свойств вермикулита не вызывает сомнений.

Природный минерал вермикулит зарекомендовал себя как эффективный поглотитель микроколичеств тяжелых металлов; он нашел широкое применение в сорбции органических веществ, а также весьма результативен в очистке нефтепродуктов. Вермикулит – продукт вторичного изменения темных слюд – биотита и флогопита. Относится к группе гидрослюдных минералов. Имеет слоистую структуру с молекулярной межслоевой водой. В химический состав минерала входят также магний, железо, алюминий, кремний. При нагревании до 900-1000°С вермикулит вспучивается с увеличением удельной поверхности. Практическое применение вермикулита состоит в том, что он является экологически чистым, экономически выгодным природным сорбентом. Используется для очистки питьевой и природной воды [1], ликвидации разливов нефтепродуктов, органических токсических жидкостей в акватории, а также для коррекции кормов и животноводческой продукции [2,3] и приготовления энтеросорбентов [4]. В экологии важны такие свойства вспученного вермикулита, как химическая инертность, термостойкость, прочность, безвредность, высокая адсорбционная емкость, способность к ионному обмену. Именно благодаря этим свойствам вермикулит служит неорганической матрицей для создания сорбента.

Питьевая вода, не прошедшая специальной обработки, является источником болезней. Деятельность живого организма, процессы старения, иммунитет – все это связано с качеством воды, потребляемой ежедневно в течение жизни. Солевой состав природных вод определяет воздействие биогенных элементов на живой организм. Избыточное поступление железа приводит к отложению этого элемента в различных органах; может проявляться как сердечная недостаточность, а также привести к летальному исходу. Избыток железа способствует пролиферации опухолевых клеток, возникновению эндокринных расстройств. В связи с высоким содержанием железа (III) в водопроводной воде (что легко можно определить по характеру желтовато-бурому цвету воды), представляло интерес изучить сорбционные свойства природного минерала вермикулита по отношению к ионам железа (III) [5]. Поэтому всестороннее изучение сорбционных свойств вермикулита и дальнейший поиск способов улучшения уже известных свойств является важной аналитической задачей.

Существенное влияние на процесс сорбции оказывает размер иона в водном растворе, из которого происходит концентрирование вермикулитом. Чем меньше энергия гидратации, тем выше скорость сорбции. Зависимость скорости сорбции от величины гидратированного радиуса объясняется, как минимум, двумя причинами; во-первых, при входе иона в поры снимается вся гидратированная вода без больших затрат энергии, во-вторых, ближняя гидратация в разбавленных растворах сводится к взаимодействию иона с ближайшими молекулами воды. Так как число гидратации в водных растворах примерно одинаково для всех ионов, то на скорость сорбции гидратная вода не влияет. Таким образом, скорость сорбции зависит от кристаллографических радиусов ионов. Кристаллографический радиус катиона железа (III) составляет 0,067 нм.

Значительное повышение эффективности сорбционных свойств вермикулита достигается в процессе модификации. Для этого в кристаллическую решетку вермикулита внедряются различные модификаторы. Выбор оптимального модификатора связан с необходимостью всестороннего изучения механизмов сорбции. В связи с этим, была поставлена задача корректной оценки изменения поглощения сорбата в зависимости от концентрации сорбируемого иона. Одним из путей решения поставленной задачи является сопоставление скоростей сорбции железа (III) из растворов с различными концентрациями.

В работе был использован природный минерал вермикулит после обжига, кристаллическая решетка которого насыщалась ионом магния с последующим закреплением в водном растворе аммиака.

Раствор объемом 200 мл пропускали порциями по 50 мл через сорбент. В каждой порции фильтрата определяли концентрацию исследуемого иона методом колориметрии.

Раствор пропускали через поглотительные колонки со скоростью 1,2 мл/мин при температуре 20 °С. Стремительная динамика поглощения иона железа проявляется в первые 60 минут, после чего наступает стадия устойчивой сорбции, в течение которой процент сорбции уменьшается в пределах от 74,4 % из первой порции до 73,0 % из последней. Общая масса адсорбированных ионов составляет 36,79 мг. Результаты работы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели сорбции ионов железа (III) вермикулитом

Время пропускания, $\tau$ , мин	Объем раствора, $V$ , мл	Масса иона на входе в колонку, мг	Масса иона на выходе из колонки, мг	Степень сорбции, %
60	50	12,50	3,20	74,40
120	50	12,50	3,30	73,60
180	50	12,50	3,34	73,28
240	50	12,50	3,37	73,04

Проведенные исследования показали, что скорость насыщения вермикулита обожжённого железа (III) уменьшается вследствие насыщения кристаллической решётки сорбента. Наряду с этим обнаружено, что с уменьшением радиуса иона скорость его сорбции увеличивается. Таким образом, в результате исследований установлено, что модификация природного минерала вермикулит позволяет существенно улучшить его сорбционные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Злотникова Р.А., Луцко Т.П., Петрушенко С.Е., Попков В.П., Смирнова Е.М. Особенности сорбции ионов меди, алюминия и железа природным минералом вермикулитом // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2012. – №4/2. – С. 122 – 124.
2. Кузнецов А.Ф., Данилов Д.Н. Влияние скармливания Зоо-верад на состояние естественной резистентности организма песцов // Ветеринарная Практика. - 2011.-№2. - С. 38 - 40
3. Кузнецов А.Ф., Литвяков С.В. Зоо-верад-адсорбент широкого спектра действия // Ветеринария с.-х.-животных. - 2010. - № 12. - С.41-42
4. Кузнецов А.Ф, Литвяков С.В. Зоо-верад – полиселективный энтеросорбент – премикс для животных // Международный вестник ветеринарии. - 2008. - №1. - С.45 - 50
5. Стрельцина Т.М., Злотникова Р.А. Сравнительная степень извлечения вермикулитом катиона  $Fe^{3+}$  из растворов различных концентраций// Материалы международной научной конференции студентов и молодых ученых «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны» /СПБГАВМ. - СПб. - 2013. - С.126 - 128

## Содержание

<b>Секция «Актуальные проблемы прикладной биотехнологии».....</b>	<b>3</b>
<i>Курбанова К.Х., Баранова О.А., Иванченко О.Б.</i> Изучение контаминации пивоваренного ячменя токсикообразующими грибами <i>P.FUSARIUM</i> .....	3
<i>Муртазин А.Р., Яковлева А.К., Канарская З.А., Канарский А.В.</i> Бета-фруктофуранозидазная активность психротолерантных дрожжей <i>GUEHOMYCES PULLULANS</i> .....	5
<i>Боргоякова А.С., Кузнецова Т.А.</i> Морфофизиологическая оценка стрессовых реакций клеток <i>SACCHAROMYCES CEREVISIAE</i> на токсическое влияние спирта.....	7
<i>Коришнова Н.А., Баракова Н.В.</i> Влияние органических кислот на буферную емкость вин.....	11
<i>Ростом Л.Ж., Иванченко О.Б.</i> Оценка токсического действия микотоксина фумонизина В1 на <i>LACTOBACTERIUM ACIDOPHILUM</i> .....	13
<i>Воронцов Д.А., Иванченко О.Б.</i> Изучение жизнеспособности сухих винных дрожжей.....	15
<i>Критченков А.С., Скорик Ю.А.</i> Синтез пиридоксального производного хитозана, потенциального генно-терапевтического вектора.....	19
<i>Кудряшова Т.Р., Полуэктова Е.В., Максимова А.М., Берестецкий А.О., Иванченко О.Б.</i> Изучение биологической активности изолята <i>RHOMA SP. 32.43</i> .....	21
<i>Морщинина Д.А., Шульга М.В., Ржечицкая Л.Э., Миннибаева Э.Ф.</i> Ферментативный гидролиз высокоолеинового подсолнечного масла.....	24
<i>Зайцев Г.А., Жилинская Н.Т., Сафронова В.И., Сазанова А.Л.</i> Получение генетических паспортов производственных штаммов клубеньковых бактерий, используемых для повышения урожайности бобовых культур, методом AFLP.....	27
<i>Белокурова Е.С., Сингаевская Е.С.</i> Определение содержания физиологически активных органических соединений в черном чае.....	29
<i>Серякова П.И., Зиновьева М.Е.</i> Создание продукта функционального назначения.....	31

<i>Журишкина Е.В., Степанов С.И., Лапина И.М., Кульминская А.А.</i> Сравнительный анализ влияния на клетки HEP G2 и CHANG LIVER нативного и низкомолекулярных фукоиданов из бурых водорослей <i>FUCUS VESICULOSUS</i> .....	33
<i>Попов В.С., Смирнова Е.А.</i> Исследование состава новых сортов семян гуара.....	36
<i>Мукабенова А.А., Баженова И.А.</i> Влияние добавок пребиотиков на кислотонакопление, микробиологические и органолептические показатели «Варенца».....	39
<i>Усманова Э.Ф., Зиновьева М.Е.</i> Энзиматический гидролиз касторового масла.....	42
<i>Харба Р., Иванова В.А., Меледина Т.В.</i> Разработка напитка на основе зернового и плодового дистиллятов.....	44
<i>Яковлева А.К., Канарская З.А., Канарский А.В.</i> Ферментативная активность галофильных дрожжей <i>DEBARYOMYCES HANSENI</i> .....	47
<i>Шиповская Е.А., Евелева В.В., Красникова Л.В.</i> Получение пищевой молочной кислоты при культивировании молочнокислых бактерий на соевой мелассе.....	49
<i>Шлыкова А.Н., Панкина И.А.</i> Влияние электрохимически активированной воды на активность прорастания семян сои.....	51
<i>Лыскова Н.С., Шетиашвили Ю.В., Базарнова Ю.Г.</i> Исследование антиоксидантной активности микроводоросли <i>P.CHLORELLA</i> .....	54
<b>Секция «Инновационные технологии в приготовлении кулинарной продукции и обработке продовольственного сырья» .....</b>	<b>58</b>
<i>Белокурова Е.С., Кулакова М.С.</i> Определение влагосвязывающей способности куриного мяса.....	58
<i>Малетина В.С., Тимошенкова И.А.</i> Исследование технологических свойств конопляной муки.....	60
<i>Елисеева С.А., Дьякова А.А., Чуйкова К.С.</i> Определение антиоксидантной активности в сушеных овощах амперометрическим методом.....	63
<i>Ерзикова М.О., Панкина И.А.</i> Перспективы использования семян бобовых культур для создания мучных кондитерских изделий.....	65
<i>Белокурова Е.С., Котников И.В.</i> Инновационная технология низкокалорийного бисквитного полуфабриката.....	68

<i>Кораблева А.А., Панкина И.А., Игонина Д.И.</i> Исследование амарантовой муки с целью создания диетических кондитерских изделий.....	71
<i>Скидан К.Л., Каменских Е.В., Панкина И.А.</i> Исследование физико-химических свойств картофеля с целью его использования в диетическом питании.....	73
<i>Кузнецова О.А., Москвичева Е.В., Тимошенкова И.А.</i> Исследование органолептических и физико-химических характеристик черёмуховой муки.....	75
<i>Сергеева С.С., Попов В.С., Красильников В.Н.</i> Реология заварного овсяного теста и органолептическая оценка функциональных изделий на его основе.....	77
<i>Окуневич С.А., Барсукова Н.В.</i> Перспективы применения комбинированной тепловой обработки на предприятиях индустрии питания.....	80
<i>Анашкина П.Ж., Москвичева Е.В.</i> Исследование технологических свойств пищевых волокон.....	82
<i>Соколова А.В., Иванченко О.Б.</i> Определение антиоксидантной активности цедры плодов цитрусовых растений.....	85
<i>Филиппова А.А., Иванченко О.Б.</i> Изучение антиоксидантной активности семян гречихи.....	87
<i>Анисов Д.А., Чернова Е.В.</i> Перспективы развития паназиатской кухни в Санкт-Петербурге.....	90
<i>Поликарпова Е.А., Смоленцева А.А.</i> Исследование антиоксидантных свойств растительных криопорошков.....	92
<i>Черникова Д.А., Тимошенкова И.А., Москвичева Е.В.</i> Разработка технологии и рецептуры безглютеновых мучных кондитерских изделий с использованием вторичных продуктов переработки тыквы.....	95
<i>Смоленцева А.А., Варавва Д.Д.</i> Сравнение методов расчета энергетической ценности блюд для спортсменов.....	98
<i>Большакова Л.С., Лукин Д.Е., Зубцов Ю.Н., Кузина А.В., Меркулова Е.М.</i> Технология котлет рубленых из птицы, обогащенных йодом.....	101
<i>Ладнова О.Л., Корячкина С.Я., Ашихина Л.А., Извекова Е.В., Белова В.И.</i> Применение фруктово-овощных порошков в технологии сахаристых кондитерских изделий.....	102
<i>Лопенкова Т.А., Бурова Т.Е.</i> Исследование овощных соусов на основе яблочного сока.....	106

<i>Донцова С.С., Москвичева Е.В., Тимошенкова И.А.</i> Исследование муки из семян расторопши.....	109
<i>Елисеева С.А., Смирнова В.Л.</i> Использование регионального дикорастущего сырья северо-западного региона для ферментирования .....	112
<i>Ахмадова К.К., Чернова Е.В.</i> Исследование органолептических и физико-химических показателей мяса индейки.....	115
<i>Морозова Е.Г., Барсукова Н.В., Тырлова О.Ю.</i> Сравнительная оценка показателей качества вареников.....	118
<i>Озерова О.А., Кораблева Н. С., Базарнова Ю.Г.</i> Исследование биохимических показателей филе сельди тихоокеанской <i>CLUPEA PALLASII</i> при мокром посоле.....	120
<i>Гнилицкий В.Г., Шетиашвили Ю.В., Гребенюк А.А., Барсукова Н.В., Базарнова Ю.Г.</i> Применение барьерных биотехнологий при производстве кулинарной продукции.....	122
<i>Мирова Г.М., Базарнова Ю.Г.</i> Разработка аутентичного кисломолочного продукта «Курт» с пряно-ароматическими добавками.....	125
<b>Секция «Экологическая биотехнология» .....</b>	<b>128</b>
<i>Прияткин Н.С., Кузнецова Т.А., Кузнецова М.А., Гусакова Л.П., Пищик В.Н.</i> Исследование интроскопических и ростовых показателей образцов зерен кукурузы с использованием инструментальных физических и стандартных методов для оценки их посевных качеств и степени фитосанитарных рисков.....	128
<i>Арефьева О.А., Варламов А.Ю.</i> Изучение влияния постоянного магнитного поля на рост культуры <i>CHLORELLA SOROKINIANA</i> .....	131
<i>Хабибрахманова А.И., Югина Н.А., Хайретдинова М.С., Исмагилов К.К., Шулаев М.В.</i> Биологическая очистка модельной сточной воды в анаэробных условиях.....	134
<i>Миронов В.Д., Бурова Т.Е.</i> Исследование комплексообразующей способности препаратов пектинов и агаров.....	137
<i>Политаева Н.А., Слугин В.В., Смятская Ю.А., Прохоров В.В.</i> Влияние добавки фуллереновой сажи на сорбционные свойства материалов на основе хитозана.....	140
<i>Смятская Ю.А., Политаева Н.А., Трухина Е.В., Овчинников Ф.В.</i> Влияние ультрафиолетового излучения на скорость культивирования микроводоросли <i>CHLORELLA</i> .....	142
<i>Смятская Ю.А., Трухина Е.В., Овчинников Ф.В.</i> Выращивание водных растений типа ряска <i>LEMNA MINOR</i> в лабораторных условиях.....	145



<i>Гайдучик Н.Р., Крылова П.А., Поздняков А.Р., Кузнецова Т.А.</i> Влияние инфракрасного, ультрафиолетового излучения и аэрации на культивирование микроводоросли <i>CHLORELLA</i> .....	147
<i>Политаева Н.А., Смятская Ю.А., Трухина Е.В., Атаманюк И., Кузнецова Т.А.</i> Культивирование биомассы микроводоросли <i>CHLORELLA</i> в климатических условиях Санкт-Петербурга.....	150
<i>Иванова А.Р., Сучилова В.И., Политаева Н.А.</i> Культивирование ряски <i>LEMNA MINOR</i> и опеределение её основных макрокомпонентов.....	153
<i>Попова В.О., Кузнецова Т.А., Смятская Ю.А.</i> Влияние ультразвука на популяцию <i>CHLORELLA SOROKINIANA</i> .....	155
<i>Лебедева М.О., Политаева Н.А.</i> Исследование свойств органоминеральных отходов в процессе компостирования.....	158
<b>Секция «Молекулярные и клеточные основы функционирования биосистем»</b> .....	162
<i>Чиринскайте А.В., Велижанина М.Е., Сергеева А.В., Синюкова В.А., Шенфельд А.А.</i> STXBP1 – кандидат в функциональные амилоиды мозга крысы <i>RATTUS NORVEGICUS</i> .....	162
<b>Секция «Пути решения экологических проблем в техносфере»</b> .....	165
<i>Назаренко А.А., Степанова С.В.</i> Извлечение ионов никеля из модельных вод термообработанными плодовыми оболочками зерен овса.....	165
<i>Лазарева Е.Н., Ольшанская Л.Н., Яковлев А.В., Бабиченко Е.Д., Зубрилин Н.И.</i> Выделение ионов никеля из гальваношлама в присутствии комплексообразователя.....	167
<i>Романова С.М., Сабирова Д.И., Чайковская Н.В.</i> Метод химической утилизации нитратцеллюлозных порохов.....	169
<i>Шайдуллина А.А., Степанова С.В.</i> Использование плодовых оболочек зерен овса для очистки нефтесодержащих вод.....	172
<i>Шлыкова А.Н., Прохоров В.В., Панкина И.А., Политаева Н.А.</i> Способы формирования экологического сознания студентов в вузах.....	174
<i>Кабанов В.Л., Новинюк Л.В.</i> Изучение процессов деструктивного воздействия на клеточную стенку микромицета <i>ASPERGILLUS NIGER</i> .....	177

<i>Долбня И.В., Татаринцева Е.А., Качалина А.О., Козьмич К.В., Комиссаренко М.В.</i> Сорбционный материал с магнитными свойствами для сбора нефтепродуктов с поверхности воды.....	179
<i>Луцко Т.П., Смирнова Е.М., Осипова А.В.</i> Определение показателей сорбции ионов железа (III) природным минералом вермикулит.....	181

# **НЕДЕЛЯ НАУКИ СПбПУ**

**Материалы научной конференции  
с международным участием**

**13–19 ноября 2017 года**

## **ВЫСШАЯ ШКОЛА БИОТЕХНОЛОГИИ И ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
ОК 005-93, т. 2; 95 3004 – научная и производственная литература

---

Подписано в печать 13.11.2017. Формат 60×84/16. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 12,0. Тираж 20 экз. Заказ 16058b.

---

Отпечатано с готового оригинал-макета,  
предоставленного организационным комитетом конференции,  
в Издательско-полиграфическом центре Политехнического университета.  
195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.  
Тел.: (812) 552-77-17; 550-40-14.